



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE REDISEÑO DEL PROCESO DE
CONTROL DE CALIDAD DE REPUESTOS EN METRO S.A
PARA INCREMENTAR LA CALIDAD DEL SERVICIO DE
TRANSPORTE.”

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL INDUSTRIAL

CÉSAR IGNACIO CORREA PÉREZ

PROFESOR GUÍA:
DANIEL VARELA LÓPEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ROCÍO RUIZ MORENO
SERGIO ROJAS NAZAL

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil Industrial
POR: César Ignacio Correa Pérez
FECHA: 07/01/2019
PROFESOR GUÍA: Daniel Varela López

PROPUESTA DE REDISEÑO DEL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DE REPUESTOS EN METRO S.A PARA INCREMENTAR LA CALIDAD DEL SERVICIO DE TRANSPORTE.

El presente trabajo de título se enmarca en la empresa Metro y establece el desarrollo de una propuesta de rediseño para el proceso de control de calidad de repuestos utilizados en tareas de mantenimiento, con el objetivo de generar un control oportuno de las no conformidades y reducir los tiempos de ejecución del proceso.

El proceso de control de calidad se encarga de verificar el cumplimiento de las características técnicas de los repuestos adquiridos, para así asegurar un correcto funcionamiento de los equipos durante la explotación. Las oportunidades de mejora detectadas hacen referencia a generar un proceso de medición de calidad diferenciado, en el cual enfatizar un control más exhaustivo a repuestos de mayor importancia. Por otro lado, se detectó una baja estandarización del proceso que afecta la eficiencia de éste y el uso de recursos. También se detectó el incumplimiento de los plazos establecidos como meta para el proceso, lo cual se relaciona con la baja implementación del control y retroalimentación del proceso.

En función de dichas oportunidades, este trabajo de tesis plantea el objetivo de reducir los tiempos del proceso y asegurar la detección oportuna de repuestos no conformes en calidad, garantizando el uso de piezas de calidad en mantenimientos e incrementando en consecuencia la calidad del servicio de transporte de pasajeros.

Finalmente, las soluciones planteadas buscan generar una reducción de los tiempos de ejecución de controles de calidad a través del establecimiento de planes de muestreo estándares, que mejorarán la utilización de recursos al enfocarse en los repuestos de mayor importancia y controlarán el desempeño del proceso a través del uso de KPI's, para detectar oportunamente desviaciones de calidad en repuestos que puedan ser usados en tareas de mantenimiento y en consecuencia puedan generar fallas potenciales del servicio.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia que me ha apoyado incondicionalmente durante estos largos 7 años. A mis padres Marco y Gema, que se han esforzado para que jamás me faltase algo en ningún ámbito y siempre estuvieron ahí apoyándome en momentos difíciles, siempre con una palabra de aliento o un gesto de amor. A mi hermano Marco, que tuvo la paciencia de ser mi compañero de vivienda y soportó todas mis malas costumbres y mi mal genio, sobre todo en el período de desarrollo de la tesis, donde el estrés aumentó con notoriedad y las responsabilidades del hogar pasaron a segundo plano.

A mis amigos que siempre me dieron ánimo para seguir trabajando y estuvieron siempre ahí para darme sus consejos y escuchar los problemas que me aquejaban. Agradezco eternamente los momentos de distensión y alegría que vivimos durante nuestra época universitaria. Nacho, Alex, Miguel, Ricardo, Tomy, Coke, Claudio, Iquique, Lemu, Kurt, Fafeto, Pipe y Juaco ¡son grandes!

A mis compañeros de la rama de ciclismo de la universidad (ECUCH) que fueron con quienes compartí mi pasión durante estos años. La bicicleta fue una terapia para poder liberar las tensiones causadas por las responsabilidades de los estudios y los problemas de la vida.

A metro por darme la oportunidad de trabajar en conjunto durante casi un año y en particular a Luis, Gonzalo, Josey, Alexis, Sebastián y Eric por siempre tener disponibilidad para responder a mis solicitudes y darme consejos para mi futuro laboral.

Finalmente agradecer al cuerpo docente que me ayudó y me orientó durante el desarrollo de la tesis. A Daniel, Rocío y Jorge debo darles un agradecimiento especial por siempre darme consejos que guiaron mi trabajo hacia uno de alto estándar. Gracias por dedicar parte de su tiempo a escuchar las presentaciones, darme siempre retroalimentación y por las reuniones de trabajo personalizadas que me permitieron visualizar acertadamente el panorama y tomar decisiones de mejor manera.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES O INTRODUCCIÓN	1
1. CARACTERIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA REGIÓN METROPOLITANA	1
1.1 ACTORES DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE SANTIAGO	1
1.2 CARACTERIZACIÓN DE VIAJES EN LA RM.....	2
1.3 COMPARACIÓN SISTEMA TRANSPORTE PÚBLICO CHILENO CON EL RESTO DEL MUNDO	3
2. METRO S.A.	3
2.1 SERVICIOS ENTREGADOS.....	3
2.2 VALORES EMPRESARIALES Y ORGANIGRAMA	4
2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA	5
2.4 COMPARACIÓN CON METROS DE LATINOAMÉRICA	6
2.5 TENDENCIAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO A NIVEL NACIONAL	7
3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	8
3.1 GERENCIA MANTENIMIENTO	8
3.1.1 OBJETIVOS DE LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO.....	8
3.1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL GMAN	9
3.1.3 PRINCIPALES FUNCIONES GMAN	9
3.2 INFORMACIÓN DEL ÁREA DE LA EMPRESA	11
3.2.1 PRINCIPALES FUNCIONES	11
3.2.2 ORGANIGRAMA	11
3.2.3 CONTRAPARTE	12
3.2.4 BENEFICIARIOS	12
3.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	12
3.3.1 IMPORTANCIA DE LOS REPUESTOS PARA LA GMAN	12
3.3.2 IMPACTO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	13
4. OBJETIVOS.....	15
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL	17
1. REINGENIERÍA DE SISTEMAS	17
2. BUSINESS PROCESS MANAGEMENT O GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIOS (BPM)	17
3. BUSINESS PROCESS REDESIGN (BPR)	18
3.1 FUNCIONES DE LA ADMINISTRACIÓN.....	19
3.2 VARIABLES DE CAMBIO.....	20
3.3 APLICACIÓN DE SOLUCIONES A BPR (“MEJORES PRÁCTICAS”)	21
4. SIX SIGMA	22
5. LEAN MANAGEMENT	22
6. BUSINESS PROCESS MODEL NOTATION (BPMN).....	23
7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	24
8. ESTADO DEL ARTE RESPECTO A CALIDAD	26
8.1 ¿QUÉ ES CALIDAD?	26
8.2 CALIDAD A DIFERENTES NIVELES JERÁRQUICOS	26
8.3 INGENIERÍA DE CALIDAD Y SUS HERRAMIENTAS	27
8.4 COSTOS CONTROL DE CALIDAD	27
8.5 ORGANISMOS DE MEDICIÓN DE CALIDAD.....	28

8.6	NORMA CHILENA 44 DE MUESTREO	28
8.6.1	ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE MUESTREO	28
8.6.2	EJECUCIÓN DE UN PLAN DE INSPECCIÓN/MUESTREO	29
	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	32
1.	DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA DE TRABAJO	32
2.	RESULTADOS ESPERADOS	33
3.	ALCANCES	33
	CAPÍTULO IV: APLICACIÓN METODOLOGÍA	35
1.	IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO	35
1.1	CICLO DE VIDA DE UN REPUESTO	35
1.2	PROCESO CONTROL DE CALIDAD	36
2.	MODELAMIENTO SITUACIÓN ACTUAL	38
2.1	MODELAMIENTO PROCESO MEDIANTE METODOLOGÍA BPMN	38
3.	ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL.....	38
3.1	CONTEXTO Y CIFRAS DEL PROCESO	38
3.2	DETECCIÓN DE PROBLEMÁTICAS MEDIANTE EL ESTUDIO DE FUNCIONES DE LA ADMINISTRACIÓN	41
4.	DISEÑO DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	44
4.1	GENERALIDADES DE LA PROPUESTA	44
4.2	ANÁLISIS VARIABLES DE CAMBIO	45
4.3	ELECCIÓN DIRECCIÓN DE CAMBIO	47
4.4	REQUISITOS DE LA SOLUCIÓN	47
4.5	SELECCIÓN MEJORES PRÁCTICAS	48
5.	PROPUESTAS DE MEJORA.....	48
5.1	OPERACIÓN DEL PROCESO: FLUJO DE TRABAJO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE REPUESTOS	48
5.2	COMPORTAMIENTO DEL PROCESO: DEFINICIÓN DE PRÁCTICAS DE TRABAJO (MUESTREO Y DECISIONES DE MEDICIÓN DE CALIDAD).....	51
5.3	INFORMACIÓN: CONTROL Y RETROALIMENTACIÓN DEL PROCESO UTILIZANDO DATOS	57
5.3.1	RESPONSABILIDAD DE LA REVISIÓN PANEL INDICADORES	59
6.	SOLUCIÓN PLANTEADA.....	59
7.	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	60
7.1	REVISIÓN DE REPUESTO EN BASE DE DATOS CRITICIDAD	61
7.2	SELECCIÓN DE MUESTRA	61
7.3	REGISTRO INFORMACIÓN MUESTREO Y CRITICIDAD	61
7.4	ANÁLISIS EJECUCIÓN CONTROL DE CALIDAD	61
7.5	CHEQUEO DE CALIDAD A MUESTRA EN BASE A NCH44	62
7.6	REGISTRO INFORMACIÓN MEDICIÓN DE CALIDAD	62
8.	PLAN DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL REDISEÑO	62
8.1	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	63
9.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	65
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	66
1.	BIBLIOGRAFÍA.....	68
2.	ANEXOS	71

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES O INTRODUCCIÓN

1. Caracterización del transporte público en la Región Metropolitana

1.1 Actores del transporte público de Santiago

El sistema de transporte público de la Región Metropolitana es el resultado de la interacción de diversos participantes que ofrecen alternativas de transporte. La Subsecretaría de Transportes enuncia entre ellos a Metro, Transantiago, taxis colectivos, bicicletas públicas, Metrotrén, minibuses y buses [1].

A continuación, se caracteriza brevemente cada uno de los servicios antes mencionados:

- Metro es un sistema de transporte masivo de pasajeros mediante el uso de trenes eléctricos. Posee una red de 119 kms. de extensión, 118 estaciones y 6 líneas que unen 23 comunas de la región metropolitana.
- Transantiago es el sistema de buses públicos que opera en la ciudad de Santiago. Este sistema, establece zonas de operación que son licitadas y operadas por diferentes empresas, las cuales se encargan de cumplir las frecuencias y metas establecidas en contratos definidos por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Las empresas operadoras y su zona de operación se resumen en el Gráfico 1 en anexos.

Transantiago posee una flota de 6.681 buses y durante el año 2017 realizó 580 millones de viajes, trasladando en promedio a 2.921.837 pasajeros durante un día laboral [2, p. 26]

- El sistema de taxis colectivos de Santiago se compone de taxis básicos, colectivos urbanos, colectivos rurales, taxis de turismo y taxis ejecutivos, los cuales poseen un parque urbano establecido por la Subsecretaría de Transportes. Al año 2018, existen 41.424 taxis colectivos distribuidos tal como indica la Tabla 1 en anexos [3].
- Existen tres servicios de bicicletas públicas en Santiago:
 - BikeSantiago, consistente en un sistema de bicicletas públicas que opera en las comunas de: Vitacura, Lo Barnechea, Santiago, Providencia, Ñuñoa, Independencia, Recoleta, Estación Central, La Florida, Lo Prado, Macul, Maipú y San Joaquín. El sistema cuenta con puntos de estacionamiento automatizado, seguro contra accidentes, horarios extendidos y monitoreo GPS en sus bicicletas. Posee un total de 200 estaciones y 2.000 bicicletas a las cuáles pueden acceder los usuarios mediante una inscripción y pago mensual [4].
 - Bici Las Condes, es un sistema de uso de bicicletas públicas de autoservicio, que se compone de una red de 89 cicloestaciones ubicadas en la comuna de Las Condes y 890 bicicletas de retiro y recepción de forma automatizada. Las bicicletas pueden ser usadas por un lapso de 30 minutos, debiendo ser devueltas en cualquier estación de la red [5].

- Mobike es un servicio de uso compartido de bicicletas que permite estacionar bicicletas tanto en lugares públicos como en estaciones del propio sistema. Mediante una aplicación web, el usuario es capaz de desbloquear una bicicleta aparcada en la vía pública y utilizarla, para finalmente estacionarla en otro punto de acceso público. Mobike opera en las comunas de Las Condes, La Reina, Vitacura, Lo Barnechea, Providencia y Ñuñoa [6].
- Minibuses y buses complementarios a Transantiago, dentro de los cuales se encuentran 357 minibuses y 52 buses de acercamiento al aeropuerto, 2.986 buses interurbanos, 529 buses periféricos y 1.902 buses rurales que operan en las zonas periféricas a Santiago [3]. Dicha información se resume en la Tabla 2 en anexos.
- Metrotren Nos comenzó la operación en marzo de 2017, con una red de 20.3 kilómetros, dividida en 10 estaciones y trasladando a más de 33 mil personas diariamente. Su servicio contempla 12 trenes que tienen una frecuencia de servicio de trenes cada 15 minutos en horario valle y cada seis minutos en horario punta, y ha transportado a 8,1 millones de personas durante el 2017 [2, p. 27].

1.2 Caracterización de viajes en la RM

En el año 2012 se realizó la encuesta “Origen – Destino”, cuyo objetivo fue caracterizar los viajes ejecutados en la Región Metropolitana y a quiénes los realizan. Dicho estudio, encuestó a un total de 60.000 hogares y 18.000 personas, y dentro de sus principales conclusiones es posible mencionar [7]:

- El automóvil y el transporte público son los modos de transporte predilecto de los habitantes de Santiago (Tabla 3 en anexos).
- En un día promedio se realizan aproximadamente 18 millones de viajes en la ciudad de Santiago, incluyendo los modos transporte privado, transporte público, bicicleta, caminata y otros.
- Del total de viajes realizados, un 29,1% se realiza en transporte público, un 28% en transporte privado, un 38,5% en modos no motorizados y un 4,3% en otros modos de transporte.
- Cada habitante realiza en promedio 2,78 viajes diarios y cada hogar genera 9 viajes diarios en promedio.
- La duración promedio de viaje en transporte público es de 57,4 minutos y la del transporte privado de 30,4 minutos.
- Existen tres horarios punta dentro de la distribución horaria de viajes; punta mañana (07:00 – 08:00 horas), punta mediodía (13:00 – 14:00 horas) y punta tarde (18:00 – 19:00 horas) (Gráfico 2 en anexos).

1.3 Comparación sistema transporte público chileno con el resto del mundo

El año 2017 se realizó el estudio “Sustainable cities mobility index 2017” [8], desarrollado por Arcadis (empresa global de consultoría en diseño, ingeniería y gestión) que evalúa los sistemas de transporte público desde 3 pilares fundamentales: **implicancia de los sistemas de transporte en la movilidad de las personas** (medido en número de fatalidades, acceso a servicios de transporte, proporciones por tipo de viaje realizado, conectividad, digitalización de los sistemas de transporte, acceso para personas con movilidad reducida, etc.), **impacto ambiental** (medido en uso de energías, emisiones gases contaminantes, infraestructura para ciclistas, etc.) y **eficiencia operacional y económica** (medido en tiempos de viaje promedio, resultados económicos, etc.)

Para el caso chileno, el sistema de transporte público se ubica en la posición 64 de un total de 100 países. A nivel latinoamericano Sao Paulo se encuentra en la posición 47, Río de Janeiro en la 63 y México en la 67.

La evaluación muestra que el mayor desafío para nuestro país está ligado a la eficiencia operacional y económica, lo que se refleja por ejemplo en los altos índices de evasión en Transantiago, el incumplimiento de frecuencias y regularidad de los sistemas de buses, fallas del sistema Metro relativamente frecuentes, etc.

2. Metro S.A.

Metro, es una Sociedad Anónima cuyos accionistas son la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y el Fisco, representado por el Ministerio de Hacienda (Tabla 4 en anexos). Fue fundada en 1968 y comenzó sus operaciones en 1975, ofertando el servicio de transporte público en Santiago mediante trenes eléctricos subterráneos entre las estaciones San Pablo y Estación Central de la Línea 1.

2.1 Servicios entregados

Dentro de los giros que realiza la organización (Tabla 5 en anexos), Metro define como competencia central el transporte urbano de pasajeros vía ferrocarril, sin embargo, el resto de los giros de la empresa hace referencia a otros servicios que ofrece. Dichos servicios comprenden [9, pp. 15–17]:

- Arriendo de espacios publicitarios para comunicar campañas comerciales, ubicados dentro de su infraestructura, principalmente en estaciones y trenes.
- Arriendo de 8.000 metros cuadrados de locales y espacios comerciales ubicados en estaciones de metro, donde los clientes pueden satisfacer sus necesidades de compra y consumo.
- Entrega de conectividad en telefonía móvil indoor a sus pasajeros y desarrollo de negocios de telefonía outdoor, transmisión de datos y zonas wifi en sus instalaciones.

- Servicio de consultorías técnico estratégico-integrales para apoyar el desarrollo de sistemas ferroviarios, desde su diseño hasta su implementación.
- Fabricación y comercialización de la tarjeta bip!, incluyendo la Tarjeta Nacional Estudiantil (TNE) y Tarjeta Adulto Mayor (TAM). También administra la red de carga de tarjeta bip!, en sus canales presenciales, autoservicio y remotos, tanto en subterráneo, como en superficie.

2.2 Valores empresariales y organigrama

Para la empresa es fundamental cumplir con sus lineamientos estratégicos entre los cuales destaca parte de su misión enunciada como el **“garantizar una experiencia de viaje segura y confiable”**. Del mismo modo establece como objetivo empresarial la excelencia operacional definida como el **“transporte predecible, seguro y eficiente de pasajeros”** [9].

Bajo esta perspectiva, Metro define su estructura organizacional con foco en las actividades internas de la empresa (recursos humanos, administración y finanzas, clientes y sostenibilidad, negocios, etc.) y las actividades relacionadas a la prestación y expansión del servicio de transporte de pasajeros (división de proyectos de expansión y división de transporte de pasajeros).

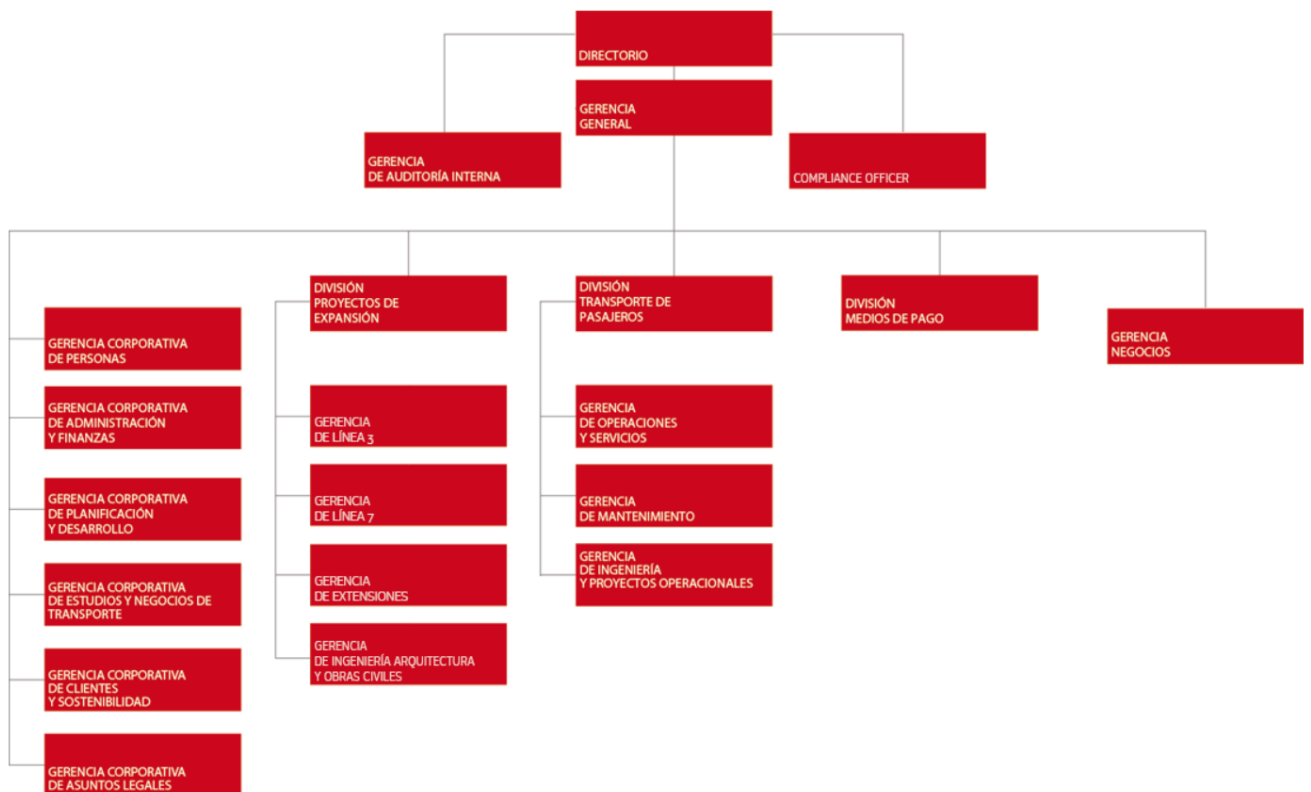


Gráfico 3: Organigrama Metro 2018 [10].

2.3 Caracterización de la empresa

Metro cuenta con una red ferroviaria de 119 kms, divididas en 6 líneas y 118 estaciones (Gráfico 4 en anexos), que unen 23 comunas y trasladan a más de 2,3 millones de personas diariamente [9].

La flota de Metro está compuesta por 202 trenes, los cuales durante el 2017 realizaron un total de 519 millones de viajes, trasladando a más de 685 millones de pasajeros [2, p. 27] (Gráfico 5). Esto significó que el número de pasajeros transportados aumentó 2,2% respecto al año 2016. De dichos viajes, un 30,5% se realizó en horario punta y un 69,5% en horario valle. Las tarifas del sistema para el año 2018 se adjuntan en la tabla 6.

Afluencia Anual de Metro S.A.

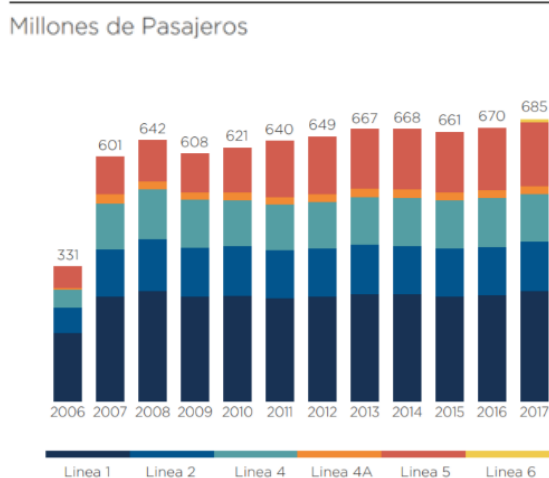


Gráfico 5: Afluencia anual de Metro [9].

Punta <i>Peak</i>	Valle <i>Off-Peak</i>	Bajo <i>Super Off-Peak</i>
07:00 - 08:59s 18:00 - 19:59s	06:30 - 06:59s 09:00 - 17:59s 20:00 - 20:44s	06:00 - 06:29s 20:45 - 23:00s
\$ 780	\$ 700	\$ 650
\$ 780	\$ 700	\$ 680
\$ 780	\$ 700	\$ 650
<p>Sábado, domingo y festivos se aplicará la tarifa correspondiente al bloque "Horario Valle" • Tarifa integrada opera en un lapso de 120 minutos desde el inicio del primer viaje, permitiendo un máximo de dos transbordos</p> <p>Saturday, Sunday and holidays: Normal fare • Tarifa integrada opera en un lapso de 120 minutos desde el inicio del primer viaje, permitiendo un máximo de dos transbordos</p>		
\$ 220	\$ 220	\$ 220
\$ 220	\$ 220	\$ 220
<p>Tarjeta Nacional Estudiantil / Tarjeta Adulto Mayor</p> <ul style="list-style-type: none"> Carga mínima en máquinas de "venta y carga de tarjetas" \$100. Válido durante todo el horario de servicio de Metro. Infórmate en: <ol style="list-style-type: none"> Pase Escolar: www.tarjetabip.cl Tarjeta adulto mayor: www.metro.cl/tam <p>Student card - Senior card</p> <ul style="list-style-type: none"> \$100 Minimum load at "sales and card loading terminals". Valid during metro operating hours. For more info get to: <ol style="list-style-type: none"> Student card: www.tarjetabip.cl Senior card: www.metro.cl/tam 		<p>Valor Tarjeta Bip!</p> <ul style="list-style-type: none"> \$1550. Carga mínima en máquinas de "venta y carga de tarjetas" \$100. <p>Card Price</p> <ul style="list-style-type: none"> \$1550. \$100 Minimum load at "sales and card loading terminals".

Tabla 6: Tarifas Metro 2018 [11]

Por otro lado, Metro tuvo una participación de un 43% del total de viajes realizados en transporte público en Santiago el año 2017 (Gráfico 6), los cuáles se indican de forma desagregada en la Tabla 7 en anexos.



Gráfico 6: Participación por empresa en el total de transacciones durante 2017[2].

2.4 Comparación con Metros de Latinoamérica

Respecto a comparaciones con otros sistemas de metro a nivel latinoamericano, Chile ocupa la 4 posición al evaluar según la cantidad de pasajeros transportados anualmente y es superado solamente por el metro de Ciudad de México y Sao Paulo (tabla 8). Sin embargo, al comparar por el costo de cada viaje en metro, nuestro país se sitúa en la primera posición (tabla 9).

Metro	Precio en peso chileno
Santiago	\$740
Sao Paulo	\$667
Río de Janeiro	\$649
Caracas	\$442
Valencia	\$442
Medellín	\$436
Lima	\$300
Guadalajara	\$260
Ciudad de Panamá	\$245
Buenos Aires	\$237
Ciudad de México	\$186

Tabla 8: Precios metros en Latinoamérica [12].

Ranking	Sistema	País	Ciudad	Pasajeros anuales	Promedio pasajeros diarios	Longitud sistema	Promedio pasajeros diarios por km	Año inauguración	Número de estaciones	Número de líneas
1	Mexico City Metro	MEX	Mexico City	1.662.562.714	4.615.375	200.8km	22.984	1.969	195	12
2	São Paulo Metro	BRA	São Paulo	1.295.400.000	4.700.000	89.9 km	5.228	1.974	79	6
3	São Paulo Metropolitan Trains Company	BRA	São Paulo	819.400.000	2.800.000	273 km	10.256	1.992	94	7
4	Santiago Metro	CHI	Santiago	670.100.000	2.200.000	118 km	17.255	1.975	107	6
5	Caracas Metro	VEN	Caracas	484.600.000	1.328.000	52.4 km	25.337	1.983	48	4
6	MetrôRio	BRA	Rio de Janeiro	401.500.000	1.100.000	58 km	2.683	1.979	35	2
7	Subte	ARG	Buenos Aires	365.000.000	1.000.000	51.9 km	19.267	1.913	83	6
8	Medellín Metro	COL	Medellín	165.400.000	465.387	32 km	14.543	1.995	34	5
9	Monterrey Metro	MEX	Monterrey	156.900.000	446.100	32 km	13.938	1.991	31	2
10	Lima Metro	PER	Lima	115.000.000	320.000	34.6 km	10.250	1.990	26	1
11	Tren Ligero de Guadalajara	MEX	Guadalajara	87.600.000	240.000	24 km	10.000	1.989	29	2
12	Recife Metro	BRA	Recife	79.600.000	285.000	44.2 km	6.448	1.985	30	4
14	Santo Domingo Metro	DOM	Santo Domingo	76.600.000	275.000	27.4 km	5.497	2.008	30	2
13	Panama Metro	PAN	Panama City	68.500.000	260.000	13.7 km	12.409	2.014	12	1
15	Trensurb	BRA	Porto Alegre	62.000.000	170.000	39 km	4.359	1.985	19	1
16	Belo Horizonte Metro	BRA	Belo Horizonte	57.419.280	157.300	28.1 km	5.598	1.986	19	1
17	Metrô-DF	BRA	Brasília	54.750.000	150.000	42.4 km	3.538	2.001	24	2
18	Xochimilco Light Rail	MEX	Mexico City	21.000.000	57.534	12.8 km	4.495	1.986	18	1
19	Valparaíso Metro	CHI	Valparaíso	20.120.000	55.123	43 km	1.096	2.005	20	1
20	Valencia Metro	VEN	Valencia	17.200.000	62.000	6.2 km	10.000	2.006	7	1
21	Los Teques Metro	VEN	Los Teques/Caracas	13.000.000	35.616	10.2 km	3.490	2.006	3	1
22	Tren Urbano	PUR	San Juan	11.023.500	40.600	17.2 km	2.360	2.004	16	1
23	Maracaibo Metro	VEN	Maracaibo	9.000.000	42.000	6.5 km	3.490	2.006	6	1
24	Teresina Metro	BRA	Teresina	4.300.000	12.000	14.5 km	8.280	1.989	9	1
25	Fortaleza Metro	BRA	Fortaleza	n/a	n/a	43 km	n/a	2.012	28	2
26	Metrotranvía Mendoza	ARG	Mendoza	n/a	n/a	12.5 km	n/a	2.012	26	1
27	Salvador Metro	BRA	Salvador	n/a	300000 (Proyectados)	30 km	n/a	2.014	19	2
28	Maceió Metro	BRA	Maceió	n/a	40000 (Proyectados)	32 km	n/a	1.997	n/a	1

Tabla 9: Ranking metros latinoamericanos [13].

2.5 Tendencias del transporte público a nivel nacional

En cuanto a la demografía de Santiago, durante los últimos 16 años se ha experimentado una tendencia al alza de población, tal como indica el gráfico 7 (anexos). Dicha situación ha implicado cambios en la demanda por servicios de transporte público y privado, que se reflejan por ejemplo las variaciones en la demanda por el servicio Transantiago o el aumento sostenido de los pasajeros transportados por Metro.

Los datos establecidos en la tabla 7 (anexos) muestran la cantidad de transacciones anuales para Transantiago, sin embargo, dichos datos no contemplan el fenómeno de evasión al momento de validar el viaje, lo que implica que no son totalmente fiables para representar la situación descrita.

El gráfico 8 muestra las tasas de evasión calculadas por el "Programa fiscalización transportes" [14], bajo las cuales es posible generar las correcciones a los datos de transacciones anuales del sistema Transantiago. Los datos ponderados por el factor de evasión se muestran en la tabla 10.

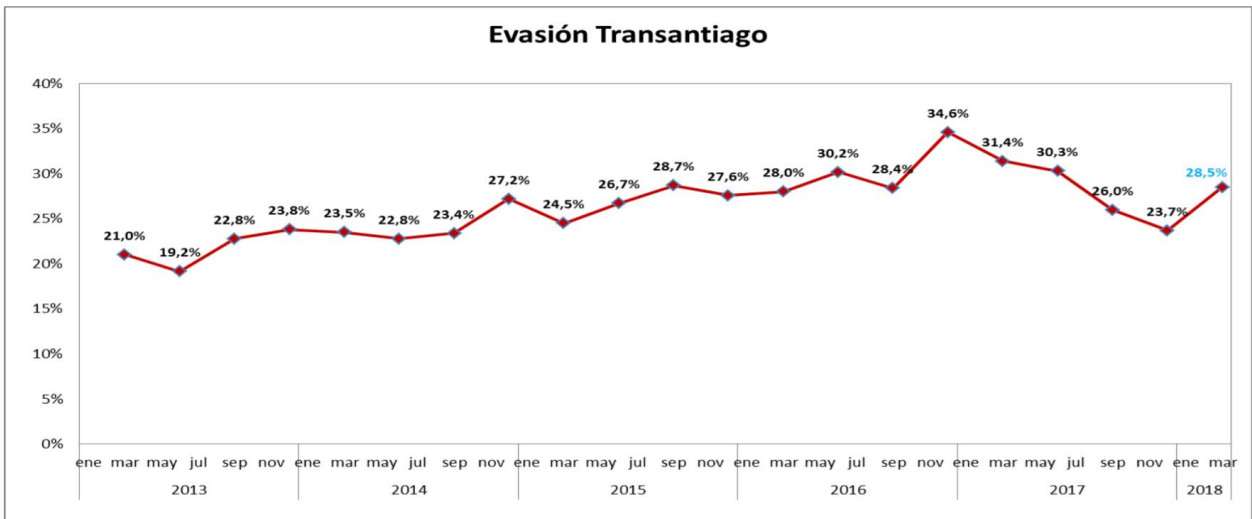


Gráfico 8: Tasa de evasión sistema Transantiago, 2013 – 2018 [14].

	2013	2014	2015	2016	2017
Pasajeros transportados (millones)	6.760.124	6.831.145	6.836.139	6.776.422	6.707.419
Tasa variación anual	-	1,1%	0,1%	-0,9%	-1,0%

Tabla 10: Número de pasajeros transportados por Transantiago, 2013 – 2017.

Fuente: elaboración propia.

Una hipótesis a estos cambios en la demanda por transporte público es que la calidad de éstos ha variado a través de los años. Dicha calidad se ve reflejada por indicadores como por ejemplo, calidad de los vehículos, índices de cumplimiento operacional (capacidad, frecuencias, regularidad, etc.), atención al usuario, infraestructura, etc. [2, pp. 62–74]. Como índice representativo de este fenómeno existe la calificación que los usuarios dan a cada uno de ellos (tabla 11 en anexos) y que representa la percepción de éstos en las áreas antes mencionadas.

3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

3.1 Gerencia Mantenimiento

3.1.1 Objetivos de la Gerencia de mantenimiento

La Gerencia de Mantenimiento (GMAN), se encarga de realizar las tareas de cuidado y preservación de los activos utilizados por la empresa, con el objetivo de prolongar su vida útil y asegurar un funcionamiento óptimo [10]. El principal cliente de la GMAN es la Gerencia de Operaciones y Servicios (GOS), la cual toma los activos mantenidos y los opera para generar la oferta del servicio de transporte a los pasajeros.

3.1.2 Estructura organizacional GMAN

La GMAN se compone de 6 Subgerencias (gráfico 9 en anexos), que realizan el mantenimiento preventivo y correctivo de diferentes sistemas que interactúan para poder ofrecer el servicio de transporte. Cada subgerencia se especializa en mantener un sistema en particular y a continuación se mencionan las tareas que cada una ejecuta:

- Subgerencia de Mantenimiento de Infraestructura, Estaciones y Servicios: Mantiene la infraestructura de túneles y estaciones de Metro y a su vez de los equipos utilizados dentro de ellas, tales como: ascensores, escaleras mecánicas, equipos de alumbrado y baja tensión, equipos de monitoreo, etc.
- Subgerencia de Mantenimiento de Sistemas y Energía Eléctrica: Se encarga de brindar un suministro energético confiable a través de la mantención de subestaciones de poder, equipos de potencia, baterías de trenes, equipos de señalización y pilotaje de trenes, equipos de comunicación, etc.
- Subgerencia de Mantenimiento de Trenes Neumáticos: Se preocupa de la mantención preventiva y correctiva de los trenes neumáticos que circulan por las líneas 1, 2, y 5, la cual es realizada en cada taller de línea respectivo.
- Subgerencia de Mantenimiento de Trenes Acero y Vías: Realiza el mantenimiento de vías de acero de la red Metro y la mantención preventiva y correctiva de trenes de rodado en acero que circulan por las líneas 4, 4A y 6, la cual es realizada en cada taller de línea respectivo.
- Subgerencia de Ingeniería y Planificación de Mantenimiento: Realiza la planificación y coordinación del mantenimiento de todos los activos de Metro a largo, mediano y corto plazo.
- Subgerencia de Control de Procesos y Calidad: Se encarga de garantizar la calidad en los procesos de la Gerencia de Mantenimiento mediante la aplicación de auditorías internas, control de calidad de los repuestos adquiridos, creación y actualización de planos de piezas y repuestos y control de proveedores homologados¹.

3.1.3 Principales funciones GMAN

Dentro de las tareas que realiza la GMAN se encuentra la realización de mantenimientos preventivos y correctivos [15] a los diferentes sistemas que componen el servicio de transporte Metro (mencionados en el punto anterior).

- Mantenimiento preventivo: corresponde a realización de tareas de mantenimiento planificadas con el fin de los equipos no se deterioren y fallen, evitando la aparición de fallas o averías durante la explotación.

¹ Proveedores certificados por Metro respecto a la calidad de fabricación de ciertos repuestos. Dichos repuestos son abastecidos por el proveedor homologado.

Es realizado en base a una planificación anual denominada Plan Matriz, la cual establece las fechas futuras en la que los equipos deben ser sometidos a mantenimiento, según sus características e indicadores de uso (kilometraje, horas de utilización, etc.)

- Mantenimiento correctivo: ejecución de mantenimientos puntuales a causa de fallas por uso, agotamiento de vida útil de repuestos, componentes y/o materiales, con el objetivo de recuperar, restaurar o renovar los sistemas, y minimizar los tiempos de interrupciones y pérdidas de calidad de los servicios afectados.

La GMAN cuenta con espacios habilitados especialmente para realizar el mantenimiento a todos los sistemas de la compañía. Estos espacios se denominan *talleres de mantenimiento* y actualmente existen cinco distribuidos en la red ferroviaria de Metro: Neptuno (L1), Lo Ovalle (L2), Las Mercedes (L4-4A), Ñuble (L5) y Cerrillos (L6). En dichas instalaciones se realizan tareas de limpieza, reposición, lubricación, ajuste, medición y calibración de los componentes de los sistemas.



Imagen 1: Fotografía de tren NS16 en foso mantenimiento Taller Neptuno (L1) [16].

En la tabla 12 se muestra un resumen de las secciones (áreas usuarias) que trabajan en los diferentes talleres de mantenimiento y las tareas que ejecutan cada una de ellas.

Sección	Tareas de mantenimiento que ejecuta
Centro reparación electrónica de excelencia	Mantenimiento de componentes electrónicos y eléctricos de trenes (mantenimiento relé, placas y ordenadores/módulos trenes NS73).
Sección centro reparación componentes	Mantenimiento preventivo planificado a los sistemas de trenes. Se genera un desarme completo de los trenes y se realiza el mantenimiento a todos sus componentes.
Sección comando y comunicaciones	Mantenimiento de sistemas de comando centralizado (señales desde Centro Integrado de Control (CIC) hacia trenes y viceversa). También se hacen cargo del mantenimiento de los sistemas de comunicación (radio), sistema cerrado de tv y las alarmas de incendio.
Sección energía eléctrica	Realizan el mantenimiento a los sistemas de alta potencia, subestaciones de poder, cables de alimentación eléctrica y baterías de trenes.
Sección transporte vertical y equipos	Mantenimiento de la infraestructura presente en estaciones (ascensores, escaleras mecánicas y aire acondicionado)
Sección mantenimiento de alumbrado y equipos	Mantenimiento de los sistemas de alumbrado en estaciones, talleres, edificios corporativos y túneles.
Sección mantenimiento L1	Mantenimiento menor de trenes. Reemplazo de piezas, limpieza, chequeo eventos trenes y lavado.
Sección mantenimiento L2	
Sección mantenimiento L4-4A	
Sección mantenimiento L5	
Sección mantenimiento L6	Mantenimiento de puertas de andén, tren AS14 y del sistema de control basado en comunicaciones (CBTC).
Sección mantenimiento menor y aseo estaciones	Realiza el aseo en estaciones, limpiezas rápidas de trenes y mantenimiento menor.
Sección ensayos no destructivos (NDT)	Ejecuta ensayos no destructivos en trenes y rieles, utilizando técnicas de ultrasonido, corrientes parásitas y líquidos penetrantes.
Sección señalización y pilotaje automático	Mantenimiento de señales en vía, red thf en tierra, sistemas de agujas en vías y comando equipos de vías.
Sección servicios	Ofrece 4 servicios: (1) fabricación, uso y disposición de zapatas de frenado, (2) fabricación de piezas y realización de tareas de retrabajo, (3) mantenimiento de equipos fijos (puentes grúa, grúa horquillas, mesas levante, gatas hidráulicas, compresores aire) y (4) mantenimiento equipos ferroviarios (carros planos, truckmovil).
Sección vías	Mantenimiento de rieles, pistas de rodado (L1, L2 y L6) y aparatos de vías (unión de rieles, tercer riel y catenarias).

Tabla 12: Secciones y tareas de mantenimiento ejecutadas por cada una de ellas.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Información del área de la empresa

3.2.1 Principales funciones

El área con la cual se trabajó durante este trabajo de tesis fue el Área de calidad de repuestos, perteneciente a la Subgerencia de control de procesos y calidad de la GMAN. Dicha área (con apoyo de las áreas usuarias cuando se requiere de conocimientos técnicos particulares) se encarga de controlar la calidad de los repuestos e insumos adquiridos por Metro una vez que éstos arriban a las bodegas, mediante el chequeo del cumplimiento a las condiciones establecidas en los procesos de adquisición, relacionadas a dimensiones, composición de materiales, etc.

3.2.2 Organigrama

El área de calidad de repuestos es compuesta por un empleado que se encuentra bajo el mando del Jefe de Calidad de Mantenimiento. Destaca el hecho de que no todos los controles de calidad son asignados al área de calidad de repuestos, ya que las áreas usuarias también realizan control de calidad a ciertos repuestos.

3.2.3 Contraparte

El presente trabajo de memoria fue requerido por el Subgerente de control de procesos y calidad de Metro, con el objetivo de presentar una propuesta de rediseño del proceso de control de calidad de repuestos.

El problema que aqueja al solicitante comprende la alta varianza que existe en la ejecución de las tareas de control de calidad de repuestos que no permite evaluar consistentemente la calidad (detección de no conformidades), minimizar tiempos de ejecución de tareas y mejorar la eficiencia operacional.

Además, existe falta de seguimiento del desempeño de éste a través del tiempo dado que la información disponible no es utilizada para elaborar reportes que permitan detectar el cumplimiento o no de las metas del proceso.

Estas problemáticas se traducen en el uso potencial de repuestos no conformes (no detectados previamente) en el mantenimiento de los sistemas, generando interrupciones del servicio que prolongan los tiempos de viaje de los pasajeros, aumentan la densidad de pasajeros en los trenes y afectan la percepción de calidad de los usuarios hacia la compañía, además de afectar los indicadores que controla la GMAN y que reflejan el cumplimiento de su misión.

3.2.4 Beneficiarios

Los beneficiarios de los resultados de este trabajo serán quienes realicen controles de calidad de repuestos y la GMAN en su totalidad, ya que, si se logran los resultados esperados, la disponibilidad de repuestos de calidad controlada oportunamente permitirá realizar mantenimientos de alta categoría y, en consecuencia, mejorar el desempeño del sistema de transporte, disminuyendo el número de detenciones del servicio que impacten la calidad percibida por los usuarios.

3.3 Identificación del problema

3.3.1 Importancia de los repuestos para la GMAN

Un requisito fundamental para poder realizar el mantenimiento de los sistemas es la disponibilidad de repuestos, herramientas e insumos. Sin embargo, se requiere además que estos repuestos cumplan ciertas características técnicas específicas y de calidad que aseguren su correcto funcionamiento de forma posterior a la realización del mantenimiento.

Para asegurar la calidad de los repuestos, el área de calidad de repuestos se encarga de analizar y medir sus características, generando revisiones aleatorias de unidades pertenecientes a cada lote de repuestos arribado a los depósitos de Metro. De esta forma,

se controla la calidad de lo adquirido de forma rápida y con un menor costo en comparación a haber realizado una revisión completa de todo el lote en cuestión.

Así finalmente se asegura un mantenimiento oportuno de los activos, con repuestos de calidad que permiten un buen desempeño de los sistemas, generando una oferta de servicio de transporte confiable al usuario final.

3.3.2 Impacto de la situación actual

La realización de un control de calidad no estándar podría traducirse en incongruencias al momento de detectar no conformidades que puedan significar la aceptación de un repuesto de calidad deficiente que sea utilizado en tareas de mantenimiento y que, en consecuencia, genere fallas durante la explotación e interrupciones del servicio. De esta forma se generarían cambios en los indicadores de rendimiento de la GMAN y pérdidas económicas asociadas a detenciones del servicio de transporte. A continuación, se explican ambos puntos.

- Impacto en indicadores: La GMAN mantiene un sistema de control (Balanced Scorecard²) mediante el cual controla el desempeño de diversos procesos, con el objetivo dar cumplimiento a su misión, la cual es “lograr la disponibilidad y confiabilidad de activos que permitan su correcto uso por parte de la Gerencia de Operaciones y Servicios”, traduciéndose en la prestación de un servicio confiable y de calidad al usuario final.

Dentro de los indicadores que analiza se encuentran los índices de:

1. Confiabilidad de activos, que es medida mediante:
 - Tasa de averías (Averías/MM de cochekilómetro³) de los sistemas. Dicha tasa mide por separado la tasa de averías de material rodante y la de energía, vías y sistemas.
 - Tasa de tiempo medio entre fallas para sistemas de transporte vertical (ascensores, escaleras mecánicas, etc.), que representa el tiempo medio medido en días entre fallas de cualquiera de los sistemas de transporte vertical.
2. Tasa de averías >5 min. material rodante: Mide la tasa de averías con detenciones mayores a 5 minutos/mm cochekm de trenes en todas las líneas.
3. Impacto a pasajeros >30 min: número de fallas que generaron demoras de más de 30 minutos en reposición del servicio.

² Herramienta que permite enlazar estrategias y objetivos clave con desempeño y resultados a través de cuatro áreas críticas en cualquier empresa: desempeño financiero, conocimiento del cliente, procesos internos de negocio y aprendizaje y crecimiento.

³ Averías/MM de Cochekilómetro: Tasa de averías por cada millón de kilómetros recorrido por todos los trenes de la red de metro.

- Costo de interrupciones: Las interrupciones del servicio tienen dos componentes de costos para la empresa.

En primer lugar, la detención del servicio implica una disminución de las frecuencias, aumento de los tiempos de transporte y aumento de la densidad de pasajeros por metro cuadrado dentro de los trenes, lo que afecta la percepción de calidad del servicio y también significa una pérdida monetaria para la empresa por ingresos que dejan de percibirse (pasajeros que dejan de ser transportados a causa de la pérdida de frecuencia).

Por otro lado, al existir una interrupción del servicio y detención de un tren, es necesario movilizar maquinarias y personal para poder corregir la falla y retomar su normal funcionamiento. Esto se traduce en costos de uso de insumos (petróleo, electricidad, etc.) que permiten movilizar los trenes detenidos a una cochera intermedia o taller y costo de horas hombre del personal encargado de corregir la falla en cuestión.

El costo total de las dos componentes mencionadas anteriormente, ha sido calculado por la empresa y **para cada hora de detención del servicio** (en promedio), **existe una pérdida económica de 3,358 MM[\$] [17]**.

Mediante el sistema de información denominado GEOS (sistema de gestión de eventos operacionales) se mantiene registro de eventos operacionales ocurridos durante la prestación del servicio. En él se registran datos como fecha, lugar, hora de ocurrencia, tiempo de detención de línea, causa de la falla, solución, etc.

Con dicho sistema es posible verificar que para el año 2017 **las interrupciones del servicio (excluyendo las causadas por los usuarios) sumaron un total de 1.690 minutos** considerando todas las líneas de la red. De dicho registro, no se conoce el tiempo exacto de detenciones que hayan sido causadas por síntomas asociados al uso de repuestos no conformes en calidad, y, por ende, se asume que la pérdida potencial de dicha situación será el costo económico de la suma de tiempos de detención de todos los sistemas, que son de **94.583.667 [\$]**. (tabla 13)

Sistema con avería	Frecuencia de ocurrencia	Tiempo de detención [min]	Costo detención [€]
Alimentación Eléctrica	3	305	17.069.833
Sistema de Puertas	37	259	14.495.367
Bloqueos del Tren	25	249	13.935.700
Averías Varias	3	144	8.059.200
Mecanica-Boggie	16	137	7.667.433
Equipos Neumáticos	11	125	6.995.833
Control y Comando	12	103	5.764.567
Señalización	6	101	5.652.633
Equipos Eléctricos	6	94	5.260.867
Tracción-Frenado	7	74	4.141.533
Vías	3	38	2.126.733
Procedimiento Operacional	5	34	1.902.867
CBTC Embarcado	3	21	1.175.300
Test de Neumaticos (CNF)	1	6	335.800
Total general	138	1.690	94.583.667

Tabla 13: Tiempos de detención de líneas y costo económico asociado a ellas, año 2017.
Fuente: elaboración propia en base a información sistema GEOS, 2017.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Generar una propuesta de rediseño enfocada en la gestión del proceso de control de calidad de repuestos de Metro S.A., con el objetivo reducir los tiempos del proceso y asegurar la detección oportuna de repuestos no conformes en calidad, que en consecuencia permitirá garantizar el uso de piezas de calidad en mantenimientos, incrementando la calidad del servicio de transporte de pasajeros y asegurando la estabilidad en la operación de trenes.

Asegurar el uso de repuestos conformes en calidad

4.2 Objetivos específicos

- **Determinar la situación actual del proceso de Control de Calidad:** Realizar un levantamiento de información que permita comprender y modelar el actual proceso de control de calidad a repuestos, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora.
- **Priorizar el control de calidad a repuestos críticos:** segmentar repuestos en función de criterios técnicos y económicos, con el objetivo de priorizar la ejecución

de un control de calidad minucioso a aquellos que con mayor probabilidad generen fallas de los sistemas y en consecuencia detenciones del servicio.

- **Proponer una estandarización del proceso de control de calidad:** Definir un modelo estándar para llevar a cabo el proceso de control de calidad, con el objetivo de mantener el proceso controlado, con resultados estables y evitando la recurrencia de errores. De esta forma el proceso asegurará la disponibilidad de repuestos de calidad para ejecutar las tareas de mantenimiento de los sistemas.
- **Medir y mejorar el desempeño del proceso de control de calidad:** Crear KPI's que permitan monitorear y detectar problemáticas del proceso de control de calidad de repuestos, con el objetivo de facilitar la toma acciones eficaces y eficientes que aseguren el uso de repuestos de alta calidad en mantenimientos y en consecuencia un servicio de transporte de calidad.

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

1. Reingeniería de sistemas

Técnica propuesta por Michael Hammer y James Champy [18] que analiza y reforma radicalmente los procesos y/o el modelo de negocio de las organizaciones, dado que supone que dichos procesos se han vuelto obsoletos y deben ser descartados. Esta metodología busca mejorar la gestión con el objetivo de percibir mejoras en costo, tiempo, rapidez y/o calidad. Dicha metodología se enfoca en establecer una reconfiguración de la situación actual, detectando las causas raíces de las cosas mediante preguntas como *¿Por qué hacemos lo que hacemos?* y *¿Por qué lo hacemos como lo hacemos?* Así se analizan los fundamentos de trabajo de la organización, permitiendo constituir cambios en estructuras organizativas, sistemas, cultura y competencias y en consecuencia generar ventajas competitivas.

La metodología de reingeniería considera los siguientes pasos:

- Identificación de los procesos candidatos.
- Selección de los procesos.
- Comprender los procesos actuales.
- Diseño del nuevo proceso [18].

2. Business process management o gestión de procesos de negocios (BPM)

BPM es un conjunto de técnicas de gestión cuyo objetivo es mejorar la eficiencia a través de la gestión sistemática de los procesos de negocio, que se deben modelar, automatizar, integrar, monitorear y optimizar de forma continua.

De esta forma, BPM aporta en mejoras como reducción de costos, ahorros de tiempo, aumento de velocidad en detección de problemáticas o desviaciones de procesamiento, agilidad para responder ante cambios en el entorno y aumento de la calidad operacional que se traduce en una mayor satisfacción de las necesidades del cliente, aumentando en consecuencia la competitividad de la firma.

Dentro de la literatura existen diversos autores que hacen referencia a esta metodología y por ende existen diversas formas de utilizarla. Entre ellos se encuentra Taylor [19], que comenzó a referirse a las mejoras de procesos industriales asociados a uso y optimización de mano de obra. Por otro lado, se comenzó a tomar la estadística y manejo de datos como referencia para mantener controlados los procesos. También hubo cambios de paradigma que enfocaron la metodología hacia la generación de valor final para el cliente [18].

Dentro de todas variantes, se rescata la propuesta por Becker, Kugeler y Roseman [20], ya que tiene un enfoque en el desarrollo de múltiples proyectos que en su conjunto permiten mejorar continuamente el objetivo principal de la empresa. Además, busca realizar el análisis y propuesta de solución, que, mediante entregables, podrá ser implementada en la organización. Por otro lado, no toma un enfoque predominante hacia el uso de tecnologías de información, si no que plantea su uso como herramientas de apoyo.

La metodología propuesta por los autores se muestra en el Gráfico 10.

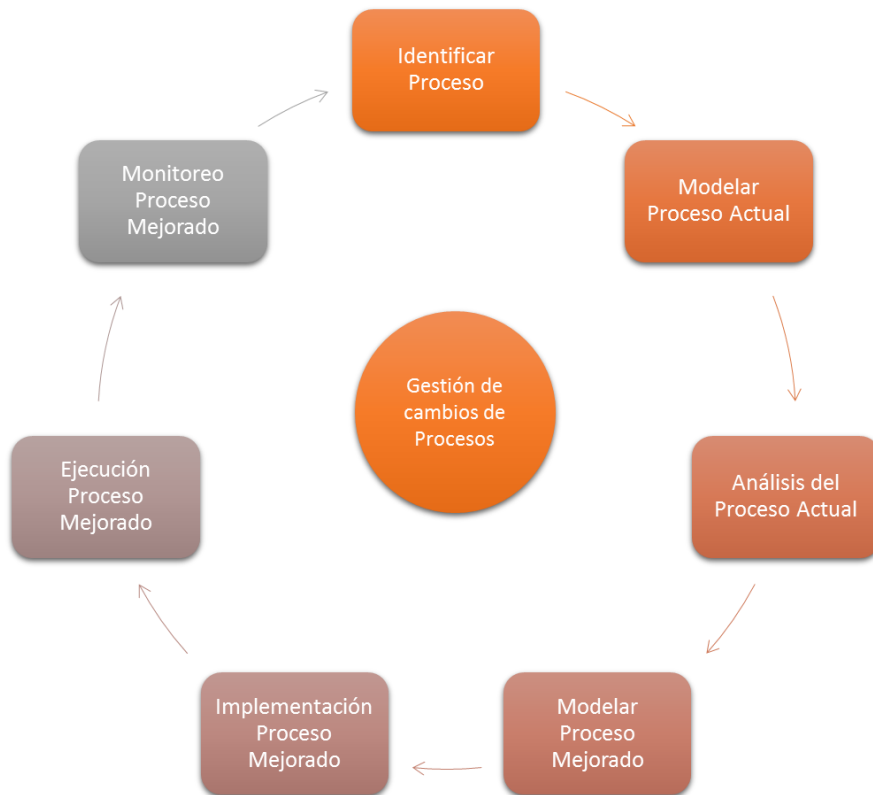


Gráfico 10: Metodología BPM propuesta por Becker, Kugeler y Roseman [20].

3. Business process redesign (BPR)

Metodología similar a reingeniería de sistemas, que se diferencia en el hecho de que BPR parte de la premisa de que los procesos actuales no funcionan de manera óptima, pero tampoco muestran un desempeño paupérrimo, por ende, propone generar cambios de manera continua que generen mejoras en el desempeño de los procesos.

BPR identifica a los procesos y sistemas que los soportan como los causales de las pérdidas de ineficiencia y por ello se enfoca en la implementación de soluciones tecnológicas, que automatizan los procesos, permitiendo eliminar ineficiencias en la operación.

Existen diversos autores que hacen referencia a esta metodología, dentro de los cuáles se encuentra la metodología propuesta por Óscar Barros [21], que propone observar a la empresa como un conjunto de actividades interrelacionadas, en la cual existen flujos de información y documentos que facilitan la coordinación de los procesos. Tal comunicación, puede ser estructurada mediante el uso de tecnologías de Información, permitiendo que algunos procesos rutinarios sean desarrollados por algún software, mejorando la autonomía, coordinación y uso de recursos humanos en el desarrollo de los procesos.

A pesar de tener un enfoque hacia la implementación soluciones TI, esta metodología posee métodos estructurados para la detección de oportunidades de mejora y enfoque de la solución a implementar.

La metodología de Barros se puede resumir en los siguientes puntos:

1. Definición del proyecto: Etapa en la que se analiza qué procesos serán parte de la propuesta de rediseño.
2. Análisis de la situación actual: Modelar la situación actual a través del uso de patrones, validar la modelación y evaluar el desempeño de los procesos. Evaluación de las funciones de la administración y variables de cambio que permiten establecer las fuentes y direcciones del rediseño (solución) que se desea generar.
3. Implementación: Construcción e implementación del software y capacitación de uso para el personal que interactuará con él.

3.1 Funciones de la administración

Esta parte de la metodología propuesta por Barros [21, p. 85], se orienta en estudiar el actual funcionamiento de los procesos con el objetivo de analizar y detectar si es posible generar mejoras para incrementar el desempeño del proceso y asegurar el cumplimiento de sus metas. Para realizar dicho análisis, se estudian los procesos desde 5 diferentes enfoques teniendo así una mirada amplia del proceso que permita detectar las potenciales mejoras.

Los 5 enfoques y su respectiva explicación se enuncian a continuación:

- Manejo de Información: se refiere a el manejo de la información asociada a los procesos de la organización que permite comprender si se cumplen o no las metas y objetivos planteados. Se recomienda que la información se encuentre disponible en algún tipo de sistema de administración de información (digital o no) que permita acceder a ella y así poder obtener información histórica.
- Toma de Decisiones: analiza cómo se plantean las órdenes en los niveles estratégico, táctico y operacional. También se enfoca en estudiar quién es el tomador de la decisión, cómo se toma la decisión y cuál es la decisión. Pueden ser

decisiones estructuradas en base a reglas o no estructuradas que dependen del contexto o situación a la cual se enfrenta.

- Generación de Planes: cómo se estructuran los planes a largo, mediano y corto plazo con el objetivo de anticiparse ante eventos futuros y enfocar los esfuerzos en el cumplimiento de las metas correspondientes. Es posible utilizar planificaciones sobre el dinero (presupuestos), el tiempo (cronogramas o programaciones), el comportamiento (normas o políticas) y los métodos (procedimientos y flujogramas).
- Estructura Organizacional: muestra cómo se componen las diferentes estructuras de personas (departamentos, áreas, subgerencias, gerencias etc.) y como éstas se relacionan para favorecer el cumplimiento de los objetivos de la organización.
- Dirección (Comunicación de Órdenes): identifica cómo se comunican las decisiones, mediante qué canales y con qué rapidez fluye la información que permite una rápida toma de acciones.
- Control y Retroalimentación: observación del comportamiento histórico de los procesos que permite generar planes de acción para inducir cambios que favorezcan un comportamiento controlado y óptimo.

3.2 Variables de cambio

Conjunto de ideas propuestas por Barros [21, p. 116] que permiten estudiar cómo generar una solución a las problemáticas detectadas mediante el uso de las funciones de la administración, tomando en consideración el contexto del proceso y de la empresa. La orientación de la solución busca priorizar los cambios que sean más factibles de implementar y que generen mayor impacto en el desempeño actual del proceso.

Dentro de las variables de cambio se encuentran:

- Mantención consolidada de estado: se refiere al uso, integración y comunicación de datos del proceso para informar a los involucrados en qué etapa se está actualmente, quiénes son los responsables, qué se está realizando, indicadores de gestión del proceso, etc. Al integrar la información se mejora la coordinación y se facilita la comunicación entre las partes, lo que se traduce en el incremento del desempeño del proceso y el favorecimiento del control oportuno de desviaciones que puedan ocurrir.

La solución propuesta puede ofrecer por un lado un alto nivel de integración de la información que significan altos costos por la implementación de tecnologías de apoyo que puedan facilitar el flujo de información. Por otro lado, una baja integración de la información generará descoordinación entre los participantes y en consecuencia variaciones en el desempeño del proceso que se traducirán en pérdidas económicas por ineficiencias. En conclusión, es necesario realizar un análisis entre los costos de holgura (fallas a causa de mala coordinación a causa del

poco flujo de información) y los costos de implementar una mejora que vaya en la dirección de la integración de los datos procesos.

- Anticipación: establece los futuros requerimientos que deberá satisfacer el proceso y crea las condiciones para atenderlos satisfactoriamente. Requiere de antecedentes históricos del proceso que permitan generar la planificación a largo plazo, asignar los recursos necesarios y coordinar las acciones para llevar a cabo dicha planificación.
- Integración de procesos conexos: generar conexiones entre procesos que permitan agilizar los flujos de información entre las partes interesadas. Por ejemplo, la solución puede tomar énfasis en mejorar la coordinación con proveedores para incrementar la eficiencia de la cadena de suministros.
- Prácticas de trabajo: corresponde a la formalización de las tareas a ejecutar en el proceso rediseñado por medio del establecimiento de reglas, procedimientos o rutinas, con el objetivo de mantener el proceso dentro de límites acotados que garanticen su correcto funcionamiento.
- Coordinación: variable presente en todas las anteriores. Representa la importancia de mantener un flujo constante de información entre las partes interesadas. Considera definir qué, cómo y cuándo fluye la información además de los estándares y responsables de ello. Se debe considerar tanto a los clientes internos como externos.
- Asignación de responsabilidades: definición de responsables y de la estructura organizacional del proceso. Puede generarse un proceso centralizado con jerarquías o un proceso autónomo en el cuál existe flexibilidad para la toma de decisiones. La definición de las responsabilidades y de la estructura organizacional deben aumentar la probabilidad de cumplir los objetivos y metas del proceso.

3.3 Aplicación de soluciones a BPR ("*mejores prácticas*")

Dentro de la literatura no sólo existen investigaciones científicas que definen teorías respecto a rediseño de procesos de negocio, sino que también existen algunas que se enfocan en estudiar cómo aplicar dichas teorías para llevar a cabo su implementación en las organizaciones.

Una investigación desarrollada por H.A. Reijersa y, S. Liman Mansarb [22] se enfocó en analizar casos de éxito en la implementación de rediseños de proceso como antecedente para la definición posterior de las denominadas "mejores prácticas de trabajo". Estas prácticas se enfocan en la aplicación de mejoras a nivel operacional que aseguren una correcta implementación del rediseño, pero establecen como fuera de su alcance la componente de la gestión de personas, a pesar de que se destaca como una dimensión relevante para asegurar el éxito.

Los autores definen 4 unidades de impacto en el rediseño: **tiempo, costos, flexibilidad y calidad**. El objetivo ideal de cualquier rediseño sería incrementar el desempeño de las 4 componentes al unísono, sin embargo, éstas interactúan entre sí y en general al aplicar una solución se verá una reducción de desempeño en alguna unidad. No obstante, se busca lograr un balance entre los incrementos y reducciones de las unidades de impacto. Para ello, se plantea la aplicación de múltiples “mejores prácticas” que permitan generar incrementos y al menos neutralizar las pérdidas.

Dentro de las propuestas de mejora, los autores las categorizan en función del área con que se relaciona cada una, dentro de las cuales se encuentra [22, p. 13]:

- Clientes: enfocado en mejorar el contacto y relación con clientes.
- **Operación del proceso:** cómo implementar el flujo de trabajo.
- **Comportamiento del proceso:** foco en cómo se ejecuta lo definido en el flujo de trabajo.
- Organización: estructura de la organización y definición de recursos involucrados.
- **Información:** datos que el proceso crea y utiliza durante su desarrollo.
- Tecnología: uso de la tecnología en la ejecución del proceso.
- Ambiente externo: mejoramiento de la relación con agentes externos (no necesariamente clientes).

4. Six Sigma

Metodología de mejora continua de procesos que se enfoca en encontrar y eliminar la variabilidad en los procesos, la cual permite reducir en consecuencia la cantidad de defectos en los productos/servicios generados y así mejorar el cumplimiento de los requisitos del cliente.

Dicha metodología, utiliza herramientas estadísticas y métodos de gestión de proyectos para cumplir dichos objetivos. En particular, utiliza la desviación estándar de los procesos (sigma) como indicador del desempeño de los procesos, la cual mide la variabilidad o dispersión de datos. Así, un proceso con mayor sigma se traduce en un proceso no estandarizado, que genera productos/servicios con defectos o fallas.

Por otro lado, utiliza la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) que plantea una mejora sistemática basada en hechos para mejorar el desempeño de los procesos, eliminando pasos y tareas improductivas.

5. Lean management

Consiste en una filosofía de gestión de calidad enfocada en crear el máximo valor posible para el cliente con un uso mínimo de recursos. Para lograr sus objetivos, la metodología propone que los procesos sean ajustados (*lean* en inglés) mediante la reducción de

desperdicios o despilfarros que se puede traducir en reducir inventario, movimientos, sobreproducción, tiempo de espera, reprocesos y defectos en productos manufacturados.

Lean se apoya en 6 pilares fundamentales:

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Procesos *pull*: los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.

6. Business process model notation (BPMN)

BPMN se define como una notación estándar que permite modelar procesos para visualizar de manera generalizada el funcionamiento de éstos. A través de esta notación gráfica estándar es posible alinear la visión del diseño y ejecución de procesos, logrando que lo que se está realizando sea comprendido por todos, mejorando la productividad y calidad de los procesos en cuestión.

La notación cuenta con elementos gráficos estándares [23], que permiten modelar el proceso de forma cercana a la realidad. Dentro de los elementos más importantes se encuentran:

- **Objetos de Flujo:** eventos, actividades, rombos de control de flujo (*gateways*).
- **Objetos de Conexión:** flujo de secuencia, flujo de mensaje, asociación.
- **Carriles de nado** (*swimlanes*): piscina, carril.
- **Artefactos:** objetos de datos, grupo, anotación.

La combinación de dichos elementos permite modelar los procesos poniéndose en todas las situaciones hipotéticas que puedan existir. El proceso se modela utilizando una piscina que comprende todos los participantes el proceso y tareas a ejecutar. Por otro lado, existen diferentes carriles para representar a los participantes del proceso e identificar así a los responsables de ejecutar cada una de las tareas en cuestión. Dentro de cada carril existen eventos (algo que sucede), tareas (algo que se ejecuta) o subprocesos (conjunto de tareas que son agrupadas para representar una tarea particular), que se conectan

temporalmente mediante flechas de flujo y compuertas lógicas, que permiten modelar bifurcaciones de diferentes rutas posibles del proceso.

Dentro de la metodología BPMN se plantea el uso de un modelo inicial que representa la situación actual del proceso (modelo *as-is*) y un modelo final que enuncia el proceso con las mejoras implementadas (modelo *to-be*).

7. Análisis de criticidad

Metodología que permite diferenciar procesos, instalaciones, sistemas, equipos o elementos de equipos para facilitar su control dada la homogeneidad dentro de cada segmento. Mediante esta separación es posible identificar las diferencias en el impacto de la operación que pueden estar dadas por la frecuencia de falla o por el impacto que genere en los sistemas, trabajadores, ambiente y/o clientes, mejorando la administración de recursos y esfuerzos en la gestión a aquellos que representen mayor impacto para el proceso.

Luis José Amendola [24] propone una metodología de análisis de criticidad en 5 pasos que permiten finalmente determinar y clasificar el proceso según la criticidad de éste, la cual es definida como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

1. **Definir niveles de análisis:** Se establece el proceso, sistema, subsistema, etc. a analizar y se definen los alcances de éste. Es necesario realizar una segmentación y definición de jerarquías, idealmente a través de algún organigrama (gráfico 11) que simplifique el entendimiento de la situación, para así entender las subcomponentes o subniveles de análisis.



Gráfico 11: ejemplo de jerarquización de una instalación [24].

2. **Definir la criticidad:** Establecer la frecuencia de falla a través del número de fallas por unidad temporal (tabla 14) y la consecuencia (tabla 15).

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

Tabla 14: Definición valores de frecuencia [24].

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Tabla 15: Definición de valores de consecuencia [24].

3. **Medición de criticidad:** Multiplicar ambos datos para obtener la criticidad. Generar la matriz de criticidad (gráfico 12) en donde cada categoría tendrá un valor de criticidad asociado a su componente de frecuencia y consecuencia.



Gráfico 12: Matriz de criticidad [24]

4. **Analizar y validar criticidad:** Establecimiento de las componentes que deben mejorarse con el objetivo de reducir su potencial impacto. Aplicación de metodologías de confiabilidad (análisis causa raíz por ejemplo).
5. **Seguimiento:** Monitoreo de cambios o mejoras aplicados como resultado del análisis de criticidad.

8. Estado del arte respecto a calidad

8.1 ¿Qué es calidad?

Calidad puede ser definido como el conjunto de características que un producto/servicio posee y que permiten satisfacer las necesidades del cliente. Dentro de la literatura [25] existen caracterizaciones para la calidad que comprenden 8 dimensiones:

1. Rendimiento: medición del desempeño de algunas características y funciones.
2. Confiabilidad: relacionado a la tasa de falla del producto/servicio.
3. Durabilidad: duración del producto y desempeño de características a lo largo de su vida útil.
4. Reparabilidad: qué tan rápido y costoso es realizar reparaciones o rutinas de mantenimiento al producto/servicio.
5. Estética: se refiere a valoración de las características visuales como empaque, color, forma, etc.
6. Características: habla sobre el desempeño de las características del producto/servicio en comparación a lo ofrecido por los competidores.
7. Calidad percibida: Confianza en desempeño histórico de la empresa o marca, el cual es asociado de forma directa con los productos que ésta ofrece en el mercado.
8. Conformidad a estándares: mide el ajuste del producto/servicio respecto las características definidas en su etapa de diseño.

Por otro lado, se definen dos rasgos importantes de calidad, calidad de diseño y calidad de conformidad [26]. La primera hace referencia al proceso de desarrollo ingenieril que determinó los componentes a utilizar y las características técnicas de éstos. La segunda se refiere a cómo el producto/servicio cumple con las características definidas en la etapa de diseño y cómo se desempeña durante su vida útil. La calidad de conformidad puede estar influenciada por los procesos de manufactura, los procesos de control y test que existan y el seguimiento que se realice, que permitirá detectar desviaciones en el funcionamiento.

8.2 Calidad a diferentes niveles jerárquicos

Para incorporar la filosofía de la calidad en las empresas/organizaciones se plantean 3 etapas. La primera consiste en la planificación estratégica de la calidad, en la cual se define qué es lo importante para el cliente y así enfocar los esfuerzos en cubrir dichas necesidades. Luego, la mantención de calidad a nivel operacional a través del

planteamiento de un sistema que se encargue de monitorear y asegurar el correcto funcionamiento de los procesos. Finalmente se plantea el mejoramiento de los procesos de manera continua.

8.3 Ingeniería de calidad y sus herramientas

Dentro de las corrientes que se hacen cargo de la calidad se encuentra la ingeniería de calidad, que busca la reducción de variabilidad en los procesos y por ende el ajuste de los productos/servicios a ciertas características nominales o valores objetivos (no conformidades). De esta forma, se evitan pérdidas económicas a causa de la corrección de errores que pueden afectar el cumplimiento de las necesidades del cliente y por ende la calidad percibida del servicio/producto.

Para mantener los procesos bajo ciertos estándares, reducir sistemáticamente la variabilidad y evitar la aparición de no conformidades, se utilizan diversas herramientas estadísticas tales como [26]:

- Procesos de control estadístico: control histórico del cumplimiento de estándares definidos para el producto/servicio, como por ejemplo el número de productos con fallas reportados por clientes.
- Diseño de experimentos: estudio del desempeño del producto/servicio ante variaciones en ciertos factores que es posible controlar.
- **Muestreos de aceptación:** medida de control de calidad consistente en la inspección del proceso (en etapas iniciales como chequeo calidad de insumos, etapas intermedias que chequean el desempeño de los procesos o etapas finales mediante percepción de calidad del cliente) a través de la medición de características en una muestra del producto/servicio. Dicha muestra puede ser aceptada o rechazada en función del ajuste o no a la calidad establecida.

8.4 Costos control de calidad

Al aplicar métodos de control de calidad se incurre en algunos gastos que pueden ser catalogados en 4 categorías [26]:

- Costos de prevención: incurridos en la etapa de diseño y manufactura, que aseguran la conformidad de los procesos desde su inicio.
- Costos de evaluación: asociados a medir, evaluar y auditar los componentes y materiales adquiridos para realizar el proceso y así certificar la conformidad de las especificaciones establecidas.
- Costos de falla interna: costos de análisis de requerimientos de calidad en etapa previa al uso del producto/servicio por parte del cliente.
- Costos de falla externa: costos asociados al mal desempeño del producto/servicio y que involucran devoluciones y retiros, quejas, garantías, etc.

8.5 Organismos de medición de calidad

En Suiza el año 1943 se creó la ISO (International Standards Organization) que planteó especificaciones de clase mundial para productos, servicios y sistemas, para garantizar calidad, seguridad y eficiencia [27]. ISO posee diversas normativas para las áreas antes mencionadas, en particular existe la norma ISO 9001, que establece requerimientos para asegurar la satisfacción del cliente y la capacidad de proveer productos y servicios que cumplan con las exigencias internas y externas de la organización [28].

Dentro de los requerimientos de la norma, se menciona por ejemplo la implementación de un sistema de gestión de calidad, que se encargue de generar y mantener la documentación de respaldo de los procesos de trabajo de la empresa/organización. También se requiere la utilización de auditorías internas que controlen el comportamiento de los procesos y se encarguen de solucionar problemáticas que los alejen de los estándares de calidad establecidos.

Dicha institución se encarga de certificar las empresas/organizaciones a través de la ejecución de auditorías para corroborar en terreno el cumplimiento de los requisitos establecidos en la normativa. Si se cumplen los estándares en las auditorías, se entrega un certificado por una duración de tres años [29].

8.6 Norma Chilena 44 de muestreo

En Chile existe el Instituto Nacional de Normalización (INN), quien es miembro de la International Organization for Standardization (ISO) y cuyo objetivo es "contribuir al fortalecimiento de los componentes de la calidad para mejorar la competitividad de los diversos sectores productivos y la calidad de vida de la sociedad" [30].

EL INN, ha desarrollado una serie de normativas, dentro de las cuales se encuentra la **norma chilena 44 de muestreo**, que plantea la estructuración de planes de inspección a insumos o productos de procesos productivos para determinar su conformidad respecto a ciertos atributos definidos como requisitos de calidad [31]. La inspección es realizada a una muestra del total de insumos o productos con el objetivo de caracterizar y generalizar los resultados al resto y así evitar realizar una inspección a la totalidad del lote en cuestión. Esta normativa ha sido desarrollada en base a la norma internacional ISO 2859-1: 1999.

8.6.1 Estructura de un sistema de muestreo

La norma chilena 44 plantea el uso de una estructura que permita variar la exigencia de la inspección en función del desempeño histórico de los proveedores en los controles de calidad pasados. Para ello, se establece el uso de un *sistema de muestreo*, compuesto por *planes de muestreo* y reglas para pasar de un plan a otro.

En particular la norma chilena 44 plantea el uso de un sistema de muestreo que considera 3 planes de muestreo/inspección y una serie de reglas que modifican el plan de muestreo a utilizar (gráfico 13). Cada uno de los 3 planes de muestreo/inspección (inspección reducida, normal y rigurosa) hará crecer o disminuir el tamaño de la muestra (reflejado por el nivel de inspección en tabla 16) y por ende generará reglas de aceptación y rechazo más o menos exigentes dependiendo del caso.

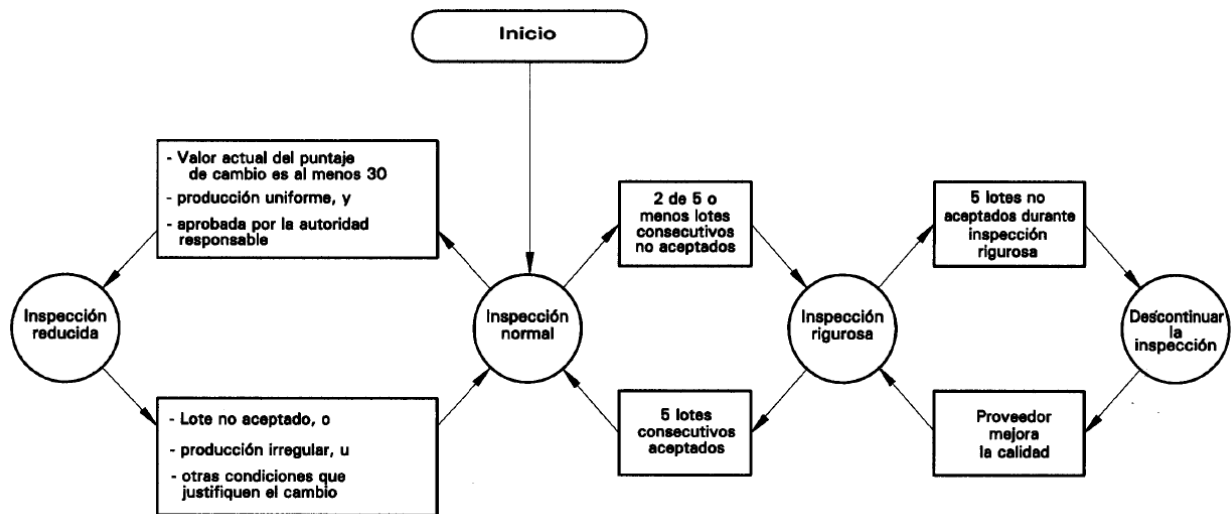


Gráfico 13: Diagrama de sistema de muestreo; planes de muestreo y reglas de cambio.[31, p. 25]

8.6.2 Ejecución de un plan de inspección/muestreo

Independiente del plan de muestreo que se esté utilizando es necesario realizar una serie de pasos para la ejecución del control de calidad. En primer lugar, se debe determinar el criterio de aceptación y el tamaño de muestra definidos a continuación:

- Criterio de aceptación a emplear: corresponde al *nivel límite de calidad aceptable* (AQL en inglés). Dicha métrica, determina la tolerancia máxima de defectos descubiertos (medido en porcentaje de ítems no conformes o número de no conformidades por cada 100 ítems⁴) en un lote. Si el lote tiene un desempeño (reflejado por el desempeño medido en la muestra) peor al AQL elegido, se rechaza el lote. Esto quiere decir que existen más no conformidades que el máximo permisible.
- Tamaño de muestra: en función del tamaño del lote y el nivel de inspección (nivel I, II o III que define la cantidad de muestra a extraer para diferentes criterios de rigurosidad donde el nivel I representa el nivel menos riguroso y el III el más

⁴ Ambas métricas no necesariamente son iguales, dado que la primera mide el número de ítems con no conformidades, mientras que el segundo mide el total de no conformidades en un lote de 100 ítems, asumiendo que un ítem puede tener asociada más de una no conformidad.

riguroso), se establece cuál es la muestra por utilizar. La tabla 16 muestra el código de tamaño de muestra correspondiente para cada caso. Con dicho código se debe revisar la tabla de plan de muestreo que establece, en función del código definido anteriormente, el tamaño de la muestra que se debe aplicar.

Una vez establecido el AQL, y tamaño de muestra, se debe proceder a comprobar el cumplimiento de la calidad de la muestra a través de observación, medición, ensayo/prueba y/o comparación con patrones para determinar la conformidad o no respecto a las características definidas por la empresa/organización. Como resultado del análisis, se obtiene el número de elementos no conformes en la muestra.

Luego, se debe hacer uso de la tabla del plan de muestreo (tabla 17) que enuncia los criterios de aceptación y rechazo en función del AQL y el número de elementos no conformes resultantes de la inspección. Así finalmente es posible determinar si aceptar o rechazar el lote.

Tamaño del lote o lote de producción	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y mayor	D	E	H	K	N	Q	R

Tabla 16: Códigos de tamaño en función del tamaño del lote [31, p. 26].

Letra código del tamaño de muestra	Tamaño de muestra	Niveles de calidad aceptable, AQL, en porcentaje de ítems no conformes y no conformidades por 100 ítems (inspección normal)																										
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Tabla 17: Plan de muestreo para inspección normal [31, p. 29]

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

1. Definición de metodología de trabajo

Para realizar este trabajo de tesis se analizará cada una de las metodologías antes propuestas con el objetivo de ver si es factible su aplicación para este caso de estudio.

- **Reingeniería:** Si bien propone un método para realizar un rediseño, su objetivo es analizar radicalmente el funcionamiento de la empresa/organización como un todo. Se aplica más a estudios de análisis sobre las directrices que está llevando la empresa y por ende se descarta para este estudio.
- **BPM:** Este método asume que la situación actual no tiene un pésimo desempeño, por ende, busca plantear (y no necesariamente implementar) soluciones pequeñas que sean escalables y permitan ir mejorando continuamente los procesos, cooperando así con alcanzar el objetivo de la empresa/organización. Por ello se plantea utilizar dicha metodología, dejando de lado algunas etapas como la implementación, ejecución y monitoreo del proceso mejorado.
- **BPR:** Metodología similar a BPM, con la diferencia de que esta se enfoca en ofrecer soluciones tecnológicas para enfrentar los problemas.
De esta metodología se rescata la forma estructurada planteada para la etapa de detección, análisis y propuesta de solución, por lo que se utilizará dicha estructura en la metodología a aplicar en este trabajo de tesis.
- **Six sigma:** A pesar de que esta metodología aplica para este caso de estudio, six sigma se enfoca en procesos productivos de mayor tamaño y con alta disponibilidad de datos que para el caso del proceso en cuestión no existe data suficiente, por ende se descarta su uso.
- **Lean management:** Si bien es aplicable al proceso, se dejará de lado ya que más que metodología, es una filosofía que pretende ser aplicada a toda la organización y busca mejorar el desempeño de procesos macro y no un proceso pequeño en particular.
- **BPMN:** Metodología de modelamiento que será utilizada ya que permite organizar de forma representativa el proceso y facilita una visión general y comprensión de éste.

Por ende, se plantea la siguiente metodología:

- I. **Identificar el proceso:** definición de objetivos generales y específicos, establecimiento de procesos a rediseñar, establecer situación actual del proceso a través de un levantamiento de información en terreno.
- II. **Modelar la situación actual:** modelamiento de la situación actual a través de la notación BPMN y validación de este con el personal que ejecuta las tareas del proceso.
- III. **Análisis de situación actual:** uso de datos existentes del proceso para comprender su actual desempeño. Análisis del estado del arte para generar una comparación de cómo se desarrolla el proceso actualmente respecto a otras

empresas/organizaciones. Uso de las funciones de la administración para establecer las diferentes oportunidades de mejora del proceso.

- IV. **Propuesta de mejora:** análisis de las variables de cambio y dirección del rediseño que permitan articular una solución factible. Se genera la propuesta de solución y se propone un plan de implementación para que en un futuro se capacite al personal a cargo para la implementación y control de la situación a posteriori.

2. Resultados esperados

Dentro de los resultados esperados de la aplicación de la metodología planteada anteriormente se espera:

1. Marco conceptual en materia de rediseño de procesos y enfoques en la calidad de los procesos productivos.
2. Diagramas BPMN de la situación actual y la situación de mejora planteada.
3. Análisis estadístico de la situación actual que permita determinar el desempeño actual del proceso, oportunidades de mejora y situaciones excepcionales que se hayan producido en el pasado.
4. Rediseño del proceso de control de calidad de repuestos que permita plantear mejoras a dicho proceso de manera fundada y que busque mejorar su desempeño respecto a reducciones de tiempo del proceso y detección oportuna de repuestos no conformes en calidad.
5. Propuesta de metodología de trabajo que plantee claramente cómo llevar a cabo el proceso, responsables, formas de ejecución de las tareas, información que se debe manejar, control del proceso, etc.
6. Plan de implementación de la propuesta de mejora y propuesta de método de control del proceso (definición de KPI's).
7. Beneficios a largo plazo que se relacionen con la disminución de fallas y detenciones del servicio, que mejorarán el desempeño de indicadores de la GMAN, reducirán el costo económico asociado a detenciones de línea y mejorarán la percepción de los usuarios respecto a la calidad del servicio ofrecido por Metro.

3. Alcances

En este trabajo de tesis se trabajará con la gerencia de mantenimiento de Metro, en particular con el área de calidad de repuestos. Se cuenta con el apoyo del subgerente de control de procesos y calidad y el jefe del área de calidad de repuestos, por ende, se garantiza el acceso a la información del proceso que permita comprender la situación actual.

Los límites de este trabajo de tesis contemplarán el proceso de control de calidad de repuestos utilizados en mantenimiento de trenes L1, realizado en el taller Neptuno tanto por el área de calidad de repuestos, como por las diferentes áreas usuarias.

Se considerarán los procesos previos y posteriores al control de calidad sólo para la etapa de identificación del proceso, con el objetivo de entender dónde se inserta el proceso de control de calidad y con quiénes interactúa. Los pasos siguientes de la metodología sólo se aplicarán de forma exclusiva al proceso de control de calidad de repuestos.

Se dejará de lado la ejecución de cambios en el ERP que utiliza actualmente la organización, dado que se requiere de una alta inversión en tiempo, recursos humanos y dinero, además de aprobación de niveles gerenciales altos. Tampoco se generará una propuesta de solución con base en el uso de tecnologías de información.

Por otro lado, se generará una propuesta de rediseño que no será implementada en este trabajo de tesis, dado que la implementación involucra cambios organizacionales, de estructura de procesos y de cultura organizacional que requieren mayor cantidad de tiempo que lo que se dispone para realizar este trabajo de tesis.

La propuesta de rediseño se realizará en base a los datos históricos del proceso que se pudo tener acceso, correspondientes entre noviembre de 2017 y diciembre de 2018.

No se realizará un análisis costo beneficio, dado que se requiere de resultados históricos post implementación del rediseño (fuera del alcance de esta tesis).

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN METODOLOGÍA

1. Identificación del proceso

1.1 Ciclo de vida de un repuesto

En primer lugar, se analizaron los procesos previos y posteriores al control de calidad, los cuales en su conjunto han sido denominados como el “ciclo de vida de un repuesto”. Este ciclo, contempla desde la etapa de detección de necesidad del repuesto hasta la etapa de utilización en tareas de mantenimiento. Se ha investigado cómo son desarrolladas todas las etapas de este ciclo para comprender cómo funciona el proceso de control de calidad en su totalidad, con qué otros procesos y áreas se relaciona y comprender algunas situaciones que puedan generarse de manera previa al proceso pero que aun así puedan impactar su funcionamiento.

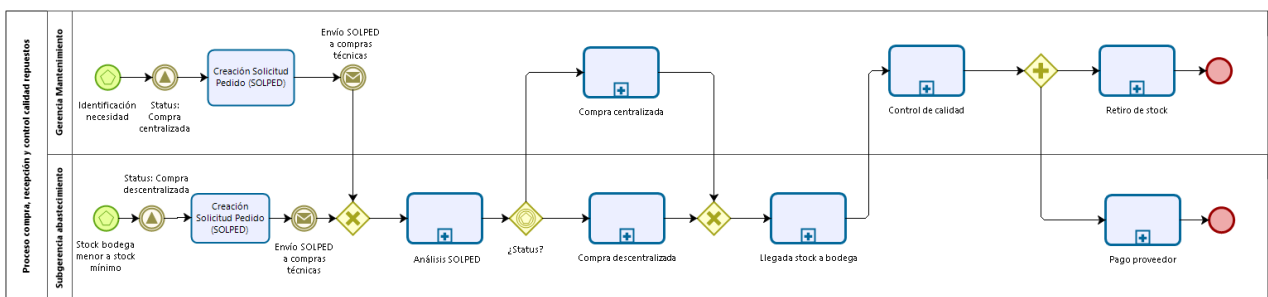


Gráfico 14: Modelo del ciclo de vida de un repuesto.

Fuente: elaboración propia.

El ciclo comienza con la identificación de una necesidad por parte de áreas usuarias (quienes realizan las tareas de mantenimiento) o por el área de logística mediante la detección de un nivel de stock menor al stock mínimo establecido. El primer caso corresponde a una compra descentralizada y el segundo a una compra centralizada. Para formalizar la petición del repuesto en cuestión, se debe generar una “solicitud de pedido” (SOLPED), la cual establece las características técnicas que debe cumplir el repuesto requerido, tales como dimensiones, materiales, etc. Dicha SOLPED, es enviada al área de compras técnicas, donde un analista de compras técnicas realiza una revisión del documento y establece la modalidad de compra que se utilizará para adquirir el repuesto.

Existen 4 modalidades de compra:

- Licitación pública: Realizada por el área de compras técnicas. Establece las condiciones comerciales de la licitación y genera la publicación de un aviso de licitación pública a través de medios electrónicos o prensa. Los proveedores pertenecientes a la plataforma ChileCompra (plataforma de compras públicas de Chile, que funciona con un marco regulatorio único, basado en la transparencia,

eficiencia, universalidad, accesibilidad y la no discriminación [32]) que desean participar de la licitación, envían sus ofertas mediante una postulación. Las postulaciones son recibidas y resumidas en un documento llamado "cuadro comparativo", el que muestra la totalidad de las postulaciones y sus características (precio, tiempo de envío, especificaciones técnicas, etc.). A través del análisis del cuadro comparativo, se evalúan las propuestas y se establece la oferta que se adjudica la licitación, dando aviso al proveedor seleccionado. Luego, se genera una "orden de compra" que resume lo establecido en las condiciones de la licitación y se envía al proveedor para que acepte dichas condiciones mediante la firma del documento.

- Licitación privada: Desarrollada de igual forma que una licitación pública, con la única diferencia de que la licitación no es publicada mediante medios digitales, sino que ésta se comunica de forma directa a ciertos proveedores de los cuales Metro desea recibir una oferta económica. El resto de proceso continúa de igual forma que la licitación pública.
- Adquisición directa: Utilizada cuando se desea adquirir un repuesto de un proveedor en particular, ya sea por su precio o características de fabricación. Luego de enviar la propuesta a un proveedor específico y recibir la oferta de éste, el proceso continúa de forma idéntica a la licitación pública.
- Compras menores: Utilizada para adquisición de compras menores a 100UF. Se requieren cotizaciones por el producto a diferentes proveedores. Si se reciben más de 3 cotizaciones se utiliza el cuadro comparativo para determinar qué proveedor es más conveniente. En caso contrario, se utiliza un informe técnico elaborado por el área usuaria, el cual justifica la decisión compra del insumo a un cierto proveedor.

Una vez formalizada la adquisición, se genera el envío de los productos a las bodegas de metro, donde se corrobora mediante el documento "guía de despacho" que lo establecido en la orden de compra coincida con lo que se está recibiendo en bodega.

Luego, se realiza el proceso de control de calidad, en el cual se define una muestra del lote de repuestos arribado, a la cual se le realiza la medición de características técnicas definidas en la SOLPED. Una vez aprobado el control de calidad, se procede a liberar el stock para su uso en las tareas de mantenimiento programadas. Finalmente se realiza el pago al proveedor a través de la generación de una factura.

1.2 Proceso control de calidad

Para comprender el proceso de control de calidad a cabalidad, se procedió a realizar un levantamiento de información en terreno, entrevistando a diferentes participantes, dentro de los cuales se encuentra el jefe del área de calidad de repuestos, el trabajador integrante del área de calidad de repuestos y trabajadores de áreas usuarias relacionadas al mantenimiento de trenes de L1. Dichas entrevistas permitieron conocer

cómo era desarrollado el proceso en el día a día, quiénes eran los responsables de las etapas del proceso, qué documentos asociados existían, cómo se mantenía el control del desempeño del proceso, etc.

El proceso comienza con la recepción de los lotes de repuestos en la bodega del Taller Neptuno. Una vez recepcionados, el área de abastecimiento asigna mediante el ERP al encargado para realizar el control de calidad que puede ser el área de calidad de repuestos o alguna de las áreas usuarias. El primer caso corresponde a las compras centralizadas (adquisición de repuesto planificada en función de proyecciones anuales de mantenimientos) y el segundo a compra descentralizadas (adquisición de repuesto de forma no planificada, en general a causa de necesidades específicas y temporales).

El sistema envía una notificación al encargado de realizar el proceso, informándole que se debe realizar el control de calidad a un lote en particular, comunicándole la información asociada a éste. El ERP notifica al encargado de que éste debe realizar una inspección completa al lote, lo que significa corroborar para todos los repuestos del lote si se cumplen o no las características técnicas definidas en el proceso de adquisición. Sin embargo, actualmente la cantidad a inspeccionar del lote es definida por cada uno de los encargados según sus propios criterios.

Una vez definida la muestra a inspeccionar, el encargado se acerca a bodega a retirar la muestra para realizar las mediciones pertinentes. En general se realiza una inspección visual del repuesto en primer lugar y luego se miden algunas características con diferentes herramientas. Si es necesario se realizan pruebas empíricas para corroborar el correcto funcionamiento del repuesto en terreno.

En ciertos casos, cuando es necesario corroborar de forma más acuciosa algunas características, se analiza lo proyectado en el plano del repuesto versus la muestra que está siendo analizada. En casos particulares, cuando se requiere medir características dimensionales como curvaturas o dimensiones con mayor exactitud se requiere apoyo al área de metrología para hacer uso de la máquina de coordenadas⁵.

En función del análisis, se define si el repuesto aprueba o rechaza el control de calidad y de forma posterior, se procede a retornar la muestra de repuestos a su ubicación original en bodega y a cargar en el ERP el resultado del control de calidad. Luego abastecimiento notifica al proveedor de la finalización del control de calidad y comunica el resultado del análisis.

5 Máquina de coordenadas: equipo electrónico de medición directa en el que el instrumento recorre el objeto que se desea medir y mediante una toma de datos y su procesamiento con un software especializado se obtienen las dimensiones del objeto en cuestión.

2. Modelamiento situación actual

2.1 Modelamiento proceso mediante metodología BPMN

En función de la información levantada se ha desarrollado un modelo del proceso de control de calidad a través del software Bizagi Studio. Este modelo representa la situación actual del proceso (modelo *as-is*), que detalla la serie de pasos cronológicos y establece los responsables de la ejecución de cada una de las tareas.

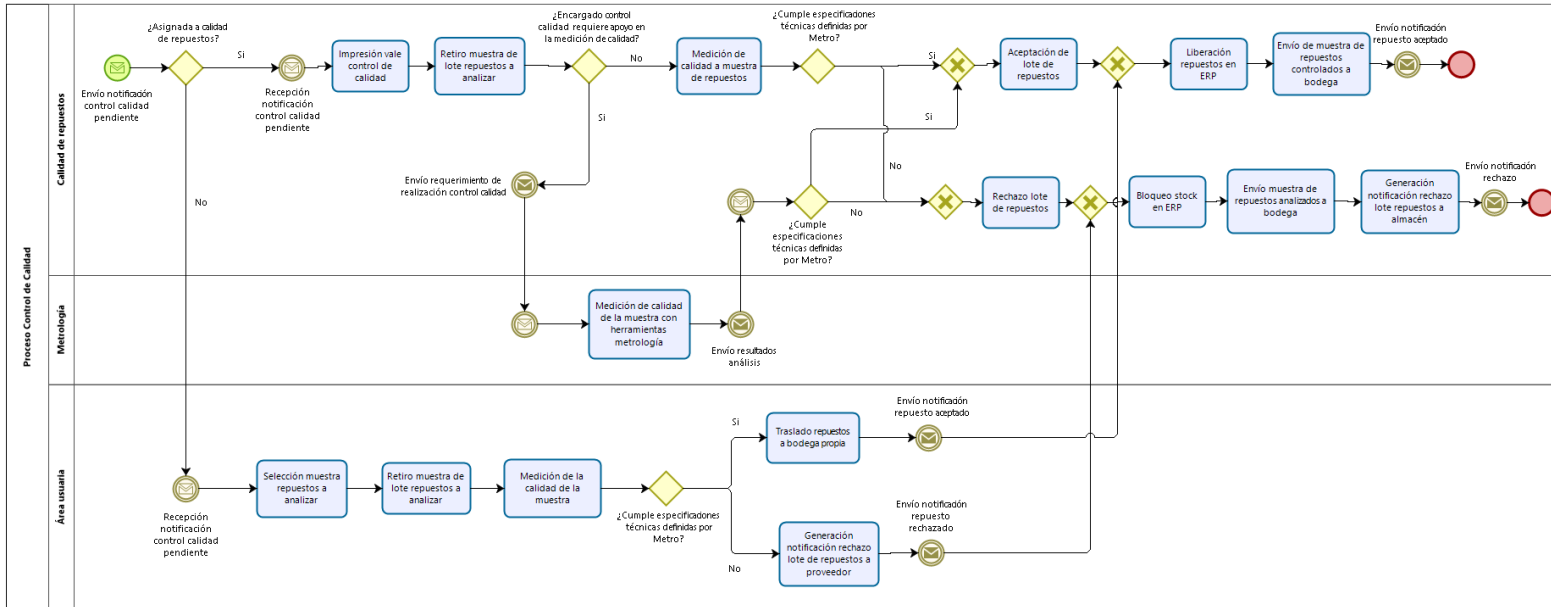


Gráfico 15: Modelo *as-is* del proceso de control de calidad de repuestos.

Fuente: elaboración propia.

3. Análisis situación actual

3.1 Contexto y cifras del proceso

Dado que la empresa ha comenzado a utilizar el ERP SAP a partir de noviembre del año 2017, sólo se mantienen registros digitales del proceso desde dicha fecha a la actualidad. La base de datos contempla los siguientes datos:

- Número identificador de lote de repuestos: identifica lotes de forma individual.
- Número identificador de material: identifica a ítems de forma individual.
- Número identificador de proveedor: número asociado a cada proveedor.
- Número de orden de compra: número de la orden de compra del lote en cuestión.
- Cantidad de insumos por lote: número de ítems contenidos en un lote.

- Unidad de medida de los componentes de cada lote: especifica si los ítems contenidos tienen una unidad de medida en metro, kilogramo, juego de piezas, unidades, pares de ítems, rollos o piezas de madera.
- Descripción del repuesto en cuestión: breve descripción de algunas características del repuesto.
- Fecha de arribo del stock a bodegas: Fecha en que ingresó el repuesto a dependencias de metro. Es la fecha de inicio del proceso de control de calidad y a partir del cual se mide el cumplimiento del plazo de 10 días hábiles establecido de forma interna.
- Responsable de recepción del stock en bodega: identificador del empleado que ingresó el repuesto al ERP una vez que este llegó a bodegas.
- Número de guía de despacho: número de documento de respaldo requerido al momento de arribo del repuesto a bodegas.
- Responsable ejecución de control de calidad: nombre del empleado que es responsable de realizar el control de calidad.
- Fecha realización control de calidad: fecha en la que se realizó el control de calidad.
- Resultado control de calidad: indicador de si el lote es aceptado o rechazado al momento de la revisión de su calidad.
- Centro en el cual se ha guardado finalmente el stock: Representa la bodega o pañol en el cual se ha depositado el stock aceptado en el control de calidad. Los repuestos tienden a acopiarse en la bodega más cercana al área del taller en la cual se utiliza.

Con los datos disponibles se procedió a realizar un análisis estadístico. En primer lugar, se analizó la cantidad de lotes a los cuales se le ha realizado control de calidad. Los datos se resumen en la tabla 18, donde se puede apreciar que el total de controles de calidad realizados desde la implementación de SAP a la fecha da un total de 6.729, para los cuáles la mayoría (80% aproximadamente) han sido realizados a lotes pequeños de entre 1 y 90 piezas.

Cantidad de repuestos en lote	2017	2018	Total histórico	Porcentaje
1 - 8	38	3.563	3.601	53,51%
9 - 15	15	628	643	9,56%
16 - 25	11	374	385	5,72%
26 - 50	10	376	386	5,74%
51 - 90	16	343	359	5,34%
91 - 150	5	374	379	5,63%
151 - 280	7	297	304	4,52%
281 - 500	5	174	179	2,66%
501 - 1.200	6	267	273	4,06%
1.201 - 3.200	8	122	130	1,93%
3.201 - 10.000	-	61	61	0,91%
10.001 - 35.000	-	21	21	0,31%
35.001 - 150.000	-	8	8	0,12%
Total	121	6.608	6.729	100%

Tabla 18: distribución de controles de calidad según cantidad de repuestos.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la tasa de rechazos histórica asciende a un 2,84% del total de los lotes chequeados (tabla 19). Al realizar un análisis más desagregado se puede evidenciar que la mayor tasa de rechazos (6,94%) ocurre en lotes compuestos entre 16 y 25 repuestos.

Cantidad de repuestos en lote	2017			2018			Total histórico		
	Aceptado	Rechazado	Tasa rechazo	Aceptado	Rechazado	Tasa rechazo	Aceptado	Rechazado	Tasa rechazo
1 - 8	37	1	2,70%	3500	63	1,80%	3537	64	1,81%
9 - 15	14	1	7,14%	601	27	4,49%	615	28	4,55%
16 - 25	11	0	0,00%	349	25	7,16%	360	25	6,94%
26 - 50	10	0	0,00%	361	15	4,16%	371	15	4,04%
51 - 90	16	0	0,00%	329	14	4,26%	345	14	4,06%
91 - 150	5	0	0,00%	368	6	1,63%	373	6	1,61%
151 - 280	7	0	0,00%	282	15	5,32%	289	15	5,19%
281 - 500	5	0	0,00%	165	9	5,45%	170	9	5,29%
501 - 1.200	6	0	0,00%	261	6	2,30%	267	6	2,25%
1.201 - 3.200	8	0	0,00%	118	4	3,39%	126	4	3,17%
3.201 - 10.000	-	-	-	61	0	0,00%	61	0	0,00%
10.001 - 35.000	-	-	-	21	0	0,00%	21	0	0,00%
35.001 - 150.000	-	-	-	8	0	0,00%	8	0	0,00%
Total	119	2	1,68%	6424	184	2,86%	6543	186	2,84%

Tabla 19: Tasas de rechazo históricas de controles de calidad.

Fuente: elaboración propia.

- Cumplimiento de plazos ejecución control de calidad
Metro se encuentra certificado con el "Sello Pro Pyme" creado por el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo para garantizar el pago en un plazo no mayor a 30 días corridos a los micro, pequeños y medianos empresarios del país y destacar a las grandes entidades que se comprometen formalmente a apoyar a los emprendedores de Chile. Dicha iniciativa se formaliza en el documento "Manual de Adquisiciones Corporativas", que especifica las obligaciones y pasos que realiza Metro al momento de adquirir productos/servicios.

Para lograr dar cumplimiento al pago a proveedores en menos de 30 días se establece como requisito que el proceso de control de calidad sea ejecutado y se comunique su resultado al proveedor dentro de 10 días hábiles.

De los datos históricos es posible determinar el tiempo que demoran en ejecutarse los controles de calidad para ver si se cumplen los plazos establecidos (tabla 20). Se pudo evidenciar que en promedio los controles de calidad superan la meta, demorando 10,28 días. En cuanto a los que se retrasan, lo hacen generalmente en 25,19 días, lo que da en promedio, para un control de calidad retrasado, un tiempo de ejecución de 35,19 días.

Cantidad de repuestos en lote	Promedio ejecución CC [días]		Promedio histórico ejecución CC [días]	Promedio atrasos cc [días]		Promedio histórico atrasos cc [días]
	2017	2018		2017	2018	
1 - 8	22,42	37,69	11,84	11,72	29,70	29,85
9 - 15	14,27	11,75	10,91	10,83	23,58	22,94
16 - 25	25,73	20,78	9,36	8,88	19,80	19,91
26 - 50	18,80	14,57	8,99	8,73	16,16	16,03
51 - 90	10,69	9,43	6,66	6,47	11,88	11,59
91 - 150	20,00	19,67	8,11	7,95	18,79	18,83
151 - 280	14,00	14,33	6,29	6,10	13,81	13,85
281 - 500	17,80	7,80	6,41	6,09	12,33	11,46
501 - 1.200	7,83	5,00	6,18	6,15	18,19	17,28
1.201 - 3.200	10,13	11,33	9,25	9,20	26,14	24,29
3.201 - 10.000	-	7,56	7,56	7,56	21,88	21,88
10.001 - 35.000	-	13,33	13,33	13,33	22,86	22,86
35.001 - 150.000	-	36,00	36,00	36,00	26,00	26,00
Total general	17,55	19,63	10,28	10,14	25,45	25,19

Tabla 20: tiempos ejecución control de calidad.

Fuente: elaboración propia.

3.2 Detección de problemáticas mediante el estudio de funciones de la administración

Con el objetivo de visualizar las oportunidades de mejora que tiene el proceso se ha decidido realizar un análisis mediante el uso de las funciones de la administración planteadas por Barros [21], en la cual se analiza el funcionamiento de los procesos bajo la mirada de 5 características que ayudan a realizar los procesos de manera eficiente. Dichas características son el manejo de la información, toma de decisiones, generación de planes, estructura organizacional, dirección (comunicación de órdenes) y control y retroalimentación.

Del análisis es posible detectar tres problemáticas en el desarrollo actual del proceso de control de calidad.

- A. **Demoras en ejecución proceso control de calidad:** Utilizando los datos históricos del proceso de control de calidad (noviembre 2017 a diciembre 2018) se pudo detectar que los tiempos de ejecución de los controles de calidad son variables y existen algunos que no dan cumplimiento al plazo máximo definido. En el gráfico 16 se muestra la distribución de tiempos de demora en ejecución de los controles de calidad.

Esta situación genera retrasos en la liberación de los repuestos para realizar los mantenimientos, teniendo como consecuencia el uso de repuestos por sobre el horizonte temporal para el cual está planificado su reemplazo. De esta forma se aumenta la posibilidad de producción de fallas que puedan afectar el desempeño de los indicadores de la GMAN.

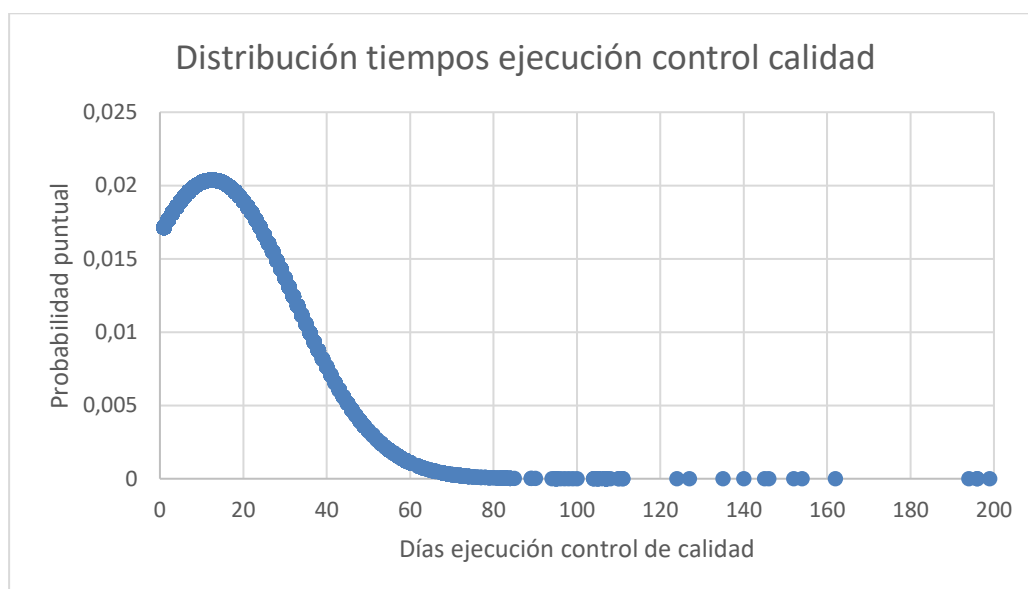


Gráfico 16: Distribución de tiempos de demora en realización control calidad año 2017 - 2018.
Fuente: elaboración propia.

El tiempo promedio que demoran los controles de calidad es de 10,28 días, sin embargo, al existir una desviación estándar alta en los datos (18,46), el promedio no representa a la generalidad de los casos. Se destaca el hecho de que 1.399 controles de calidad, que representan el 20% del total, se extienden por sobre los 10 días establecidos.

Por otro lado, el retraso promedio es de 25,19 días y la desviación estándar es 25,31 días, por lo que, para el caso de los controles de calidad retrasados, estos toman en promedio 35,19 días en realizarse.

Relación con funciones de administración:

- Estructura organizacional: Personal encargado de realizar control de calidad insuficiente para cumplir expectativas de eficiencia⁶ y eficacia⁷ del proceso.

6 Eficacia: capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera. Para este caso particular hace referencia a la detección oportuna de no conformidades.

7 Eficiencia: capacidad de alcanzar el efecto que espera o se desea tras la realización de una acción. En este contexto se relaciona con el cumplimiento de los plazos establecidos para llevar a cabo el proceso

- Planificación: La planificación temporal de la realización de controles de calidad no se cumple a cabalidad a causa de el desbalance entre horas hombre necesarias y disponibles.
 - Control y retroalimentación: La información asociada al control de calidad existe, pero no se utiliza para generar reportes y/o indicadores que permitan monitorear el cumplimiento de los plazos.
- B. Proceso control calidad no estructurado:** El proceso de control de calidad tiene por objetivo asegurar que los repuestos adquiridos cumplan con las normas técnicas establecidas en la etapa de identificación de necesidades y adquisición de productos. Para ello, se realizan mediciones y pruebas de calidad en una muestra del lote de repuestos arribado para chequear ciertas características (dimensiones, composición de materiales, etc.). Sin embargo, este proceso no se encuentra estructurado en cuanto a la definición de tareas de cómo realizar un muestreo estadísticamente confiable.

Relación con funciones de administración:

- Toma de decisiones: El proceso de control de calidad es realizado por diversas áreas, que utilizan criterios no unificados para tomar decisiones respecto a la calidad. De esta forma, para un usuario un repuesto puede ser aceptado mientras que para otro no.
 - Generación de planes: No se ha planificado cómo establecer la muestra a seleccionar en función de características del lote de repuestos a analizar. Actualmente, se selecciona la muestra según el criterio de quién ejecuta el control de calidad. Se podría generar un protocolo que permita definir niveles de conformidad estadísticos para, en función del número de piezas conformes o no conformes, se acepte o se rechace el lote.
- C. Control de gestión del proceso calidad poco elaborado:** Una vez que se realiza el análisis de calidad, el repuesto es liberado para uso en tareas de mantenimiento (previo pago de factura) o es rechazado por incumplimiento de los estándares de calidad. Esta información es registrada en el sistema de información, pero no se utiliza para elaborar indicadores que permitan monitorear el desempeño del proceso.

Relación con funciones de administración:

- Control y retroalimentación: La información disponible en el sistema permitiría generar un análisis y control del desempeño del proceso según metas planteadas. El uso de indicadores facilita la comprensión del proceso de forma gráfica y resumida.

- D. **Rigidez en la ejecución de controles de calidad:** Actualmente, proceso es desarrollado de forma idéntica para todo tipo de repuestos, independiente de si es un repuesto genérico que no requiere de una inspección de calidad exhaustiva; o si se trata de un repuesto específico, el cual debe ser adquirido y controlado de manera detallada. De esta forma, el uso de recursos no es óptimo, ya que podría establecerse una diferenciación que permita poner énfasis en aquellos que requieren más atención. Un ejemplo de diferenciación podría ser definir repuestos según:
- Probabilidad de generación de fallas durante la explotación (criticidad).
 - Repuestos de fabricación nacional, internacional, fabricante original, etc.
 - Elementos técnicos, específicos, homologados o genéricos.

Relación con funciones de administración:

- Planificación: Los planes de procedimiento no establecen diferencias entre procesos que realmente lo son. Existe una diferenciación a nivel de criticidad de repuestos desarrollada por Metro (matriz de criticidad) que no ha sido aplicada para diferenciar el proceder del control de calidad. Se destinan los mismos recursos para chequear la calidad de insumos básicos, como para insumos de suma relevancia.

4. Diseño de la propuesta de mejora

4.1 Generalidades de la propuesta

La propuesta de rediseño que se planteará en este trabajo se centra en el proceso de control de calidad realizado a repuestos utilizados en trenes de línea 1 y tiene como objetivo, mejorar la eficacia y eficiencia del proceso, que se traduce en el tratamiento de las problemáticas detectadas y enunciadas anteriormente.

De estas 4 problemáticas, la número 1 se relaciona con la número 3 en el sentido de que, al no utilizar métodos de control de gestión estructurados para el proceso, no se conoce cómo esté operando éste en cuanto a dimensiones de control relevante como, por ejemplo, el tiempo que está demorando, la calidad del proceso (número de no conformidades detectadas por ejemplo), la productividad, etc. Es así como no se utilizan los datos e información de los controles de calidad para poder levantar alertas del funcionamiento del proceso y detectar así por ejemplo el número de controles fuera de plazo, al responsable de su ejecución y las causas de esta demora.

Por otro lado, la problemática 2 y 4 se relacionan porque dado que el proceso es desarrollado según el criterio de cada área y no se ha definido claramente cómo proceder ante los diferentes tipos de repuestos (separación de etapas del proceso), qué documentos y/o información debe existir de respaldo, etc. se generan

inconsistencias en su ejecución que no permiten establecer categorías de datos estándares que contribuyan a estudiar y mantener el proceso bajo esquemas acotados de desempeño.

Para establecer la dirección de la solución en primer lugar se utilizará el análisis de las variables de cambio (planteadas en el capítulo II, sección 3.3.1) que analizan y priorizan las problemáticas en función de las que puedan generar mayor incremento de la productividad del proceso. Luego, se considerará un análisis a los requerimientos establecidos por la contraparte para el proceso rediseñado, dentro de los cuáles se encuentran los requisitos internos (del desarrollo del proceso dentro de la misma organización) y los externos (relación con proveedores).

De forma posterior se analizará la literatura existente en cuanto a las mejores prácticas de trabajo que ayudarán a generar la construcción de la solución propuesta por este rediseño.

Finalmente se generará un nuevo diagrama BPMN (modelo *to-be*) que representará el modelo rediseñado y que considera los cambios en las etapas del proceso. Para terminar, se procederá a especificar cada una de las etapas del nuevo proceso con el objetivo de enunciar en detalle los nuevos pasos de trabajo y finalmente se planteará un plan de implementación.

4.2 Análisis variables de cambio

En primer lugar, se debe destacar que la solución planteada por el rediseño buscará mejorar las 4 problemáticas detectadas anteriormente. Para establecer la dirección del rediseño se analizarán las variables de cambio propuestas en el marco teórico y metodología.

Mediante este análisis se establecerá cuál es la situación actual del proceso en cada dimensión de las variables de cambio (baja, mediana o altamente desarrollada) para proponer un estado de desarrollo de la misma post rediseño (tabla 21).

- **Mantenimiento consolidada de estado:** Actualmente se utiliza el ERP SAP para coordinar la ejecución de los controles de calidad, tal como se especificó en el capítulo IV, sección 3.1. La información del proceso no se utiliza para generar reportes de desempeño, lo que no permite gestionar el cumplimiento de las metas del proceso y detectar oportunamente casos de desviación para plantear soluciones de forma rápida.
- **Anticipación:** La anticipación del proceso (a nivel táctico) es baja en el sentido de que no se ha detectado anteriormente la necesidad de generar cambios en el proceso (ya sea en estructura organizacional, aumento de personal, asignación de

recursos, adquisición de competencias técnicas de los involucrados, etc.) que mejoren su desempeño en cuanto a reducción de los tiempos de ejecución del control de calidad y detección oportuna de no conformidades.

- Integración de procesos conexos: La conexión entre las partes internas se mantiene mediante vías formales y funciona adecuadamente. Sin embargo, existe una comunicación poco fluida con los proveedores al momento de comunicar el resultado del control de calidad. A pesar de que se comunica vía formal el resultado, en algunos casos la información proporcionada a los proveedores (especialmente para casos de rechazos) no contiene información detallada, generando inconformidad del proveedor y apelaciones que extienden el proceso.

- **Prácticas de trabajo:** En la actualidad existe un documento formal que enuncia cómo realizar el control de calidad, pero no se actualiza desde el año 2012. Por ende, lo planteado en el documento no coincide con lo realizado en la práctica y hace que cada participante (áreas usuarias y área calidad de repuestos) realice los controles de calidad según sus propios criterios. Por otro lado, no se establece claramente cómo realizar el proceso de muestreo.

Esto afecta en el sentido de la mantención consolidada de estado, ya que los datos generados son de baja elaboración y poco estandarizados, dificultando su manejo y consolidación para realizar el seguimiento y retroalimentación correspondiente.

- Coordinación: A pesar de que la comunicación de responsabilidades se realiza formalmente (vía email), existe descoordinación en la realización de los controles dado que en algunos casos se reasigna la responsabilidad, aumentando el tiempo total de ejecución.

Por otro lado, dado que la información del desempeño del proceso se mantiene desagregada, se dificulta el flujo de información entre los participantes.

- Asignación de responsabilidades: Se designan responsabilidades de forma correcta, pero bajo criterios variables. Por otro lado, la jefatura del proceso ha sido redefinida en tres ocasiones durante el año presente y en cada ocasión se han planteado cambios a la estructura organizacional relacionada al control de calidad sin ser ejecutados.

Variable de cambio	Nivel de desempeño actual	Nivel de desempeño esperado
Mantención consolidada de estado	Medio	Alto
Anticipación	Bajo	Bajo
Integración de procesos conexos	Medio	Medio
Prácticas de trabajo	Bajo	Alto
Coordinación	Medio	Medio
Asignación de responsabilidades	Medio	Alto

Tabla 21: Análisis variables de cambio.

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Elección dirección de cambio

Del análisis anterior se cree que es bastante relevante generar una **mantención consolidada de estado**, con el objetivo de hacer notar si el proceso está cumpliendo o no sus objetivos. Sin la generación de este análisis, no es posible tener trazabilidad del desempeño del proceso y no se podrá determinar los motivos de su correcto o incorrecto funcionamiento.

Por otro lado, se cree que la **definición de prácticas de trabajo** permitirá reducir la varianza actual del proceso, pudiendo así generar datos representativos para poder mantener un control y retroalimentación del proceso.

Con ambas iniciativas se mejorará la coordinación entre las áreas, mejorando el flujo de información, estableciendo responsabilidades a través de la definición de prácticas de trabajo, y finalmente enfocando el proceso a un incremento de su desempeño, que asegure el cumplimiento de sus objetivos, lo que incrementará finalmente la calidad del servicio de transporte prestado a pasajeros.

4.4 Requisitos de la solución

Dado que el objetivo de esta propuesta de rediseño es que sea implementada de forma posterior, se buscará generar una solución que contemple los requerimientos relevantes para las partes interesadas, evitando así fenómenos de resistencia al cambio por parte del personal.

Para ello, se procedió a comunicar a cada parte interesada (jefatura, área control de calidad, áreas usuarias, operarios de mantenimiento trenes, proveedores, etc.) las direcciones de cambio del rediseño y así poder definir los requisitos del proceso en la organización (requisitos internos) y los relacionados con agentes externos a la organización como por ejemplo proveedores (requisitos externos).

4.4.1 Requisitos internos

- Trazabilidad: Se requiere que exista trazabilidad del rendimiento del proceso.
- Decisiones registradas: Se espera que los datos del proceso sean registrados para poder alimentar indicadores de desempeño.
- Cumplimiento plazos: Se espera que mejore la eficacia del proceso a través de la disminución de los tiempos de ejecución de los controles de calidad.
- Detección acertada de no conformidades: Se espera mantener o mejorar el nivel de detección de productos no conformes.

4.4.2 Requisitos externos

- Entrega precisa y oportuna de información: Un requisito con el cliente externo es que el resultado del control de calidad sea notificado de forma expedita y con información explícita de las causas del rechazo.

4.5 Selección mejores prácticas

Existen diversas soluciones potenciales para rediseños de procesos planteadas y validadas por la academia (capítulo II, sección 3.3), las cuáles buscan generar incrementos en dimensiones de **tiempo, costos, flexibilidad y calidad**.

Para este caso particular, se han detectado problemáticas relacionadas a las variables de **tiempo, calidad y flexibilidad**, reflejadas en el incumplimiento de los tiempos establecidos para realizar el control de calidad, baja implementación del control y retroalimentación del proceso que asegure estándares de calidad y falta de estandarización en las prácticas de trabajo respectivamente.

Para mejorar la situación mencionada anteriormente, se plantea realizar propuestas respecto a la **operación del proceso**, el **comportamiento del proceso** y la **información**⁸ asociada a éste.

5. Propuestas de mejora

5.1 Operación del proceso: **Flujo de trabajo en función del tipo de repuestos**

Considera la división de tareas generales en alternativas discretas e independientes o viceversa, con el objetivo de alinear y optimizar el uso de recursos al unificar criterios para cada alternativa (costos, ejecución de tareas, tiempo, calidad, etc.).

Para este caso particular se pretende realizar una separación en cuanto a los procesos de revisión de calidad de repuestos, dado que se ha detectado que existen grandes diferencias en la criticidad que pueda representar cada uno de ellos, dada por la complejidad, frecuencia de uso, relevancia e impacto en el sistema ante una falla. De esta forma, existe la posibilidad de agrupar repuestos que tengan requerimientos de revisión de calidad similares.

A modo de ejemplo, ante la falla de un perno de sujeción de una bomba hidráulica versus la falla de un componente del sistema de motores eléctricos se tendrán dos efectos muy diferentes. Probablemente si falla el perno por fatiga de material existirán más pernos que mantengan la pieza en su posición correcta, sin embargo, al fallar un

⁸ Los tres conceptos han sido definidos en el marco conceptual.

componente de un motor con alta probabilidad el tren no podrá seguir en funcionamiento y por ende se generará una interrupción del servicio de transporte.

- Matriz de criticidad

En la literatura existen herramientas que permiten definir la criticidad de impacto de diferentes sistemas, como, por ejemplo, el uso de matrices de riesgo que establecen las componentes de mayor criticidad a través del análisis de impacto en la operación y frecuencia de falla.

La GMAN ha desarrollado una matriz de criticidad en la cual establece mediante un modelo semicuantitativo la criticidad de los repuestos en función de su impacto en la operación ante fallas y la frecuencia de falla. La determinación de criticidad se ha realizado en base a consideraciones cuantitativas y en base a la experiencia de áreas usuarias quienes realizan las tareas de mantenimiento.

El modelo plantea la fórmula de criticidad total por riesgo (CTR) de cada repuesto (1), donde establece que es igual a la frecuencia de falla (FF) por la consecuencia de los eventos de falla (C).

$$CTR = FF \times C \quad (1)$$

Además, toma en consideración diferentes características para realizar el cálculo de la consecuencia de falla, la cual es definida por la fórmula (2).

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA + (TR \times OMM) \quad (2)$$

Siendo:

IO = Factor impacto en la operación

FO = Factor de flexibilidad operacional

CM = Factor de costes de mantenimiento

SHA = Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

TR = Impacto en tiempo de reposición

OMM = Impacto de obsolescencia de material en el mercado

Cada uno de estos atributos posee indicadores de referencia, los cuáles se resumen en la tabla 22.

Item	Indicadores para cada ítem
Factor de frecuencia de fallas (FF)	4: Frecuente = mayor a «z» eventos por unidad de tiempo (ut) 3: Promedio = entre «x» y «z» eventos por ut. 2: Bueno = entre «y» y «x» eventos por ut. 1: Excelente = menos de «y» eventos por ut.
Impacto Operacional (IO)	10: Pérdida completa de servicio (implica evacuación inmediata). 7: Pérdidas completa de servicio (implica evacuación en la siguiente estación). 5: Pérdidas de servicio. Mantenición debe realizarse en Taller. 3: Pérdidas de servicio. Mantenición puede realizarse en foso línea. 1: Sin pérdida de servicio.
Impacto por Flexibilidad operacional (FO)	4: No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la operación, tiempos de reparación y logística muy grandes. 2: Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto en operación, tiempos de reserva y logística intermedios. 1: Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.
Impacto en costes de mantenimiento (CM)	6: Detiene Mantenimientos y por ende sistema queda indisponible. 3: Detiene Mantenimientos, pero se puede seguir usando el sistema. 1: No detiene Mantenimiento.
Impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA)	8: Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos. 6: Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración. 3: Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo), y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repentinas. 1: No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.
Impacto en tiempo de reposición (TR)	3: Altos tiempos de reposición, mayores a «x» ut. 2: Tiempo intermedio de reposición, entre «y» y «x» ut. 1: Tiempo normal de reposición, bajo «y» ut.
Impacto de obsolescencia de material en el mercado (OMM)	6: Riesgo alto de no encontrar el material en «x» ut en el mercado. No existen alternativas en el mercado. 3: Riesgo medio de no encontrar material en «x» ut en el mercado. Existen alternativas en el mercado. 1: No existe ningún riesgo. Material se puede encontrar fácilmente en el mercado.

Tabla 22: Indicadores de atributos matriz de criticidad

Fuente: Modelo Criticidad semicuantitativo Metro.

Evaluando cada uno de los componentes es posible calcular la criticidad total por riesgo (CTR) para cada repuesto, definiendo si es crítico o no. Por lo tanto, es posible conocer la criticidad de cada repuesto realizando la consulta a la base de datos utilizando el código identificador de material de SAP.

Los resultados de la categorización de criticidad de repuestos se resumen en la tabla 23. Es posible notar que un 42,81% de los repuestos utilizados en las tareas de mantenimiento son declarados críticos. De ellos, la sección centro de reparación de componentes es la que posee mayor número de repuestos críticos, lo que se relaciona con el hecho de que esta sección realiza el mantenimiento mayor a los trenes, consistente en el desarme, limpieza, lubricación y reparación de todos los sistemas que lo componen (eléctricos, puertas, comunicación, tracción y frenado, etc.).

Sección de mantenimiento	No críticos		Críticos		Total de repuestos
	# repuestos	% repuestos	# repuestos	% repuestos	
Sección Centro de Reparaciones Electronicas de Excelencia	388	86,41%	61	13,59%	449
Sección Centro Reparación Componentes	-	0,00%	354	100,00%	354
Sección Comando y Comunicaciones	25	32,47%	52	67,53%	77
Sección Energía Eléctrica	132	100,00%	-	0,00%	132
Sección Equipos de Estaciones	278	96,19%	11	3,81%	289
Sección Equipos de Estaciones(AYBT)	2	13,33%	13	86,67%	15
Sección Mant. de Alumbrado y BT	6	100,00%	-	0,00%	6
Sección Mantenimiento L1	25	55,56%	20	44,44%	45
Sección Mantenimiento L2	1	8,33%	11	91,67%	12
Sección Mantenimiento L4_4A	52	67,53%	25	32,47%	77
Sección Mantenimiento L5	4	14,29%	24	85,71%	28
Sección Señalización y Pilotaje automático	25	10,50%	213	89,50%	238
Sección Servicios	217	99,54%	1	0,46%	218
Sección Vías	26	20,80%	99	79,20%	125
Total	1181	57,19%	884	42,81%	2065

Tabla 23: Resumen matriz criticidad.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, dado que existe una cantidad importante de repuestos considerados críticos, se plantea segmentar el proceso de control de calidad entre repuestos críticos y repuestos no críticos. Dicha segmentación permitirá generar un proceso diferenciado respecto a los requerimientos de inspección de calidad, los cuales serán definidos a continuación.

5.2 Comportamiento del proceso: definición de prácticas de trabajo (muestreo y decisiones de medición de calidad)

Para establecer y estandarizar las prácticas de trabajo, es necesario formalizar el proceso desde una perspectiva macroscópica hacia las prácticas más particulares. Por ende, en primer lugar, es necesario chequear las definiciones existentes para el proceso como sus objetivos por ejemplo y corroborar que éstas sean aplicables al contexto actual. Para ello, se analizó la documentación existente asociada al proceso, dentro de la cual se encuentra el "Procedimiento de control de calidad repuestos" el cual establece el objetivo del proceso, alcances, resultados esperados, responsables y descripción del proceso.

La información contenida en el documento no cuenta con información actualizada y por ende se procedió a generar un análisis en conjunto con los involucrados para establecer las nuevas definiciones que se adapten de mejor forma a la situación actual.

Las nuevas definiciones se establecen en la tabla 24.

Objetivo	Establecer las etapas, actividades y responsabilidades asociadas al control de calidad de los repuestos solicitados por la Gerencia de Mantenimiento.	
Alcances	Aplica a todos los repuestos adquiridos por Metro que son recepcionados en los almacenes de Lord Cochrane, Neptuno, Lo Ovalle, Puente Alto y San Eugenio.	
Resultados esperados	Se plantea el uso de los indicadores propuestos en el capítulo IV, sección 4.5.3.	
Descripción del proceso	Se muestra en el capítulo IV, sección 2.1.	
Responsables	Jefe calidad de repuestos	Encargado de gestionar y controlar el correcto funcionamiento del proceso a través del cumplimiento de las metas del proceso.
	Analista calidad de repuestos	Encargado de realizar el control de calidad a los repuestos según las características establecidas en el proceso de compra (orden de compra, planos técnicos, etc.) También se encarga de ingresar al sistema ERP datos de cada control de calidad y de notificar al proveedor del resultado obtenido.
	Áreas usuarias	Brindan apoyo a los analistas de calidad (cuando sea requerido) para realizar la medición de calidad del repuesto.
	Metrología	Brinda apoyo a los analistas de calidad (cuando sea requerido) para realizar la medición de calidad del repuesto.
	Gerencia de abastecimiento	Encargada de notificar a los analistas de calidad del arribo de stock que debe ser controlado en su calidad.

Tabla 24: actualización definiciones procedimiento control de calidad.

Fuente: elaboración propia.

Con dicha actualización es posible realizar definiciones más específicas como las prácticas de trabajo mencionadas en los siguientes puntos.

5.2.1 Establecimiento de muestreo aleatorio

Parte importante del proceso consiste en la selección aleatoria de una muestra de repuestos para corroborar el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en la etapa de adquisición. Tal como se menciona en el capítulo IV, sección 3.3, el proceso de determinación de la muestra es realizado según el juicio de cada inspector de calidad y, por ende, existe varianza en la toma de decisiones, lo que imposibilita la generación de un análisis estadístico consistente y representativo del proceso a causa de la falta de unificación de criterios del análisis.

Bajo este contexto se propone redefinir el proceso de muestreo de repuestos en base a lo decretado por la Norma Chilena 44 de muestreo (definida en el capítulo II, sección 8.6). Dicha normativa plantea el uso de planes de muestreo consistentes en la selección de una muestra aleatoria de un lote inspeccionando su calidad bajo un estándar preestablecido.

La muestra utilizada depende de dos características principales:

- Nivel de inspección a utilizar. El nivel de inspección define la cantidad de muestra a utilizar. Existen tres niveles de inspección que hacen aumentar o disminuir dicha métrica, siendo el nivel I el nivel que utiliza menos muestra y el nivel III el que más. De forma independiente del nivel de inspección utilizado se mantiene la regla de que para lotes pequeños se favorece una inspección de un

alto porcentaje del total de elementos del lote y a medida que el tamaño de lote aumenta, se reduce el porcentaje de muestra a inspeccionar, dado que los tiempos de inspección de un porcentaje fijo, independiente del tamaño del lote, significarían un gasto excesivo de tiempo que se transforma en altos costos.

- Nivel de calidad requerida por el organismo que realiza la revisión, consistente en el número máximo de no conformidades detectadas en el lote a inspeccionar (AQL). Un AQL alto significa un nivel de tolerancia alto, reflejado en la aceptación de un lote con un número alto de no conformidades detectadas.

Para la propuesta de rediseño, se plantea un muestreo diferenciado ya que el proceso de calidad aplicará a dos categorías: repuestos críticos y no críticos. Por ende, se requiere una inspección más o menos exhaustiva dependiendo la categoría a la cual pertenece el repuesto, según lo establecido en el capítulo IV, sección 4.5.1.

Por lo tanto, se considerarán 2 tipos de muestreo con diferentes criterios respecto al nivel de inspección (que definen la muestra a utilizar) y al nivel de calidad requerido (AQL). Así para repuestos de mayor criticidad se analizará una muestra de mayor tamaño y el nivel de tolerancia de no conformidades detectadas en el lote (medidas respectivamente en la muestra) será menor respecto a los repuestos de menor criticidad.

- Establecimiento de nivel de inspección y AQL
 - Comparación con otras empresas y/o sectores industrialesExisten diversos casos de aplicación de la NCH44 en la industria chilena, para los cuáles se ha decidido utilizar alguno de los tres niveles de inspección de calidad establecidos por la norma. En general, se utilizan los niveles de inspección II y III que representan un nivel de inspección medio y riguroso.

Por otro lado, el establecimiento del nivel de calidad requerido (AQL) es un parámetro variable para cada caso y en general es definido por la empresa en función de su tolerancia a la aparición de productos no conformes en la medición de calidad.

Los casos estudiados consideran los niveles de inspección y los niveles de AQL declarados por: Caltex (empresa de certificación de productos textiles) [33], las fuerzas armadas de Chile [34], la SEC [35], CESMEC (Centro de Estudios de Medición y Certificación de Calidad) [36] y se resumen en la tabla 25.

Empresa	AQL utilizado para nivel de inspección II	AQL utilizado para nivel de inspección III
Fuerzas armadas de Chile	2,5	1,5
Caltex	10	6,5
SEC	4	2,5
CESMEC	-	2,5
Promedio	5,5	3,25

Tabla 25: casos de estudio uso de índice AQL de nch44.

Fuente: elaboración propia.

- Definición de niveles de inspección y AQL para plan de muestreo a implementar
La investigación de los casos de aplicación de la norma en Chile refleja solamente antecedentes que permiten guiar la decisión de cuáles niveles de inspección utilizar y del índice AQL respectivo para cada caso.

Para tomar dichas decisiones sería necesario conocer cuál es una aproximación a los parámetros utilizados actualmente, con el fin de poder estimar los cambios e impacto que tendrá aplicación de la norma en el proceso de control de calidad de repuestos. Sin embargo, al consultar en la base de datos histórica de los controles de calidad por la información asociada al muestreo (número de muestra a realizar, número de no conformidades detectadas en la muestra, etc.) no se encontraron registros.

Por otro lado, al consultar con los responsables de ejecutar el control de calidad se pudo evidenciar que no existe un criterio único respecto al número máximo de no conformidades detectadas en la muestra y es un parámetro variable, teniendo menos tolerancia para el caso de lotes pequeños. La tendencia es generar una muestra (en promedio) de 16% del total del lote, lo cual es aún mayor a lo planteado por un nivel de inspección III. Dicha situación significa que actualmente se toma una muestra muy grande del lote y por ende se incurre en mayor tiempo y costo de inspección.

En cuanto al nivel de tolerancia máxima de productos no conformes del lote (AQL), no es posible identificar una regla común, dado que se tiene a utilizar un criterio de rechazo respecto al % de no conformidades de la muestra (y no del lote) equivalente a un 10%. Esto quiere decir que el criterio de rechazo involucra rechazos de lote si más del 10% de la muestra es determinada como producto no conforme. Sin embargo, es posible determinar realizando un estudio caso a caso, que en promedio se utiliza un valor de AQL cercano a 2% (tabla 26).

Único nivel actual					
Tamaño lote	Muestra	Rango muestra sobre total del lote	# no conformidades de la muestra para rechazar	% (aprox) no conformidades de la muestra para rechazar	% AQL
1 a 8	4	100,0% a 50,0%	1	15%	12,00%
9 a 15	4	44,4% a 26,7%	1	25%	8,33%
16 a 25	5	31,3% a 20,0%	1	10%	2,44%
26 a 50	10	38,5% a 20,0%	1	10%	2,63%
51 a 90	15	29,4% a 16,7%	2	10%	2,13%
91 a 150	15	16,5% a 10,0%	2	10%	1,24%
151 a 280	20	13,2% a 7,1%	2	10%	0,93%
281 a 500	25	8,9% a 5,0%	3	10%	0,64%
501 a 1200	50	10,0% a 4,2%	5	10%	0,59%
1201 a 3200	100	8,3% a 3,1%	10	10%	0,45%
3201 a 10000	200	6,2% a 2,0%	20	10%	0,30%
10001 a 35000	400	4,0% a 1,1%	40	10%	0,18%
35001 a 150000	1.000	2,9% a 0,7%	100	10%	0,11%
150001 a 500000	5.000	3,3% a 1,0%	500	10%	0,15%
500001 o más	10.000	2,0% a 1,0%	1.000	10%	0,13%
Promedio	-	16%	-	-	2,2%

Tabla 26: Representación de la situación actual de muestreo en función de los parámetros establecidos por la Nch44.
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en función de la información recopilada en el benchmark⁹ y las proyecciones para la situación actual, se plantea el uso de un plan de muestreo para elementos críticos con un nivel de inspección II y un AQL de 2,5% y para el caso de repuestos no críticos un nivel de inspección I y un AQL de 4% (tabla 27).

Tamaño lote	Nivel I (AQL = 4%)				Nivel II (AQL = 2,5%)			
	Muestra	Rango muestra sobre total del lote	# no conformidades de la muestra para rechazar	% no conformidades de la muestra para rechazar	Muestra	Rango muestra sobre total del lote	# no conformidades de la muestra para rechazar	% no conformidades de la muestra para rechazar
1 a 8	2	100,0% a 25,0%	1	50,0%	2	100,0% a 25,0%	1	50%
9 a 15	2	22,2% a 13,3%	1	50,0%	3	33,3% a 20,0%	1	33%
16 a 25	2	12,5% a 8,0%	2	100,0%	5	31,3% a 20,0%	1	20%
26 a 50	2	7,7% a 4,0%	2	100,0%	8	30,8% a 16,0%	1	13%
51 a 90	2	3,9% a 2,2%	2	100,0%	13	25,5% a 14,4%	2	15%
91 a 150	3	3,3% a 2,0%	3	100,0%	20	22,0% a 13,3%	2	10%
151 a 280	5	3,3% a 1,8%	4	80,0%	32	21,2% a 11,4%	3	9%
281 a 500	8	2,8% a 1,6%	6	75,0%	50	17,8% a 10,0%	4	8%
501 a 1200	13	2,6% a 1,1%	7	53,8%	80	16,0% a 6,7%	6	8%
1201 a 3200	20	1,7% a 0,6%	9	45,0%	125	10,4% a 3,9%	8	6%
3201 a 10000	32	1,0% a 0,3%	11	34,4%	200	6,2% a 2,0%	11	6%
10001 a 35000	50	0,5% a 0,1%	11	22,0%	315	3,1% a 0,9%	15	5%
35001 a 150000	80	0,2% a 0,1%	11	13,8%	500	1,4% a 0,3%	22	4%
150001 a 500000	125	0,1% a 0,0%	11	8,8%	800	0,5% a 0,2%	22	3%
500001 o más	200	0,0% a 0,0%	11	5,5%	1250	0,2% a 0,1%	22	2%
Promedio		7%	-	-	-	15%	-	-

Tabla 27: Representación de la situación de muestreo propuesta en función de los parámetros establecidos por la Nch44.
Fuente: elaboración propia.

⁹ Comparación realizada con el resto del mercado.

- Impacto de la propuesta de solución
Esta situación significará una reducción del número de inspecciones a realizar dado que el tamaño de muestra se reduce en ambas propuestas. Dado que la cantidad de lotes que se inspeccionan es variable (en cuanto al número de repuestos que lo componen), no es posible determinar una proyección de los beneficios de ambas propuestas, pero asumiendo que los lotes son equiprobables, se tendría que se pasaría de una inspección actual de consistente de un 16% promedio del lote a una inspección de un 7% promedio del lote para el caso de repuestos no críticos y un 15% para el caso de repuestos críticos (tabla 27)

Otra forma de ver el impacto es analizando qué resultados se hubiesen obtenido con los controles de calidad históricos si se hubiese aplicado la solución desde un principio. Para ello se realizó un análisis de la situación proyectada versus la situación actual para los controles históricos realizados desde noviembre de 2017 a la fecha y se separó por los escenarios de criticidad propuestos.

De análisis es posible identificar una disminución total de elementos revisados equivalente a 21.656, lo que representa una disminución de un 14,94% promedio respecto al total de elementos revisados en la realidad. Esto habría significado una disminución de los tiempos de ejecución en los controles de calidad que hubiesen permitido incrementar el desempeño del proceso respecto al cumplimiento de los plazos y metas que éste posee.

Etiquetas de fila	Situación actual			Situación propuesta			Diferencia realidas v/s propuesta	
	Muestras chequeadas elementos no críticos	Muestras chequeadas elementos críticos	Total muestras chequeadas	Muestras chequeadas elementos no críticos	Muestras chequeadas elementos críticos	Total muestras chequeadas	Delta # muestras chequeadas	Delta % muestras chequeadas
2 - 8	2.022	19.584	21.606	674	6528	7202	14.404	66,67%
9 - 15	672	1.900	2.572	336	1425	1761	811	31,53%
16 - 25	500	1.425	1.925	200	1425	1625	300	15,58%
26 - 50	1.260	2.600	3.860	252	2080	2332	1.528	39,59%
51 - 90	1.920	3.465	5.385	256	3003	3259	2.126	39,48%
91 - 150	1.620	4.065	5.685	324	5420	5744	-59	-1,04%
151 - 280	1.620	4.460	6.080	405	7136	7541	-1.461	-24,03%
281 - 500	1.025	3.450	4.475	328	6900	7228	-2.753	-61,52%
501 - 1.200	2.650	11.000	13.650	689	17600	18289	-4.639	-33,99%
1.201 - 3.200	3.500	9.500	13.000	700	11875	12575	425	3,27%
3.201 - 10.000	4.600	7.600	12.200	736	7600	8336	3.864	31,67%
10.001 - 35.000	2.000	6.400	8.400	250	5040	5290	3.110	37,02%
35.001 - 150.000	-	8.000	8.000	0	4000	4000	4.000	50,00%
Total	23.389	83.449	106.838	5.150	80.032	85.182	21.656	14,94%

Tabla 28: Impacto situación propuesta en controles de calidad históricos.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, el nivel de calidad requerido (AQL) variará, pasando de un 2,2% actual a un 4% para el caso de repuestos no críticos (comparación con el resto de la industria) y a un 2,5% en repuestos críticos, ya que se desea mantener el nivel de calidad utilizado en el proceso actual y éste es el valor más cercano planteado por la norma. El primer caso representa una holgura en los requerimientos de calidad

actuales, aumentando la tolerancia a las no conformidades detectadas en elementos no tan importantes para la explotación. Ello refleja una mejora en el sentido de que ya no se realizará un control tan exhaustivo a repuestos que no lo requieren y por ende significará un enfoque en los que sí lo necesitan.

En cuanto al segundo caso, significa un aumento en la rigurosidad exigida al proveedor, lo que permitirá mejorar los estándares de inspección de calidad, generando una mejor detección de las no conformidades de elementos críticos, asegurando la calidad de éstos.

5.2.2 Escalamiento o decisión de etapas en la medición de calidad:

Además de plantear un cambio en la práctica de trabajo asociada al muestreo se propone realizar una formalización de cómo corroborar la calidad de una muestra, estableciendo diferentes escenarios de inspección. También se propone que el área de calidad de repuestos sea la responsable de ejecutar el control de calidad en su totalidad, centralizando la responsabilidad y asegurando una estandarización del proceso, generación de datos y seguimiento de su desempeño.

El escenario por defecto será que el área de calidad realice el control de calidad si cuenta con los conocimientos técnicos, capacidades y herramientas para medir la calidad. En caso contrario, se procede a requerir apoyo a áreas de soporte que puedan facilitar el chequeo de calidad. Dentro de ellas se encuentra metrología en el caso de una revisión dimensional más minucioso mediante el uso de la máquina de coordenadas. También se podrá requerir apoyo al área de planos técnicos si existen dudas respecto a la interpretación del plano del repuesto.

Por otro lado, se podrá requerir apoyo a las áreas usuarias en caso de que el personal desconozca aspectos del repuesto en cuestión. En este escenario es posible realizar pruebas en terreno para corroborar la calidad.

Para todos los casos antes mencionados el área de calidad de repuestos será la responsable de ingresar los datos del proceso al sistema y corroborar que el proceso se encuentre funcionando de manera correcta.

5.3 Información: control y retroalimentación del proceso utilizando datos

Control se define como la medición, evaluación y corrección de las operaciones del proceso, máquina o sistema bajo condiciones dinámicas para lograr los objetivos deseados.

Para realizar el control de procesos se utilizan expresiones cuantitativas (indicadores o KPI's) que permiten cuantificar el desempeño en unidades de medida a través del tiempo, para así establecer comparaciones históricas y detectar variaciones de resultados o incumplimiento de las metas planteadas.

Los indicadores definidos deben cumplir ciertas características que permitan su correcta definición, uso y aplicabilidad, dentro de las cuales se requiere que sean:

- **Viables:** la obtención de datos que alimenta el proceso de control es factible y no requiere altos costos de recursos para generar su obtención y disponibilidad. aspecto en particular
- **Comparables:** que hagan posible un análisis comparativo, por áreas, por momentos en el tiempo o por productos.
- **Cuantificables:** que se puedan medir en cuanto a valores concretos.

Para el caso del proceso de control de calidad de repuestos la variable control se encuentra poco establecida y utilizada, por ende, es recomendable definir las métricas con las que se controlará el proceso en función de las definiciones estratégicas, tácticas y operativas. Para ello en primer lugar se revisaron las definiciones realizadas en el capítulo IV, sección 5.2.

En segundo lugar, se analizó la disponibilidad de datos del proceso que permita la actualización de los indicadores. En caso de que exista una métrica importante a medir y no se cuenta con dicha información, se deberá establecer una forma de generar y almacenar los datos.

Finalmente se definieron los indicadores por los cuales se controlará el proceso, estableciendo claramente características como el nombre del indicador, fórmula, meta de cumplimiento, justificación teórica de su implementación, fuentes de información, periodicidad de medición y responsables.

A continuación, se plantean los indicadores que serán parte de la propuesta de solución y se da una breve explicación de cada uno (resumen en tabla 28).

Nombre del indicador	Fórmula	Meta de cumplimiento	Justificación teórica de su implementación	Fuentes de información	Periodicidad de medición	Responsable
Número cc realizados por semana	Recuento de filas BD ERP entre fechas que se desea medir (semana en particular)	No tiene	A pesar de que no hay una planificación de los cc, es necesario saber cuántos recursos se están destinando al chequeo de calidad. Permite dimensionar la carga del proceso.	ERP	Semanal	Calidad de repuestos
Tasa de rechazo cc por semana	$\frac{\text{Número de cc rechazados en horizonte temporal}}{\text{Número total de cc en horizonte temporal}}$	No tiene	Permite conocer la eficiencia del proceso y detectar el comportamiento de la calidad de los repuestos. Una tasa	ERP	Semanal	Calidad de repuestos
Nivel de servicio (cumplimiento de plazos)	$\frac{\text{Número de cc en plazo en horizonte temporal}}{\text{Número total de cc en horizonte temporal}}$	Cumple: 100% Cumple parcial: 99-95% No cumple: <95%	Establece el cumplimiento de los plazos del proceso y refleja su eficacia.	ERP	Semanal	Calidad de repuestos
Número de cc fuera de plazo	Recuento de filas BD ERP con duración mayor a 10 días hábiles	No tiene	Existe un plazo determinado de 10 días para realizar el control de calidad.	ERP	Semanal	Calidad de repuestos

Tabla 28: Propuesta de indicadores a utilizar.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando parte de los datos disponibles (12 noviembre – 23 diciembre del 2018) se realizó una simulación de los indicadores propuestos, para así identificar cuál sería el desempeño del proceso bajo estas métricas. Los resultados se resumen en la tabla 29, de la cual es posible identificar que la cantidad de controles de calidad semanal posee alta varianza (86,20 unidades), la tasa de rechazo promedio es 3,45% y el número de controles de calidad retrasados asciende a 106 unidades lo que significa un nivel de servicio del 89%, bastante alejado de la propuesta realizada que busca ejecutar en menos de 10 días al menos un 95% del total de controles de calidad.

Número de semana	Número de cc realizados	Taza rechazo	Nivel de servicio	Número de cc retrasados
46	178	2,81%	74,72%	45
47	133	9,77%	78,20%	29
48	164	3,05%	87,80%	20
49	101	4,95%	88,12%	12
50	339	0,88%	100,00%	0
51	70	4,29%	100,00%	0
Total	985	3,45%	89,24%	106

Tabla 29: Simulación de indicadores propuestos.

Fuente: elaboración propia.

5.3.1 Responsabilidad de la revisión panel indicadores

Se espera que el jefe de calidad de repuestos se encargue de realizar el seguimiento del panel de indicadores dado que cuenta con mayor jerarquía para levantar las anomalías correspondientes con la GMAN, permitiendo generar soluciones eficaces.

6. Solución planteada

El modelo propuesto (modelo "to-be") generará cambios respecto al flujo de desarrollo del proceso actual, dado que plantea nuevas tareas que son representadas por las actividades de color rojo en el gráfico 17 y 18.

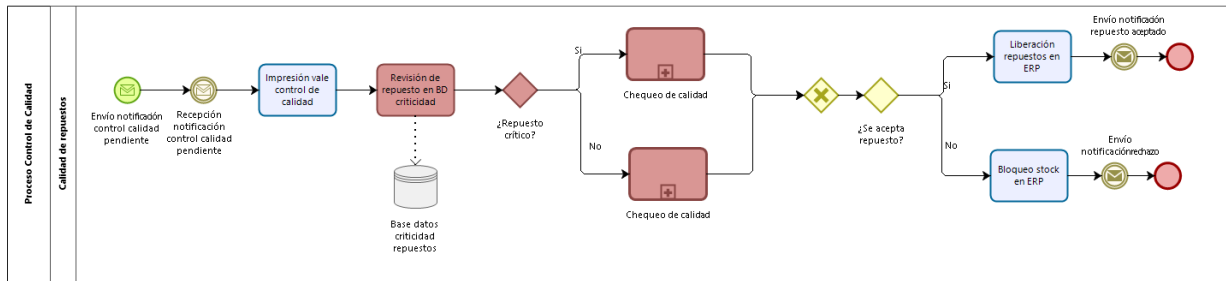


Gráfico 17: Modelo situación propuesta (to-be).
Fuente elaboración propia.

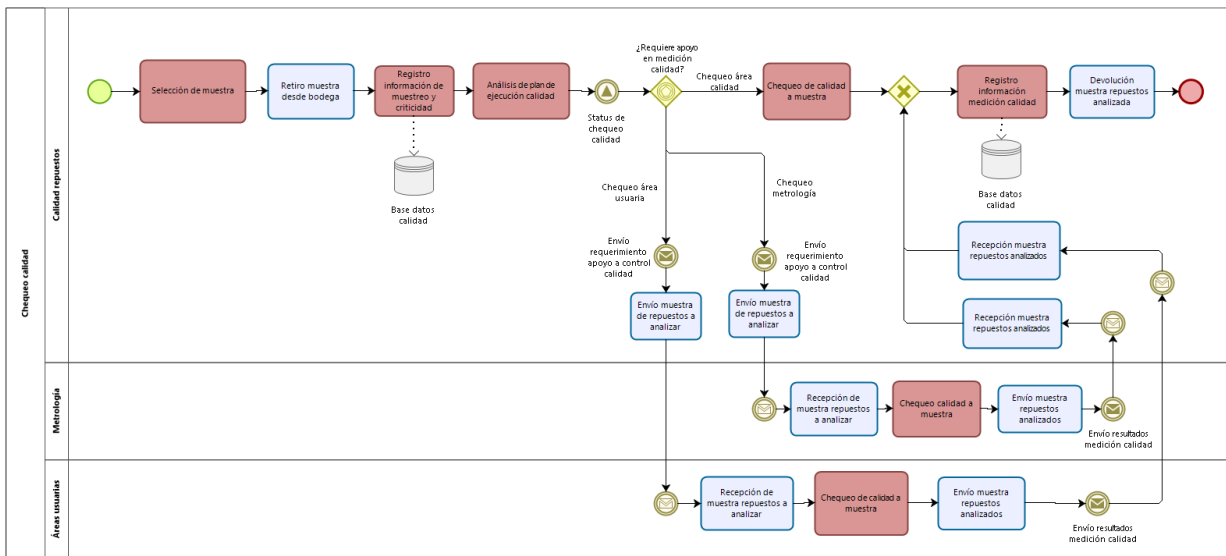


Gráfico 18: Modelo situación propuesta (to-be).
Fuente elaboración propia.

Ambas modelos fueron presentados tanto al jefe de calidad de repuestos como al inspector de calidad, quienes aprobaron la factibilidad de desarrollo de ésta.

7. Descripción de actividades de la propuesta de solución

En función de las variables de cambio, mejores prácticas y requisitos establecidos por la contraparte, se plantearon mejoras para el proceso de control de calidad que serán incorporadas en el flujo de su desarrollo.

El nuevo proceso contempla en primer lugar la adición de algunas tareas mencionadas en el punto anterior, como por ejemplo la revisión de criticidad del repuesto en cuestión, selección de la muestra, registro de datos muestreo y criticidad en una nueva base de datos ("base de datos calidad"), elección de quién ejecutará y/o apoyará el control de calidad ("análisis de plan de ejecución de calidad"), control de la calidad con criterios de la norma chilena 44 ("chequeo de calidad a muestra") y finalmente el registro de información del resultado del control de calidad

A continuación, se definirá para cada nueva etapa el detalle de aspectos como quién será el responsable, qué documentación o información se genera y utiliza, cuál es la tarea que ejecutar y cuál es el resultado.

7.1 Revisión de repuesto en base de datos criticidad

- a. Responsable: Analista calidad repuestos.
- b. Documentos utilizados: Base de datos matriz criticidad y base de datos calidad
- c. Tarea que realizar: En función del número identificador del repuesto recibido en la notificación de control de calidad pendiente el analista chequea si el repuesto en cuestión es definido como crítico o no.
- d. Resultado: Establecimiento criticidad repuesto.

7.2 Selección de muestra

- a. Responsable: Analista calidad repuestos
- b. Documentos utilizados: Norma chilena 44 de muestreo.
- c. Tarea que realizar: Dependiendo del número de repuestos por el cual está compuesto el lote se establecerá la muestra a utilizar para corroborar su calidad. Para el caso de elementos no críticos se utiliza un nivel de inspección I y para elementos críticos un nivel de inspección II.
- d. Resultado: Establecimiento muestra de lote.

7.3 Registro información muestreo y criticidad

- a. Responsable: Analista calidad repuestos.
- b. Documentos utilizados: Base de datos calidad.
- c. Tarea que realizar: Registrar la criticidad del repuesto y la cantidad de la muestra a utilizar durante el control de calidad.
- d. Resultado: Base de datos de calidad actualizada.

7.4 Análisis ejecución control de calidad

- a. Responsable: Analista calidad repuestos.
- b. Documentos utilizados: Base de datos calidad.
- c. Tarea que realizar: En función del tipo de repuesto que se deba analizar, la experiencia y dominio técnico que posea y las herramientas disponibles que tenga, el analista deberá establecer si requiere de apoyo para realizar la medición de calidad o no. Tal como se menciona en el capítulo IV, sección 5.2.2 podrá requerir apoyo a metrología, áreas usuarias o planos técnicos dependiendo de cada caso. La información de la decisión y su causa se deberá registrar en la base de datos de calidad.
- d. Resultado: Establecimiento de cómo proceder a la revisión de calidad y registro de decisión en base de datos.

7.5 Chequeo de calidad a muestra en base a nch44

- a. Responsable: Analista calidad repuestos
- b. Documentos utilizados: Vale control calidad, norma chilena 44.
- c. Tarea que realizar: Revisión de calidad de la muestra de repuestos analizando el cumplimiento de las características técnicas definidas en el proceso de adquisición y respaldadas en el vale de control de calidad. Se detecta el número de elementos no conformes y se establece si se acepta o rechaza el lote en función de lo establecido por la norma (tabla plan de muestreo para inspección normal, AQL de 2,5% para repuestos críticos y 4% para repuestos no críticos).
- d. Resultado: Determinación del número de elementos no conformes y resultado de control de calidad de la muestra.

7.6 Registro información medición de calidad

- a. Responsable: Analista calidad repuestos
- b. Documentos utilizados: Base de datos calidad
- c. Tarea que realizar: Registro del número de elementos no conformes y conformes del control de calidad en base de datos calidad. Además, se debe establecer la razón por la cual se generan las no conformidades de los elementos inspeccionados con el objetivo de comunicar esa información (por parte de abastecimiento) al proveedor.
- d. Resultado: Respaldo de información del control de calidad en base de datos de calidad.

8. Plan de trabajo para la implementación del rediseño

Dentro de la literatura existen diversos planteamientos respecto a cómo desarrollar la implementación de un rediseño de procesos, donde algunos plantean implementar rápidamente, de forma paulatina, siendo cauteloso y tradicional o generando una propuesta disruptiva. Michael Hammer [37] propone que ésta debe ser realizada de forma paulatina, evitando una operación disruptiva y utilizando un período corto de tiempo, dado que si se busca una implementación que proyecta durante bastante tiempo, se generan altos costos, resistencia al cambio de los participantes que no comparten la idea de generar cambios y los resultados no son observados rápidamente, generando poco entusiasmo por parte de los altos directivos en la organización.

Otra situación que destaca Hammer [37] es la referente a diferencias entre el diseño propuesto y la implementación real, donde frecuentemente se asume que lo proyectado en el bosquejo será precisa y completamente puesto en marcha en la organización. Frente a esto, Hammer plantea la idea de poner a prueba ciertos aspectos de la solución y determinar sobre la marcha si se adapta a las necesidades reales, evitando así la resistencia al cambio por parte de los ejecutores de las nuevas tareas.

En función de lo planteado por Hammer se plantea la implementación por etapas con objetivos claros que permita asegurar que los lineamientos de la propuesta coincidan con las reales necesidades del proceso y sean aprobados por quienes deban ejecutarlos bajo las nuevas prácticas.

8.1 Plan de implementación

- 1. Buscar un líder que promueva la solución** (subgerencia control de procesos y calidad y jefe de calidad): Se debe explicar detalladamente en qué consiste la solución, cuáles serán los cambios propuestos y cómo afectará el desempeño del proceso. Es necesario argumentar la propuesta tomando en consideración la información disponible para caracterizar el desempeño actual versus el desempeño que podría lograr la solución.
El líder debe ser una persona capaz de persuadir al resto de la organización de que la propuesta de solución es una buena alternativa para impulsar cambios operacionales.
Duración: 1 semana.
- 2. Difundir información:** Una vez determinado el líder que impulse la solución se deberá tomar foco en realizar difusión de la propuesta entre el personal con el objetivo de informar y dar razones de por qué resulta conveniente realizar la implementación (casos exitosos de uso, impacto en las metas del proceso, etc). También se deberán determinar las inquietudes que puedan surgir por parte del personal que, de no ser tratadas, podrían generar resistencia al cambio al implementarse sin ser consideradas.
Duración: 2 semanas.
- 3. Cambios organizacionales:** Generar el traspaso de la responsabilidad del proceso de control de calidad al área de calidad de repuestos, con el objetivo de centralizar la toma de decisiones y asegurar la estandarización del proceso. Actualización de documentos que respaldan cómo debe realizarse el control de calidad de repuestos.
Duración: 2 semanas.
- 4. Implementación de proceso diferenciación en función de calidad:** Incorporación de nuevas actividades relacionadas a la diferenciación de repuestos en función de criticidad. Capacitación de acceso y uso de información para determinar la criticidad del repuesto.
Duración: 2 semana.
- 5. Implementación proceso de muestreo aleatorio:** Introducción al personal de nuevas prácticas para realizar el proceso de muestreo, considerando el uso de la

nueva base de datos de calidad. Piloto de uso de la propuesta durante 2 semanas que permitirá ver si el proceso no genera resistencia al cambio, adaptándose a requerimientos que puedan surgir. Estudio de los cambios generados por la implementación del piloto respecto a la situación pasada.

Duración: 4 semanas.

6. **Implementación proceso de control y retroalimentación:** Se introduce la propuesta al jefe de calidad de repuestos con el objetivo de informar qué indicadores se propone utilizar y cómo se generan. Análisis de la situación actual bajo el uso de los indicadores propuestos para generar una situación con la que comparar los resultados post implementación. Piloto de la propuesta durante 2 semanas que permitirá dimensionar cómo la implementación de las otras propuestas afectará el desempeño de los indicadores. Elaboración de panel resumen que permite visualizar de forma didáctica los indicadores históricos.

Duración: 4 semanas.

7. **Evaluación y reestructuración:** Una vez implementados los pilotos se evalúa su desempeño, estimando si es necesario realizar cambios respecto a la estructura organizacional, definición de responsabilidad o incluso prácticas de trabajo, generando una situación de conformidad para todos aquellos que participan del proceso.

Duración: 2 semanas.

Este plan se ha desarrollado en base a los requisitos internos y externos establecidos por la contraparte por lo tanto cumplen las expectativas de éste.

9. Evaluación económica de la propuesta de solución

Para realizar una evaluación económica de la propuesta es necesario considerar tanto los ahorros que esta generará respecto a la reducción de la cantidad de elementos a muestrear, lo que se traduce en una reducción de horas hombre requeridas por el proceso, como los costos procedentes del aumento de la tolerancia de elementos no conformes descubiertos en la inspección.

Para el primer caso se debe considerar que, de haber realizado los cambios de la propuesta durante el horizonte de tiempo estudiado, se habrían realizado 21.656 inspecciones de calidad a repuestos menos. Asumiendo que en promedio una inspección demora 6 minutos (tiempos de traslado de muestra, inspección, trámites administrativos y de comunicación con áreas usuarias, etc.) se habrían destinado 2.165 horas hombre menos, lo que se traduce en una reducción de \$18.046.000.

Por otro lado, la propuesta de rediseño permitirá estandarizar el proceso de control de calidad, mejorando el seguimiento y cumplimiento de los objetivos de éste, a través del uso de KPI's, traducándose en un aseguramiento del uso de repuestos de alto estándar de calidad en la ejecución de los mantenimientos de sistemas, reduciendo de esa forma la probabilidad de la aparición de fallas e interrupciones del sistema por dicha vía. Si bien no se cuenta con un detalle exacto del impacto que generará, mediante el análisis de las causas de fallas del sistema GEOS se pudo estimar que podrá reducir en un 30% el tiempo total de fallas especificado en el capítulo I, sección 3.3.2, que se traduciría en una reducción de \$28.375.100 por concepto de fallas a causa del uso de repuestos de calidad deficiente.

En cuanto a los costos de la propuesta, éstos vienen dados por el cambio en la tolerancia de calidad exigida en el muestreo aleatorio, dado por el aumento de la probabilidad de aceptación de un lote con fallas, la que pasará de un 2,4% a un 4%, lo que aumenta la posibilidad aceptar un lote que debería rechazarse en un 1,6% (diferencia entre escenarios).

De los datos es posible observar que el precio unitario promedio de repuestos no críticos es de \$40.000, y asumiendo que el lote promedio contiene 50 piezas (tabla 18 muestra la distribución de los tipos de lotes y demuestra que la mayoría están comprendidos por lotes de menos de 100 elementos) se tendría un delta negativo correspondiente al aumento de probabilidad de aceptación de un lote de calidad deficiente, el cual significaría un costo económico para el horizonte estudiado de \$38.560.000.

Para concluir se tendría entonces que los beneficios tendrían una suma de \$46.421.767 y los costos serían de \$38.560.000, dando un beneficio neto de \$ 7.861.767.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Metro es un participante importante del sistema de transporte público de la ciudad de Santiago y en el año 2017 se hizo cargo del 43,8% del total de viajes desarrollados, lo que lo posiciona en una situación compleja, con cada vez mayor demanda de viajes y mayor exigencia de calidad del servicio, asociadas al cumplimiento y reducción de frecuencias sumado a que se minimicen las fallas que interrumpan el servicio.

En este sentido, la Gerencia de mantenimiento de la empresa se ha enfocado en reducir las pérdidas económicas asociadas a las detenciones del servicio, las cuáles ascienden a un total de 94.583.667 [\$. Por ello se decidió atacar una de las causas de dichas pérdidas, correspondientes a la baja estandarización del proceso de control de calidad de repuestos que desencadena el uso de repuestos no conformes en calidad que se traducen en fallas de los sistemas durante la operación, afectando la calidad del servicio de transporte.

Para desarrollar el trabajo de rediseño se utilizó la metodología BPR, poniendo énfasis en la sección de detección de problemáticas y definición de la dirección de la solución. Para comprender el funcionamiento actual del proceso se levantó información en terreno entrevistando a los involucrados y diseñando un modelo representativo del flujo del actual proceso, bajo el cual se analizaron las problemáticas existentes.

Se detectaron 4 problemáticas principales consistentes en el incumplimiento de los plazos establecidos para el 20% del total de mediciones de calidad entre noviembre del 2017 y noviembre del 2018. Por otro lado, no se detectó una formalización estándar del procedimiento de medición de calidad mediante selección de una muestra aleatoria. Tampoco se identificaron procesos diferenciados para medir la calidad, desaprovechando la oportunidad de enfatizar una inspección más exhaustiva en repuestos que representen un efecto potencial de falla potencial mayor. Finalmente se evidenció que el control de la gestión del proceso es poco elaborado y no existe un seguimiento histórico del desempeño de las metas del proceso.

Dentro de la propuesta de solución se plantea la diferenciación de repuestos en función de su criticidad en la explotación, la cuál ha sido definida mediante un modelo semi cuantitativo (matriz de criticidad) que considera el impacto del repuesto en diferentes 5 áreas. Dicho modelo califica la totalidad de repuestos utilizados por la empresa los que ascienden a un total de 2065 repuestos, de los cuales un 42,81% son designados como repuestos críticos que representan una alta probabilidad de generar fallas en los sistemas.

Dicha diferenciación permite realizar una segregación en el flujo del proceso de control de calidad, estableciendo parámetros de inspección diferenciados en la etapa de muestreo.

También se propone el establecimiento de prácticas de trabajo relacionadas a la estandarización del proceso de muestreo para el control de calidad de los repuestos., formalizando la selección de una muestra aleatoria en función de una serie de reglas que determinan bajo qué número de elementos no conformes aceptar o rechazar el lote dependiendo de los requisitos de calidad que se impongan. Dicha propuesta plantea generar un muestreo específico para repuestos críticos y para no críticos, estableciendo diferentes niveles de muestreo y niveles de calidad para cada uno.

Finalmente, este sistema de muestreo diferenciado habría generado una reducción de la cantidad de elementos muestreados en un 14,94% durante las fechas estudiadas (noviembre 2017 a diciembre 2018), que se traduce en haber evitado realizar la inspección de 21.656 elementos, lo cual permite percibir beneficios económicos por reducción de horas hombre destinadas a mediciones de calidad de repuestos evaluadas en \$18.046.000. Esta propuesta también genera beneficios asegurando el uso de repuestos de calidad que disminuyan las fallas potenciales, que se traducen en un beneficio de \$28.375.100. En cuanto a los costos, éstos representan \$38.560.000 correspondientes a el aumento de la tolerancia de elementos no conformes detectados en los muestreos, lo que genera un balance positivo de la propuesta de \$7.861.767.

Finalmente se propone registrar información más detallada de los controles de calidad con el objetivo de elaborar métricas (KPI's) que permitan monitorear su desempeño y generar alertas oportunas de variaciones que puedan ser controladas a tiempo. Al realizar una simulación de los indicadores propuestos se puede apreciar que la tasa de rechazo semanal promedio es 3,45% y el número de controles de calidad retrasados en promedio cada semana es de 106 unidades, equivalente a un nivel de servicio del 89%, lo que no cumple la meta propuesta de un 95%.

Así, mediante estas propuestas se espera que en primer lugar el proceso posea mayor estandarización, operando bajo lineamientos claros que favorezcan un control oportuno de la calidad de los repuestos, disminuyendo la cantidad de elementos de la muestra, acelerando su ejecución y manteniendo niveles de calidad requerido estables y diferenciados según la criticidad de cada elemento inspeccionado. En segundo lugar, al estandarizar es posible generar datos más elaborados y representativos para realizar un control y retroalimentación del proceso que asegure el cumplimiento de las metas y se traduzca en un incremento del desempeño de los equipos durante la explotación y, por ende, en un incremento de la calidad del servicio de transporte, dando cumplimiento así al objetivo general planteado en este trabajo de tesis.

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] "TRANSPORTE PUBLICO REGIÓN METROPOLITANA | Subsecretaría de Transportes".
- [2] Directorio de transporte público metropolitano, "Informe gestión DTPM 2017". mar-2018.
- [3] Subsecretaría de Transportes, "Estadísticas transporte público | Portal de Usuarios".
- [4] "Bikesantiago". [En línea]. Disponible en: <http://www.bikesantiago.cl/>. [Accedido: 25-sep-2018].
- [5] "Bici Las Condes". [En línea]. Disponible en: <https://www.bicilascondes.cl/es>. [Accedido: 25-sep-2018].
- [6] "Mobike". [En línea]. Disponible en: <https://mobike.com/cl/>. [Accedido: 25-sep-2018].
- [7] Observatorio Social – Facultad de Ciencias Sociales Universidad Alberto Hurtado, "Informe ejecutivo encuesta origen destino 2012". 2012.
- [8] Arcadis, "Sustainable Cities Mobility Index", p. 28, 2017.
- [9] Metro S.A., "Memoria anual Metro 2017". 2017.
- [10] "Estructura Organizacional - Gobierno Corporativo", *Metro de Santiago*. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cl>. [Accedido: 16-oct-2018].
- [11] "Tarifas - Tu Viaje", *Metro de Santiago*. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cl>. [Accedido: 16-dic-2018].
- [12] 24Horas.cl Tvn, "Metro de Santiago es el más caro de América Latina", *24Horas.cl*, 16-feb-2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.24horas.cl/nacional/metro-de-santiago-es-el-mas-carro-de-america-latina-1933385>. [Accedido: 16-dic-2018].
- [13] "List of Latin American rail transit systems by ridership", *Wikipedia*. 10-sep-2018.
- [14] "Índice de Evasión de Pago de Tarifa en Transantiago", *Fiscalización de Transportes*. [En línea]. Disponible en: </indice-de-evasion-de-pago-de-tarifa-en-transantiago/>. [Accedido: 15-dic-2018].
- [15] Metro S.A., "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EJECUCIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO", p. 20.
- [16] enelSubte.com, "Metro de Santiago: prueban nuevos trenes Alstom ensamblados en Chile", *enelSubte.com*, 20-jun-2018.
- [17] "Cálculo costos detención tren por hora - Metro 2018.xlsx". 2018.
- [18] C. Hammer, Michael James, *Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution*. New York: Harper Collins, 1993.
- [19] F. W. Taylor, "THE PRINCIPLES OF SCIENTIFIC MANAGEMENT", p. 54.
- [20] Kugeler, M Becker, J. y Rosemann, M., "Business process lifecycle management.", *White Pap.*, 2001.
- [21] Óscar Barros, "Rediseño de procesos mediante el uso de patrones". Dolmen Ediciones S.A., mar-2000.

- [22] H. Reijers y S. Limanmansar, "Best practices in business process redesign: an overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics", *Omega*, vol. 33, n° 4, pp. 283–306, ago. 2005.
- [23] "BPMN_Guia_de_Referencia_ESP.pdf".
- [24] Luis José Amendola, *Gestión de proyectos de activos industriales*. Universidad Politécnica de Valencia.
- [25] Garvin, D. A., *Competing in the Eight Dimensions of Quality*. Harvard Business Review, 1987.
- [26] Douglas C. Montgomery, "Introduction to Statistical Quality Control". John Wiley & Sons Inc., 2009.
- [27] "About us". [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/about-us.html>. [Accedido: 22-oct-2018].
- [28] "ISO 9001 Quality management". [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>. [Accedido: 22-oct-2018].
- [29] "ISO 9001 - Terms and Conditions". [En línea]. Disponible en: <http://www.iso9001.com/termsandconditions.asp>. [Accedido: 23-oct-2018].
- [30] "Quiénes somos | INN". [En línea]. Disponible en: <http://www.inn.cl/quienes-somos>. [Accedido: 26-oct-2018].
- [31] División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, "Norma Chilena 44". Trineo S.A., 2007.
- [32] "» ¿Qué es ChileCompra? - ChileCompra". [En línea]. Disponible en: <http://www.chilecompra.cl/que-es-chilecompra/>. [Accedido: 16-oct-2018].
- [33] Caldex S.A., "Certificado calidad Caldex, N° B-030/2017", 2017. [En línea]. Disponible en: <http://interfuego.cl/certificado/W2789.pdf>. [Accedido: 18-dic-2018].
- [34] "Especificaciones técnicas ejército, ítem EARFA - PIJ - 025 - 2011", 2011. [En línea]. Disponible en: https://ejercito.cl/archivos/vestuario/cargo-basico/PIJAMA_CLIMA_TEMPLADO%20EARFA-PIJ-025-2011%20vers.7.pdf. [Accedido: 18-dic-2018].
- [35] SEC, "PROTOCOLO DE ANÁLISIS Y/O ENSAYOS DE PRODUCTO DE GAS", p. 11, 2006.
- [36] CESMEC, "Informe inspección lote, CESMEC", 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.treck.cl/img/cms/Certificaciones/CESMEC/SCA%20-%2028306.pdf>. [Accedido: 19-dic-2018].
- [37] "Cambio Profundo, Cómo la innovación operacional puede transformar su empresa", *Harv. Bus. Rev.*, p. 9.
- [38] Manuel Tironi Rodó, "Transantiago: objetivo, características y desafíos.", Santiago, 31-may-2012.
- [39] "Plano de Red - Tu Viaje - Metro de Santiago". [En línea]. Disponible en: <https://metro.cl/tu-viaje/plano-de-red>. [Accedido: 17-oct-2018].
- [40] "Demografías y Vitales | Instituto Nacional de Estadísticas | INE 2017". [En línea]. Disponible en:

http://historico.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php.
[Accedido: 16-dic-2018].

[41] SII, "Listado empresas personalidad jurídica - Año tributario 2016". 2016.

[42] Directorio Transporte Público Metropolitano, "Evaluacion de Usuarios del Sistema de Transporte Público Santiago", 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.dtpm.cl/archivos/Evaluacion%20de%20Usuarios%20del%20Sistema%20de%20DTPM_Noviembre2015_v2.pdf. [Accedido: 15-dic-2018].

2. ANEXOS

2.1 Tablas y Gráficos

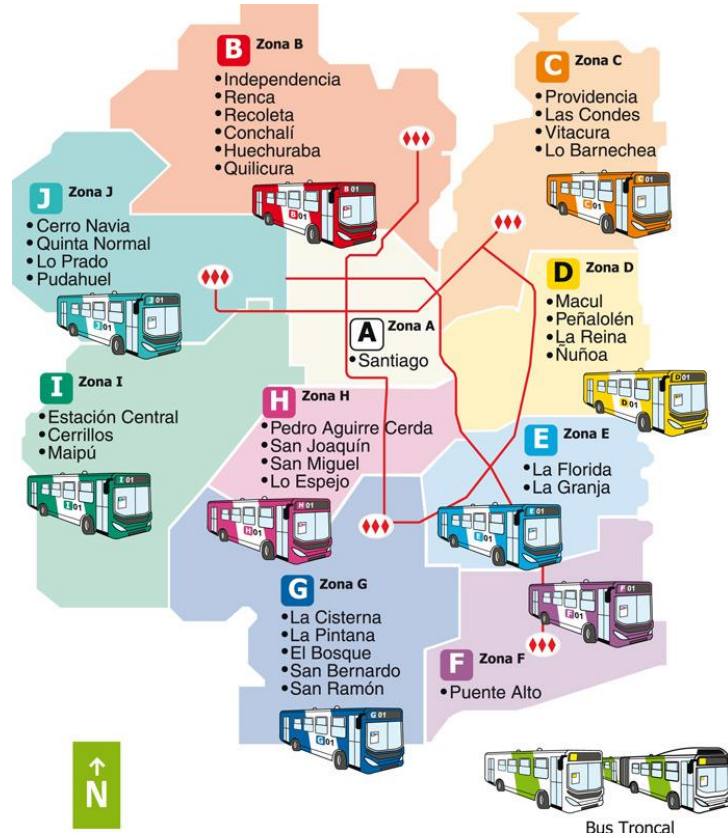


Gráfico 1: Zonas de operación buses Transantiago [38].

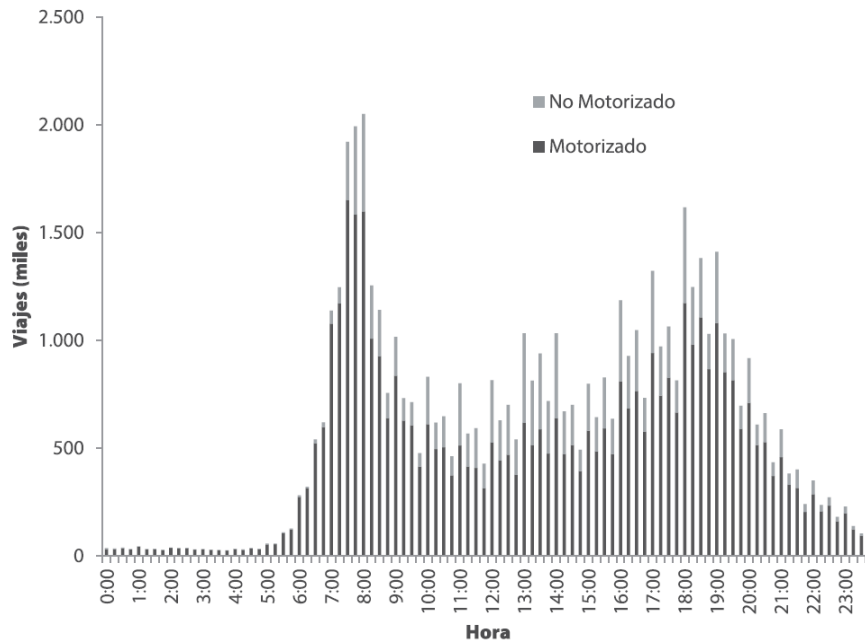


Gráfico 2: Distribución horaria de los viajes en día laboral temporada normal [7].

Plano Red de Metro *Metro Network*



Gráfico 4: Plano de la red de Metro [39].

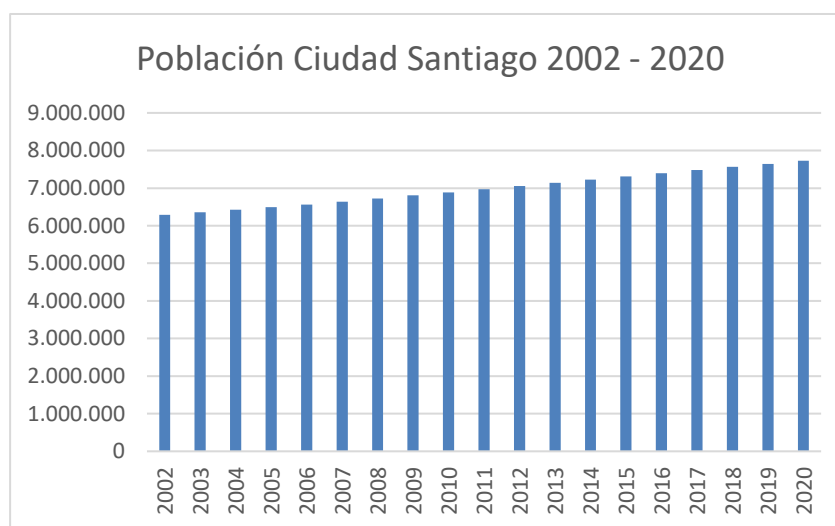


Gráfico 7: Población ciudad de Santiago 2002 – 2020.

Fuente: Elaboración propia con estadísticas históricas INE [40].

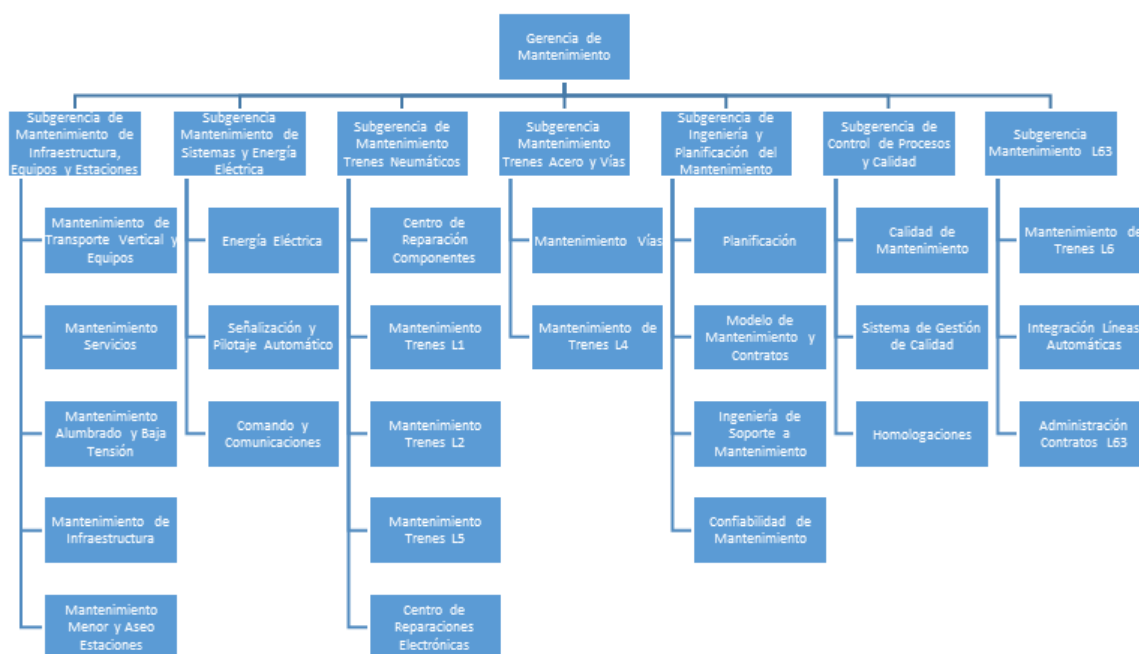


Gráfico 9: Organigrama Gerencia Mantenimiento Metro 2018.
Fuente: Elaboración propia.

TAXI BÁSICO		COLECTIVO URBANO		COLECTIVO RURAL		TAXI TURISMO		TAXI EJECUTIVO		PARQUE REGIONAL	ANTIGÜEDAD PROMEDIO
Parque	Antigüedad Promedio	Parque	Antigüedad Promedio	Parque	Antigüedad Promedio	Parque	Antigüedad Promedio	Parque	Antigüedad Promedio		
23.649	5,7	10.204	5,3	3.557	4,6	738	3,7	3.276	3,8	41.424	5,3

Tabla 1: Parque de taxis y antigüedad promedio.
Fuente: elaboración propia en base a datos Subsecretaría Transportes [3].

MINIBUSES				BUSES							
AEROPUERTO		AEROPUERTO		INTERURBANO		PERIFERICO		RURAL CORRIENTE		PARQUE REGIONAL	ANTIGÜEDAD PROMEDIO
Parque	Antigüedad Promedio	Parque	Antigüedad Promedio	Parque	Antigüedad Promedio	Parque	Antigüedad Promedio	Parque	Antigüedad Promedio		
357	2,3	52	5,5	2.986	7,7	529	14,3	1.902	6,0	5469	8,4

Tabla 2: Parque buses, minibuses y antigüedad promedio.
Fuente: elaboración propia en base a datos Subsecretaría Transportes[3].

Modo de Transporte		Sector del Hogar							Total
		Norte	Poniente	Oriente	Centro	Sur	Sur-Oriente	Extensión Sur-Poniente	
Auto	Viajes (miles)	438,7	717,5	1.721,6	169,1	704,5	835,3	161,9	4.748,6
	%	9,2%	15,1%	36,3%	3,6%	14,8%	17,6%	3,4%	
Bip!	Viajes (miles)	610,2	1.063,9	615,7	254,0	738,5	882,1	7,0	4.171,3
	%	14,6%	25,5%	14,8%	6,1%	17,7%	21,1%	0,2%	
Bip! - Otros Público	Viajes (miles)	43,8	50,3	15,5	4,6	64,6	61,0	62,1	301,9
	%	14,5%	16,7%	5,1%	1,5%	21,4%	20,2%	20,6%	
Bip! - Otros Privado	Viajes (miles)	9,2	24,4	32,6	12,0	31,4	36,0	2,6	148,2
	%	6,2%	16,5%	22,0%	8,1%	21,2%	24,3%	1,7%	
Taxi Colectivo	Viajes (miles)	59,6	80,2	14,1	1,7	154,7	109,8	110,4	530,4
	%	11,2%	15,1%	2,7%	0,3%	29,2%	20,7%	20,8%	
Taxi Básico	Viajes (miles)	23,3	48,8	94,2	30,1	71,5	43,9	3,1	315,0
	%	7,4%	15,5%	29,9%	9,6%	22,7%	13,9%	1,0%	
Otros	Viajes (miles)	212,1	212,2	86,9	17,3	197,0	198,5	211,4	1.135,4
	%	18,7%	18,7%	7,7%	1,5%	17,4%	17,5%	18,6%	
Caminata	Viajes (miles)	933,1	1.423,6	786,2	456,6	1.483,4	992,7	287,7	6.363,3
	%	14,7%	22,4%	12,4%	7,2%	23,3%	15,6%	4,5%	
Bicideta	Viajes (miles)	122,8	128,3	179,0	32,0	126,7	87,2	71,1	747,1
	%	16,4%	17,2%	24,0%	4,3%	17,0%	11,7%	9,5%	
Total	Viajes (miles)	2.452,8	3.749,2	3.545,8	977,4	3.572,3	3.246,5	917,2	18.461,1
	%	13,3%	20,3%	19,2%	5,3%	19,4%	17,6%	5,0%	

Tabla 3: Generación de viajes en día laboral temporada normal según modo de transporte y sector de residencia [7].

ACCIONISTAS	Nº de Acciones (millones)			%
	Serie "A"	Serie "B"	Total	Partic.
Corporación de Fomento de la Producción	43.282,45	12.103,47	55.385,92	64,47%
Fisco, representado por el Min. de Hacienda	23.459,94	7.060,21	30.520,14	35,53%
TOTAL	66.742,39	19.163,68	85.906,06	100,00%

Tabla 4: Accionistas de la Sociedad Anónima Metro [9].

Código	Actividad económica
521900	VENTA AL POR MENOR DE OTROS PRODUCTOS EN PEQUEÑOS ALMACENES NO ESPECIALIZADOS
602110	TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS VIA FERROCARRIL (INCLUYE METRO)
602290	OTROS TIPOS DE TRANSPORTE NO REGULAR DE PASAJEROS N.C.P.
630320	ESTACIONAMIENTO DE VEHICULOS Y PARQUIMETROS
701009	COMPRA, VENTA Y ALQUILER (EXCEPTO AMOBLADOS) DE INMUEBLES PROPIOS O ARRENDADOS

Tabla 5: Actividades económicas realizadas por Metro [41].

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sistema						
Transacciones anuales (millones)	1.684	1.678	1.641	1.583	1.553	1.562
Promedio de transacciones en día laboral	5.307.685	5.595.675	5.499.232	5.304.674	5.200.631	5.298.120
Viajes anuales (millones)	1.087	1.094	1.077	1.047	1.037	1.051
Nº de unidades de negocio de buses	7	7	7	7	7	7
Nº de empresas concesionarias de buses	7	7	7	7	7	7
Otros operadores de transporte	1	1	1	1	1	2
Estaciones de Intercambio modal	6	6	6	6	6	6
Buses						
Transacciones anuales (millones)	1.036	1.010	973	922	881	868
Promedio de transacciones en día laboral	3.184.289	3.327.495	3.227.563	3.061.457	2.928.639	2.921.837
Viajes anuales (millones)					528,0	527,9
Nº de buses ⁽¹⁾	6.298	6.493	6.513	6.550	6.646	6.681
Nº de servicios	374	368	371	379	378	377
Plazas ⁽¹⁾	642.964	665.980	674.391	676.685	682.642	685.257
Kilómetros recorridos (millones) ⁽²⁾	469,47	463,75	459,93	460,00	458,69	452,8
Longitud de la red vial cubierta por buses (km)	2.766	2.770	2.790	2.817	2.821	2.834
Nº de paradas	11.165	11.271	11.325	11.328	11.339	11.261
Vías segregadas (km)	62	68	69	70	72	81
Vías exclusivas (km)	31	31	31	31	31	31
Pistas solo bus (km)	119	119	119			na
Pistas Solo Bus (kms -Sentido) ⁽³⁾			161	180	200	203
Cámaras de fiscalización	110	234	234	266	273	405
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Metro						
Transacciones anuales (millones)	649	668	669	662	672	686
Promedio de transacciones en día laboral	2.123.396	2.268.180	2.271.669	2.243.218	2.271.993	2.349.926
Viajes anuales (millones)	477	494	497	497	509	519
Número de líneas	5	5	5	5	5	6
Nº de trenes	190	186	186	186	186	202
Nº de coches	1.030	1.093	1.093	1.093	1.093	1.153
Plazas	186.294	194.429	194.429	194.429	194.429	225.715
Kilómetros recorridos (millones)	132	143	140	138	135	136
Longitud de la red (km)	104	104	104	104	104	119
Nº de estaciones	108	108	108	108	108	118
Metrotren Nos						
Transacciones anuales (millones)	na	na	na	na	na	8,1
Promedio de transacciones en día laboral	na	na	na	na	na	33.558
Viajes anuales (millones)	na	na	na	na	na	4,8
Nº de trenes	na	na	na	na	na	12
Nº de coches	na	na	na	na	na	24

Plazas ⁽⁴⁾	na	na	na	na	na	500
Kilómetros recorridos (millones)	na	na	na	na	na	1,06
Longitud de la red (km)	na	na	na	na	na	20,3
Nº de estaciones	na	na	na	na	na	10
Nº de estaciones	108	108	108	108	108	108
Red de Carga de la tarjeta bip!						
Puntos bip! ⁽⁵⁾	1.476	1.492	1.545	2.013	2.782	2.871
Centros bip!	75	75	75	75	76	61
Centros bip! con servicio de post venta		25	25	25	25	25
Estaciones de Metro ⁽⁶⁾	108	108	108	108	108	118
Tótems para activar carga remota y convenios de post pago (INFObip!)	487	535	518	504	563	621
Centros de atención a usuarios (CAEs)	5	5	5	5	5	5
Tarjetas bip! utilizadas en el Sistema	4.907.924	4.966.650	4.929.106	4.903.788	4.920.348	5.014.463
Tarjetas bip! emitidas	18.105.404	20.856.856	23.562.499	28.043.074	31.344.224	35.101.169

Tabla 7: Resumen de Sistema de Transporte Público 2012-2017 [2].



Comparativo Empresas Concesionarias de Buses y Metro		Promedio Nov 14	Promedio Ene 15	Promedio May 15	Promedio Nov 15
	ALSACIA	4,5	4,4	4,4	4,6
	SUBUS	4,4	4,4	4,5	4,5
	VULE	4,9	4,8	4,7	5,1
	EXPRESS	4,7	4,5	4,4	4,7
	METBUS	4,9	4,8	4,7	4,8
	RED BUS	4,8	4,6	4,8	4,7
	STP	4,9	4,6	4,6	4,6
	METRO	4,7	4,9	4,8	4,9
TOTAL NOTA RECORRIDOS		4,7	4,6	4,6	4,7

Tabla 11: Estudio satisfacción transporte público Santiago, 2015 [42].