



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

**ESTANDARIZACION DEL PROCESO DE LEVANTAMIENTO DE METAS
PRODUCTIVAS EN OPERACIONES MINERAS DE CODELCO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

JAVIER IGNACIO RÍOS AGUILERA

PROFESOR GUÍA:

LUIS FELIPE ORELLANA ESPINOZA

MIEMBRO DE LA COMISIÓN:

EDUARDO MOLINA PASTEN

KIMIE SUZUKI MORALES

SANTIAGO DE CHILE

2020

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL

TÍTULO DE: Ingeniero Civil de Minas

POR: Javier Ignacio Ríos Aguilera

FECHA: 04/08/2020

PROFESOR GUÍA: Luis Felipe Orellana Espinoza

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE LEVANTAMIENTO DE METAS PRODUCTIVAS EN OPERACIONES MINERAS DE CODELCO

En la actualidad, Codelco enfrenta un nivel de deuda de unos 20.000 MUSD aproximadamente, en parte debido a proyectos estructurales que son claves para extender la vida productiva de la Corporación en al menos 40 años. Además, los bajos resultados financieros la ubican en el tercer cuartil de costos de la industria, generando un escenario complejo. Por consecuente es necesario obtener el máximo desempeño de los recursos y activos disponibles con el fin de aportar la mayor cantidad de excedentes al país de manera sostenible en el tiempo.

Para ello Codelco ha definido distintas prioridades estratégicas, destacando dentro de ellas la Excelencia en Operaciones, a través del despliegue de excelencia en mantenimiento, en abastecimiento y excelencia operacional. En esta última, los últimos años se ha desarrollado un proceso llamado Full Potential, el cual busca identificar brechas en los procesos productivos para orientar los esfuerzos y habilitar capturas de valor. Sin embargo, el proceso carece de un estándar corporativo que defina y estructure cada una de las etapas que se deben seguir para asegurar que éste se ejecute de manera clara y ordenada en todas las Divisiones mineras de la Corporación.

De esta forma, el presente trabajo busca garantizar que cada centro de trabajo de Codelco tenga la misma estructura definida para la búsqueda del *Full Potential* de sus activos y procesos mineros, y de esta forma asegurar de manera corporativa, que los esfuerzos en la gestión operacional se orienten a la mayor captura de valor económico para el país.

Esto se logra desarrollando una exhaustiva identificación de los límites técnicos de los activos y de las brechas existentes en cada proceso, de tal forma de poder realizar un diagnóstico del potencial de captura de valor, para luego diseñar ingenierilmente las iniciativas de gestión operacional para lograr el cierre de estas brechas en cada área y proceso minero, que serán ejecutadas en un plazo establecido con el objetivo de generar la captura de valor comprometida con los resultados de este proceso.

En conclusión, con el presente trabajo, las Divisiones de Codelco contarán con una guía metodológica definida y ordenada, permitiéndole a cualquier equipo de trabajo que tenga o no experiencia en el proceso, desarrollarlo de forma estructurada, asegurando la obtención de planes de implementación robustos orientados a buscar elevar el desempeño de sus activos y procesos mineros, y así aumentar los excedentes que aporta cada centro de trabajo al país.

Dedicatoria

A mi madre Paulina y a mi padre Héctor, por su motivación y apoyo incondicional en los momentos más difíciles de este largo camino.

A mi hermana Paula, que sin su apoyo nada de esto podría ser posible.

A toda mi familia, polola, amigas y amigos, por la constante preocupación y palabras de aliento.

Agradecimientos

Sin lugar a duda a Eduardo, Constanza y al resto del equipo, por permitirme ser parte de Excelencia Operacional Corporativa y brindarme la gran oportunidad de realizar mi memoria de título con ustedes.

Una vez C+, siempre C+....

Tabla de Contenido

1.	Introducción.....	1
1.1	Problemática y motivación	1
1.1.1	Estrategia de Codelco	2
1.2	Metodologías utilizadas en gestión de proyectos.....	3
1.2.1	Metodología Lean Management	3
1.2.2	Método cascada o clásica	5
1.2.3	Métodos Ágiles	5
1.2.4	Metodología C+	10
1.3	Alcances y contexto del trabajo.....	11
1.4	Objetivo	12
1.4.1	Objetivo General.....	12
1.4.2	Objetivos específicos	12
1.5	Estructura de la Memoria.....	12
2.	Metodología	14
3.	Estándar Corporativo	18
3.1	Definiciones del Proceso Full Potential	18
3.2	Etapas y actividades	18
3.2.1	Identificación.....	19
3.2.2	Diagnóstico	26
3.2.3	Diseño	31
3.2.4	Ejecución	32
3.2.5	Captura	33
3.3	Calendario del proceso Indicadores y Metas Full Potencial.....	34
4.	Caso práctico	35
4.1	Ejemplo de cálculo del indicador OEE	35
4.2	Implementación en Gerencia de Tostación de División Ministro Hales	38
5.	Discusión.....	46
5.1	Aplicación del estándar	46
5.2	Incorporación de Costos	48
6.	Conclusión	54
7.	Bibliografía	55
8.	Anexo.....	56

Anexo A	56
Anexo B	60

Índice de Figuras

Figura 1: Conceptualización de la Estrategia de Codelco.	2
Figura 2: Esquema de Prioridades e Iniciativas bases de la Estrategia de Codelco	3
Figura 3: Principios de la Filosofía Lean. Fuente: Taller de entrenamiento a Agentes de Cambio C+, Codelco (2020).....	4
Figura 4: Esquema desperdicios, valor añadido y actividad incidental.....	5
Figura 5: Método cascada vs Método Agile.....	7
Figura 6: Ilustración de metodología Scrum	8
Figura 7: Ilustración de un Tablero Kanban.....	10
Figura 8: Dimensiones Sistema de Gestión C+.....	11
Figura 9: Diagrama metodología utilizada en este trabajo	14
Figura 10: Matriz de diagnóstico proceso Full Potential	15
Figura 11: Etapas del Proceso Full Potential.....	18
Figura 12: Esquema estándar para diagramas de procesos.....	19
Figura 13: Esquema de límite técnico, según performance histórica	21
Figura 14: Esquema árbol de valor	22
Figura 15: Esquema cuello de botella	23
Figura 16: Norma ASARCO Fuente: Elaboración propia basado en ASARCO.....	24
Figura 17: Modelo de tiempos para el cálculo del indicador OEE	25
Figura 18: Esquema causas directas, raíz y contribuyentes	27
Figura 19: Ejemplo de PIT y Palancas Operacionales	28
Figura 20: Esquema de definición de Aspiración. Elaboración propia en base a entregable de División Radomiro Tomic.....	32
Figura 21: Ejemplo de esquema para el seguimiento de planes de implementación. Elaboración propia en base a entregable División Radomiro Tomic.	33
Figura 22: Calendario del proceso Full Potential. Elaboración propia	34
Figura 23: Gráfico OEE complejo fundición. Caso práctico.....	37
Figura 24: Causas de perdidas por utilización (reservas no programadas) complejo fundición.....	37
Figura 25: Diagrama de procesos Planta Tostación parte A. (Outotec, 2010)	39
Figura 26: Diagrama de procesos Planta Tostación parte B. (Outotec, 2010)	39
Figura 27: Árbol de Valor Planta Tostación.....	40
Figura 28: Gráfico rendimiento real periodo 2018-2020 Planta Tostación	41
Figura 29: Gráfico OEE para planta tostación	45
Figura 30: Agrupación de gastos por fase y por ítem.....	48
Figura 31: Agrupación de gastos por proceso.....	49
Figura 32: Gasto de empresas colaboradoras por proceso de fase concentradora	49
Figura 33: Gasto por proceso y servicio empresa colaboradora	50
Figura 34: Gasto empresa colaboradora por proceso y servicio prestado	50

Figura 35: Árbol de contrato empresa colaboradora	51
Figura 36: Esquema metodología para ahorro en materiales de operación	53

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Fórmula para el cálculo del OEE	25
Ecuación 2: Cobre adicional por mejora en tratamiento	29
Ecuación 3: Aumento de beneficio por tratamiento	29
Ecuación 4: Cobre adicional por mejora en recuperación	30
Ecuación 5: Aumento de beneficio por recuperación	30

Índice de Tablas

Tabla 1: Información recabada proceso Full Potential 2019	14
Tabla 2: Valorización curva de captura de palanca	31
Tabla 3: Tiempos de detención complejo fundición	35
Tabla 4: Resumen tiempos de detención según estándar corporativo	35
Tabla 5: Tiempo nominal periodo junio-octubre	36
Tabla 6: Cálculo OEE complejo fundición	36
Tabla 7: Criterios de diseño planta de tostación, División Ministro Hales	38
Tabla 8: Límite técnico según diseño para planta tostación	41
Tabla 9: Límite teórico y técnico según performance histórica planta de tostación	42
Tabla 10: Full Potential Planta de Tostación	42
Tabla 11: Horas detenidas planta tostación	43
Tabla 12: Horas nominales periodo de estudio para OEE	43
Tabla 13: Porcentajes de detención por ítem	43
Tabla 14: Pérdidas de tratamiento por ítem de detención	44
Tabla 15: Cálculo pérdidas por rendimiento planta tostación	44
Tabla 16: Resultados indicador OEE	44
Tabla 17: Base de datos tiempos de detención complejo fundición	56
Tabla 18: Rendimiento real periodo 2018-2020	60

1. Introducción

1.1 Problemática y motivación

La Corporación Nacional del Cobre, Codelco, es una empresa autónoma, propiedad de todos los chilenos y chilenas, principal productora de cobre y líder en reservas del mineral a nivel mundial, siendo así el principal motor del desarrollo del país (Codelco, 2020).

Su negocio principal es explorar, desarrollar y explotar recursos mineros, procesarlos para producir cobre refinado y subproductos, y luego comercializarlos a clientes en todo el mundo. Este trabajo se realiza a través de ocho divisiones mineras: Chuquicamata, Radomiro Tomic, Ministro Hales, Gabriela Mistral, Salvador, Andina, El Teniente y la fundición y refinería Ventanas. La estrategia corporativa de Codelco es coordinada y desarrollada desde su Casa Matriz en Santiago por un directorio formado por nueve integrantes y el presidente ejecutivo de la empresa (Codelco, 2020).

Hoy en día Codelco se enfrenta a dos grandes desafíos en cuanto a sus operaciones mineras: la baja de leyes de sus yacimientos y el aumento de costos operacionales. Esta situación motiva que sea necesario optimizar los recursos disponibles y mejorar el desempeño de las operaciones con tal de aportar la mayor cantidad de excedentes al país.

Para ello, es clave la implementación de una estrategia de Excelencia Operacional, que en Codelco se lleva a cabo a través de la metodología C+ utilizando Lean y Agile (Olivares, 2017). Como parte de la ejecución de ellas, se desarrolla un proceso para determinar el máximo desempeño de equipos y procesos productivos en cada una de las etapas del negocio minero. Además, mediante este proceso, las divisiones de Codelco definen sus metas productivas dos veces al año. Este proceso actualmente se conoce al interior de Codelco como Proceso *Full Potential*

El proceso *Full Potential* se ha realizado desde el año 2016 partiendo como un ejercicio de diagnóstico en Gabriela Mistral y Ministro Hales realizado por una empresa consultora. Los siguientes años se llevó a cabo en Radomiro Tomic y Andina, hasta expandirse al total de Divisiones. Actualmente ha tomado mayor relevancia para la corporación, ya que permite identificar capturas de valor relevantes mediante gestión operacional para aumentar los excedentes y disminuir los gastos operativos. Estas capturas se ven reflejadas en el aumento de excedentes que genera un proceso, debido al aumento de cobre fino producido por mayor tratamiento o mayor recuperación, del ejercicio se aísla el efecto ley, debido a que es un factor que no depende de la gestión operacional de los activos.

El problema, es que durante el proceso se reconocen ciertas desviaciones entre las Divisiones, tanto por el uso de conceptos hasta la forma en que se exponen los resultados del proceso, entre otros, muchas veces por no contar con un proceso definido y estandarizado para toda la Corporación. Esta brecha identificada es debido a que no hay una transferencia del conocimiento y buenos resultados del proceso entre una División con mejor resultado que otra.

A partir de lo anterior, se debe asegurar que este proceso se desarrolle y ejecute de la manera más ordenada y definida posible, y con ello asegurar la captura de valor en cada División.

1.1.1 Estrategia de Codelco

En el año 2018, la empresa define su estrategia corporativa que debe perseguir, siendo el sistema de gestión uno de los principales focos para convertirse en una de las empresas mineras más competitivas del mercado. Para la Corporación, esta meta es crucial ya que hoy se impulsa un momento de reconversión histórica para la empresa, con un plan de inversiones de US\$ 40.000 millones para el periodo 2019-2028, con seis proyectos estructurales que extenderán la vida de las Divisiones, y en consecuencia de la Corporación, incrementando la productividad y manteniendo los actuales niveles de producción de alrededor de 1,7 millones de cobre fino anuales (Codelco, 2019).

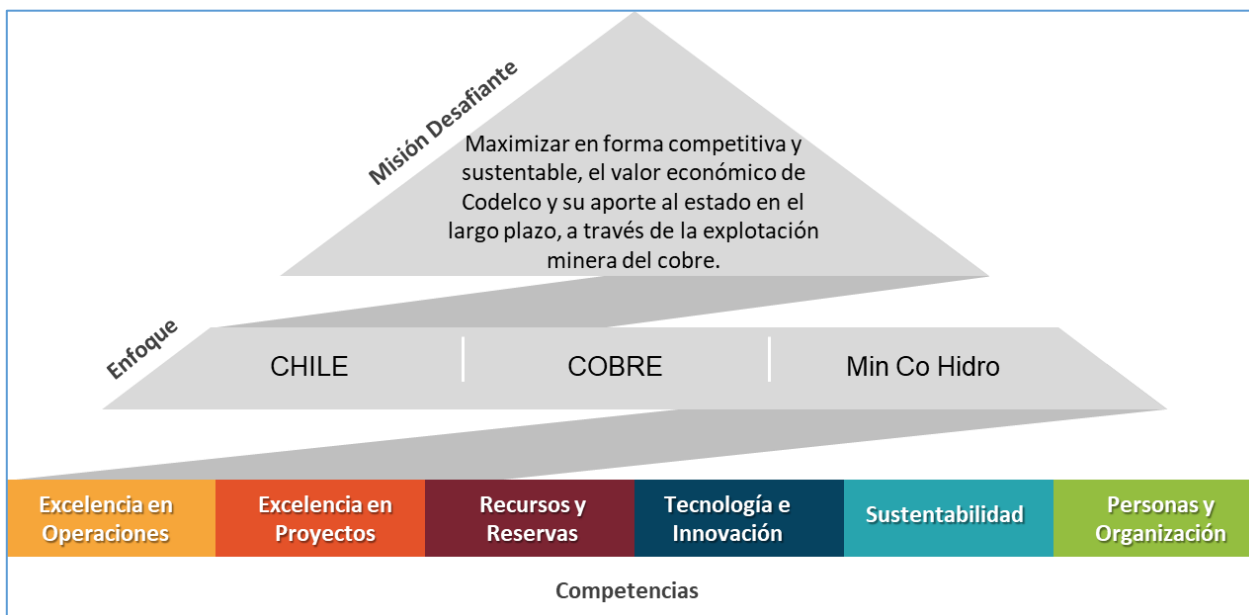


Figura 1: Conceptualización de la Estrategia de Codelco.

Fuente: Documento interno Dirección de Excelencia Operacional Corporativa 2020, Codelco

La estrategia de Codelco (Figura 1) propone como misión desafiante maximizar de manera competitiva y sustentable el aporte económico al Estado en el largo plazo, mediante la explotación del cobre. Su enfoque lo definió en operaciones en Chile, y en la explotación del cobre con foco en las fases mineras mina, concentradora e hidrometalurgia. Además, como base de la estrategia, se definen las competencias necesarias para cumplir con ella: Excelencia en Operaciones, Excelencia en Proyectos, Recursos y Reservas, Tecnologías e Innovación, Sustentabilidad y por último, Personas y Organización.

Esta estrategia se ve plasmada en nueve prioridades asociadas a distintas Vicepresidencias, y 29 iniciativas llevadas por Gerencias Corporativas según lo mostrado

en la Figura 2. Entre ellas resalta la Excelencia en Operaciones y en Proyectos, las cuales aportan la mayor captura de valor mediante la implementación de métodos Lean y Agiles.









									
x9 Prioridades	Excelencia en Operaciones	Excelencia en Proyectos	Sustentabilidad	Personas y Organización	Transformación Digital	Recursos y Reservas	Innovación	FUREs	Activos no Mineros
	Excelencia en mantenimiento	Diseño Lean	Fortalecer PMS	Cultura	Base Tecnológica	Asociaciones con terceros	Innovación para recursos y reservas	Definición valor estratégico	Simplificación de la malla
	Excelencia operacional	Ejecución Lean	Reforzar MO e Incentivos	Procesos de talento	Digit. – Excelencia en Operaciones	Fortalecimiento de la exploración nacional	Innovación para sustentabilidad	Optimizar el portafolio de activos	Fortalecimiento de la gobernanza
x29 Iniciativas	Excelencia en abastecimiento	Estrategia Digital	Procedimientos de seguridad	Vinculo talento al valor	Digit. – Excelencia en Proyectos	Reenfocar posicionamiento Int.			
	Rol del centro	Gobernanza de proyectos			Digit. – Personas y org.				
	Gestión dotacional	Corporativizar prácticas							

Figura 2: Esquema de Prioridades e Iniciativas bases de la Estrategia de Codelco

Fuente: Documento interno Dirección de Excelencia Operacional Corporativa 2020, Codelco

1.2 Metodologías utilizadas en gestión de proyectos

1.2.1 Metodología Lean Management

La metodología Lean es una filosofía derivada principalmente del Sistema de Producción de Toyota (TPS por sus siglas en inglés) y evolucionó con la empresa durante más de 60 años. Esta metodología permitió a Toyota pasar de ser un pequeño fabricante japonés de automóviles en 1933 a convertirse en el fabricante n°1 en la actualidad (Certiprof, 2018). En términos prácticos los principios claves de Lean son (Certiprof, 2018):

- 1) Mentalidad enfocada en reducir y/o eliminar desperdicios,
- 2) Entregar la calidad deseada en la ejecución de una actividad sin variabilidad
- 3) Procesos flexibles que producen en tiempo y cantidad adecuada,
- 4) Organización energizada e involucrada capaz de realizar mejora continua sosteniblemente

Son principios básicos de la filosofía Lean (Figura 3):

- **Definición del Valor:** Entender el valor para cada producto servicio desde el punto de vista del cliente.
- **Identificación del Flujo de Valor:** Identificar el conjunto de pasos a través de los cuales se genera el valor, también se le llama Cadena de valor.

- **Optimización del Flujo:** Hacer que la producción fluya sin interrupciones, removiendo todas las barreras que generan pérdidas y desperdicios.
- **Permitir que el cliente se involucre en los procesos del proyecto (Pull):** Ajustar la producción a la demanda del cliente para obtener exactamente lo que desea, cuando lo desea y en la cantidad que desea.
- **Búsqueda de la Perfección:** Buscar y mejorar continuamente los procesos, haciendo que las pérdidas sean visibles y evidentes.



Figura 3: Principios de la Filosofía Lean. Fuente: Taller de entrenamiento a Agentes de Cambio C+, Codelco (2020)

Con lo anterior, la implementación de una transformación Lean implica enfrentar tres inhibidores del desempeño de un sistema: desperdicio, variabilidad e inflexibilidad (Codelco, 2020). Estos se describen a continuación:

- a) **Desperdicios:** Lean es reducir desperdicios y tiempo incidental, para maximizar el valor añadido al producto final de un sistema (Figura 4).

Los desperdicios se generan por: sobreproducción y merma, demanda del cliente no satisfecho, esperas en el sistema, transporte y movimientos innecesarios, competencias no utilizadas, retrabajo y defectos en el sistema, exceso de inventario.



Figura 4: Esquema desperdicios, valor añadido y actividad incidental

Fuente: Elaboración propia basado en taller de entrenamiento C+. Codelco

b) **Variabilidad:** la variabilidad ocasiona problemas de entrega y de calidad al cliente, e incrementa el costo al añadir contingencias (capacidad de inventario, repuestos, entre otros).

c) **Inflexibilidad:** la inflexibilidad de un sistema puede observarse por su nivel de reacción ante un cambio en la demanda del cliente.

Tipos de inflexibilidad:

- Volumen: enfrentar los cambios en la demanda del cliente.
- Entrega: entregar el producto en los tiempos esperados por el cliente.
- Producto: incapacidad de proveer el producto o servicio que requiere el cliente.
- Mix: incapacidad de cambiar entre productos para cumplir con la demanda cambiante.

1.2.2 Método cascada o clásica

La metodología clásica de elaboración de un proyecto considera reunir un equipo y planificar todo el proyecto de manera adelantada (Figura 5). Sin embargo, si las condiciones del proyecto cambian se provocan problemas e imprevistos que no se planificaron en un inicio y generan sobre costos al proyecto (Certiprof, 2018).

1.2.3 Métodos Ágiles

Las metodologías ágiles nacen de la industria de softwares en los años 90 (Roche, 2020). En esta industria existía una contundente evidencia de proyectos de softwares fracasados y de equipos desarrolladores inmersos en una creciente burocracia en cada una de las organizaciones. Con esta situación, un grupo de expertos de la industria propusieron el Manifiesto Ágil (Beck, 2001).

El Manifiesto Ágil propone valorar los individuos y sus interacciones por sobre las herramientas y los procesos, la colaboración del cliente por sobre la negociación de contratos y responder incluso al cambio de planificación.

Principios del desarrollo ágil de proyectos

A partir del manifiesto se listan doce principios que diferencian las metodologías Ágiles del método cascada. Las metodologías recogen estos principios en cada una de las prácticas y artefactos que proponen:

1. Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.
2. Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.
3. Entregamos el software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible.
4. Los responsables del negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.
5. Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.
6. El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.
7. El software funcionando es la medida principal de progreso.
8. Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la Agilidad.
10. La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos autoorganizados.
12. A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia.



Figura 5: Método cascada vs Método Agile

Fuente: Elaboración propia basado en Certiprof (KEPC), 2018.

A partir de su éxito, esta metodología es incorporada a todas las industrias en donde se trabaja con proyectos que están en constante cambio (Certiprof, 2018), por ejemplo, la industria de la construcción, manufactureras, entre otras. Este enfoque ágil consiste en muchas metodologías superpuestas y a continuación se explican dos de éstas, Scrum y Kanban.

Scrum

Es un marco en que se pueden emplear distintos procesos y técnicas para desarrollar y mantener productos complejos. Se desarrolló por Ken Schwaber y Jeff Sutherland en los años 90. Este marco consiste en roles de Scrum, eventos, artefactos y las reglas que los unen (Certiprof, 2018).

Scrum se basa en la teoría del control empírico de procesos, emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la previsibilidad y control de riesgos. Los equipos Scrum están diseñados para optimizar la flexibilidad y la productividad, para lo cual son autogestionados, multifuncionales, y trabajan en iteraciones. Lo anterior se ilustra en la Figura 6.

Roles en un equipo Scrum (Paolini, 2013):

- Scrum Master: Facilitador de la metodología
- Product Owner: Es el propietario del producto
- Development team: Es el equipo desarrollador

Scrum emplea periodos de tiempo para crear regularidad, estos son:

- Sprint: representa una iteración
- Reunión de planificación de la entrega de productos: se define un plan y metas que el equipo y la organización pueda entender y comunicar
- Reunión de planificación del Sprint: se planifican las tareas a realizar en el siguiente sprint
- Revisión del Sprint: reunión informal en que el equipo y las partes interesadas debaten sobre lo que se realizó en el sprint
- Retrospectiva del Sprint: se reconoce cómo fue el último sprint en cuanto a las personas, relaciones, procesos y herramientas para identificar puntos de mejora para el siguiente sprint
- Reuniones diarias: reuniones diarias de inspección y adaptación, en donde cada miembro del equipo explica lo que ha conseguido desde la reunión anterior, lo que va a hacer hasta la próxima reunión y que obstáculos tiene en su camino.

Scrum cuenta con tres artefactos principales:

- Product Backlog: lista de requisitos del producto que se está desarrollando
- Sprint Backlog: tareas del producto backlog que serán realizadas en el Sprint
- Burndown de entrega: gráfico que representa el esfuerzo restante a lo largo del tiempo



Figura 6: Ilustración de metodología Scrum

Fuente: Elaboración propia basado en Certiprof (KEPC), 2018.

Kanban

Después de comprender los métodos de gestión de la cadena de suministro de la industria de las tiendas de abarrotes, Toyota decide adaptar sus métodos de producción utilizando el sistema Kanban (literalmente letrero o cartelera en japonés) que diseñó y desarrolló Taichi Ohno (Certiprof, 2018).

Es un método para gestionar el trabajo de conocimiento que equilibra la demanda de trabajo a realizarse con la capacidad disponible para comenzar un nuevo trabajo.

Los elementos de trabajo intangibles se visualizan para presentar a todos los participantes una vista del progreso de los elementos individuales, y el proceso desde la definición de la tarea hasta la entrega al cliente.

En Kanban, los miembros del equipo “jalan” el trabajo una vez que tienen capacidad, en lugar de que el trabajo sea “empujado” al proceso cuando se solicita.

Kanban se puede aplicar a cualquier servicio profesional o proyecto, donde el resultado es intangible en lugar de físico, y proporciona un sistema visual de gestión de procesos que ayuda a la toma de decisiones sobre qué, cuánto y cuándo producir.

Este método usa el ciclo de Planear, Hacer, Verificar y Actuar, para conseguir la mejora continua de los procesos.

Prácticas claves en Kanban (Certiprof, 2018):

- Visualizar el flujo de trabajo
- Limitar el trabajo en progreso
- Administrar el flujo
- Implementar circuitos de retroalimentación
- Hacer las políticas de cada proceso explícitas
- Mejorar en colaboración y evolucionar empíricamente (usando modelos/método científico)

Con Kanban, una vez que el equipo está completamente interiorizado en la metodología, se puede estimar el flujo y el ritmo del ciclo de desarrollo, permitiendo pronosticar confiablemente cuánto tiempo lleva completar un trabajo. Además, al ser una herramienta visual, permite identificar los procesos que son cuello de botella del flujo de trabajo, permitiendo al equipo reconocer las pérdidas e ineficiencias para eliminarlas, reducir los desperdicios y aumentar la consistencia con miras a la mejora continua (Certiprof, 2018).



Figura 7: Ilustración de un Tablero Kanban

Fuente: Certiprof (KEPC), 2018.

1.2.4 Metodología C+

La Excelencia Operacional en Codelco se desarrolla a través de la metodología C+, la cual se basa en las metodologías recientemente descritas, incorporando los conceptos y principios de Lean y aplicando las herramientas Scrum y Kanban para mejorar el desempeño de los equipos de las distintas direcciones de excelencia operacional divisionales.

De esta forma la metodología C+ busca impulsar la transformación cultural en Codelco, a través del empoderamiento de las personas y el diseño de palancas de gestión, para así elevar el desempeño del negocio en cada una de sus divisiones mineras.

La metodología C+ trabaja sobre tres dimensiones centrales (Dirección de Excelencia Operacional Corporativa, 2020):

1. Sistemas Operativos: Conjunto de procesos y estándares que permiten guiar a la organización en el cómo operar y mantener sus equipos productivos para maximizar los coeficientes de marcha hacia los límites técnicos de los equipos.
2. Sistema de Gestión: Establece un conjunto de reglas y principios relacionados entre sí de forma ordenada, y establece la manera en que se desea administrar el negocio para ir en búsqueda de mejoras y capturas de valor en forma sostenibles.
3. Mentalidades y Comportamientos: Derribar barreras culturales e incentivos divergentes a la transformación, comprender el entorno completo en el que se vive la transformación y generar la capacidad adaptativa en las personas que componen la transformación cultural.

En particular el Sistema de Gestión C+ cuenta con cuatro dimensiones de trabajo (Figura 8):

- **Objetivo Común:** Busca conectar la estrategia a objetivos y propósitos significativos. Se basa en dos prácticas, el Proceso Full Potential y la Aspiración.
- **Mejora Continua:** Busca descubrir mejores formas de trabajar. Se basa en la resolución de problemas y la Gestión del PIT (Plan de Implementación Táctico)
- **Procesos Eficientes:** Entregar eficientemente lo que el cliente requiera. Se realiza a través de Estándares.
- **Desarrollo de Personas:** Desarrollar a las personas para que lideren y contribuyan en su máximo potencial. Lo lleva a cabo a través de Confirmaciones de rol, Confirmaciones de proceso, Desarrollo de rol y Talento al valor.



Figura 8: Dimensiones Sistema de Gestión C+

Fuente: Documento interno, Dirección de Excelencia Operacional Corporativa, 2020.

1.3 Alcances y contexto del trabajo

Dentro de las 9 prioridades declaradas en la estrategia de Codelco (Figura 2), se establece la Excelencia en Operaciones, la cual se divide en 4 iniciativas:

- 1) Excelencia en mantenimiento,
- 2) Excelencia operacional,
- 3) Excelencia en abastecimiento, y
- 4) Rol del centro y Gestión dotacional.

El presente trabajo se desarrolla entre febrero y agosto de 2020, dentro de la iniciativa de Excelencia en Operaciones, desafío que lleva la Vicepresidencia de Productividad y Costos (VPC).

Jerárquicamente, luego de la VPC se encuentra la Gerencia de Productividad, Excelencia y Costos (GPEC), la cual se compone de tres direcciones que abarcan dichas áreas. De esta manera, la Dirección de Excelencia Operacional Corporativa (DEOC), se encarga de mejorar el desempeño de las labores operacionales de la corporación y lo hace implementando la metodología C+.

Como se explica previamente, en la dimensión del Objetivo Común se encuentra el Proceso Full Potential el cual permite a las divisiones identificar brechas en sus procesos productivos para levantar palancas de gestión que ayuden al cierre de estas.

El presente trabajo aplica para todas las divisiones mineras de Codelco, es decir, excluyendo División Ventanas, la cual aún no realiza este ejercicio. El resultado consiste en la revisión detallada del proceso realizado el año 2019 para obtener una estandarización corporativa de este proceso para realizarlo de manera ordenada y definida en cualquier fase productiva de todas las divisiones de la Corporación.

1.4 Objetivo

1.4.1 Objetivo General

Garantizar que cada centro de trabajo de Codelco tenga la misma estructura definida para la búsqueda del máximo potencial de sus activos y procesos mineros, y de esta forma asegurar de manera corporativa, que los esfuerzos en la gestión operacional se orienten a la mayor captura de valor para la Estrategia de Codelco.

1.4.2 Objetivos específicos

Desarrollar un estándar corporativo, definido y ordenado, que sea capaz de recoger las mejores prácticas internas de la corporación, incorporando la metodología para obtener metas productivas de tratamiento [ktpd] y la valorización de éstas [MUSD].

1.5 Estructura de la Memoria

Este trabajo se organiza de la siguiente manera:

Capítulo 1

En este capítulo se describe el contexto del trabajo realizado y la problemática que se busca resolver mediante la estandarización del proceso Full Potential realizado en las Divisiones de Codelco.

Capítulo 2

Se describe la metodología con la cual se construyó y validó el estándar corporativo.

Capítulo 3

Se desarrolla el estándar corporativo, explicando cada una de las etapas y actividades necesarias para desarrollar el proceso Full Potential.

Capítulo 4

Se presenta un ejemplo concreto de la aplicación de una de las actividades propuestas por el estándar desarrollado. Además, se aborda la implementación del estándar en la División Ministro Hales, particularmente en su Planta de Tostación.

Capítulo 5

Se presenta a modo de discusión, un análisis FODA del estándar corporativo. Además, se proponen dos metodologías para identificar un potencial ahorro en lo que refiere a gasto de materiales de operación y de servicios de terceros.

Capítulo 6

En este capítulo se exponen las principales conclusiones del trabajo realizado y se expone el actual estado del estándar a nivel Corporativo.

2. Metodología

Para el desarrollo y validación del Estándar Corporativo del proceso de levantamiento de metas productivas en operaciones mineras de Codelco, se realizan cinco etapas claves, las cuales se presentan en la Figura 9 y se detallan a continuación:

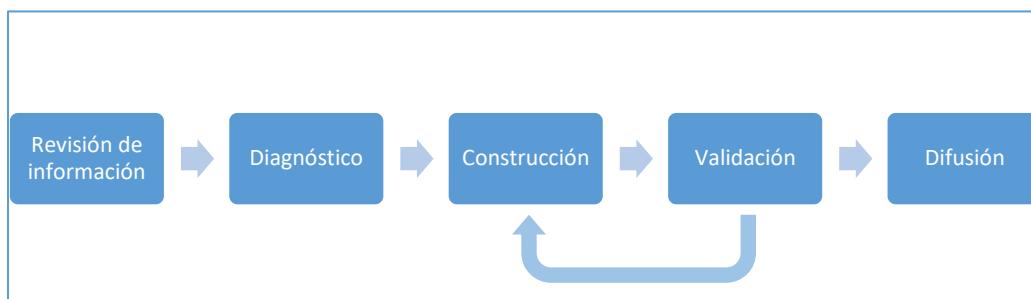


Figura 9: Diagrama metodología utilizada en este trabajo

i. Revisión de información

En esta primera etapa se revisa detalladamente la información disponible (Tabla tanto) acerca el Proceso Full Potential realizado el año 2019, para División Radomiro Tomic, Chuquicamata, Gabriela Mistral, Salvador, Andina y El Teniente, excluyendo a Ministro Hales que no realizó el proceso y a División Ventanas, ya que no realiza este proceso aún.

La información obtenida para esta revisión, es decir, los entregables del Proceso Full Potential de cada División estudiada en este trabajo, consisten en presentaciones en formato PowerPoint con el resumen de cada una de las etapas que se detallan en el Capítulo 3. El contenido de estos queda resumido en la siguiente tabla:

Tabla 1: Información recabada proceso Full Potential 2019

División	Fases abordadas	Comentario
Radomiro Tomic	Analizan Fase Mina y Fase Hidrometalurgia. Estudian la flota de CAEX y chancado primario de óxidos, en el área mina. Estudian apilamiento y excavación de ripios en área seca y línea completa del área húmeda, es decir, lixiviación en pila, en botaderos y electro obtención.	Desarrollan el diagrama de procesos y análisis cuello de botella para la División completa. Exponen el árbol de valor, límites técnicos, gráficos OEE, definición de aspiración y gráficos de seguimiento para todos los procesos estudiados.
Chuquicamata	Analizan Fase Concentradora y Fase Fundición y Refinería. Estudian en profundidad los procesos de molienda, en la concentradora y los equipos principales en el área de fundición y refinería.	Desarrollan el diagrama de procesos de la División completa. Desarrollan los límites técnicos, OEE y gráfico de aspiración para los procesos estudiados.

Gabriela Mistral	Analizan Fase Hidrometalurgia, en particular el área seca, es decir, chancado secundario y terciario, apilamiento y excavación de rípos.	Desarrollan el diagrama de procesos y análisis cuello de botella de la División completa. Desarrollan el árbol de valor, límites técnicos, gráfico OEE, definición de aspiración y gráficos de seguimiento para los procesos estudiados
El Teniente	Analizan Fase Mina Rajo y Mina Subterránea, Fase Concentradora y Fase Fundición y Refinería.	Desarrollan el diagrama de procesos de la División completa. Desarrollan árbol de valor, límites técnicos, gráficos OEE, definición de aspiración para todas las fases y procesos.
Andina	Analiza sólo la Fase Concentradora, con foco en el proceso de molienda	Desarrollan los límites técnicos, gráficos OEE y definición de aspiración para los procesos estudiados.
Salvador	Analizan solo la Fase Fundición y Refinería	Desarrollan el diagrama de procesos de la División completa, y análisis cuello de botella para Fase Fundición y refinería. Desarrollan árbol de valor, gráfico OEE y definición de aspiración para los procesos estudiados.

ii. Diagnóstico

En base a los entregables del proceso se realiza un diagnóstico para la construcción de cada una de las etapas del estándar corporativo. Se evaluaron criterios de calidad del entregable en cuanto a forma y contenido, mejor desempeño y resultado del proceso. Luego se identifican las mejores prácticas en el proceso realizado en cada división para cada etapa del Proceso Full Potential, priorizando la visualización de información relevante en cada etapa, para ello se desarrolla la siguiente matriz de identificación:

División	Diagrama de proceso	Árbol de KPI	Gráfico cuello de botella	Gráfico OEE	Gráficos seguimiento de KPI y palancas
DRT	●	●	●	●	●
DCH	●	●	●	●	●
DGM	●	●	●	●	●
DET	●	●	●	●	●
DAN	●	●	●	●	●
DSA	●	●	●	●	●
<p style="text-align: center;">● Bueno ● Aceptable ● Deficiente</p>					

Figura 10: Matriz de diagnóstico proceso Full Potential

División Radomiro Tomic (DRT), Chuquicamata (DCH), Gabriela Mistral (DGM), El Teniente (DET), Andina (DAN), Salvador (DSA).

Se definen los niveles Bueno (verde), Aceptable (amarillo) y Deficiente (Rojo). Estos niveles se adoptan en función de la calidad del formato y contenido de cada entregable, considerando que se utilizarán como base para ser parte del estándar corporativo, el cual debe ser sencillo, simple y fácil de entender, para que cualquier persona pueda desarrollar el proceso en base a este. Por ende, un nivel Bueno es aquel que entrega suficiente información del proceso estudiado y con un formato que sea simple de entender. Y por el contrario un nivel deficiente es aquel que no entrega suficiente información y carece de un formato simple, que ayude al lector a su comprensión.

Con el criterio anterior, se evalúan en la matriz los siguientes aspectos, los cuales son abordados con mayor detalle en el Capítulo 3:

- Diagrama de procesos: Consiste en la representación en forma de diagrama de flujo de las etapas y procesos por los que circula el mineral desde el yacimiento hasta su elaboración final, y es diferente para cada División.
- Árbol de KPI: corresponde a un árbol de indicadores (KPI) y variables que influyen en el comportamiento de un indicador principal, generalmente este último corresponde a tratamiento o recuperación.
- Gráfico cuello de botella: es un gráfico que representa las capacidades de tratamiento de cada uno de los procesos por los que fluye el mineral, y sirve para determinar cuál de estos es el proceso cuello de botella, es decir, que proceso restringe la producción total de mineral de una División.
- Gráfico OEE: es un gráfico que permite identificar el desempeño de un equipo, evaluando tres dimensiones: disponibilidad, utilización y rendimiento del equipo. Permite reconocer las principales brechas de tal equipo con respecto a un desempeño esperado.
- Gráfico seguimiento de KPI y palancas: corresponde a una representación gráfica de la evolución de un KPI en un tiempo determinado y permite realizar seguimiento a los planes (palancas operacionales) que se desarrollan para mejorar un cierto KPI de tratamiento o recuperación.

A partir de una primera revisión se observa preliminarmente que el entregable de la división Radomiro Tomic (DRT), es la de mejor calidad en forma y contenido, y consecuentemente a estos resultados, su entregable fue la guía para la realización del proceso en las demás Divisiones. El estándar construido durante este trabajo se basa también en el mismo.

iii. Construcción

Se procede a realizar la construcción del estándar basado en lo desarrollado por la División Radomiro Tomic. Para ello se plasma el desarrollo metodológico del proceso incorporando definiciones de conceptos transversales en el proceso, se construyen gráficos e ilustraciones explicativas para cada etapa del proceso Full Potential, obteniendo una primera versión del estándar corporativo.

iv. Validación

Luego de tener la primera versión del estándar corresponde realizar una validación corporativa realizada por el Director de Excelencia Operacional, tanto Corporativo como Divisional, Líderes de Mejora Continua y Agentes de Cambio de las divisiones, cargos asociados a las Direcciones de Excelencia Operacional, que tiene como proceso central la ejecución del proceso Full Potential. De cada sesión se recoge un conjunto de modificaciones a realizar, por lo que se vuelve a la etapa de construcción hasta obtener la validación final. Esta etapa es clave para obtener un resultado que sea propio de todas las Direcciones de Excelencia Operacional, lo cual le da el carácter Corporativo al estándar.

v. Difusión y entrenamiento

Finalmente, cuando se obtiene la versión final, y dada la relevancia que tiene el proceso Full Potential para el Sistema de Gestión C+, corresponde realizar la difusión del Estándar Corporativo llevada a cabo por el Gerente de Productividad, Excelencia y Costos y el Director de Excelencia Operacional Corporativo hacia el resto de los equipos de las Direcciones de Excelencia Operacional Divisionales. Además, para asegurar el entendimiento del estándar, parte del trabajo consiste en realizar taller de entrenamiento y capacitación sobre el nuevo estándar a Líderes de Mejora Continua y Agentes de Cambio.

3. Estándar Corporativo

El objetivo de este trabajo es desarrollar un Estándar Corporativo, definido y ordenado, que sea capaz de recoger las mejores prácticas internas de la corporación y que permita a las Divisiones mineras de Codelco, identificar brechas en sus operaciones para realizar capturas de valor relevantes para la estrategia de Codelco

3.1 Definiciones del Proceso Full Potential

Objetivo: Establecer las etapas del proceso Full Potential, y los requerimientos para avanzar en el sistema de seguimiento de PIT y Palancas Operacionales.

Responsable: El responsable de este proceso es la Dirección Corporativa de Excelencia Operacional.

Proceso: Este proceso debe ser levantado y ejecutado con las personas que están en la operación, quienes son los que conocen cada proceso y su funcionamiento. Es así como los resultados deben ser revisados y validados constantemente con Jefes de Unidad, Superintendentes y Gerentes de Fases.

Nivel de aprobación: Es importante, para que el proceso sea exitoso y tenga validez, que, en cada cierre de etapa, estas sean desafiadas y aprobadas por los Gerentes de cada Fase (mina rajo, mina subterránea, concentradora, hidrometalurgia, fundición y refinería), de esta manera son ellos quienes defienden el resultado final al Gerente General de cada división, quien también tiene la potestad de desafiar el proceso, es decir, generar una revisión de los resultados para ir en busca de metas más altas, y finalmente validar el proceso y comprometer dichos resultados del proceso como el compromiso divisional.

3.2 Etapas y actividades

Teniendo lo anterior en consideración, a continuación, se describe el estándar corporativo desarrollado en este trabajo, con cada uno de los pasos, actividades y consideraciones de diseño que son necesarias cumplir para poder realizar un levantamiento de metas productivas (Figura 11). El fin es diseñar distintos planes que buscan dar cumplimiento a dichas metas y generar con ello, la captura de valor para Codelco en cada una de sus Divisiones.

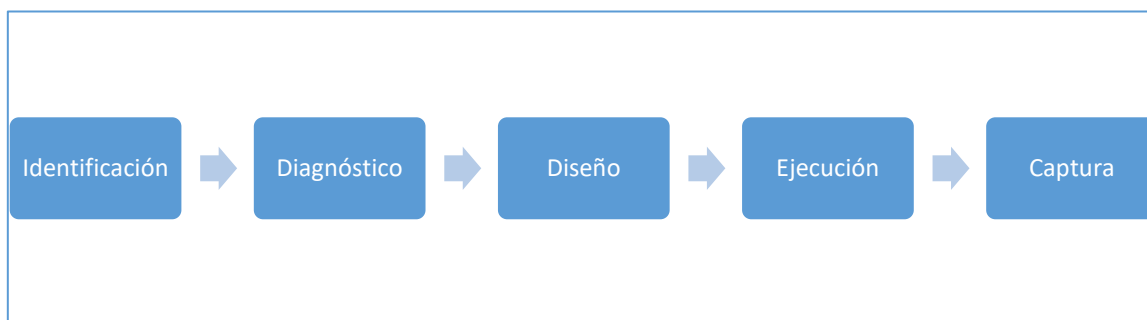


Figura 11: Etapas del Proceso Full Potential

3.2.1 Identificación

a) Construcción de diagramas de procesos

Procesos: Se deben representar los principales procesos que componen cada una de las fases detallando, si es necesario, algún subproceso crítico. En la figura 12 se muestra las características que debe cumplir un correcto diagrama de procesos.

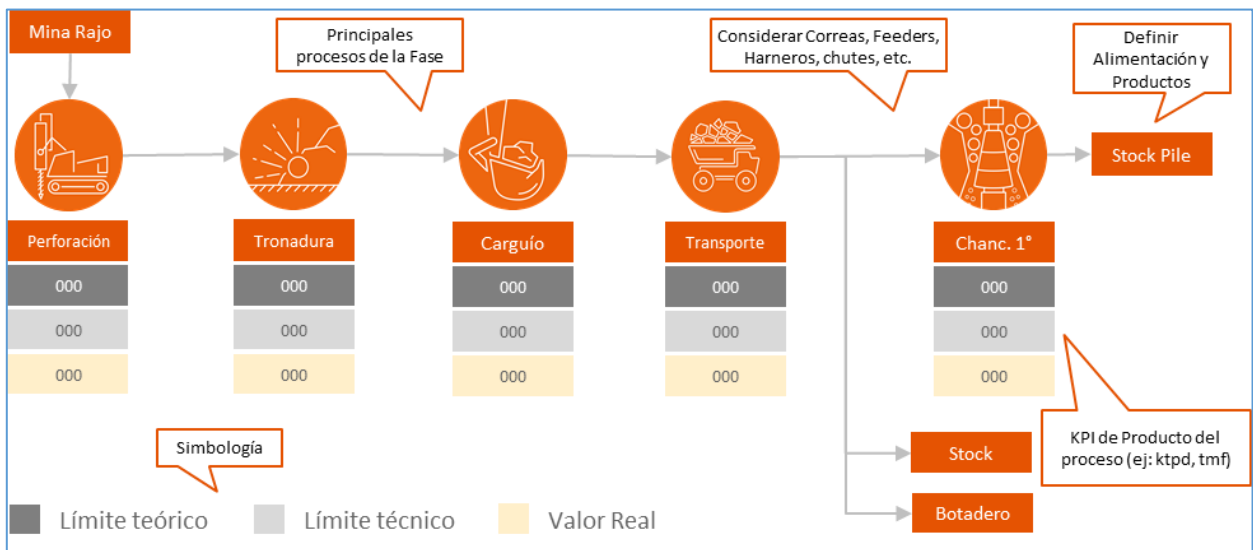


Figura 12: Esquema estándar para diagramas de procesos

Capacidades de cada proceso: Se debe visibilizar el límite teórico, el límite técnico y mostrar el valor de la producción real del cada proceso. Estos nos permiten tener una percepción general de cómo funciona cada fase de la operación.

Se entiende por límite teórico como la máxima producción que puede entregar un equipo funcionando sin parar en el tiempo nominal de operación (por ejemplo: 365 días del año)

A su vez, el límite técnico es la máxima producción que puede dar un equipo o sistema de forma sostenible según sus condiciones operacionales (por ejemplo, su mantenimiento). Para alcanzar el límite técnico, se requiere una ejecución perfecta de todas las actividades de planificación, operación y mantenimiento.

Observaciones: El cálculo de los límites técnicos es un balance entre precisión y esfuerzo analítico. Se recomienda que para los indicadores más importantes del proceso se use fuentes más exactas de información, pero se debe considerar que un cálculo muy exhaustivo puede tomar mayor tiempo. Para los indicadores secundarios o menos relevantes se pueden usar fuentes con menor precisión, donde una desviación no cambia mayormente el resultado.

Fuentes posibles: Para el cálculo de los límites técnicos se pueden utilizar las siguientes fuentes de información:

- Capacidad de diseño: Corresponde a la capacidad nominal del equipo, pero considerando factores de seguridad o de resistencia. Este límite se puede superar, pero puntualmente.
- Benchmark externo: Se puede considerar un valor obtenido por un benchmarking de otras operaciones mineras. Con este valor se espera que el equipo o sistema evaluado se compare y desafíe con respecto a la industria.
- Performance histórica: Consiste en considerar, para el cálculo del límite técnico, los resultados históricos que dan cuenta del rendimiento alcanzado en un período de tiempo por el equipo o el sistema analizado, debiendo ser representativo a las condiciones estables de operación, es decir, no se debe considerar períodos de tiempo con problemas climáticos, huelgas, entre otros. Se puede definir en base al P95 de los datos, sin embargo, el valor usado debe ser validado por los expertos del área
- Restricciones/Permisos Ambientales: En algunos casos, el límite técnico de los procesos puede estar restringido por restricciones o permisos ambientales, como es el caso de las fundiciones.
- Cálculo bottom up: Consiste en calcular el límite técnico en base a las observaciones específicas de cada equipo o sistema.
- Benchmark interno u objetivo corporativo: En este caso se realiza un benchmarking de los procesos con respecto a otras divisiones. También el límite técnico puede estar, pese a que sea poco común, restringido por una necesidad u objetivo corporativo.

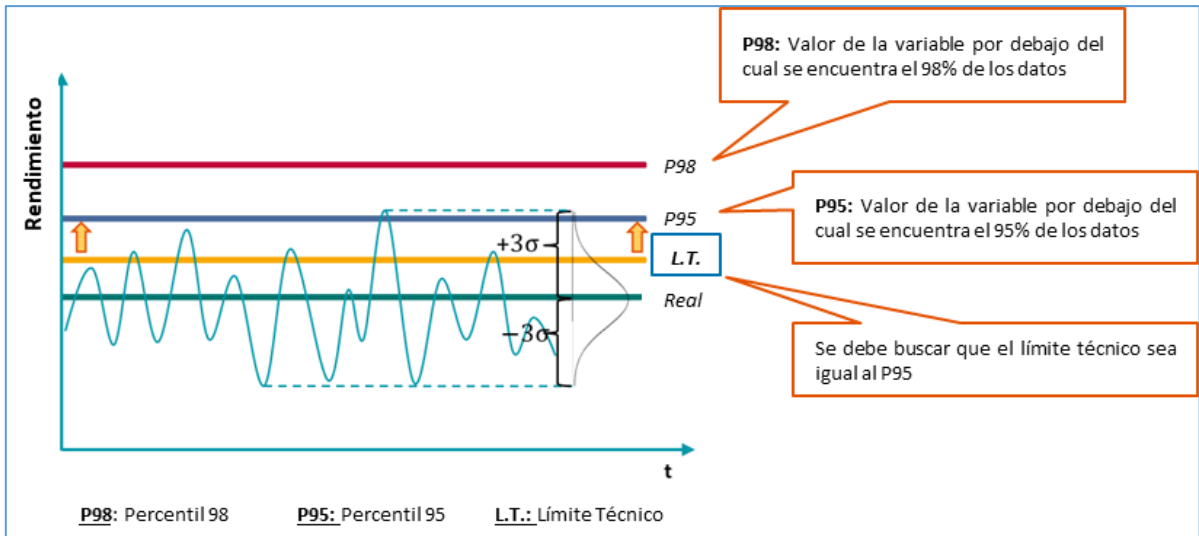


Figura 13: Esquema de límite técnico, según performance histórica

b) Árboles de Valor

Procesos: Cada proceso que compone una fase, se debe descomponer en variables que impactan en su desempeño, es decir, en disponibilidad [%], utilización en base disponible [%] y en rendimiento [ktpd o tph]. El objetivo es identificar los indicadores accionables para la mejora de un proceso a través de palancas operacionales.

Indicadores: Se debe mostrar en el árbol los indicadores cuantitativos y cualitativos del proceso analizado. Los **cuantitativos** se pueden dividir en primarios (disponibilidad, utilización en base disponible y rendimiento) y secundarios (mantenciones programadas, no programadas, detenciones operacionales, etc.) los cuales impactan directamente en el indicador primario. Los **cualitativos** son indicadores que se relacionan de manera directa con los cuantitativos, pero son difíciles de modelar.

Esquema: En la Figura 14 se muestra un ejemplo de un correcto árbol de valor, este debe contener los indicadores cuantitativos primarios, secundarios y cualitativos, además debe llevar simbología.

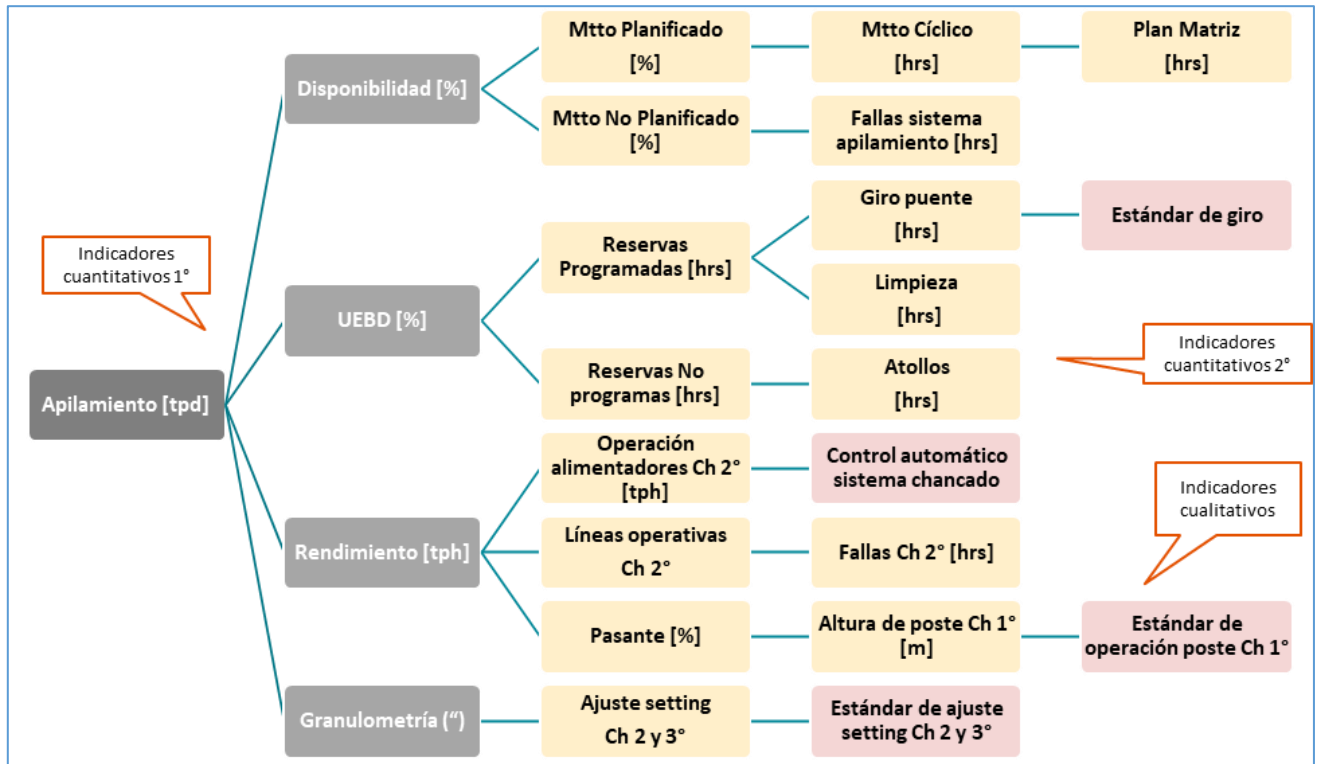


Figura 14: Esquema árbol de valor

c) Cuello de botella

Definiciones:

Cuello de botella: Es aquel proceso que restringe la producción real de un sistema, incrementa los tiempos de espera y reduce la productividad global, afectando así los costos del producto final del sistema.

Pérdidas aguas arriba: Restricciones de procesamiento debido a detenciones operacionales o de mantenimiento en procesos previos al analizado.

Pérdidas aguas abajo: Restricciones de procesamiento debido a detenciones operacionales o de mantenimiento en procesos posteriores al analizado.

Pérdidas internas: Corresponden a pérdidas producidas por detenciones o funcionamiento deficiente del proceso analizado.

Esquema: En la Figura 15 se muestra el gráfico que resulta de un análisis de cuello de botella. En este, se muestran los procesos que se siguen para obtener el producto. Para este caso – y como ejemplo – se comienza analizando el proceso de perforación y tronadura (P&T), hasta el proceso de electro obtención

(EW). El proceso cuello de botella estará determinado por el proceso que presente menor producción real medida en ktpd, además, en los procesos anteriores se verán pérdidas aguas abajo, y consecuentemente, en los procesos posteriores se observarán pérdidas aguas arriba.

En el ejemplo, se observa que el proceso cuello de botella es la extracción de rípios de una pila lixiviada, la cual debe ser subvencionada por camiones (CAEX) para alcanzar los 168 ktpd.

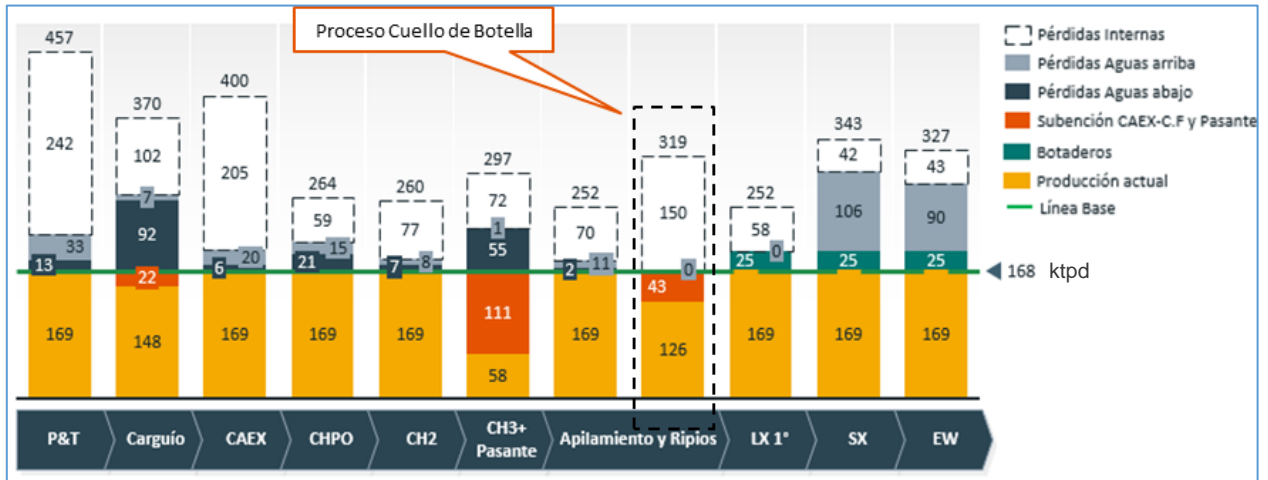


Figura 15: Esquema cuello de botella

d) Identificación de brechas

Para identificar brechas productivas se realiza un análisis de cada proceso en base a la Eficacia Global de Equipos conocida como OEE, por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness (Touron, 2020)). Este indicador se construye a partir cuatro factores claves en cada proceso: Disponibilidad, Utilización en base disponible, Rendimiento efectivo y Rendimiento teórico, de esta forma resulta ser un indicador muy útil y exhaustivo a la vez, ya que de manera simple se puede identificar la eficacia de cualquier equipo de un proceso minero.

Para representarlo gráficamente se utiliza un modelo de tiempos como el que se muestra en la Figura 16.

Para esto es necesario tener claro algunos conceptos:

Tiempo nominal: Tiempo total que corresponde al tiempo calendario utilizado en el plan de producción anual. Por ejemplo, para un día de producción se considera un tiempo nominal de 24 hr.

Mantenimiento programado (MP): Tiempo definido para mantenciones programadas necesarias para cada equipo o instalación, está determinado en el plan de producción anual.

Mantenimiento no programado o correctivo (MNP): Tiempo donde el equipo o instalación no se encuentra disponible para la operación debido a fallas imprevistas.

Excluido: Tiempo donde el equipo o instalación no se encuentra disponible debido a detenciones operacionales (accidentes/incidentes).

Tiempo disponible: Tiempo durante el cual el equipo instalación se encuentra disponible para operar. Se obtiene descontando del tiempo nominal, el tiempo de ejecución de las actividades de mantenimiento y el tiempo excluido.

Reserva programada (Reserva P): Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra disponible para ser utilizado en la operación, pero no se requiere por planificación como lo son cambios de turnos, colación, abastecimiento de combustible, tronadura, entre otros.

Reserva no programada (Reserva NP): Espacio de tiempo en que el equipo se encuentra disponible para ser utilizado en la operación, pero no se requiere por distintos motivos como falta de operador, falta de capacidad de un equipo complementario o instalaciones y/o causas de fuerza mayor (condiciones climáticas extremas, sismos, movilización social, huelgas entre otros).

Tiempo operativo: Tiempo en el cual el equipo o instalación está disponible para ser utilizado. Se obtiene descontando del tiempo disponible, el tiempo en que estuvo en reserva programada y no programada.

Pérdidas operacionales (P.O.): Tiempo en el cual se produce una espera de equipo complementario.

Demoras: Pérdida de producción generada por esperas en los procesos o por actividades incidentales al proceso como son los traslados de equipos, limpiezas de canchas, abastecimiento de servicios, entre otros.

Tiempo efectivo: Tiempo en que el equipo se encuentra desarrollando las actividades para las cuales ha sido adquirido por la organización.



Figura 16: Norma ASARCO Fuente: Elaboración propia basado en ASARCO

Disponibilidad ($Disp$): Indicador que mide el porcentaje de tiempo en que el equipo o instalación se encuentra disponible para actividades productivas

UEBD: Utilización efectiva en base disponible, corresponde al porcentaje de tiempo en que el equipo o instalación estuvo siendo utilizado respecto al Tiempo disponible.

UEBN: Utilización efectiva en base nominal o también conocido como Coeficiente de marcha, corresponde al porcentaje de tiempo en que el equipo estuvo siendo utilizado respecto al Tiempo nominal.

Rendimiento teórico ($Rend_{Teo}$): Indicador que mide el desempeño productivo de un equipo o instalación según su diseño, un benchmark o percentil de rendimiento, dependiendo del valor utilizado para el cálculo del límite técnico.

Rendimiento efectivo ($Rend_{eff}$): Indicador del desempeño productivo de un equipo o instalación obtenido en el tiempo efectivo de operación.

Modelo de tiempos: Representación gráfica que clasifica los tiempos de mantenimiento o detenciones de un equipo o instalación basada en la Norma ASARCO (Codelco, 2018).

Cálculo del OEE:

$$OEE = \frac{Disp \times UEBD \times Rend_{eff}}{Rend_{Teo}}$$

Ecuación 1: Fórmula para el cálculo del OEE

Esquema estándar de gráfico OEE:

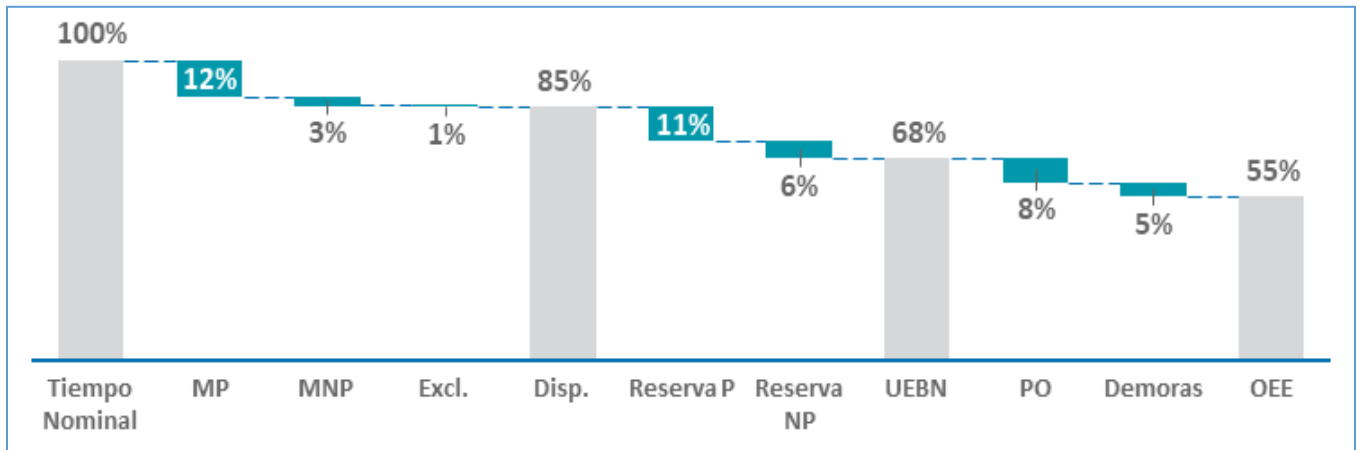


Figura 17: Modelo de tiempos para el cálculo del indicador OEE

Finalmente, identificadas las brechas se debe realizar un análisis de las causas que la generan. Con estas causas se reconocen las que más impactan en la brecha operacional, para lo cual se recomienda enfocar los análisis de causa raíz que se detallan más adelante, aproximadamente en el 80% del impacto que generan dichas causas.

e) Definición del objetivo del PIT

Con el ejercicio anterior de identificación de brechas, se puede determinar cuál va a ser el objetivo del PIT (Plan de Implementación Táctico) el cual puede ser orientado a mejorar el KPI de tratamiento y/o de recuperación, resultante de cerrar las brechas en disponibilidad, utilización y/o rendimiento.

3.2.2 Diagnóstico

a) Identificación de causas raíz en brechas de procesos

Definiciones:

Causa raíz: corresponde a la causa que originó un problema, se obtiene a través del cuestionamiento de las causas directas preguntándose rápidamente ¿por qué? pudieron haber ocurrido. Para encontrar la causa raíz de un problema, es necesario no apresurarse, si no que cuestionarse varias veces esta pregunta (se recomienda al menos cinco veces).

Causa directa: se refiere a las conclusiones de un primer análisis de las principales causas que originaron un problema. Se debe poner atención en los principales ámbitos relacionados con un problema y la especificación de este, por ejemplo, las personas, equipos, maquinarias, planificación, entre otros. La causa directa de un problema permite generar la hipótesis de una causa raíz.

Causa contribuyente: son aquellas condiciones o situaciones que aportan a la ocurrencia del problema, es decir, son causas directas de la ocurrencia, y generalmente se identifican una vez se encuentra la causa raíz.

Objetivo/meta SMART: consiste en un objetivo o meta a alcanzar que debe cumplir con ser específico, medible, accionable, relevante y restringido en tiempo.

Resolución de Problemas (RdP): corresponde a sesiones en equipo estructuradas para abordar problemas que no pueden resolverse con actividades inmediatas (problemas complejos), los cuales fueron levantados en la operación o debido a desviaciones cuyas causas raíz no se conocen con claridad.

Con las etapas y actividades del estándar desarrolladas previamente, se identifican las brechas en los procesos y para poder encontrar palancas que permitan eliminar o reducir dichas brechas, se debe realizar un RdP para cada una de estas.

Si el problema que origina estas brechas es de baja complejidad se puede utilizar un RdP de 3 pasos, de lo contrario si el problema es complejo se recomienda realizar un RdP de 8 pasos.

Para ello se describe cada una de estas herramientas:

RdP de 3 pasos:

Paso 1: Consiste en definir el problema respondiendo preguntas como ¿Qué ocurrió?, ¿Qué o cual equipo, maquinaria y/o proceso está involucrado?, ¿Cuándo comenzó a ocurrir el problema?, ¿Dónde ocurrió? . En este paso se establecen las posibles causas directas que ocasionaron el problema que origino una brecha en el proceso analizado.

Paso 2: Se deben identificar causas raíz asociadas a las causas directas previamente identificadas utilizando una herramienta conocida como las 5P, es decir realizarse la pregunta ¿Por qué? cinco veces.

Paso 3: Se debe definir el plan de acción, es decir, definir las actividades para resolver las causas raíz, generando un plan con responsable y fechas comprometidas.

RdP de 8 pasos:

Paso 1: Ídem a paso 1 RdP de 3 pasos.

Paso 2: Consiste en desagregar el problema, dividiéndolo en sub-problemas, permitiendo realizar un RdP más efectivo. Además, la realización de una priorización de subp-robblemas permite entender el proceso y capturar datos cuantitativos y cualitativos.

Paso 3: Definir objetivos/metas SMART, que sean desafiantes y validados con los líderes para garantizar alineamiento con ellos.

Paso 4: Identificar causas directas y raíz utilizando herramientas como lluvias de ideas, diagramas de Ishikawa, modos de falla, arboles de problemas u otros.

Paso 5: Análisis de causas raíz utilizando las 5P aplicadas a las causas directas.

Paso 6: Construcción de planes, con responsables y fechas de compromisos.

Paso 7: Evaluar resultados y supervisar los procesos.

Paso 8: Estandarizar procesos exitosos y compartir con trabajadores del área.

Lo anterior queda ilustrado en la Figura 18:

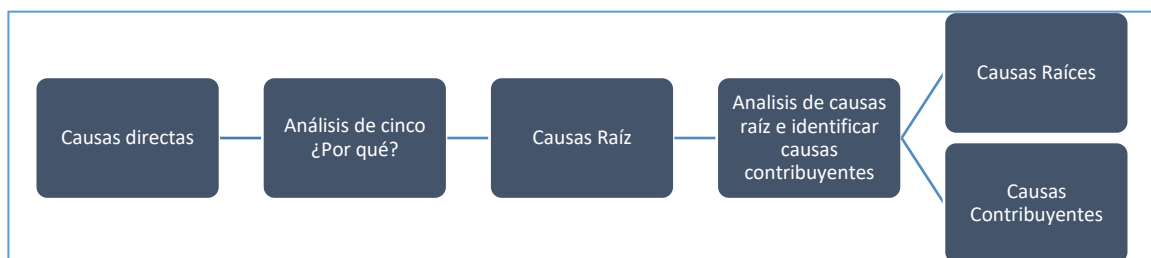


Figura 18: Esquema causas directas, raíz y contribuyentes

b) Definición de palancas

En base a los ejercicios de RdP se definen las palancas operativas que van a permitir mejorar un KPI de un proceso como por ejemplo mejorar disponibilidad, utilización o rendimiento, entre otros.

c) Estimación e impacto de mejora de cada palanca

Con las palancas levantadas se debe realizar una estimación del impacto de cada palanca en el KPI que se quiere mejorar producto del cierre de brechas identificadas.

Esquema: En la Figura 19, se puede observar un ejemplo para los casos anteriores, en donde el objetivo del PIT es aumentar el tratamiento de la Planta A0, cuyas palancas van asociadas a la mayor disponibilidad, utilización y rendimiento, cada una con una estimación del impacto.

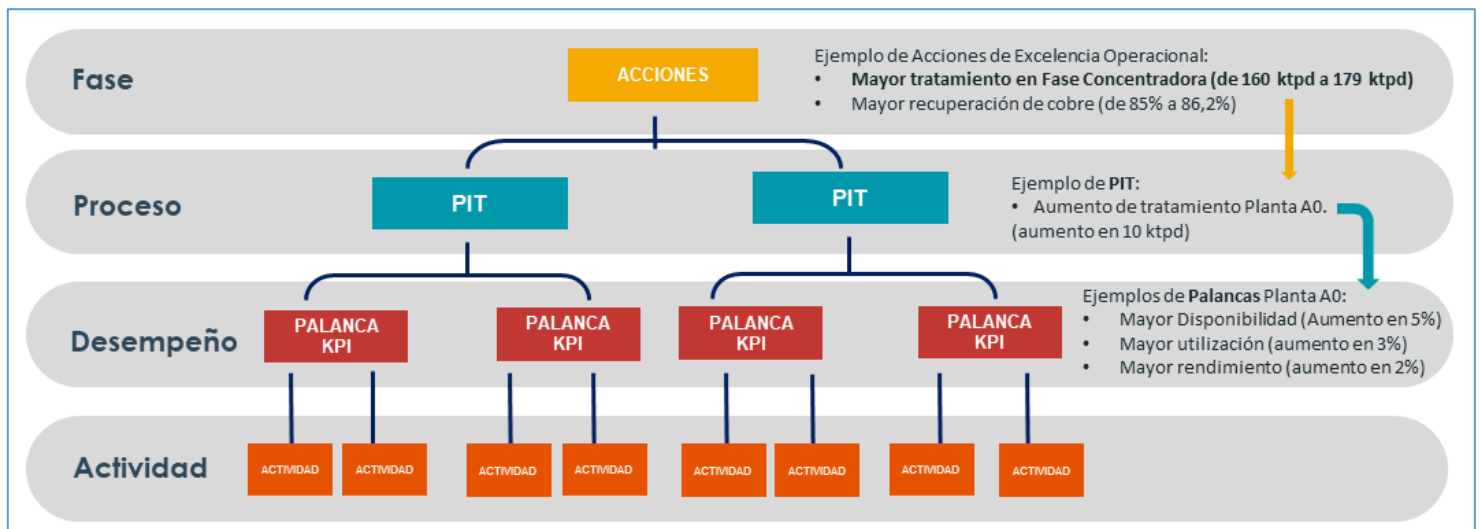


Figura 19: Ejemplo de PIT y Palancas Operacionales

d) Valorización del potencial de captura de cada palanca

Es necesario tener una cuantificación del potencial de captura de valor de cada palanca, ya que esto permite establecer dos aspectos: i) priorizar palancas según su captura y ii) definir cuál va a ser la aspiración de la captura de valor del conjunto de palancas, es decir, cuantos millones de dólares (MUSD) se debieran capturar con el conjunto de mejoras operacionales.

Para ello se define la siguiente metodología para valorizar palancas:

Palancas de tratamiento:

- 1) Estimar la mejora en el indicador de la palanca que impacta en el mayor tratamiento.

Ejemplo: Palanca “Mayor disponibilidad en Apilamiento” se estima que tendrá un aumento de 3%.

- 2) Calcular el mineral procesado adicional (ktpd) en base a la captura de la palanca, considerando el resto de las variables fijas.

Ejemplo: Mayor tratamiento por mejora en el KPI de disponibilidad un 3%, resulta en 1,72 ktpd adicionales en apilamiento.

- 3) Estimar el cobre adicional producido en el año.

$$\text{Cobre adicional [tmf]} = \text{Mineral adicional [tpd]} \times \text{Ley [\%]} \times \text{Recuperación [\%]} \times \text{Días [d]}$$

Ecuación 2: Cobre adicional por mejora en tratamiento

Ejemplo: Mineral adicional = 1,72 ktpd = 1720 tpd, Ley = 0,44%, Recuperación = 68,9% y 365 días.

$$\text{Cobre adicional resultante} = 1.720 \text{ tpd} \times 0,44\% \times 68,9\% \times 365 \text{ d}$$

$$\text{Cobre adicional resultante} = 1.903,2 \text{ tmf.}$$

- 4) Finalmente estimar el aumento en beneficio por tratamiento (MUSD)

$$\text{Aumento beneficio por tratamiento [MUSD]} = \text{Cobre adicional [tmf]} \times \text{Proyección margen divisional [USD/tmf]}$$

Ecuación 3: Aumento de beneficio por tratamiento

Ejemplo: Cobre adicional = 1.903,2 tmf, Proyección margen divisional = 4.722,9 USD/tmf.

$$\text{Aumento beneficio por tratamiento} = 1903,2 \text{ tmf} \times 4.722,9 \text{ USD/tmf}$$

$$\text{Aumento beneficio por tratamiento} = 8.988.623,3 \text{ USD} = 8,9 \text{ MUSD.}$$

Es necesario tener en consideración que los valores de la Ley [%], Recuperación [%] y Días operativos del año, deben ser los mismos valores considerados en el Plan Anual de la División en que se esté realizando la estimación. De igual forma, la Proyección del margen divisional debe ser un valor estimado por el área de Presupuesto y Control de Gestión, de cada división.

Los valores utilizados para plasmar las etapas de la metodología en este documento, en ningún caso corresponden a valores reales, y son incluidos para facilitar la comprensión del estándar propuesto.

Palancas de recuperación:

- 1) Estimar la mejora en el indicador de la palanca que impacta en la mayor recuperación, considerando el resto de las variables fijas.

Ejemplo: Palanca “Mejora en Aireación” se estima que tendrá un impacto de 1,3% de aumento de la recuperación.

2) Estimar el cobre adicional producido en el año.

$$\text{Cobre adicional [tmf]} = \text{Mineral procesado por año [tmf]} \times \text{Recuperación adicional [\%]}$$

Ecuación 4: Cobre adicional por mejora en recuperación

Ejemplo: Mineral procesado por año = 264 ktmf = 264.000 tmf y Recuperación adicional 1,3%.

$$\text{Cobre adicional} = 264.000 \text{ tmf} \times 1,3\%$$

$$\text{Cobre adicional} = 3.432 \text{ tmf.}$$

3) Finalmente estimar el aumento en beneficio por recuperación (MUSD)

$$\text{Aumento beneficio por recuperación [MUSD]} = \text{Cobre adicional [tmf]} \times \text{Precio del cobre [USD/tmf]}$$

Ecuación 5: Aumento de beneficio por recuperación

Ejemplo: Cobre adicional = 3.432 tmf y Precio del cobre = 6.599 USD/tmf

$$\text{Aumento beneficio por recuperación} = 3.432 \text{ tmf} \times 6.599 \text{ USD/tmf}$$

$$\text{Aumento beneficio por recuperación} = 22.647.768 \text{ USD} = 22.6 \text{ MUSD.}$$

Para este caso se debe considerar el mineral procesado según el Plan anual del año anterior, es decir, se toma como línea base el año precedente del que se está analizando y se toma la proyección del precio del cobre para el presente año, valor que debe entregar el área de Presupuesto y Control de Gestión, de cada División.

3.2.3 Diseño

a) Definición de actividades para cada palanca

Para que las palancas operativas se lleven a cabo, se requiere detallar un plan detallado con las actividades, con sus respectivas fechas de inicio y fin, y recursos necesarios para materializar dichas palancas. Además, es necesario que cada palanca tenga un responsable, quien deberá liderar y asegurar el cumplimiento de cada actividad previamente establecida y será esta misma persona quien reporte los resultados del plan y de las mejoras en el KPI a los responsables superiores.

b) Definición de curva de captura del KPI

Obtenidas las fechas de cada palanca, se puede determinar la temporalidad de la mejora en el KPI a impactar, con esto se puede obtener una curva de captura a la cual se le puede realizar control y seguimiento.

c) Valorización de la curva de captura

Es importante valorizar la curva de captura de la mejora del KPI para realizar un control y seguimiento con respecto al valor, en la etapa de ejecución de la palanca. La temporalidad de valorización dependerá del tiempo en que se va capturando la mejora y con qué frecuencia se le hará seguimiento, de esta forma si la mejora es en el corto plazo (un año), utilizando la metodología de valorización ya definida, se puede valorizar mensual, trimestralmente o de manera anual. En caso de que la mejora del KPI sea en el mediano plazo (tres a cinco años), se puede definir una curva de captura por año y calcular un valor actual neto para la palanca analizada.

Ejemplo: Palanca de tratamiento “Mayor disponibilidad apilamiento”

Tabla 2: Valorización curva de captura de palanca

	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024
Aumento mineral procesado	ktpd	1,72	1,93	2,12	2,28	2,38
Ley	%	0,44	0,43	0,54	0,57	0,41
Recuperación	%	68,9	63,0	62,5	52,1	57,4
Días	n°	365	365	365	365	365
Cobre adicional producido	tmf	1.903,2	1.908,4	2.611,6	2.451,4	2044,4
Proyección margen divisional	USD/tmf	4.722	5.162	5.856	4.524	4.524
Aumento en beneficio	MUSD	8,9	9,8	15,3	11,1	9,2

d) Aspiración

Definición: Se define la aspiración como un valor del KPI a mejorar, que debe ser desafiante, pero a la vez alcanzable en un plazo determinado. Este valor es menor o igual

que el límite técnico y mayor que los valores reales alcanzados. Por último, la Aspiración no debe ser menor que el Plan Anual.

Por otro lado, se define la Meta, la cual es un valor del KPI a mejorar que apalanca el cumplimiento de la Aspiración, por ende, es menor a esta.

Esquema estándar para la definición de Aspiración:

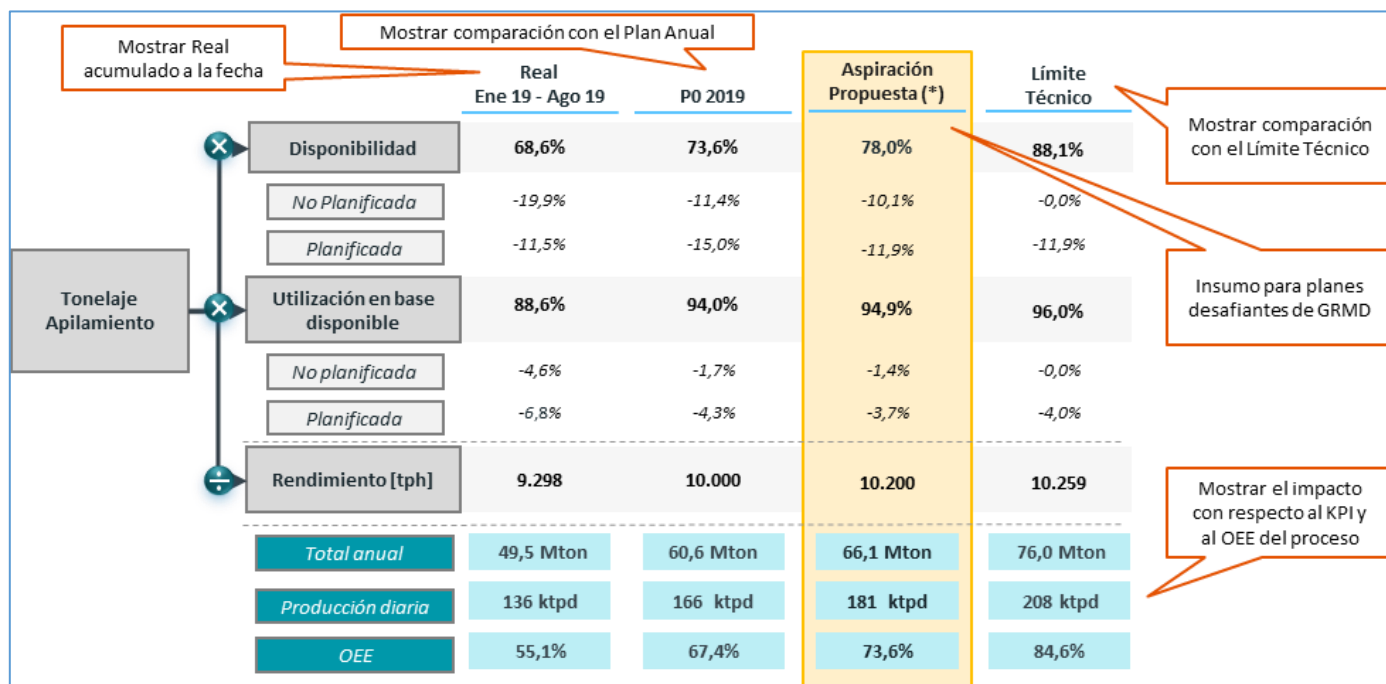


Figura 20: Esquema de definición de Aspiración. Elaboración propia en base a entregable de División Radomiro Tomic

3.2.4 Ejecución

En esta etapa corresponde poner en ejecución los planes de implementación tácticos (PIT) y las palancas asociadas a estos, que permiten el cumplimiento de las metas y por consecuente, de la Aspiración.

Para asegurar la mejora del KPI, y por lo tanto la captura de valor, es necesario hacer un estricto seguimiento de dichos valores en distintas instancias, conociendo este proceso como Gestión del PIT.

Un buen proceso de gestión de pit consiste en tener revisión del estado de avance de los planes y el cumplimiento de cada una de las actividades detalladas en la etapa de diseño. Para que tome importancia el proceso, es necesario que cada una de estas instancias las dirija el Gerente General de cada división, y como participantes mínimos acuda el Gerente de Fase y el Líder del PIT al cual se le realiza el seguimiento. Dado que es un seguimiento de alto nivel, esta reunión debe ser breve y se deben revisar los principales KPIs y los impedimentos o alertas que pueden poner en riesgo el cumplimiento de cada palanca y por lo tanto del PIT.

Sin embargo, cada equipo responsable de los distintos PITs deben realizar un seguimiento más exhaustivo a cada plan, debiendo gestionar todos los impedimentos que ponen en riesgo la captura de valor.

La forma estándar de visualizar el desempeño de los KPIs y del valor se observa en la Figura 21.

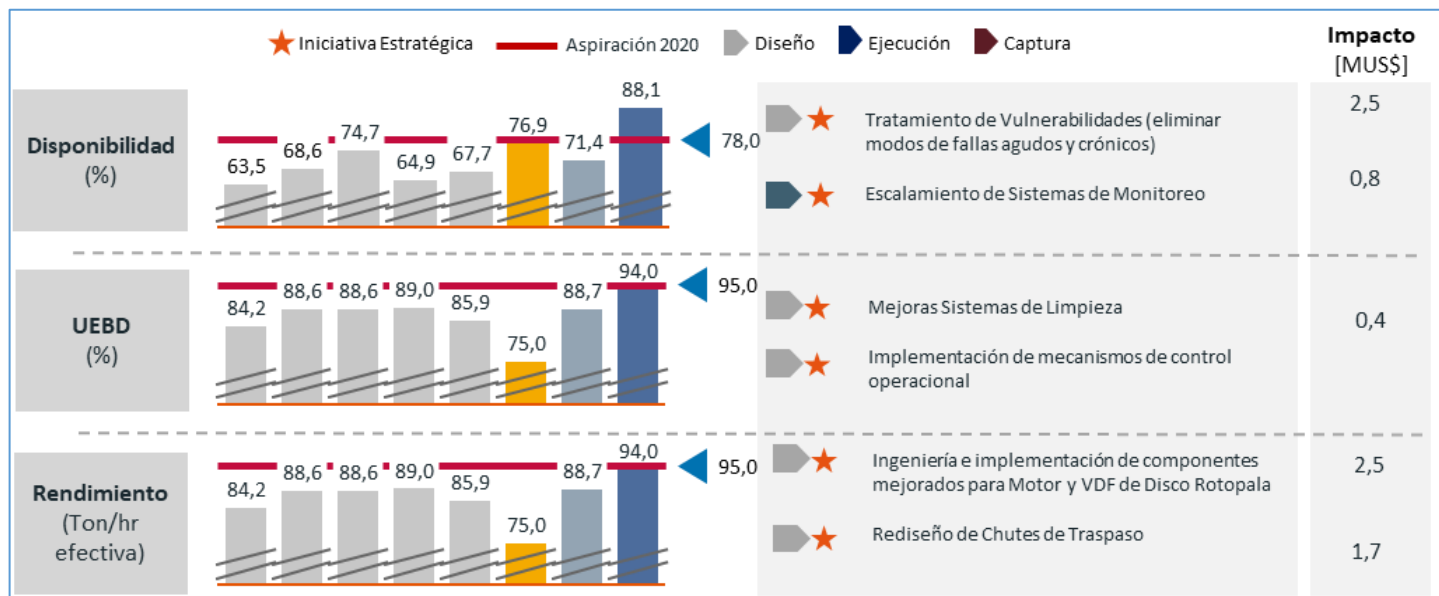


Figura 21: Ejemplo de esquema para el seguimiento de planes de implementación. Elaboración propia en base a entregable División Radomiro Tomic.

3.2.5 Captura

Esta es la etapa final y más importante de todo el Proceso Full Potential, ya que es donde se evalúa la captura de valor de los PITs levantados y ejecutados. Para ello se debe, en conjunto con la Gerencia de Control de Gestión de cada centro de trabajo, definir cuál es la captura real de valor de estos planes, definiendo si se capturó efectivamente el valor comprometido en la Aspiración.

Luego de esta etapa corresponde realizar nuevamente el proceso, realizando con ello, una mejora continua de estos, identificando nuevamente metas desafiantes que aporten a la continua captura de valor para Codelco.

3.3 Calendario del proceso Indicadores y Metas Full Potencial

Para darle cumplimiento a este proceso se define un calendario, el cual puede variar por dos razones: capacidad del equipo que lleva a cabo el proceso y la cantidad de fases en paralelo en las que se realiza el proceso.

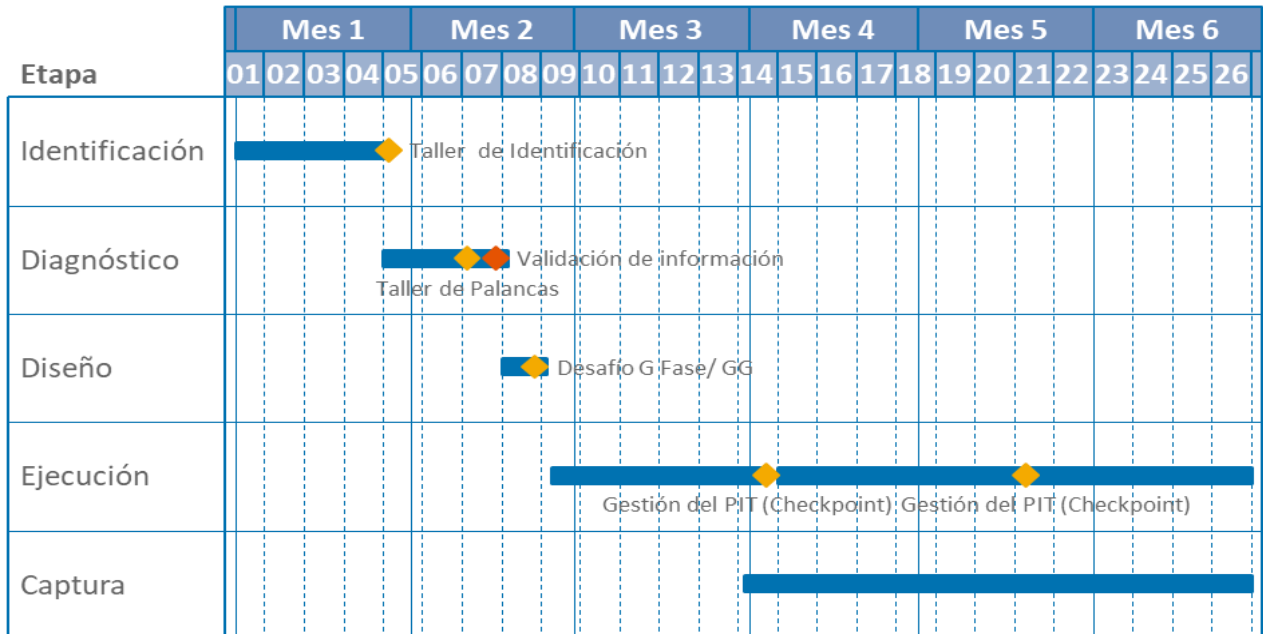


Figura 22: Calendario del proceso Full Potential. Elaboración propia

Cabe destacar que este proceso tiene como aspiración, poder ser realizado en dos instancias en el año, una a comienzo de año para poder levantar las metas del año en curso y otra a mitad de año para poder actualizar o mejorar las metas, y que así, estas puedan ser una entrada de información para los planes de producción validados por la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo (GRMD) para el siguiente año.

4. Caso práctico

4.1 Ejemplo de cálculo del indicador OEE

A continuación, se presenta un caso práctico de la aplicación del estándar desarrollado en esta memoria. Específicamente, se muestra el cálculo del indicador OEE, el cual es clave para identificar brechas en los procesos productivos. Para ello se cuenta con una base de datos de detenciones en un proceso de fundición de una de las divisiones de Codelco. El detalle de la información se puede ver en el Anexo A

1. Se realiza la sumatoria de los tiempos detenidos según su causa y se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3: Tiempos de detención complejo fundición

Tipo pérdida	Clase	Horas detenidas
Disponibilidad	Planificada	119,6
	No planificada	23,9
	Externa	12,2
Utilización	Planificada	0,3
	No planificada	491,3
	Aguas Arriba	144,7
	Aguas Abajo	349,0

El resumen de tiempos se debe adaptar al estándar considerando que para la disponibilidad existen tres clases de pérdidas: por mantenimiento programado, mantenimiento no programado y tiempo excluido, y que para la utilización las detenciones son por reservas programadas y no programadas, por lo que la tabla queda de la siguiente forma:

Tabla 4: Resumen tiempos de detención según estándar corporativo

Tipo pérdida	Clase	Horas detenidas
Disponibilidad	Mantenimiento Programado	119,6
	Mantenimiento No Programado	36,1
	Excluido	0,0
Utilización	Reserva Programada	0,3
	Reserva No Programada	985,1

El tiempo excluido es nulo debido a que la causa externa se debe a una falla en el sistema eléctrico general FURE, la cual se considera una causa no programada.

2. Luego se calcula el tiempo nominal del periodo en el que se realizara el cálculo del OEE:

La base de datos tiene como fecha de inicio el 1 de junio de 2019 y como fin el 16 de octubre de 2019, con ello se obtiene un tiempo nominal de funcionamiento del complejo de fundición de 3288 horas.

Tabla 5: Tiempo nominal periodo junio-octubre

Inicio	Fin	Días	Horas nominales
01-06-2019	16-10-2019	137	3288

3. Posteriormente se calcula el porcentaje de tiempo que estuvo disponible, utilizado y por último se calcula el OEE:

Como se observa en la tabla 5, descontando por mantenimiento programado y no programado y por tiempo excluido, se obtiene que la disponibilidad en el periodo junio-octubre fue de un 95,3% y descontando por reserva programada y no programada se obtiene que la utilización en base nominal fue de un 65,3%, en base disponible corresponde a un 68,5% lo que significa que del tiempo disponible estuvo solo el 68,5% fue utilizado. Finalmente, como no se registran pérdidas por rendimiento, el indicador OEE es igual a 65,3%.

Tabla 6: Cálculo OEE complejo fundición

	Horas [hr]	Porcentaje [%]
Tiempo nominal	3288	100,0
Mantenimiento programado	119,6	3,6
Mantenimiento no programado	36,1	1,1
Excluido	0,0	0,0
Disponibilidad	3132,3	95,3
Reserva programada	0,3	0,0
Reserva no programada	985,1	30,0
Utilización en base nominal	2146,9	65,3
Perdida por rendimiento	0	0
OEE	2146,9	65,3

4. Se grafican los resultados obtenidos:

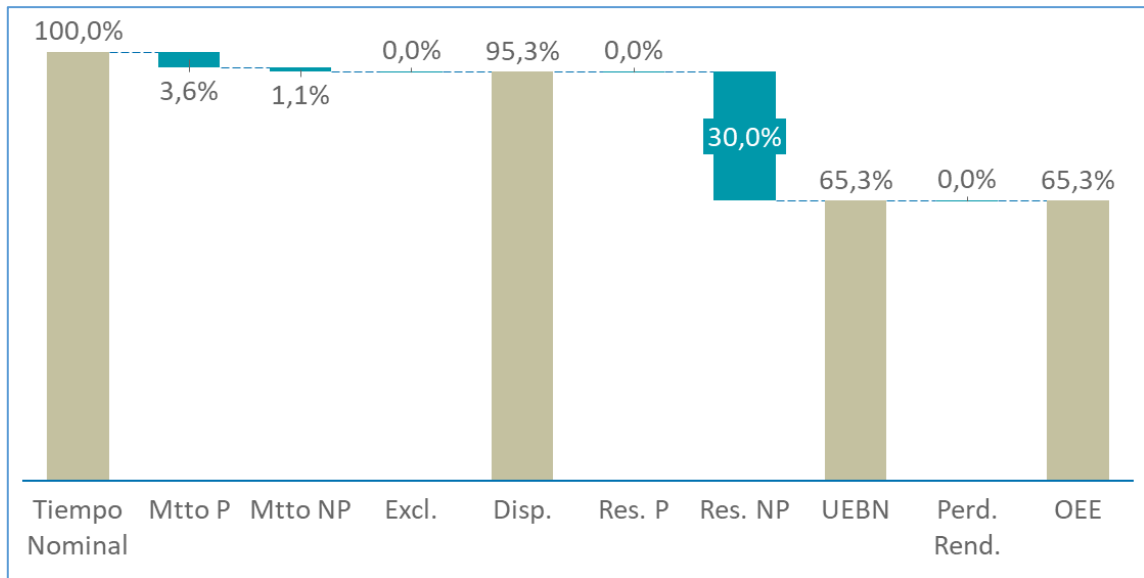


Figura 23: Gráfico OEE complejo fundición. Caso práctico

Se observa que el mayor porcentaje de detenciones es por reservas no programadas, para cerrar esta brecha se deben analizar las principales causas, para ello se realiza el siguiente gráfico:

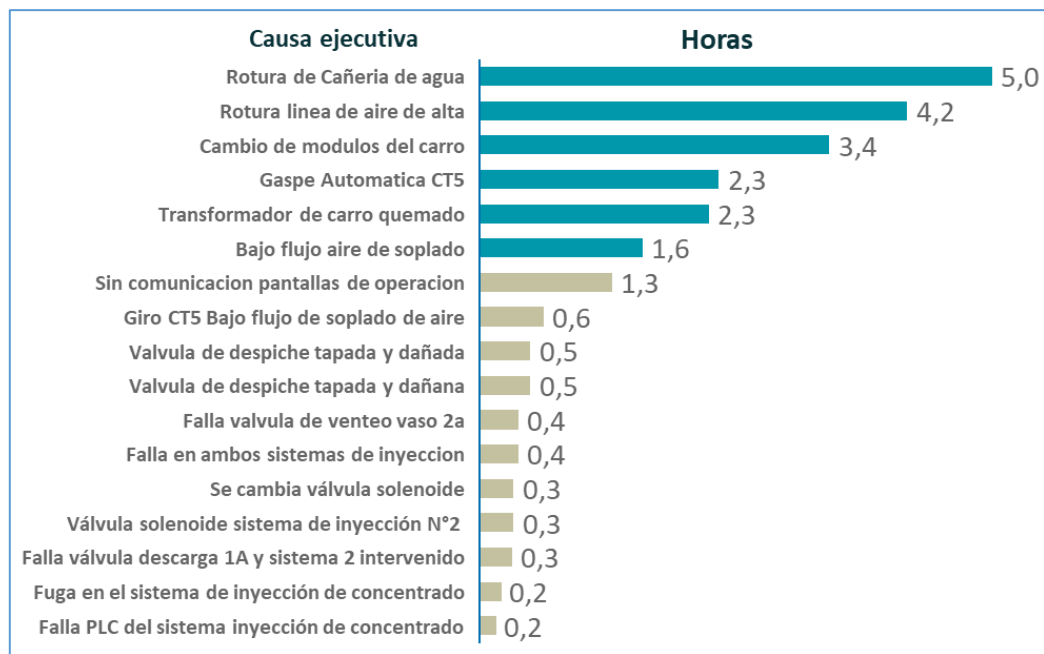


Figura 24: Causas de pérdidas por utilización (reservas no programadas) complejo fundición

Con el gráfico se identifica el 80% de los problemas con mayor impacto en las detenciones (hasta “Bajo flujo aire de soplado”) y a partir de éstas se debe realizar un

ejercicio RdP para identificar las causas raíz de estas brechas identificadas con tal de eliminar y/o reducirla, evitando que estas se vuelvan a generar.

4.2 Implementación en Gerencia de Tostación de División Ministro Hales

En esta sección se expone el resultado del trabajo realizado en la División Ministro Hales, particularmente en el Complejo de Tostación de concentrado, el cual es proveniente de su planta concentradora. El alcance de esta sección corresponde a presentar la etapa de Identificación del proceso Full Potential, es decir, el Diagrama de Procesos de la planta de tostación, el Árbol de valor, el cálculo de su Límite Técnico y el gráfico OEE para la identificación de brechas. Para ello se utiliza el estándar corporativo realizado en el presente trabajo como guía metodológica para desarrollar los entregables mencionados. El trabajo que se realiza fue realizado en conjunto con la Dirección de Excelencia Operacional y la Gerencia de Tostación de la División Ministro Hales. Cabe resaltar que el tiempo dispuesto para esta etapa era de un mes, por lo tanto, se trabajó utilizando algunos aspectos de la metodología Scrum y Kanban. Se desarrollo el trabajo en Sprints de una semana con revisiones de los entregables definidos en la planificación de cada sprint y de utilizó un tablero de tareas online para el seguimiento de los avances de cada semana.

1) Diagrama de procesos

Se construye el diagrama de procesos para la planta de tostación, el cual es desarrollado en conjunto con el área de operación y posteriormente validado por la Superintendente de Operaciones de la Tostación.

El diagrama obtenido se muestra en la Figura 25 y 26, en él se observa las etapas que sigue el concentrado hasta convertirse en calcina (concentrado sin arsénico) y gases formados a partir de la oxidación del azufre y el arsénico los cuales son tratados posteriormente en la planta de tratamiento de gases, la cual no es parte del alcance de esta sección.

Dada la información disponible, en el diagrama solo se observa las capacidades de diseño de cada equipo. La capacidad de diseño se estableció por por parte de la empresa que construyó el tostador bajo las siguientes condiciones:

Tabla 7: Criterios de diseño planta de tostación, División Ministro Hales

Criterios de Diseño							
Días Operación	Tasa Alimentación	Disponibilidad Planta	Utilización en Base Nominal	Ley Alimentación Cu	Ley Alimentación As	Ley Alimentación Fe	Ley Alimentación S
330 días	69,4 t/h	90.4 %	90.4 %	34,2 %	5,8 %	17 %	33,7 %

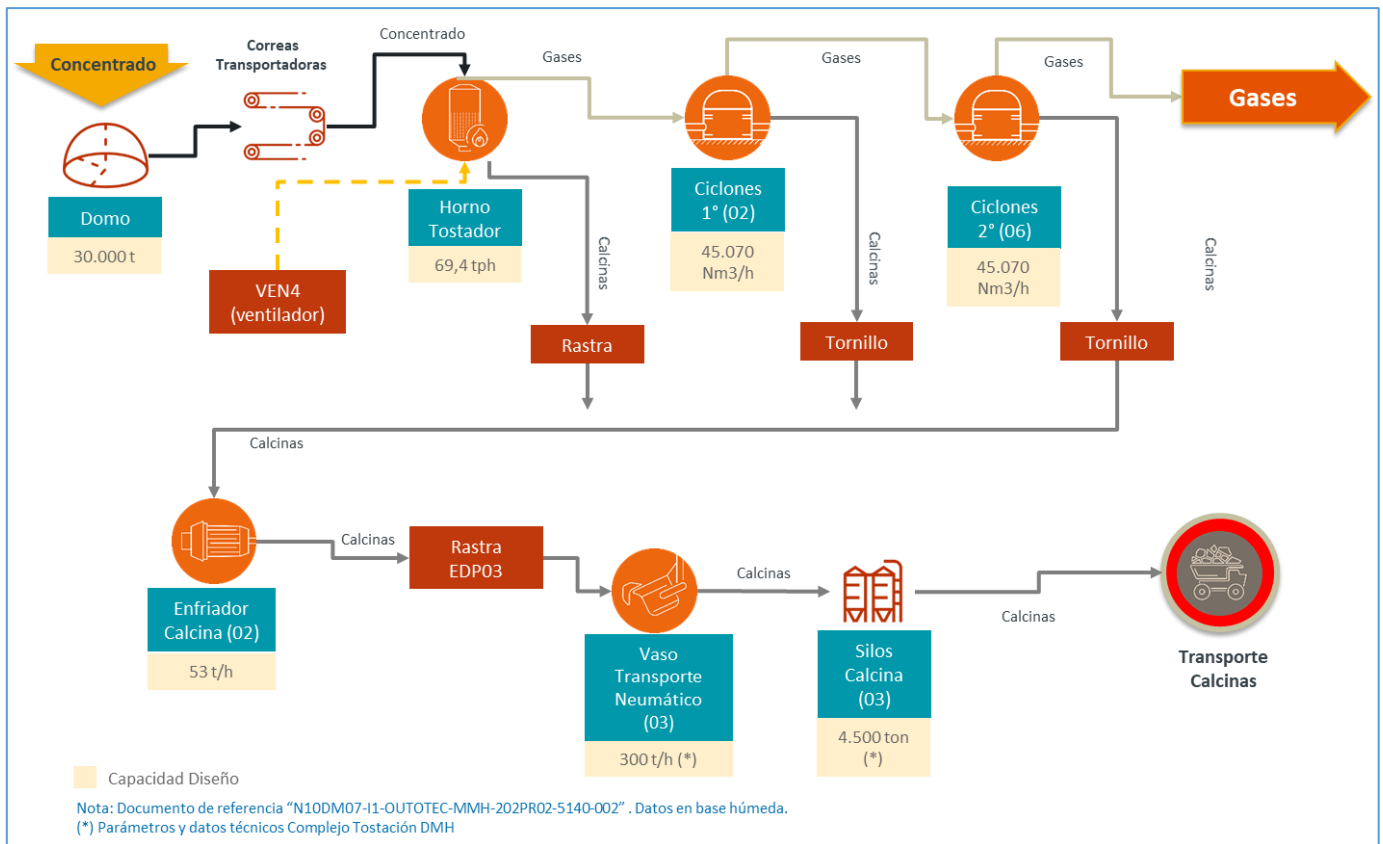


Figura 25: Diagrama de procesos Planta Tostación parte A. (Outotec, 2010)

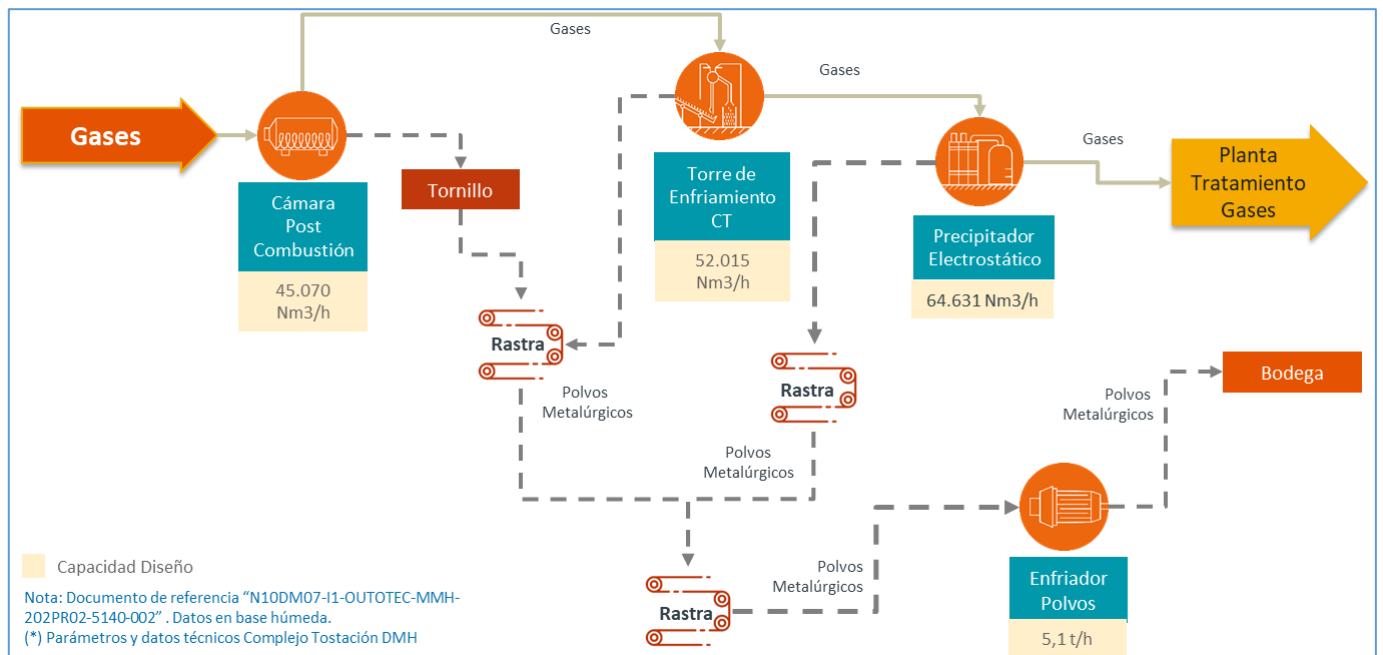


Figura 26: Diagrama de procesos Planta Tostación parte B. (Outotec, 2010)

2) Árbol de valor

El Árbol de valor se construye en conjunto con las áreas de operación para determinar que indicadores (KPIs) impactan la utilización [%] y rendimiento [tph] de la planta de tostación, y con el área de mantenimiento para definir los indicadores que impactan en la disponibilidad [%] de la planta.

Con lo anterior se define el árbol de valor expuesto en la Figura 27. Este fue validado por la Superintendente de Operación y el Superintendente de Mantenimiento y Confiabilidad.

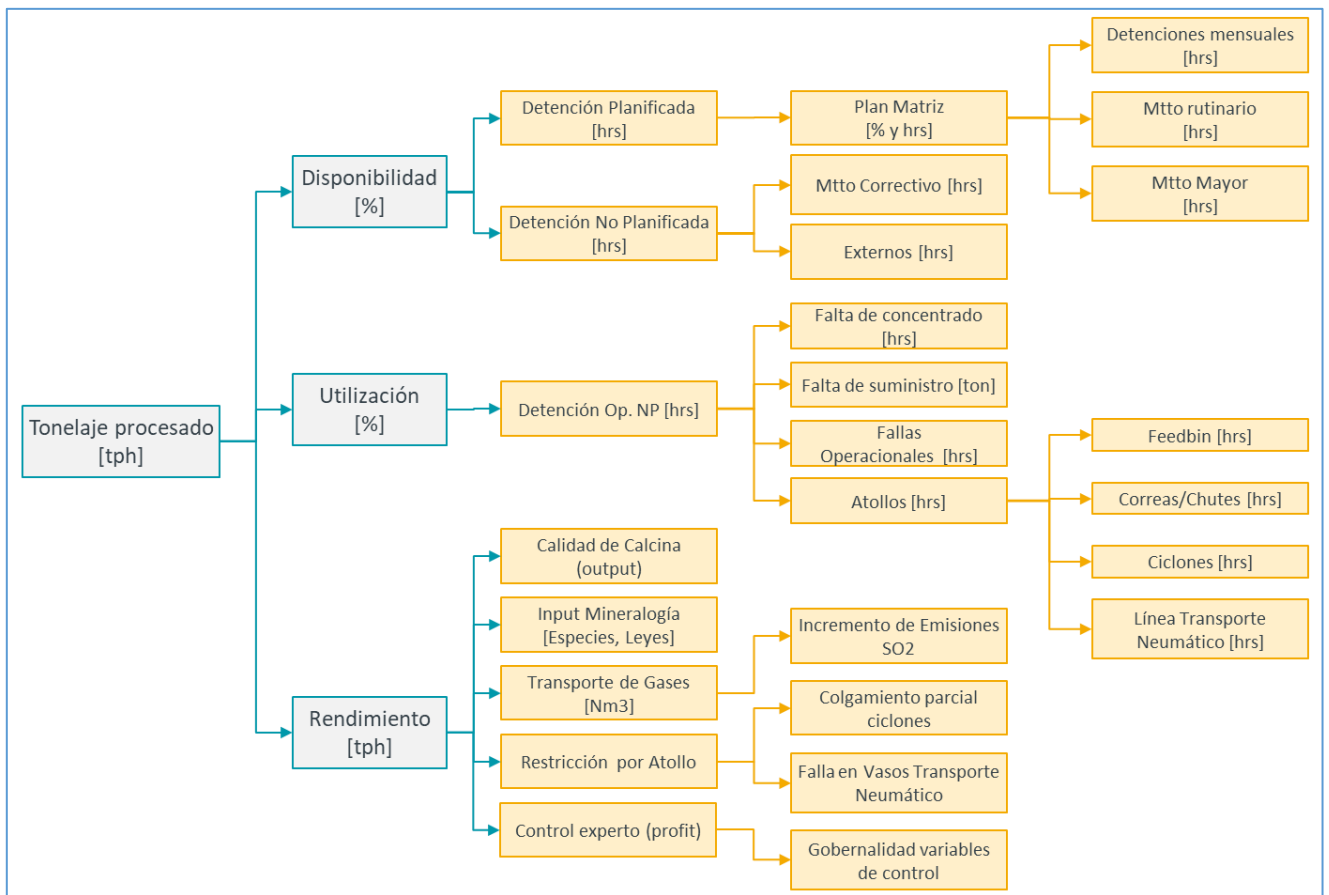


Figura 27: Árbol de Valor Planta Tostación

3) Límite Técnico

Según el estándar desarrollado, el límite técnico puede ser determinado en base a la capacidad de diseño de la planta de tostación. Por lo tanto, en una primera instancia se determina que el límite técnico fuera según la capacidad de diseño, según lo expuesto en la Tabla 6. Con ello queda el límite técnico definido en la Tabla 7:

Tabla 8: Límite técnico según diseño para planta tostación

Límite Técnico		
Rendimiento Planta	Disponibilidad Planta	Utilización en Base Nominal
69,4 t/h	90.4%	90.4%

Para el ejercicio se considera un periodo de tiempo de cuatro semestres, desde el segundo semestre del año 2018 hasta el primer semestre del año 2020. Con esta información se analiza el rendimiento real del período estudiado:

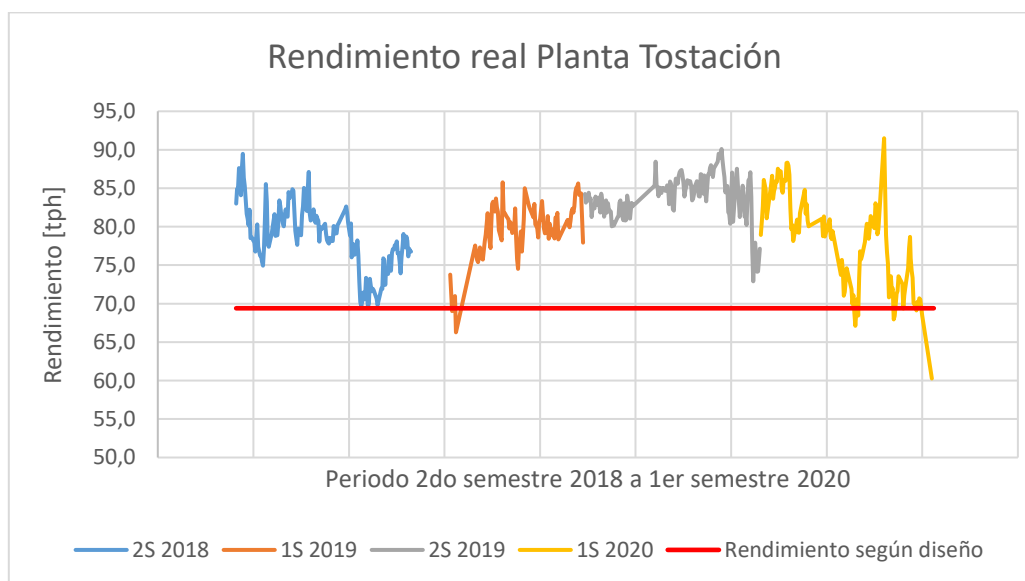


Figura 28: Gráfico rendimiento real periodo 2018-2020 Planta Tostación

Como se observa en la Figura 28, el rendimiento real del periodo 2018-2020, se encontró por encima del rendimiento según diseño. Esto ocurre principalmente porque la mineralogía del concentrado que se tostó fue de mejor calidad que el concentrado que se tomó como referencia en los criterios de diseños (Tabla 6), en particular, fueron concentrados con menor porcentaje de arsénico y azufre.

Por lo anterior, se hace necesario tomar otro criterio para el cálculo del límite técnico, y según el estándar este criterio puede ser en base a la performance histórica, es decir, a los resultados reales que se obtuvieron (Figura 28). Con ello se debe establecer el percentil 95 de los datos, como el límite técnico y el percentil 98 de los datos, como límite teórico para el rendimiento.

En efecto a partir de los datos de la TABLA del Anexo B se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 8:

Tabla 9: Límite teórico y técnico según performance histórica planta de tostación

Límite Técnico	Percentil 95	87,1 tph
Límite Teórico	Percentil 98	88,3 tph

Con esta información se puede calcular el Full Potential de la Planta de Tostación

Tabla 10: Full Potential Planta de Tostación

Full Potential Planta de Tostación					
Disponibilidad	Utilización en base nominal	Días nominales	Horas nominales	Límite Teórico	Full Potential por año
90,4 %	90,4 %	365 días	24 horas	88,3 tph	699.251 tpa

Donde el Full Potential por año (FP) resulta de la siguiente operación:

$$FP = 88,3 \text{ [tph]} \times 24 \text{ [hr]} \times 365 \text{ [d]} \times 90,4 \text{ [%]} = 699.251 \text{ tpa}$$

4) Gráfico OEE

- i. Primero se agrupan las horas de detenciones total del periodo estudiado (2S 2018-1S 2020) en la Tabla 10:

Tabla 11: Horas detenidas planta tostación

Tipo pérdida	Clase	Horas detenidas
Disponibilidad	Mantenimiento Programado	2.780
	Mantenimiento No Programado	1.019
Utilización	Reserva Programada	76
	Reserva No Programada	910

- ii. Se calculan las horas nominales del periodo estudiado en la Tabla 11:

Tabla 12: Horas nominales periodo de estudio para OEE

Inicio	Fin	Días	Horas nominales
01-07-2018	30-06-2020	730	17.520

Donde:

$$\text{Horas nominales} = 730 \text{ [d]} \times 24 \text{ [hr]} = 17.520$$

- iii. Se calculan los porcentajes de cada ítem en la Tabla 12

Tabla 13: Porcentajes de detención por ítem

	Horas [hr]	Porcentaje [%]
Tiempo nominal	17.520	100,0
Mantenimiento programado	2.780	15,9
Mantenimiento no programado	1.018	5,8
Disponibilidad	13.722	78,3
Reserva programada	76	0,4
Reserva no programada	910	5,2
Utilización en base nominal	12.736	72,7

- iv. Posteriormente, corresponde calcular las pérdidas por rendimiento ocurridas en el periodo estudiado. Para lo esto se utilizan los porcentajes de pérdidas por disponibilidad [%] y utilización [%] para calcular el tonelaje perdido por cada ítem como lo muestra la Tabla 13:

Tabla 14: Pérdidas de tratamiento por ítem de detención

Tratamiento Nominal	Tonelaje por MP	Tonelaje por MNP	Tonelaje por Reserva P	Tonelaje por Reserva NP	Tonelaje resultante
1.547.016 ton	245.517 ton	89.864 ton	6.702 ton	80.331 ton	1.124.602 ton

- v. Luego, se suma el tonelaje real tratado en el periodo estudiado (1S 2018 – 2S 2020), obteniéndose un total de 962.688 toneladas de calcina. Por lo tanto, la diferencia entre el Tonelaje resultante de la Tabla 13 y el tonelaje real tratado en el periodo, se asigna como pérdidas por rendimiento.

Con lo anterior se obtiene la Tabla 14:

Tabla 15: Cálculo perdidas por rendimiento planta tostación

	Tonelaje [ton]	Porcentaje [%]
Tratamiento Nominal	1.547.016	100,0
Tonelaje resultante (Tabla xx)	1.124.602	72,7
Tonelaje real tratado	962.688	62,2
Pérdida por rendimiento	161.914	10,5

Donde:

Pérdidas por rendimiento = Tonelaje resultante – Tonelaje real tratado

- vi. Finalmente se obtiene la Tabla 15 con los resultados y a partir de estos se grafica como se muestra en la Figura 29.

Tabla 16: Resultados indicador OEE

	Porcentaje [%]
Tiempo nominal	100,0
Mantenimiento programado	15,9
Mantenimiento no programado	5,8
Disponibilidad	78,3
Reserva programada	0,4
Reserva no programada	5,2
Utilización en base nominal	72,7
Perdida por rendimiento	10,5
OEE	62,2

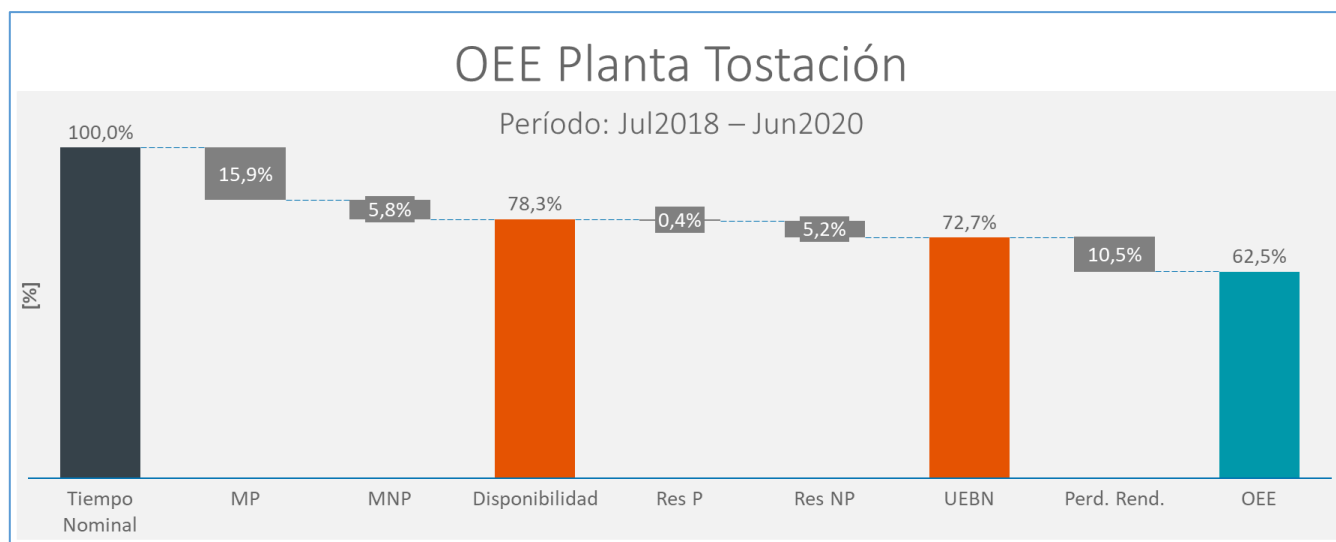


Figura 29: Gráfico OEE para planta tostación

A partir del gráfico OEE expuesto en la Figura 29, se puede concluir que las principales brechas de la planta de tostación son por mantenimiento no programado (5,8%), reservas no programadas (5,2%) y por déficit de rendimiento (10,5%). Este último se atribuye principalmente al tratamiento de concentrados de peor calidad, es decir, con mayor porcentaje de arsénico y azufre contenido.

Por otra parte, se debe ahondar en el porcentaje de pérdidas por mantenimiento programado, ya que si la programación contempla un porcentaje menor a un 15,9% se puede identificar una brecha que también se debe cerrar en conjunto del área de mantenimiento y confiabilidad.

Finalmente, a partir de estas brechas y como lo indica el estándar corporativo desarrollado en este trabajo, se debe realizar una identificación con mayor profundidad de las brechas mencionadas, con tal de encontrar sus causas raíz y con ello cerrarlas o al menos poder disminuirla, mediante planes de implementación tácticos (PITs) con palancas claves para cada brecha.

5. Discusión

5.1 Aplicación del estándar

La estandarización del proceso Full Potential, permite asegurar que este se ejecute de manera definida y ordenada. Sin embargo, es necesario comprender las falencias que presenta para ir en búsqueda de la mejora continua del proceso, para ello se realiza una descripción de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (análisis FODA):

Fortalezas:

- El proceso Full Potential permite identificar brechas operacionales desde las cuales se levantan palancas de gestión operacional que ayudan al cierre o disminución de estas, generando con ello un mayor aporte de cobre, lo que se traduce en una captura de valor (MUSD) relevante para cada División, por ende, para la Corporación.
- Es un proceso que es levantado por la operación y mantenimiento acompañados de los equipos de excelencia operacional, por lo que permite el empoderamiento de los trabajadores y trabajadoras, así como el compromiso con la aspiración determinada.

Debilidades

- El estándar, y por ende el proceso, no incorpora análisis con respecto a los costos incurridos en la aplicación de acciones orientadas a mejorar el proceso. En consecuencia, se puede dar el caso de que una palanca valorizada, no termine capturando el valor esperado, ya que su implementación puede generar un sobre costo no identificado.
- La calidad de las palancas operativas depende directamente de la calidad y certeza que se obtiene de la etapa de identificación. Luego, es necesario que la información sea amplia y robusta, es decir, tener bases de datos cuyo contenido entregue la mayor confiabilidad posible. En casos donde la imputación de datos es de forma manual, como por ejemplo en divisiones como Salvador, donde la imputación de detenciones es hecha en el final de cada turno, la calidad y confiabilidad de la información es variable, por lo que el resultado final dependerá de ella. Lo mismo ocurre si se quiere implementar este estándar en pequeña y mediana minería, donde existe una carencia de softwares de control de tiempos de detenciones, control de producción, entre otros, por lo que probablemente será más difícil el análisis de información y requerirá de mayor tiempo de trabajo y validación.

Oportunidades:

- Está presente la oportunidad de incorporar en el corto/mediano plazo el cálculo exhaustivo de los costos de implementar una palanca que mejore la producción. De esta forma, a partir de la valorización y los costos, encontrar el “mejor negocio” de cada fase, es decir, determinar las cantidades de producción que entregue el máximo beneficio por proceso y por lo tanto aumentar los excedentes de cada división.
- Como oportunidad, se debe incorporar la gobernanza del proceso, para asegurar el compromiso de cada nivel jerárquico de cada División. En ella se debe abordar el rol y la responsabilidad de cada líder que ejecute y participe del proceso Full Potential.

Amenazas

- El estándar presenta conceptos técnicos que son claves para entender y posteriormente aplicar en los cálculos del Full Potential. Por ello requiere gran capacidad técnica de quienes llevan a cabo el ejercicio, que en este caso son los agentes de cambio y líderes de mejora continua. Por lo tanto, un mal entendimiento de los conceptos claves del estándar puede concluir en una etapa de identificación de baja calidad.
- Cada una de las etapas del proceso, según el estándar, debe ser validada por los altos cargos de cada fase productiva, es decir, Jefes de Área, Superintendentes y Gerentes de cada fase. Con ello, por más que cada etapa tenga resultados robustos, si no cuentan con la validación y apoyo de los altos cargos, no se generará el correcto compromiso con las metas productivas determinadas.

5.2 Incorporación de Costos

En el desarrollo de esta metodología, no fueron incluidos los costos asociados a las palancas operacionales que permiten la mejora de tratamiento o recuperación. No obstante, y con el objeto de proporcionar mayor completitud a este trabajo se mencionan a continuación dos metodologías no exhaustivas para identificar oportunidades de ahorro en dos aspectos que impactan fuertemente el gasto en minería: i) los Servicios de Terceros, es decir, los servicios prestados por empresas contratistas/colaboradoras y ii) el gasto en Materiales.

Como se ha indicado, el procedimiento que se presentará a continuación no está incluido actualmente en el estándar corporativo desarrollado en este trabajo. Sin embargo, a partir de la descripción que se proporciona, es posible reconocer espacios de mejora al estándar, los cuales deberán ser abordados y profundizados en etapas siguientes.

Identificación de ahorro en Servicio de Terceros

- 1) Agrupar los gastos por proceso y por fase (mina rajo, mina subterránea, concentradora, fundición y refinería). De esta forma se determina que fase presenta la mayor parte del gasto para priorizar la búsqueda de ahorros con mayor impacto total.
- 2) Agrupar los gastos de la fase de mayor gasto, clasificándolo en los siguientes ítems: mantenimiento, energía, insumos, costo laboral, actividades internas. Con esta etapa se determina cuál de estos ítems representa el mayor porcentaje de gasto.

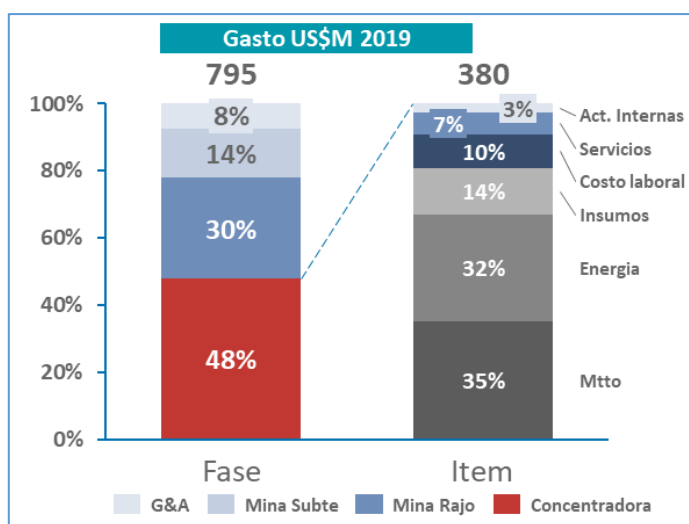


Figura 30: Agrupación de gastos por fase y por ítem

Por ejemplo, en la Figura 30 se observa que el 48% del gasto total de la división es de la concentradora, por lo que el análisis se centra en dicha fase. Luego se

descompone en los ítems de gasto y se observa que un 35% del gasto es por ítem de mantenimiento.

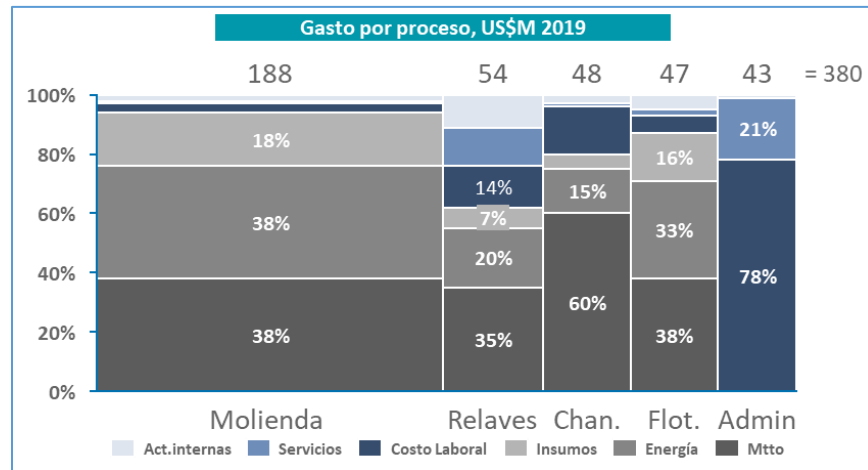


Figura 31: Agrupación de gastos por proceso

Luego se puede realizar la agrupación de gasto por ítem según proceso, para profundizar el análisis. En este caso, en la Figura 31 se observa que en general el mayor porcentaje de gasto es por mantenimiento del proceso de molienda y chancado, respectivamente.

- Entendiendo cuales son los focos de mayor gasto, se analizan los contratos con empresas colaboradoras que representan la mayor parte de este.

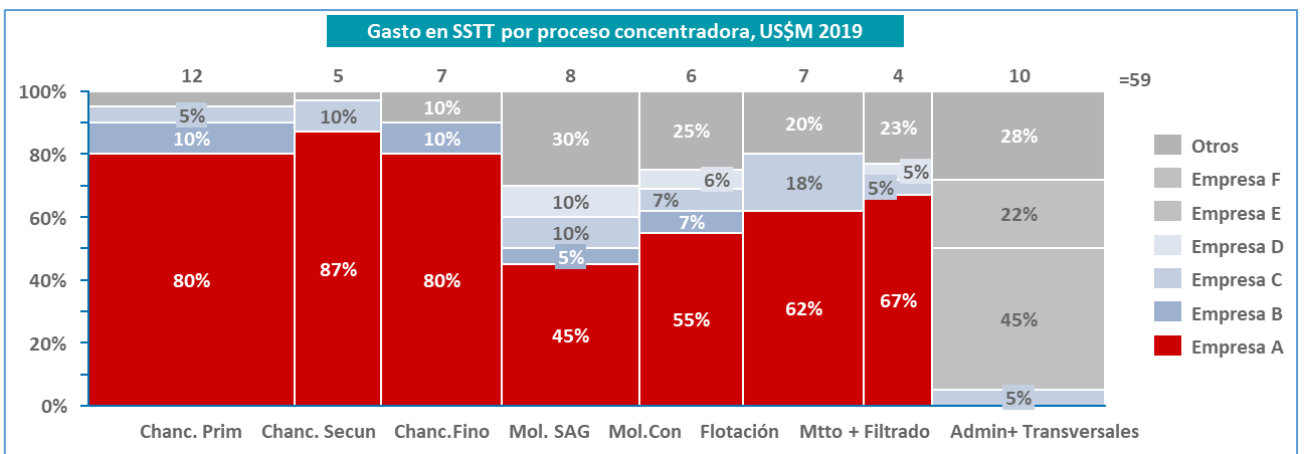


Figura 32: Gasto de empresas colaboradoras por proceso de fase concentradora

En la Figura 32, se observa que la “Empresa A” es la que representa el mayor porcentaje de gasto para cada proceso de la fase concentradora, por lo que es la que debería aportar mayor captura de ahorro en gasto.

4) Luego se identifica el gasto de la “Empresa A” en detalle por proceso (ejemplo: chancado primario, flotación, entre otros) y según el servicio que presta a la división (mantenimiento y reparación, aseo industrial u otros), como se muestra en la Figura 33:

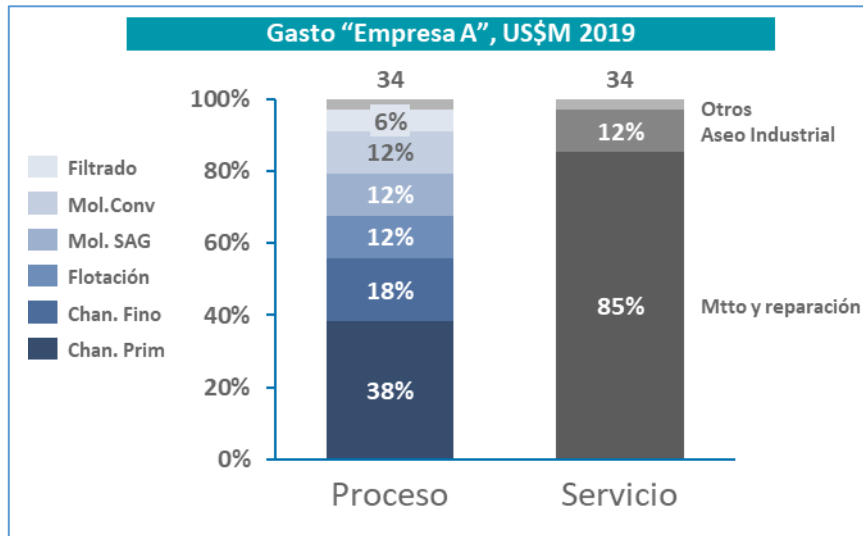


Figura 33: Gasto por proceso y servicio empresa colaboradora

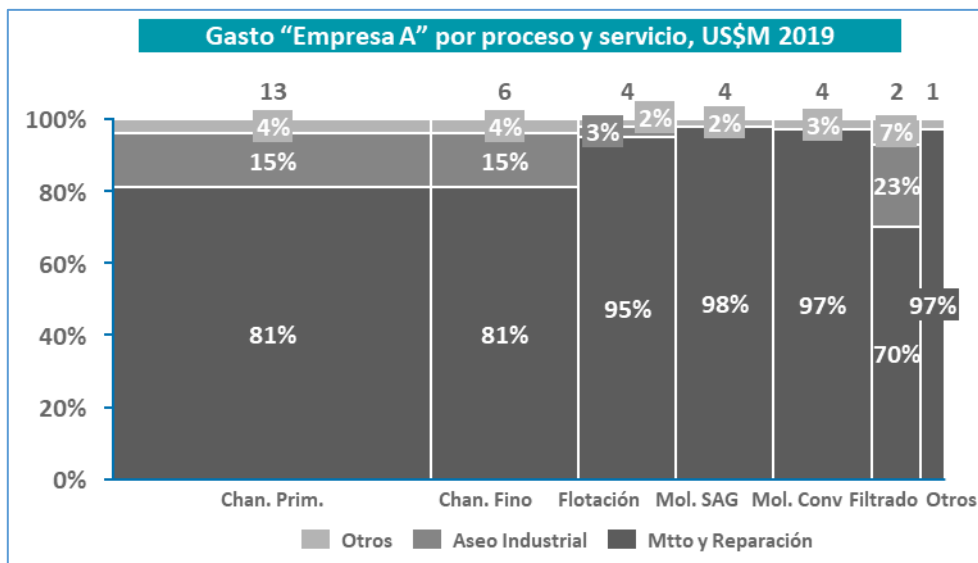


Figura 34: Gasto empresa colaboradora por proceso y servicio prestado

Finalmente, a partir de la Figura 33 y 34, se concluye que la “Empresa A” representa el mayor gasto en la planta concentradora con respecto al servicio de mantenimiento y reparación alcanzando un 85%.

5) Por último, se debe construir el árbol de contrato de dicha empresa para negociar con esta y alcanzar un ahorro.

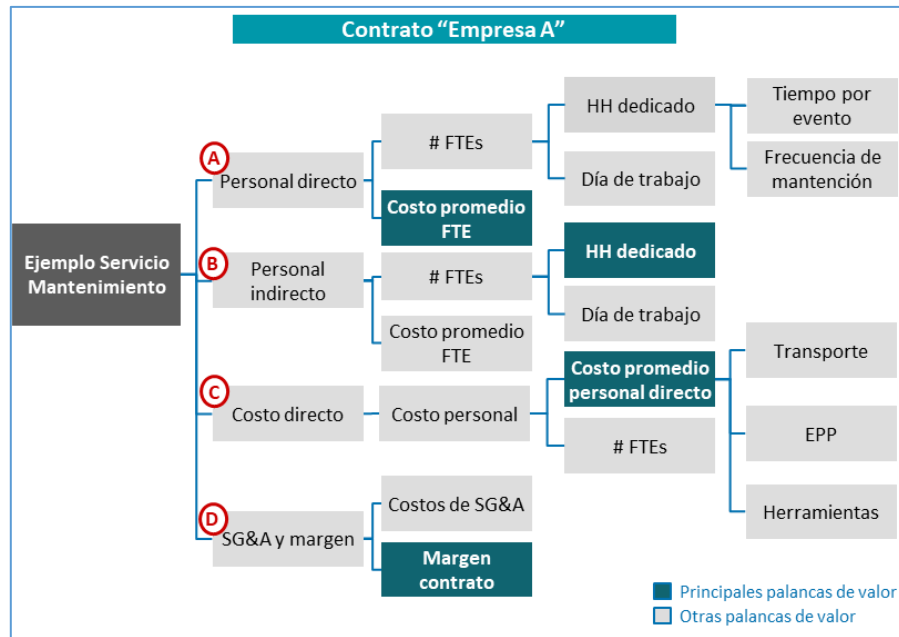


Figura 35: Árbol de contrato empresa colaboradora

Con el árbol de contrato se deben reconocer las principales palancas que se pueden renegociar con la empresa para generar ahorros. En el ejemplo de la figura 35, las principales palancas de ahorro son negociar el margen de ganancia del contrato, el costo promedio del personal directo, costo promedio de FTE (full time equivalent, mide la cantidad de empleados necesarios para realizar un trabajo) y las HH dedicadas al trabajo (horas persona para realizar un trabajo).

6) Finalmente se estima el potencial de ahorro luego de negociar los puntos anteriores.

Identificación de ahorro en Materiales de Operación

Otro ítem de gasto relevante en las divisiones es el de materiales, por lo que se describe brevemente como generar ahorros, orientando el ejercicio en controlar el consumo y el precio de materiales

- 1) Se debe obtener la información de gasto y consumo para materiales de operación desde el software SAP. Es necesario contar con la información de los últimos cinco años con detalle mensual, esto para considerar alguna variación importante debido al comportamiento del mercado de cada material.
- 2) Obtener base de datos de la producción de cada fase, en el mismo periodo de tiempo anterior.
- 3) Se debe consolidar una base de datos con el gasto, cantidad consumida, precio y rendimiento (cantidad consumida dividida por la producción de la fase) para cada código de material ordenado según el impacto en el gasto total.
- 4) Realizar un análisis de Pareto para cada clase de costo, y para cada clase de costo por fase, agrupando las clases en tres categorías: Repuestos, Insumo Relevante y Otros Materiales. (clase de costo: clasifica el gasto de acuerdo con una agrupación dentro del gasto materiales, por ejemplo, clase de costo "Neumáticos", "Bolas de molino", "Explosivos", entre otros).
- 5) Analizar la evolución anual y mensual de precios, rendimiento y cantidad consumida de cada código de material que expliquen la tendencia de su respectivo gasto para el último periodo
- 6) En base a lo anterior se deben identificar las mayores desviaciones en las dimensiones del precio, consumo y rendimiento, para tener el enfoque de la búsqueda de palancas que permitan disminuir el gasto de materiales de operación.
- 7) Las principales oportunidades de captura de ahorro se desprenden de los siguientes análisis no exhaustivos:
 - a. El consumo de un material va al alza en el tiempo
 - b. Rendimiento del material al alza; implica que se está consumiendo más unidades del material por unidad de producción.
 - c. Precio del material va al alza en el tiempo
 - d. El precio del material ha disminuido, pero en algún periodo fue más bajo.

Con estos casos se debe obtener un listado de materiales que presenten oportunidades de ahorro tanto en consumo como en precio de este.

- 8) Luego de identificados los materiales que impactan mayormente el gasto en materiales se deben buscar palancas que aseguren un control del gasto. Para ello se reconocen dos aristas: palancas operacionales que controlen el consumo y palancas de negociación que ayuden a controlar el precio.
- 9) Para las palancas operacionales de consumo se debe realizar un taller de levantamiento de palancas con equipos que integren a la operación y mantenimiento.

Se espera que en este taller se levanten iniciativas y planes que vayan en busca del control del consumo de los materiales de mayor gasto.

10) Para las palancas de negociación, se debe tener un listado con los materiales cuyos precios presenten oportunidad de ahorro. Este listado debe ser analizado por el área de abastecimiento de la división, quien es la que debe decidir las estrategias de negociación para cada material, es decir, que plan de acción se tomara con el proveedor del material para negociar el precio.

11) Finalmente, para ambos tipos de palanca, operacionales y de negociación, se deben definir los planes de actividades que aseguren el ahorro y se debe estimar el impacto en este, el cual será el compromiso de captura de valor.

Para facilitar el entendimiento, se deja un resumen de la metodología en la Figura 36.

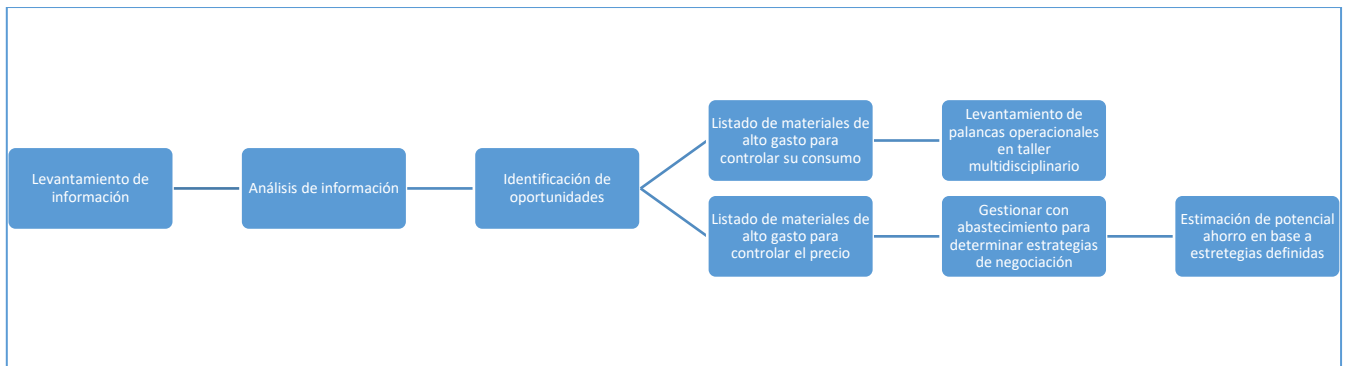


Figura 36: Esquema metodología para ahorro en materiales de operación

6. Conclusión

En conclusión, es fundamental determinar los límites técnicos de los activos mineros que posee cada división, y a partir de ello, establecer ingenierilmente y de forma estructurada los planes de acción que busquen cerrar brechas operacionales identificadas previamente con el fin de alcanzar el máximo potencial de los procesos mineros en cada una de las Divisiones.

Además, como consecuencia de lo expuesto, esta estandarización corporativa del proceso Full Potential ha permitido obtener mejores resultados en la ejecución de éste, debido a que presenta metodológicamente cada uno de los pasos necesarios que se deben completar para avanzar en cada una de sus etapas. De esta forma se potencia un mejor entendimiento de los equipos a los cuales se le designa el desarrollo del proceso en las diferentes áreas de cada División, siendo la guía para realizar un trabajo más estructurado y ordenado con lo cual aumenta la calidad de los planes de implementación tácticos que se diseñan con el fin de cerrar las brechas identificadas.

Este estándar ya fue utilizado el primer semestre del presente año por División Ministro Hales y Gabriela Mistral. Los equipos designados para esta tarea en ambas Divisiones usaron como guía metodológica el estándar corporativo obteniendo un resultado robusto el cual fue presentado y validado por el Vicepresidente de Operaciones Centro Sur, actual patrocinador de la metodología C+ en Codelco. Se espera que pueda ser utilizado en la próxima iteración del proceso Full Potential en el resto de las Divisiones, incluyendo a Ventanas, a comienzo del año 2021.

Por otra parte, estándar define cómo obtener palancas operacionales que buscan mejorar el tratamiento y/o recuperación de cada una de las fases, incluyendo un modelo de valorización de estas palancas. Sin embargo, es necesario incluir dentro del estándar corporativo una de las metodologías propuestas, la cual debe ser previamente validada por los equipos de excelencia operacional de cada división, de tal forma que el estándar permita mejorar el valor capturado tanto por palancas operacionales de mejora de producción, como por palancas que busquen generar ahorros en el gasto de servicios de terceros y/o en el gasto de materiales de operación, con el fin de poder optimizar el beneficio financiero de cada fase productiva.

Finalmente, este estándar potencia la Excelencia Operacional en Codelco, ya que con la ejecución del proceso Full Potential, C+ apoya a la operación en la obtención de mejores desempeños, validando el rol del Sistema de Gestión en la Corporación. Sin embargo, se debe asegurar que los planes levantados a partir del proceso en cada División se ejecuten de la mejor manera posible, fomentando la mejora continua en los equipos de trabajo para acompañar los resultados del proceso.

7. Bibliografía

- [1] CODELCO - Corporación Nacional del Cobre, Chile. (2020). Codelco. <https://www.codelco.com>
- [2] Memoria Anual 2019 Codelco. (2019). Codelco.
- [3] Bajada Estrategia de Codelco. (2019). Codelco.
- [4] Lean manufacturing. (2012, 4 mayo). En Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing#Origen
- [5] Roche, J. (2020). Historia del movimiento Agile. Obtenido de www2.deloitte.com/historia-movimiento-agile
- [6] Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software. (2001). <https://agilemanifesto.org/iso/es/manifiesto.html>
- [7] Certiprof. (2018, agosto). Kanban Essentials Professional Certificate (KEPC).
- [8] Paolini, A. (2013). Implementación de área de proceso de gestión de riesgos de CMMI v1.3 utilizando metodologías ágiles. Universidad de Chile.
- [9] Walters, J. (2015). Diseño del proceso de gestión de proyectos ágiles basada en creación de valor del negocio. Universidad de Chile.
- [10] Proceso Full Potential. (2019). División Salvador.
- [11] Proceso Full Potential. (2019). División Andina.
- [12] Proceso Full Potential. (2019). División El Teniente.
- [13] Proceso Full Potential. (2019). División Radomiro Tomic.
- [14] Proceso Full Potential. (2019). División Chuquicamata
- [15] Proceso Full Potential. (2019). División Ministro Hales.
- [16] Proceso Full Potential. (2019). División Gabriela Mistral.
- [17] Touron, J. (2020, 27 marzo). Definición del OEE. Sistemas OEE - Technology to Improve. <https://www.sistemasooee.com/definicion-ooe/>
- [18] Codelco. (2018). Indicadores de Gestión Operacional del Area de Carguío y Transporte según Norma Asarco.
- [19] Bootcamp C+. (2020). Codelco.
- [20] Olivares, A. (2017). Excelencia operacional en la gestión del mantenimiento en planta concentradora División El Teniente - Codelco Chile. Universidad de Chile.
- [21] Arriagada, P. (2018). Incorporación de metodologías de Lean Management en la etapa de construcción de la mina recursos norte. Universidad de Chile.
- [22] Outotec. (2010). Tostation Plant – MMH Project

8. Anexo

Anexo A

Se observa en la Tabla x el listado de detenciones para un complejo de fundición de una División de Codelco.

Tabla 17: Base de datos tiempos de detención complejo fundición

mes	FECHA DE INICIO	HORA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	HORA DE TÉRMINO	DURACIÓN	EQUIPO	CAUSA EJECUTIVA	clase	tipo perdida
6	01-06-2019	8:52:00	01-06-2019	17:17:00	8,42	Fin Fan Cooler y TAI	Temperatura alta Fin Fan Coller	abajo	util
6	02-06-2019	8:00:00	02-06-2019	11:03:00	3,05	Bomba P444	detenido por bomba P-444 / 445 Pta de acido	abajo	util
6	02-06-2019	20:49:00	02-06-2019	21:20:00	0,52	Gaspe Manual CT5	Sin energía en Gaspe Manual	NP	util
6	03-06-2019	11:20:00	03-06-2019	22:30:00	9,83	Bombas T440 y T450	Bombas T440 -T450 con fuga de acido	abajo	util
6	03-06-2019	22:30:00	04-06-2019	0:45:00	2,25	Fin Fan Cooler y TAI	Problemas de comunicación en Fin Fan Cooler	abajo	util
6	04-06-2019	0:45:00	04-06-2019	4:59:00	4,17	Otros	Calentamiento PAS	abajo	util
6	04-06-2019	5:58:00	04-06-2019	6:18:00	0,35	Sopladores PAS	Caidas de sopladores C400 A y B	abajo	util
6	04-06-2019	7:12:00	04-06-2019	7:18:00	0,10	Sopladores PAS	Caidas de sopladores C400 A y B	abajo	util
6	04-06-2019	7:24:00	04-06-2019	8:32:00	1,13	Sopladores PAS	Caidas de Sopladores C400A y B	abajo	util
6	04-06-2019	8:44:00	04-06-2019	8:54:00	0,18	Sopladores PAS	Caidas de sopladores C400 A y B	abajo	util
6	04-06-2019	10:07:00	04-06-2019	12:55:00	2,80	Sopladores PAS	Caidas de sopladores C400 A y B	abajo	util
6	04-06-2019	14:48:00	04-06-2019	17:34:00	1,75	CT 5	Cambio placa MB por filtración	NP	util
6	04-06-2019	19:18:31	04-06-2019	23:48:00	4,48	Torre Intermedia	Alta Concentración de ácido en Torre intermedia	abajo	util
6	05-06-2019	0:39:00	05-06-2019	1:34:00	0,92	Sopladores PAS	Problema de tiraje en soplador C400A	abajo	util
6	05-06-2019	1:40:00	05-06-2019	2:29:00	0,82	Sopladores PAS	Problema de tiraje en soplador C400A	abajo	util
6	05-06-2019	3:25:00	05-06-2019	3:46:00	0,32	Sopladores PAS	Revisión de soplador C400A	abajo	util
6	05-06-2019	6:11:30	05-06-2019	8:27:00	1,80	Sopladores PAS	Revisión de soplador C400A	abajo	util
6	05-06-2019	10:30:00	05-06-2019	10:40:00	0,17	Soplador C400A	Cambio de soplador	abajo	util
6	05-06-2019	11:40:00	05-06-2019	14:15:00	2,58	Bomba 445	Bomba 445 con filtración de acido	abajo	util
6	05-06-2019	20:50:00	05-06-2019	20:58:00	0,13	Sopladores PAS	Caida de Sopladores C400A y B	abajo	util
6	05-06-2019	21:11:00	05-06-2019	21:19:00	0,13	Sopladores PAS	Caida de Sopladores C400A y B	abajo	util
6	05-06-2019	22:20:00	05-06-2019	23:18:00	0,97	Grúa 1	Falla gancho auxiliar Derecho	abajo	util
6	06-06-2019	0:28:00	06-06-2019	2:49:00	2,35	Gaspe Automatica CT5	Gaspe Automatica CT5	NP	disp
6	06-06-2019	11:44:00	07-06-2019	17:26:00	29,70	CT 5	Sin horno de retención de metal blanco	NP	util
6	07-06-2019	19:21:00	07-06-2019	20:50:00	1,48	Sopladores PAS	Caen sopladores por enclavamiento	abajo	util
6	09-06-2019	4:05:00	09-06-2019	4:43:00	0,63	Turbo 7	Giro CT5 Bajo flujo de soplado de aire	NP	disp
6	09-06-2019	17:10:00	09-06-2019	17:17:00	0,12	Correa C13	Alarma de desalineamiento y pullcord	NP	util
6	09-06-2019	17:21:00	09-06-2019	17:28:00	0,12	Correa C13	Alarma de desalineamiento y pullcord	NP	util
6	10-06-2019	2:59:00	10-06-2019	4:35:00	1,60	CT 5	Bajo flujo aire de soplado	NP	disp
6	10-06-2019	17:50:00	10-06-2019	17:54:00	0,07	CT 5	Taponeadora de escoria con fuga hidraulica	NP	util
6	11-06-2019	5:43:00	11-06-2019	20:00:00	14,28	CT 5	Mantenición Programada	PL	disp
6	11-06-2019	20:00:00	12-06-2019	14:58:00	6,97	Otros	Espera de Temperatura en Lechos	abajo	util
6	12-06-2019	15:16:00	12-06-2019	15:35:00	0,32	CT 5	Falla válvula descarga 1A y sistema 2 intervenido	NP	disp
6	12-06-2019	17:50:00	12-06-2019	18:37:00	0,78	Soplador C400B	Caida de sopladores	abajo	util
6	12-06-2019	22:17:00	12-06-2019	23:08:00	0,83	Bomba 440	Bomba 440 detenida por bajo nivel TK	abajo	util
6	13-06-2019	11:23:00	14-06-2019	8:00:00	20,62	E-541	Rotura E-541	abajo	util
6	14-06-2019	8:00:00	15-06-2019	8:00:00	24,00	E-541	Rotura E-541	abajo	util
6	15-06-2019	8:00:00	16-06-2019	8:00:00	24,00	E-541	Rotura E-541	abajo	util
6	16-06-2019	8:00:00	21-06-2019	4:46:00	12,00	E-541	T-440 Filtros Velas dañados	NP	util
6	21-06-2019	5:50:00	21-06-2019	6:03:00	0,22	Compresor Atlas	Caen compresor Atlas PS	NP	util
6	21-06-2019	9:39:00	21-06-2019	9:51:00	0,20	CT 5	Escoria contaminada se escorea por boca	NP	util
6	21-06-2019	10:49:00	21-06-2019	11:02:00	0,22	CT 5	Escoria contaminada se escorea por boca	NP	util
6	21-06-2019	12:19:00	21-06-2019	13:18:00	0,98	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	21-06-2019	15:03:00	23-06-2019	1:23:00	34,33	CT 5	Se quema correa 13, 3 metros.	NP	util
6	23-06-2019	2:31:00	23-06-2019	3:17:00	0,23	Sopladores PAS	Soplador C400B Caída por temperatura	NP	util
6	23-06-2019	5:23:00	23-06-2019	5:55:00	0,53	CT 5	Escoreo por boca	NP	util
6	24-06-2019	0:31:00	24-06-2019	0:37:00	0,10	CT 5	Falla sistema de inyección n°2	NP	util
6	24-06-2019	3:11:00	24-06-2019	3:23:00	0,20	CT 5	Giro Para recibir 2 ollas de traslado del CPS 3	NP	util
6	24-06-2019	7:37:00	24-06-2019	8:20:00	0,72	CT 5	Giro por falta de circulante	NP	util

6	24-06-2019	14:46:00	24-06-2019	14:53:00	0,12	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	24-06-2019	0:31:00	24-06-2019	0:37:00	0,10	CT 5	Falla sistema de inyección N°2	NP	util
6	25-06-2019	5:13:00	25-06-2019	5:25:00	0,20	Gaspe Manual CT5	Gaspe manual con Bajo flujo de aire	NP	util
6	25-06-2019	12:25:00	25-06-2019	13:23:00	0,97	CT 5	Reposicion de guarderas en chute traspaso	PL	disp
6	25-06-2019	22:12:00	25-06-2019	23:09:00	0,95	CPS 2	Retiro de compuerta para limpieza	NP	util
6	27-06-2019	16:51:00	27-06-2019	17:01:00	0,17	CT 5	Acresión en pasaje de Metal Blanco	NP	util
6	27-06-2019	18:01:00	27-06-2019	18:21:00	0,33	Sopladores PAS	Caída de sopladores por variación de voltaje	NP	util
6	27-06-2019	20:37:00	27-06-2019	20:57:00	0,33	Rueda 1	Se sale pasador de Brazo 01	NP	util
6	28-06-2019	4:06:00	28-06-2019	4:14:00	0,13	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	28-06-2019	7:03:00	28-06-2019	6:45:00	0,30	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	28-06-2019	7:49:00	28-06-2019	8:05:00	0,27	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	28-06-2019	10:20:00	28-06-2019	10:33:00	0,22	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	28-06-2019	15:16:00	28-06-2019	17:22:00	2,10	CT 5	Fuga concentrado tobera n°3	NP	util
6	28-06-2019	18:22:00	28-06-2019	18:33:00	0,18	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	29-06-2019	5:01:00	29-06-2019	5:19:00	0,30	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	29-06-2019	6:20:00	29-06-2019	7:05:00	0,75	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
6	29-06-2019	9:05:00	29-06-2019	9:51:00	0,77	CT 5	Escoreo por boca	NP	util
6	29-06-2019	10:30:00	29-06-2019	10:42:00	0,20	CT 5	Dificultad para tapar el pasaje de Mb.	NP	util
6	29-06-2019	12:51:00	29-06-2019	13:15:00	0,40	CT 5	Escoreo por boca	NP	util
6	30-06-2019	2:57:00	30-06-2019	3:10:00	0,22	CT 5	Tobera N°3 rota y camisa dañada	NP	util
6	30-06-2019	10:11:00	30-06-2019	10:18:00	0,12	Valvula HY-176	Cierre de valvula HY-176 de CT5 a PTG	NP	util
6	30-06-2019	16:32:00	30-06-2019	16:58:00	0,43	Sopladores PAS	Caída de sopladores por variación de voltaje	NP	util
6	30-06-2019	17:51:00	30-06-2019	19:48:00	1,95	E-450	Fuga de agua ICA -450	NP	util
6	30-06-2019	20:00:00	30-06-2019	20:20:00	0,33	TAI	Bajo Nivel de TK TAI	NP	util
7	30-06-2019	22:20:00	01-07-2019	11:27:00	13,12	Fin Fan Cooler	Bajo flujo de agua	NP	util
7	01-07-2019	6:24:00	01-07-2019	12:00:00	5,60	Rueda 1	Trabada con acrecion bajo cuchara dosificadora	NP	util
7	01-07-2019	14:26:00	01-07-2019	14:32:00	0,10	CT 5	NO responde lazo de control al realizar cambio del sistema	NP	util
7	02-07-2019	6:10:00	02-07-2019	6:40:00	0,50	CT 5	Falla valvula de venteo de vaso 2A	NP	util
7	03-07-2019	5:47:00	03-07-2019	19:20:00	14,22	CT 5	Mantenencion programada	PL	disp
7	03-07-2019	20:50:00	03-07-2019	21:08:00	0,30	Sopladores PAS	Alta T° Valvula multimariposa C-400B	NP	util
7	03-07-2019	21:08:00	03-07-2019	21:50:00	0,70	Sopladores PAS	Caída de ambos sopladores	NP	util
7	05-07-2019	17:50:00	05-07-2019	17:55:00	0,08	Sopladores PAS	Caída de Sopladores	NP	util
7	05-07-2019	0:15:00	05-07-2019	13:08:00	12,88	Otros	Filtracion Otovent	NP	util
7	06-07-2019	14:53:00	06-07-2019	15:06:00	0,22	Sopladores PAS	Caída de Sopladores	NP	util
7	06-07-2019	18:15:00	06-07-2019	22:53:00	4,63	T-440	Alta concentración de ácido en T440	NP	util
7	07-07-2019	9:50:00	07-07-2019	11:44:00	1,90	Damper HY 365	DAM HY 365 no abre	NP	util
7	07-07-2019	0:05:00	07-07-2019	0:24:00	0,32	CT 5	Escoria contaminada se escorea por boca	NP	util
7	08-07-2019	12:25:00	08-07-2019	16:10:00	3,75	CPS 3	Compuerta sin movimiento	NP	util
7	08-07-2019	16:31:00	08-07-2019	16:50:00	0,32	CT 5	Sin Aire de alta e instrumentacion	NP	util
7	08-07-2019	17:02:00	08-07-2019	17:23:00	0,35	CT 5	Sin Aire de alta e instrumentacion	NP	util
7	09-07-2019	14:25:00	09-07-2019	15:40:00	1,25	Damper HY 365	DAM HY 365 no abre	NP	util
7	10-07-2019	10:30:00	10-07-2019	11:00:00	0,50	CT 5	Baja Presion de aire de inyeccion	NP	util
7	10-07-2019	14:15:00	10-07-2019	14:40:00	0,42	Damper HY 365	DAM HY 365 No abre	NP	util
7	10-07-2019	17:50:00	10-07-2019	18:31:00	0,68	PTG	Caída de Planta	NP	util
7	10-07-2019	18:40:00	10-07-2019	19:35:00	0,92	Fin Fan Cooler	Bomba Fin Fan Coller en falla	NP	util
7	10-07-2019	18:20:00	10-07-2019	19:30:00	1,17	Rueda 2	Se corta Correa de TK enfriador de anodos	NP	util
7	10-07-2019	17:55:00	10-07-2019	18:30:00	0,58	Rueda 1	Se sale eje de brazo alzador 02	NP	util
7	10-07-2019	21:19:00	10-07-2019	21:45:00	0,43	VAR 525	VAR 525 con problemas contenedor con carga	NP	util
7	11-07-2019	12:40:00	11-07-2019	13:01:00	0,35	CT 5	Filtración aceite taponeadora Escoria	NP	util
7	12-07-2019	7:20:00	12-07-2019	11:05:00	3,75	Torre de Enfriamiento	Boquillas tapadas T.E. CT5	NP	util
7	12-07-2019	18:25:00	13-07-2019	13:20:00	18,92	CPS 2	Caída de acresion botando chispero	NP	util
7	14-07-2019	12:29:00	14-07-2019	12:47:00	0,30	Area 100	Falla en bombas área 100	NP	util
7	14-07-2019	16:48:00	14-07-2019	17:07:00	0,32	CT 5	Falla taponeadora de Meal Blanco	NP	util
7	14-07-2019	17:12:00	14-07-2019	17:23:00	0,18	CT 5	Falla taponeadora de Meal Blanco	NP	util
7	17-07-2019	17:45:00	17-07-2019	19:13:00	1,47	Rueda 2	Se corta la correa de la rueda N°2	NP	util
7	18-07-2019	21:50:00	18-07-2019	23:47:00	1,95	VAR 252 - VAR 552	Caen equipos VAR 252 y 552	NP	util
7	18-07-2019	6:00:00	18-07-2019	22:40:00	16,67	CT 5	Mantenencion Programada	PL	disp
7	19-07-2019	14:56:00	19-07-2019	15:07:00	0,18	Compresores CT5	Baja de presion sistema de inyección	NP	util
7	20-07-2019	5:25:00	20-07-2019	5:46:00	0,35	PTG	Bajo flujo en bomba P700	NP	util
7	20-07-2019	6:14:00	21-07-2019	4:35:00	22,35	PTG	Limpieza ICA 420C	NP	util
7	21-07-2019	6:00:00	22-07-2019	3:00:00	21,00	ICA 420B	Limpieza de ICA 420B	NP	util
7	22-07-2019	6:39:00	22-07-2019	6:53:00	0,23	Sopladores PAS	Falla en sistema de enfriamiento VDF en Sopladores	NP	util
7	22-07-2019	7:15:00	22-07-2019	8:00:00	0,75	Sopladores PAS	Falla en sistema de enfriamiento VDF en Sopladores	NP	util
7	22-07-2019	8:00:00	22-07-2019	20:00:00	12,00	Sopladores PAS	Falla en sistema de enfriamiento VDF en Sopladores	NP	util
7	22-07-2019	20:00:00	23-07-2019	5:17:00	9,28	Sopladores PAS	Falla en sistema de enfriamiento VDF en Sopladores	NP	util
7	23-07-2019	8:45:00	23-07-2019	13:42:00	4,95	Convertidor Catalítico	Baja temperatura en lechos R-500	NP	util
7	23-07-2019	17:07:00	23-07-2019	17:46:00	0,65	Sopladores PAS	Falla en sistema de enfriamiento VDF en Sopladores	NP	util
7	24-07-2019	8:00:00	24-07-2019	10:45:00	2,75	Torre Evaporativa CPS	Cambio de boquillas Torre CPS 2 y 3	NP	util
7	24-07-2019	12:44:00	24-07-2019	13:31:00	0,78	Sopladores PAS	Falla en sistema de enfriamiento VDF en Sopladores	NP	util
7	24-07-2019	13:44:00	24-07-2019	13:59:00	0,25	Sopladores PAS	Alta P° en descarga de sopladores	NP	util

7	24-07-2019	14:38:00	24-07-2019	15:00:00	0,37	Otovent	Caida de Bombas	NP	util
7	24-07-2019	15:00:00	24-07-2019	23:21:00	8,35	Otovent	Reparación de Junta de Expansión	PL	disp
7	24-07-2019	23:25:00	25-07-2019	8:00:00	8,58	Sopladores PAS	Baja de voltaje	NP	util
7	25-07-2019	6:15:00	25-07-2019	13:08:00	6,88	Bombas retorno	Caida de bomba de retorno y corte de energia	NP	util
7	28-07-2019	23:27:00	28-07-2019	23:31:00	0,07	CT 5	Fierros en linea de tobera	NP	util
7	30-07-2019	6:00:00	31-07-2019	0:13:00	18,22	CT 5	Mantencion Programada	PL	disp
7	31-07-2019	3:25:00	31-07-2019	3:51:00	0,43	VAR 525	Limpieza de carga VAR 525	NP	util
8	01-08-2019	5:22:00	01-08-2019	5:36:00	0,23	CT 5	Para retornar 01 olla de Mb desde el Cps N°3	NP	util
8	01-08-2019	5:44:00	01-08-2019	5:59:00	0,25	Sopladores PAS	Variación de amperaje Sopladores de PAS	NP	util
8	01-08-2019	6:32:00	01-08-2019	19:45:00	1,47	Grúa 2	Giro CT5 sin disponibilidad de grúas	NP	util
8	01-08-2019	20:25:00	01-08-2019	20:42:00	0,28	Sopladores PAS	Caida de sopladores PAS	NP	util
8	02-08-2019	9:53:00	02-08-2019	10:30:00	0,62	Sopladores PAS	Caida de sopladores	NP	util
8	02-08-2019	10:00:00	02-08-2019	11:15:00	1,25	Grúa 1	Falla gancho auxiliar Derecho	NP	util
8	03-08-2019	13:10:00	03-08-2019	20:00:00	6,83	T420	Baja concentración de ácido en T420	NP	util
8	03-08-2019	20:00:00	05-08-2019	8:00:00	36,00	T420	Baja concentracion de acido en T420	NP	util
8	05-08-2019	8:00:00	06-08-2019	8:00:00	24,00	T420	Baja concentracion de acido en T420	NP	util
8	06-08-2019	8:00:00	07-08-2019	8:00:00	24,00	T420	Baja concentracion de acido en T420	NP	util
8	07-08-2019	8:00:00	08-08-2019	8:00:00	24,00	T420	Baja concentracion de acido en T420	NP	util
8	08-08-2019	8:00:00	09-08-2019	13:33:00	29,55	T420	Baja concentracion de acido en T420	NP	util
8	10-08-2019	11:18:00	10-08-2019	11:48:00	0,50	Soplador C400B	Caida Soplador C400B por alta T° en VDF	NP	util
8	10-08-2019	16:10:00	10-08-2019	16:39:00	0,48	Soplador C400B	Caida Soplador C400B por alta T° en VDF	NP	util
8	11-08-2019	0:53:00	11-08-2019	1:15:00	0,37	CT 5	Escoria contaminada	NP	util
8	12-08-2019	13:40:00	12-08-2019	14:20:00	0,67	Sopladores PAS	Caida de sopladores PAS	NP	util
8	12-08-2019	13:40:00	12-08-2019	14:03:00	0,38	CPS 2	Caida de sopladores PAS	NP	util
8	12-08-2019	20:06:00	12-08-2019	20:22:00	0,27	Sopladores PAS	Caida de sopladores PAS	NP	util
8	12-08-2019	20:06:00	12-08-2019	20:22:00	0,27	CPS 2	Caida de sopladores PAS	NP	util
8	13-08-2019	9:02:00	13-08-2019	14:40:00	5,63	PTG	Maanención Programada	PL	disp
8	13-08-2019	14:40:00	13-08-2019	15:05:00	0,42	CT 5	Falla Límite de posición	NP	util
8	13-08-2019	18:30:00	13-08-2019	18:40:00	0,17	Soplador C400A	Entra en operación C400A	NP	util
8	14-08-2019	4:00:00	14-08-2019	4:30:00	0,50	HA 2	Mecanicos reapretan el cabezal	NP	util
8	14-08-2019	11:37:00	14-08-2019	11:47:00	0,17	Torre de Enfriamiento	Baja de aire de instrumentación	NP	util
8	14-08-2019	14:19:00	14-08-2019	14:51:00	0,53	TAI	Niveles bajos en Torre 441	NP	util
8	14-08-2019	15:43:00	14-08-2019	15:54:00	0,18	Torre de Secado	Caida de sopladores PAS, falla Bomba P-420	NP	util
8	14-08-2019	16:39:00	14-08-2019	19:20:00	2,68	Torre de Secado	Cambio de contactor en Bomba P-420	NP	util
8	15-08-2019	4:35:00	15-08-2019	10:31:00	5,93	Otros	Fuga de agua industrial en sector area 100	NP	util
8	15-08-2019	20:26:00	15-08-2019	20:39:00	0,22	Sopladores PAS	Caida de sopladores PAS	NP	util
8	16-08-2019	1:06:00	16-08-2019	1:18:00	0,20	Sopladores PAS	Giro por caida de sopladores en PAS	NP	util
8	18-08-2019	2:40:00	18-08-2019	3:11:00	0,52	CT 5	Escoria contaminada se escorea por boca	NP	util
8	18-08-2019	12:58:00	18-08-2019	15:45:00	2,78	CT 5	Filtra liquido por tobera 10 de 3er paño	NP	util
8	18-08-2019	16:06:00	18-08-2019	16:16:00	0,17	Sopladores PAS	Alta P° en descarga de sopladores	NP	util
8	18-08-2019	19:51:00	19-08-2019	8:00:00	4,15	PTG	Rotura en junta de expansion ductos PAS	NP	util
8	19-08-2019	8:00:00	20-08-2019	20:00:00	12,00	PTG	Rotura en junta de expansion ductos PAS	NP	util
8	20-08-2019	8:00:00	20-08-2019	20:00:00	12,00	PTG	Rotura en junta de expansion ductos PAS	NP	util
8	20-08-2019	20:00:00	21-08-2019	19:12:00	11,20	PTG	Bajas Temperaturas en lechos para partida de PAS	NP	util
8	22-08-2019	11:47:00	22-08-2019	11:54:00	0,12	CT 5	Colpa Obstruye Chute	NP	util
8	23-08-2019	9:26:00	23-08-2019	14:02:00	4,60	Precaentador	Instalación de flange ciego en Precaentador	NP	util
8	23-08-2019	18:17:00	23-08-2019	22:19:00	4,03	Precaentador	Falla precaentador.	NP	util
8	23-08-2019	23:30:00	23-08-2019	23:43:00	0,22	Sopladores PAS	Caida de sopladores po Bajo flujo bomba P-420	NP	util
8	24-08-2019	2:30:00	24-08-2019	4:37:00	2,12	PAS	Altas emiciones de SO2	NP	util
8	24-08-2019	4:53:00	24-08-2019	5:00:00	0,12	Sopladores PAS	Caida de sopladores PAS por bajo nivel de T-440	NP	util
8	24-08-2019	6:43:00	24-08-2019	8:44:00	2,02	Sopladores PAS	Caida Sopladores PAS por alta T° en VDF	NP	util
8	24-08-2019	5:57:00	24-08-2019	6:09:00	0,20	Sopladores PAS	Caida Sopladores PAS por alta T° en VDF	NP	util
8	25-08-2019	7:08:00	25-08-2019	7:16:00	0,13	Sopladores PAS	Caida de sopladores PAS por bajo nivel de T-440	NP	util
9	26-08-2019	18:05:00	08-09-2019	14:22:00	0,00	Precaentador F-570	Falla Precaentador	abajo	util
9	08-09-2019	19:47:00	09-09-2019	8:00:00	12,22	Externo	Problemas en sistema electrico general FURE	ext	disp
9	01-09-2019	8:00:00	08-09-2019	17:57:00	192,00	Precaentador F-570	PAS	abajo	util
9	09-09-2019	8:00:00	10-09-2019	17:57:00	33,95	Compresor C01	Fuga de agua en empaquetadura	arriba	util
9	10-09-2019	19:18:00	10-09-2019	19:48:00	0,50	CT 5	Carga colgada en silos	NP	util
9	10-09-2019	23:35:00	15-09-2019	13:42:00	110,12	Compresor C01	Motor Electrico C-01 con humedad	arriba	util
9	15-09-2019	15:20:00	15-09-2019	17:32:00	2,20	Sopladores PAS	Caida de sopladores PAS por bajo nivel de T-441	abajo	util
9	15-09-2019	20:48:00	15-09-2019	21:40:00	0,87	CT 5	Escoreo por boca	NP	util
9	15-09-2019	22:24:00	16-09-2019	1:55:00	3,52	Estanque 441	Falla indicador de nivel de TK 441	abajo	util
9	16-09-2019	4:34:00	16-09-2019	4:48:00	0,23	CT 5	Chute inyector tapador con colpa	NP	util
9	15-09-2019	15:20:00	15-09-2019	17:35:00	2,25	Otros	Falla apertura valvula 301	abajo	util
9	17-09-2019	13:08:00	17-09-2019	14:55:00	1,78	CT 5	Gito por alto nivel de metal blanco	NP	util
9	18-09-2019	14:23:00	18-09-2019	14:33:00	0,17	CT 5	Escoria contaminada se escorea por boca	NP	util
9	19-09-2019	9:07:00	19-09-2019	9:11:00	0,07	Sopladores PAS	Caida de sopladores PAS por bajo nivel de T-441	abajo	util
9	20-09-2019	8:21:00	20-09-2019	8:33:00	0,20	CT 5	Chute de inyector tapado	NP	util
9	21-09-2019	10:10:00	21-09-2019	11:52:00	1,70	Torre de Enfriamiento	Boquillas tapadas T.E. CT5	abajo	util
9	21-09-2019	13:01:00	21-09-2019	13:14:00	0,22	CT 5	Fuga en el sistema de inyección de concentrado	NP	disp

9	22-09-2019	14:17:00	22-09-2019	16:23:00	2,10	compresora	Caída de aire de instrumentación de casa compresora	NP	util
9	23-09-2019	6:55:00	23-09-2019	23:02:00	16,12	PTG	Mantencion programada	PL	disp
9	23-09-2019	23:32:00	23-09-2019	23:37:00	0,08	Sopladores PAS	Caída de sopladores por diferencial de presión	abajo	util
9	24-09-2019	3:45:00	24-09-2019	4:15:00	0,50	CT 5	Escoria contaminada se escorea por boca	NP	util
9	24-09-2019	7:21:00	24-09-2019	14:22:00	7,02	VTI 300-001	Falla en VTI	abajo	util
9	24-09-2019	14:36:00	24-09-2019	14:51:00	0,25	Torre de Enfriamiento	Baja de aire de instrumentación en valvula T.E.	abajo	util
9	25-09-2019	21:33:00	26-09-2019	0:21:00	2,80	Torre de Enfriamiento	Boquillas tapadas T.E. CT5	abajo	util
9	26-09-2019	2:46:00	26-09-2019	3:10:00	0,40	Sopladores PAS	Bajo Nivel de TAI y Valvula multimariposa C400B Traba	abajo	util
9	26-09-2019	18:44:00	26-09-2019	19:05:00	0,35	Sopladores PAS	Bajo Nivel de TAI y Valvula multimariposa C400B Traba	abajo	util
9	26-09-2019	19:44:00	26-09-2019	20:39:00	0,92	PRE 140	Campos Caídos	abajo	util
9	27-09-2019	18:07:00	27-09-2019	18:25:00	0,30	Sopladores PAS	Bajo Nivel de TAI y Valvula multimariposa C400B Traba	abajo	util
9	28-09-2019	12:11:00	28-09-2019	12:21:00	0,17	CT 5	Falla PLC del sistema inyección de concentrado	NP	disp
9	28-09-2019	14:18:00	28-09-2019	14:24:00	0,10	CT 5	Se cierra Valvula 530A	NP	util
9	29-09-2019	8:59:00	29-09-2019	9:55:00	0,93	Torre de Enfriamiento	Boquillas tapadas T.E. CT5	abajo	util
9	29-09-2019	9:55:00	29-09-2019	10:20:00	0,42	Valvula 530A	Revision de valvula 530A	abajo	util
10	01-10-2019	1:13:00	01-10-2019	1:26:00	0,22	CT 5	Alta presion en linea de inyeccion.	NP	util
10	01-10-2019	16:11:00	01-10-2019	16:22:00	0,18	Torre de Enfriamiento	Boquillas tapadas T.E. CT5	abajo	util
10	02-10-2019	1:58:00	02-10-2019	3:03:00	1,08	Torre de Enfriamiento	Boquillas tapadas T.E. CT5	abajo	util
10	02-10-2019	6:48:00	02-10-2019	17:35:00	10,78	CT 5	Mantención programada	PL	disp
10	02-10-2019	19:21:00	02-10-2019	19:40:00	0,32	Sopladores PAS	Caidas de sopladores por alta presión	abajo	util
10	03-10-2019	7:14:00	03-10-2019	8:00:00	0,77	PTG	Alta concentración en torre Absorsión Final	abajo	util
10	03-10-2019	8:00:00	03-10-2019	9:27:00	1,45	PTG	Alta concentración en torre Absorsión Final	abajo	util
10	03-10-2019	16:32:00	03-10-2019	17:17:00	0,75	Sopladores PAS	Caída de sopladores por alta T° en VDF	abajo	util
10	04-10-2019	0:50:00	04-10-2019	1:13:00	0,38	Sopladores PAS	Caída de sopladores PAS por bajo nivel de T-440	abajo	util
10	04-10-2019	4:50:00	04-10-2019	9:02:00	4,20	Elliot N°8	Rotura linea de aire de alta	NP	disp
10	04-10-2019	12:35:00	04-10-2019	12:47:00	0,20	CT 5	Escoreo por boca	NP	util
10	05-10-2019	9:14:00	05-10-2019	10:45:00	1,52	Torre de Enfriamiento	Boquillas tapadas T.E. CT5	abajo	util
10	07-10-2019	8:12:00	07-10-2019	8:19:00	0,12	CT 5	Obstrucción del paso de circulante	NP	util
10	07-10-2019	20:41:00	08-10-2019	1:43:00	5,03	Compresores Elliot	Rotura de Cañería de agua	NP	disp
10	08-10-2019	9:05:00	08-10-2019	17:00:00	7,92	Planta de Acido	Mantencion Programada	PL	disp
10	08-10-2019	9:05:00	08-10-2019	15:30:00	6,42	CT 5	Mantencion Programada	PL	disp
10	08-10-2019	17:00:00	08-10-2019	19:23:00	2,38	Soplador C400B	Calibración IGV Solplador C400B	abajo	util
10	08-10-2019	22:20:00	08-10-2019	23:05:00	0,75	Sopladores PAS	Caída Soplador C400B por alta T° en VDF	abajo	util
10	09-10-2019	8:18:00	09-10-2019	8:41:00	0,38	Sistema Inyección 2	Falla valvula de venteo vaso 2a	NP	disp
10	09-10-2019	22:34:00	10-10-2019	2:00:00	3,43	Grúa 2	Cambio de modulos del carro	NP	disp
10	10-10-2019	4:30:00	10-10-2019	6:45:00	2,25	Grúa 2	Transformador de carro quemado	NP	disp
10	10-10-2019	18:50:00	10-10-2019	19:40:00	0,63	Compresor Atlas	falla electrica compresores Atlas	arriba	util
10	12-10-2019	13:48:00	12-10-2019	14:05:00	0,28	CT 5	Prueba de volteo, revision de toberas.	PL	util
10	12-10-2019	19:20:00	12-10-2019	20:51:00	1,30	CT 5	Sin comunicacion pantallas de operacion	NP	disp
10	13-10-2019	12:06:00	13-10-2019	13:04:00	0,98	T-440	Alta concentración de ácido en T440	abajo	util
10	13-10-2019	6:11:00	13-10-2019	6:27:00	0,27	CT 5	Dificultad para abrir pasaje de escoria	NP	util
10	13-10-2019	14:43:00	13-10-2019	15:13:00	0,50	CT 5	Dificultad para abrir pasaje de escoria	NP	util
10	14-10-2019	5:47:00	14-10-2019	6:43:00	0,93	CT 5	Inyector tapado por colpa	NP	util
10	14-10-2019	21:30:00	14-10-2019	22:03:00	0,55	CT 5	dificultad en apertura escoria	NP	util
10	14-10-2019	2:02:00	14-10-2019	2:20:00	0,30	CT 5	Escoria contaminada	NP	util
10	15-10-2019	8:42:00	15-10-2019	9:05:00	0,38	Sistema inyección 2	Falla en ambos sistemas de inyeccion	NP	disp
10	15-10-2019	19:00:00	15-10-2019	19:20:00	0,33	CT 5	Escoria magneteadada	NP	util
10	16-10-2019	13:45:00	16-10-2019	14:05:00	0,33	Sistema inyección 2	se cambia valvula solenoide	NP	disp
10	16-10-2019	13:45:00	16-10-2019	14:05:00	0,33	CT-5	se cambia valvula solenoide sistema de inyeccion N°2	NP	disp
10	16-10-2019	15:00:00	16-10-2019	15:30:00	0,50	Compresor Kaeser	Valvula de despiche tapada y dañana	NP	disp
10	16-10-2019	15:00:00	16-10-2019	15:30:00	0,50	CT-5	Valvula de despiche tapada y dañada	NP	disp

Anexo B

Se observa en la Tabla x la información del rendimiento real [tph] de la planta de tostación desde el segundo semestre del 2018 al primer semestre del 2020.

Tabla 18: Rendimiento real periodo 2018-2020

2S 2018		1S 2019		2S 2019		1S 2018	
Fecha	Rend. Tph	Fecha	Rend. Tph	Fecha	Rend. Tph	Fecha	Rend. Tph
01-07-2018	83,0	09-02-2019	S/I	01-07-2019	84,3	01-01-2020	78,9
02-07-2018	84,9	10-02-2019	73,8	02-07-2019	83,1	02-01-2020	80,8
03-07-2018	85,0	11-02-2019	S/I	03-07-2019	S/I	03-01-2020	82,7
04-07-2018	87,6	12-02-2019	69,0	05-07-2019	84,4	04-01-2020	86,1
05-07-2018	86,2	13-02-2019	70,3	06-07-2019	83,3	05-01-2020	85,5
06-07-2018	84,1	14-02-2019	70,7	07-07-2019	83,7	06-01-2020	84,8
07-07-2018	87,6	15-02-2019	71,0	08-07-2019	81,3	07-01-2020	81,1
08-07-2018	89,5	16-02-2019	66,3	09-07-2019	82,5	11-01-2020	S/I
09-07-2018	86,4	07-03-2019	S/I	10-07-2019	82,4	12-01-2020	85,5
10-07-2018	85,3	08-03-2019	77,5	11-07-2019	82,4	13-01-2020	86,6
12-07-2018	81,7	10-03-2019	75,7	12-07-2019	83,9	14-01-2020	83,6
13-07-2018	81,1	11-03-2019	75,4	13-07-2019	83,2	15-01-2020	84,6
14-07-2018	80,2	12-03-2019	76,1	14-07-2019	82,9	16-01-2020	85,1
15-07-2018	82,2	13-03-2019	77,3	15-07-2019	83,8	17-01-2020	85,9
16-07-2018	78,5	14-03-2019	75,9	16-07-2019	82,9	18-01-2020	85,8
17-07-2018	78,7	15-03-2019	76,3	17-07-2019	81,9	19-01-2020	87,5
18-07-2018	78,5	16-03-2019	75,7	18-07-2019	84,3	20-01-2020	87,2
19-07-2018	78,2	17-03-2019	76,9	19-07-2019	83,5	21-01-2020	87,2
20-07-2018	78,0	18-03-2019	78,1	20-07-2019	82,8	22-01-2020	87,2
21-07-2018	76,8	19-03-2019	79,0	21-07-2019	81,3	23-01-2020	84,9
22-07-2018	78,7	21-03-2019	81,8	22-07-2019	82,0	24-01-2020	84,4
23-07-2018	80,3	22-03-2019	79,8	23-07-2019	83,4	25-01-2020	85,9
24-07-2018	77,4	23-03-2019	78,2	24-07-2019	81,9	26-01-2020	86,1
26-07-2018	76,2	24-03-2019	77,2	25-07-2019	83,1	27-01-2020	86,0
27-07-2018	76,2	25-03-2019	79,9	26-07-2019	82,1	28-01-2020	88,3
28-07-2018	75,4	26-03-2019	83,0	27-07-2019	82,1	29-01-2020	88,3
29-07-2018	75,0	27-03-2019	83,2	28-07-2019	82,0	30-01-2020	88,0
30-07-2018	77,1	28-03-2019	83,1	29-07-2019	80,1	31-01-2020	86,8
31-07-2018	80,9	29-03-2019	82,0	30-07-2019	80,6	01-02-2020	82,5
01-08-2018	85,6	30-03-2019	83,7	31-07-2019	80,1	02-02-2020	79,7
02-08-2018	83,2	31-03-2019	82,5	01-08-2019	S/I	03-02-2020	80,2
03-08-2018	77,7	01-04-2019	82,0	03-08-2019	S/I	04-02-2020	78,1
04-08-2018	77,4	02-04-2019	79,6	04-08-2019	81,2	08-02-2020	80,9

05-08-2018	S/I	03-04-2019	S/I	05-08-2019	81,3	09-02-2020	79,3
06-08-2018	78,5	04-04-2019	78,6	06-08-2019	83,1	10-02-2020	79,2
07-08-2018	79,0	05-04-2019	78,2	07-08-2019	83,4	11-02-2020	81,8
10-08-2018	81,6	06-04-2019	85,8	08-08-2019	81,6	12-02-2020	S/I
11-08-2018	78,8	07-04-2019	81,7	09-08-2019	81,4	16-02-2020	84,8
12-08-2018	78,9	08-04-2019	81,8	10-08-2019	80,8	17-02-2020	81,7
13-08-2018	78,9	10-04-2019	81,3	11-08-2019	83,0	18-02-2020	82,9
14-08-2018	80,5	12-04-2019	81,0	12-08-2019	80,8	19-02-2020	80,8
15-08-2018	83,4	13-04-2019	79,8	13-08-2019	80,9	20-02-2020	80,1
16-08-2018	82,7	14-04-2019	80,6	14-08-2019	84,0	01-03-2020	S/I
17-08-2018	81,5	15-04-2019	80,2	15-08-2019	83,2	02-03-2020	S/I
18-08-2018	81,3	16-04-2019	79,2	16-08-2019	82,4	03-03-2020	S/I
19-08-2018	80,5	17-04-2019	S/I	17-08-2019	81,0	04-03-2020	S/I
20-08-2018	80,0	18-04-2019	79,8	18-08-2019	82,4	05-03-2020	81,1
21-08-2018	81,6	19-04-2019	82,4	19-08-2019	83,1	06-03-2020	78,8
22-08-2018	82,2	20-04-2019	78,5	20-08-2019	82,6	07-03-2020	81,3
23-08-2018	81,4	21-04-2019	75,8	21-08-2019	82,9	08-03-2020	78,7
24-08-2018	81,3	22-04-2019	74,5	22-08-2019	82,9	09-03-2020	S/I
25-08-2018	84,5	23-04-2019	77,3	12-09-2019	85,3	10-03-2020	S/I
26-08-2018	83,7	24-04-2019	78,4	13-09-2019	88,5	11-03-2020	S/I
27-08-2018	84,0	25-04-2019	79,4	14-09-2019	85,3	12-03-2020	S/I
28-08-2018	84,1	26-04-2019	76,8	15-09-2019	85,1	13-03-2020	81,0
29-08-2018	84,9	27-04-2019	78,7	16-09-2019	83,9	14-03-2020	78,7
30-08-2018	84,7	28-04-2019	81,0	17-09-2019	85,1	15-03-2020	78,4
31-08-2018	82,1	29-04-2019	85,0	18-09-2019	84,7	16-03-2020	79,4
01-09-2018	79,5	30-04-2019	S/I	19-09-2019	84,4	17-03-2020	S/I
02-09-2018	78,5	01-05-2019	S/I	20-09-2019	85,1	18-03-2020	S/I
03-09-2018	77,6	03-05-2019	82,9	21-09-2019	84,8	19-03-2020	S/I
04-09-2018	79,8	04-05-2019	82,5	22-09-2019	85,0	20-03-2020	S/I
06-09-2018	79,1	05-05-2019	S/I	23-09-2019	84,7	24-03-2020	S/I
07-09-2018	78,9	07-05-2019	S/I	24-09-2019	84,7	25-03-2020	73,7
08-09-2018	81,6	08-05-2019	81,2	25-09-2019	85,4	26-03-2020	75,7
09-09-2018	82,6	09-05-2019	83,0	26-09-2019	85,2	27-03-2020	74,3
10-09-2018	85,1	10-05-2019	80,3	27-09-2019	82,9	28-03-2020	71,0
11-09-2018	84,6	11-05-2019	80,1	28-09-2019	85,9	29-03-2020	71,5
12-09-2018	82,4	12-05-2019	79,8	29-09-2019	85,6	31-03-2020	74,6
13-09-2018	82,1	13-05-2019	78,6	30-09-2019	84,3	01-04-2020	S/I
14-09-2018	85,0	14-05-2019	80,6	01-10-2019	82,3	02-04-2020	S/I
15-09-2018	87,1	15-05-2019	81,0	02-10-2019	82,1	03-04-2020	S/I
16-09-2018	81,7	16-05-2019	S/I	03-10-2019	85,0	04-04-2020	S/I

17-09-2018	80,8	17-05-2019	83,3	04-10-2019	86,3	05-04-2020	71,9
18-09-2018	80,9	18-05-2019	81,4	05-10-2019	86,2	06-04-2020	70,0
19-09-2018	81,6	19-05-2019	79,7	06-10-2019	85,6	07-04-2020	71,1
20-09-2018	82,3	20-05-2019	79,1	07-10-2019	86,6	08-04-2020	68,8
21-09-2018	81,1	21-05-2019	79,3	08-10-2019	87,1	09-04-2020	67,1
22-09-2018	80,5	22-05-2019	79,3	09-10-2019	87,3	10-04-2020	S/I
23-09-2018	81,4	23-05-2019	81,4	10-10-2019	87,4	11-04-2020	70,6
24-09-2018	81,1	24-05-2019	78,4	11-10-2019	86,7	12-04-2020	68,4
25-09-2018	80,7	25-05-2019	80,4	12-10-2019	85,7	13-04-2020	73,4
26-09-2018	78,0	26-05-2019	78,9	13-10-2019	83,9	14-04-2020	76,8
27-09-2018	79,9	27-05-2019	79,7	14-10-2019	84,7	15-04-2020	75,8
28-09-2018	79,6	28-05-2019	79,1	15-10-2019	85,3	16-04-2020	76,2
29-09-2018	S/I	29-05-2019	79,2	16-10-2019	86,0	17-04-2020	S/I
01-10-2018	S/I	30-05-2019	78,5	17-10-2019	86,0	18-04-2020	S/I
02-10-2018	80,4	31-05-2019	81,2	18-10-2019	85,6	19-04-2020	78,0
03-10-2018	79,1	01-06-2019	81,1	19-10-2019	85,9	20-04-2020	79,4
04-10-2018	78,3	02-06-2019	81,8	20-10-2019	85,3	21-04-2020	80,4
05-10-2018	78,0	03-06-2019	78,4	21-10-2019	83,4	22-04-2020	79,6
06-10-2018	77,8	12-06-2019	S/I	22-10-2019	83,6	23-04-2020	78,4
07-10-2018	78,6	13-06-2019	80,9	23-10-2019	84,3	24-04-2020	79,6
08-10-2018	78,1	14-06-2019	80,4	24-10-2019	85,3	25-04-2020	81,4
09-10-2018	78,2	15-06-2019	79,9	25-10-2019	85,6	26-04-2020	81,1
10-10-2018	78,2	16-06-2019	80,7	26-10-2019	85,9	27-04-2020	80,1
11-10-2018	80,1	17-06-2019	81,9	27-10-2019	84,8	28-04-2020	80,3
12-10-2018	79,1	18-06-2019	82,3	28-10-2019	84,0	29-04-2020	79,8
13-10-2018	79,2	19-06-2019	81,8	29-10-2019	83,9	30-04-2020	83,1
14-10-2018	79,1	20-06-2019	82,6	30-10-2019	86,8	01-05-2020	82,5
15-10-2018	80,2	21-06-2019	84,4	31-10-2019	86,8	02-05-2020	79,0
16-10-2018	80,4	22-06-2019	85,1	01-11-2019	85,2	03-05-2020	79,6
20-10-2018	S/I	23-06-2019	85,2	02-11-2019	84,3	04-05-2020	S/I
23-10-2018	82,3	24-06-2019	85,6	03-11-2019	86,7	07-05-2020	S/I
24-10-2018	82,6	25-06-2019	84,1	04-11-2019	84,8	08-05-2020	S/I
25-10-2018	81,8	26-06-2019	84,2	05-11-2019	83,3	09-05-2020	91,5
26-10-2018	80,5	27-06-2019	84,4	07-11-2019	86,8	10-05-2020	85,3
27-10-2018	79,7	28-06-2019	S/I	08-11-2019	86,8	11-05-2020	78,9
28-10-2018	78,8	29-06-2019	77,9	09-11-2019	87,7	12-05-2020	76,7
29-10-2018	80,4			10-11-2019	88,0	13-05-2020	75,2
30-10-2018	76,0			11-11-2019	87,5	14-05-2020	70,8
31-10-2018	76,9			12-11-2019	86,4	15-05-2020	70,9
01-11-2018	77,7			13-11-2019	87,6	16-05-2020	73,6

02-11-2018	76,3			14-11-2019	S/I	17-05-2020	71,8
03-11-2018	76,8			17-11-2019	88,5	18-05-2020	72,0
04-11-2018	76,6			18-11-2019	89,5	19-05-2020	68,0
05-11-2018	78,2			19-11-2019	89,2	20-05-2020	68,4
06-11-2018	76,2			20-11-2019	88,9	21-05-2020	S/I
07-11-2018	72,9			21-11-2019	90,1	22-05-2020	71,3
08-11-2018	70,2			22-11-2019	88,6	23-05-2020	71,7
09-11-2018	69,7			23-11-2019	87,5	24-05-2020	73,6
10-11-2018	70,2			24-11-2019	86,4	25-05-2020	S/I
11-11-2018	71,5			25-11-2019	84,4	26-05-2020	S/I
12-11-2018	70,6			26-11-2019	85,3	28-05-2020	72,5
13-11-2018	70,9			27-11-2019	85,3	29-05-2020	69,4
14-11-2018	73,3			28-11-2019	81,9	30-05-2020	71,1
15-11-2018	70,8			29-11-2019	81,7	31-05-2020	72,0
16-11-2018	69,6			30-11-2019	80,4	01-06-2020	72,9
17-11-2018	70,0			01-12-2019	83,8	02-06-2020	S/I
18-11-2018	73,2			02-12-2019	87,0	03-06-2020	74,6
19-11-2018	72,3			03-12-2019	80,6	04-06-2020	77,2
20-11-2018	71,6			05-12-2019	S/I	05-06-2020	78,7
21-11-2018	71,9			06-12-2019	86,0	06-06-2020	75,9
22-11-2018	71,7			07-12-2019	87,5	07-06-2020	74,3
25-11-2018	70,6			09-12-2019	S/I	08-06-2020	73,3
26-11-2018	69,8			10-12-2019	81,3	09-06-2020	70,1
27-11-2018	S/I			11-12-2019	82,7	10-06-2020	S/I
29-11-2018	S/I			12-12-2019	84,1	11-06-2020	69,7
30-11-2018	72,0			13-12-2019	85,3	12-06-2020	69,1
01-12-2018	71,9			14-12-2019	84,0	13-06-2020	70,2
02-12-2018	75,9			15-12-2019	81,3	14-06-2020	69,4
03-12-2018	75,7			16-12-2019	81,6	15-06-2020	70,7
04-12-2018	72,5			17-12-2019	80,2	16-06-2020	70,5
05-12-2018	74,6			18-12-2019	83,8	17-06-2020	S/I
06-12-2018	74,6			19-12-2019	86,0	18-06-2020	68,4
07-12-2018	73,9			20-12-2019	86,0	19-06-2020	S/I
08-12-2018	76,2			21-12-2019	87,1	20-06-2020	S/I
09-12-2018	74,9			22-12-2019	83,9	21-06-2020	S/I
10-12-2018	74,3			23-12-2019	76,9	22-06-2020	S/I
11-12-2018	76,6			24-12-2019	72,9	23-06-2020	S/I
12-12-2018	77,1			25-12-2019	76,0	24-06-2020	S/I
13-12-2018	77,0			26-12-2019	77,9	25-06-2020	S/I
14-12-2018	77,6			28-12-2019	74,1	26-06-2020	S/I
15-12-2018	77,4			29-12-2019	74,2	27-06-2020	S/I
16-12-2018	78,1			31-12-2019	77,1	28-06-2020	60,3
17-12-2018	76,5					29-06-2020	S/I
18-12-2018	76,6					30-06-2020	S/I
19-12-2018	75,4						
20-12-2018	73,9						
21-12-2018	76,1						
22-12-2018	77,4						
23-12-2018	79,1						
24-12-2018	77,8						
25-12-2018	77,3						
26-12-2018	78,7						
27-12-2018	78,2						
28-12-2018	76,1						
29-12-2018	77,1						
30-12-2018	76,8						
31-12-2018	76,8						