



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACION DE METODOLOGIA LEAN EN MINERIA  
SUBTERRANEA – ESTUDIO DE CASO ESMERALDA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN  
GESTION Y DIRECCION DE EMPRESAS VERSION INDUSTRIA MINERA**

**RODRIGO ANDRES QUIROZ ALEGRIA**

**PROFESOR GUIA  
JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO**

**MIEMBROS DE LA COMISION  
IVAN BRAGA CALDERON  
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**SANTIAGO DE CHILE  
2016**

## RESUMEN

La industria del cobre, especialmente minería subterránea, enfrenta grandes desafíos caracterizados por yacimientos cada vez más complejos desde el punto de vista geomecánico, leyes decrecientes invariablemente y un macizo rocoso aún más competente. Todo esto redundando en costos de operación relevantes para el negocio lo cual unido a un mercado en donde la volatilidad en los precios de los commodities siempre estará presente, obliga a cualquier empresa del rubro a cautelar su liderazgo, competitividad y excelencia. Dado lo anterior, es prioridad la búsqueda e implementación de mecanismos o prácticas que incrementen la productividad y utilización de sus activos, siempre ligados a un robusto sistema de gestión. Sólo así será posible asegurar la sustentabilidad de toda operación en un negocio de largo plazo pero que sin duda debe mostrar resultados inmediatos en momentos de alta volatilidad.

Uno de estos mecanismos corresponde a la metodología LEAN, la cual consiste en generar un sistema fundamentalmente más eficiente que la producción en masa, desarrollando procesos productivos que alcanzan mejores resultados (calidad, producción, flexibilidad) y con menos recursos (esfuerzo humano, herramientas, espacio físico, inventarios). Este pensamiento LEAN es un proceso dinámico, determinado por el conocimiento y focalizado en el cliente mediante el cual todas las personas en una empresa determinada eliminan de manera continua los desperdicios creando valor.

El objetivo del trabajo consistió en evaluar la implementación y resultados de la metodología LEAN aplicados en uno de los sectores productivos en la Gerencia de Minas de División El Teniente, siendo mina Esmeralda una de las áreas en donde se obtuvieron resultados relevantes en términos de productividad, costos, kpi y por supuesto cumplimiento de metas del plan minero.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se comprueban los beneficios obtenidos al aplicar LEAN en una operación minera, dado que se genera una nueva estructura y lógica de operación basado en una cultura de desempeño que se refleja en una mayor utilización de activos, reducción de costos de operación y cumplimiento en los planes de producción mediante la gestión y seguimiento de KPI.

La metodología LEAN es una propuesta que genera valor y requiere compromiso de toda la línea de mando. A su vez, requiere disciplina y líderes que generen adherencia durante el proceso de cambio. En caso de existir desviaciones con el plan de trabajo LEAN, éstas deben ser identificadas y gestionadas apropiadamente como parte de todo aprendizaje.

**DEDICATORIA**  
*Para mi hija Catalina*

## Tabla de Contenidos

1. OBJETIVOS .....	1
2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	1
3. ALCANCES.....	1
4. ANTECEDENTES GENERALES .....	2
4.1 MINA EL TENIENTE.....	2
4.2 MINA ESMERALDA .....	5
5. MARCO CONCEPTUAL .....	10
5.1 LA FILOSOFÍA LEAN .....	10
5.1.1 Eliminación de Desperdicios .....	12
5.1.2 Estándares de Excelencia Operacional .....	13
5.2 ESTANDARES OPERACIONALES Y CONFIRMACION DE PROCESOS....	14
5.2.1 Estándar Operacional .....	14
5.2.1 Confirmación de Procesos .....	15
5.3 DISEÑO DE ESTÁNDARES OPERACIONALES Y CONFIRMACIÓN DE PROCESOS.....	15
5.3.1 Diagnóstico Operacional.....	16
5.3.2 Cálculo de Potencial y Límite del Sistema Operativo.....	21
5.3.3 Priorización de los Cuellos de Botella.....	21
5.4 IMPLEMENTACIÓN DE ESTÁNDARES OPERACIONALES Y CONFIRMACIÓN DE PROCESOS.....	24
5.5 ESTÁNDAR DE GESTION DEL DESEMPEÑO .....	25
5.6 ESTÁNDAR DE RESOLUCION DE PROBLEMAS.....	27
5.7 ESTÁNDAR DE DESARROLLO DE EQUIPO .....	28
6. METODOLOGÍA.....	28
7. IMPLEMENTACION METODOLOGIA LEAN ESMERALDA .....	31
8. MINA ESMERALDA IMPLEMENTACION METODOLOGIA LEAN .....	32
8.1 Organización Esmeralda.....	32
8.2 Proceso Perforación y Tronadura Mina Esmeralda.....	34
8.3 Proceso Extracción Mina Esmeralda .....	38
8.4 Proceso Acarreo Mina Esmeralda.....	46
9. RESULTADOS.....	50
9.1 Cumplimiento Programa de Producción Esmeralda.....	50

9.2	Resultados Proceso Perforación y Tronadura.....	51
9.3	Resultados Proceso Extracción .....	52
9.4	Resultados Proceso Acarreo.....	54
9.5	Resultados Plataforma Generación Automática de Reportes LEAN.....	55
9.6	Resultados Costos y Productividad .....	57
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	59

## INDICE DE FIGURAS

Figura 5-1: Proceso Productivo El Teniente.....	3
Figura 5-2: Perfil Mina Teniente (Subterránea) y Sectores Productivos .....	4
Figura 5-3: Descripción Mina el Teniente y Sectores Productivos.....	4
Figura 5-4: Vista en Planta Sectores Productivos Mina el Teniente .....	5
Figura 5-5: Vista Isométrica Sectores Mina el Teniente .....	5
Figura 5-6: Crecimiento Mina Esmeralda.....	7
Figura 5-7: Esquema Mina Esmeralda.....	7
Figura 5-8: Diseño Minero en Bloques Esmeralda .....	8
Figura 5-9: Plan Minero Largo Plazo Esmeralda y Total Mina Subterránea .....	9
Figura 6-1: Principios de la Filosofía LEAN .....	11
Figura 6-2: Esquema Actividades de Trabajo .....	12
Figura 6-3: Desperdicios clásicos en el trabajo .....	13
Figura 6-4: Integración de los Estándares de Excelencia Operacional.....	14
Figura 6-5 Diseño de Estándares Operacionales y Confirmación de Procesos .....	15
Figura 6-6: Estructura OEE .....	16
Figura 6-7: Ejemplo OEE .....	17
Figura 6-8: Esquema de las 5S .....	19
Figura 6-9: Aplicación ilustrativa de las 5S en oficinas y talleres .....	20
Figura 6-10: Ejemplo estándar operacional .....	22
Figura 6-11: Ejemplo estándar operacional resumido.....	22
Figura 6-12: Ejemplo confirmación de proceso .....	24
Figura 6-13: Ejemplo de estándares operacionales y aplicabilidad durante el turno	25
Figura 6-14: Tablero de control y KPI utilizados en un dialogo de desempeño típico .....	26
Figura 6-15: Ejemplo de análisis causal utilizando árbol causal.....	27
Figura 7-1: Principios de la Filosofía Lean .....	29
Figura 7-2: Estándares de Excelencia Operacional .....	29
Figura 8-1: Etapas y Entregables Desarrollo Metodología LEAN Unida Mina Esmeralda.....	31
Figura 8-2: Detalle de Actividades para Implementación y Desarrollo Metodología	

LEAN Unida Mina Esmeralda .....	31
Figura 9-1: Mina Esmeralda Organigrama y Dotaciones por Proceso.....	33
Figura 9-2: Frentes de Trabajo Nivel de Producción Bloques 1 y 2 Esmeralda año 2014 .....	34
Figura 9-3: Plan de Perforación Radial Esmeralda año 2014 .....	35
Figura 9-4: Plan de Incorporación de Área Esmeralda año 2014 .....	35
Figura 9-5: Tarja de Perforación Esmeralda .....	36
Figura 9-6: Tarja de Perforación con Información de Trabajos Realizados .....	37
Figura 9-7: Frentes de Trabajo Proceso Extracción Esmeralda .....	39
Figura 9-8: Sistema de Control de Flota LHD Proceso Extracción Esmeralda .....	40
Figura 9-9: Información equipos LHD Sistema de Control de Flota Proceso Extracción Esmeralda .....	40
Figura 9-10: Estado y Asignación de Equipos LHD Sistema de Control de Flota Proceso Extracción Esmeralda .....	41
Figura 9-11: Estándar Inicio de Turno Proceso Extracción Esmeralda .....	42
Figura 9-12: Estándar Fin de Turno Proceso Extracción Esmeralda .....	42
Figura 9-13: Análisis OEE Tiempos de Operación Proceso Extracción Esmeralda .....	43
Figura 9-14: Estándar de Operación Descarga de Mineral en Punto de Vaciado.....	43
Figura 9-15: Estándar de Operación Entrega de Pique .....	44
Figura 9-16: Estándar de Operación Reducción Secundaria .....	44
Figura 9-17: Plan de Producción Mina Esmeralda año 2014 .....	45
Figura 9-18: Sistema de Control de Flota FFCC Proceso Acarreo Esmeralda .....	47
Figura 9-19: Sistema CCTV (camiones & FFCC) Proceso Acarreo Esmeralda .....	47
Figura 9-20: Estándar Inicio de Turno Proceso Acarreo Esmeralda.....	48
Figura 9-21: Estándar Fin de Turno Proceso Acarreo Esmeralda .....	49
Figura 9-22: Estándar Carguío de Carros Proceso Acarreo Esmeralda .....	49
Figura 10-1: Resultados Reales y Programa de Producción Esmeralda año 2014 ....	50
Figura 10-2: Tablero de Control Diálogo de Desempeño Proceso PyT sep-2014 .....	51
Figura 10-3: Resultados Reales y Plan de Perforación 2014 Proceso PyT Esmeralda	51
Figura 10-4: Resultados Reales y Plan de Incorporación de Área 2014 Proceso PyT Esmeralda.....	51
Figura 10-5: Esmeralda tiempo efectivo real (HH/turno) y meta año 2014 .....	52
Figura 10-6: Esmeralda productividad real (baldadas/HH) y meta año 2014 .....	52

Figura 10-7: Producción por Grupo de Trabajo Proceso Extracción Esmeralda .....	53
Figura 10-8: Tablero de Control Diálogo de Desempeño Proceso Extracción sep-2013 .....	53
Figura 10-9: Indicadores Proceso Acarreo 2014 .....	54
Figura 10-10: Reporte Automático Diario Indicadores LEAN Proceso Extracción .....	55
Figura 10-11: Reporte Automático Semanal Indicadores LEAN Proceso Extracción .	56
Figura 10-12: Reporte Automático Mensual Indicadores LEAN Proceso Extracción..	56
Figura 10-13: Costo de Operación Real y Presupuesto Mina Esmeralda .....	57
Figura 10-14: Productividad Real y Presupuesto Mina Esmeralda .....	57



## **1. OBJETIVOS**

El objetivo del estudio consistió en realizar, a través de la técnica del Estudio de Caso, una revisión de la implementación de la metodología LEAN en una operación minera subterránea y así conocer cuáles fueron los beneficios y aprendizajes de esta práctica.

## **2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Los objetivos específicos del estudio se detallan en los siguientes puntos, todos relacionados a la experiencia registrada en mina Esmeralda:

- Medir si debido a la aplicación de los principios LEAN se reflejaron mejoras sustantivas en los indicadores claves de desempeño previamente definidos en la fase de implementación
- Identificar si se generaron cambios en las prácticas y estándares de operación en los procesos mineros de Mina Esmeralda
- Definir si los cumplimientos registrados en el plan minero de Mina Esmeralda obedecen a los beneficios esperados por el uso y práctica de la metodología LEAN

## **3. ALCANCES**

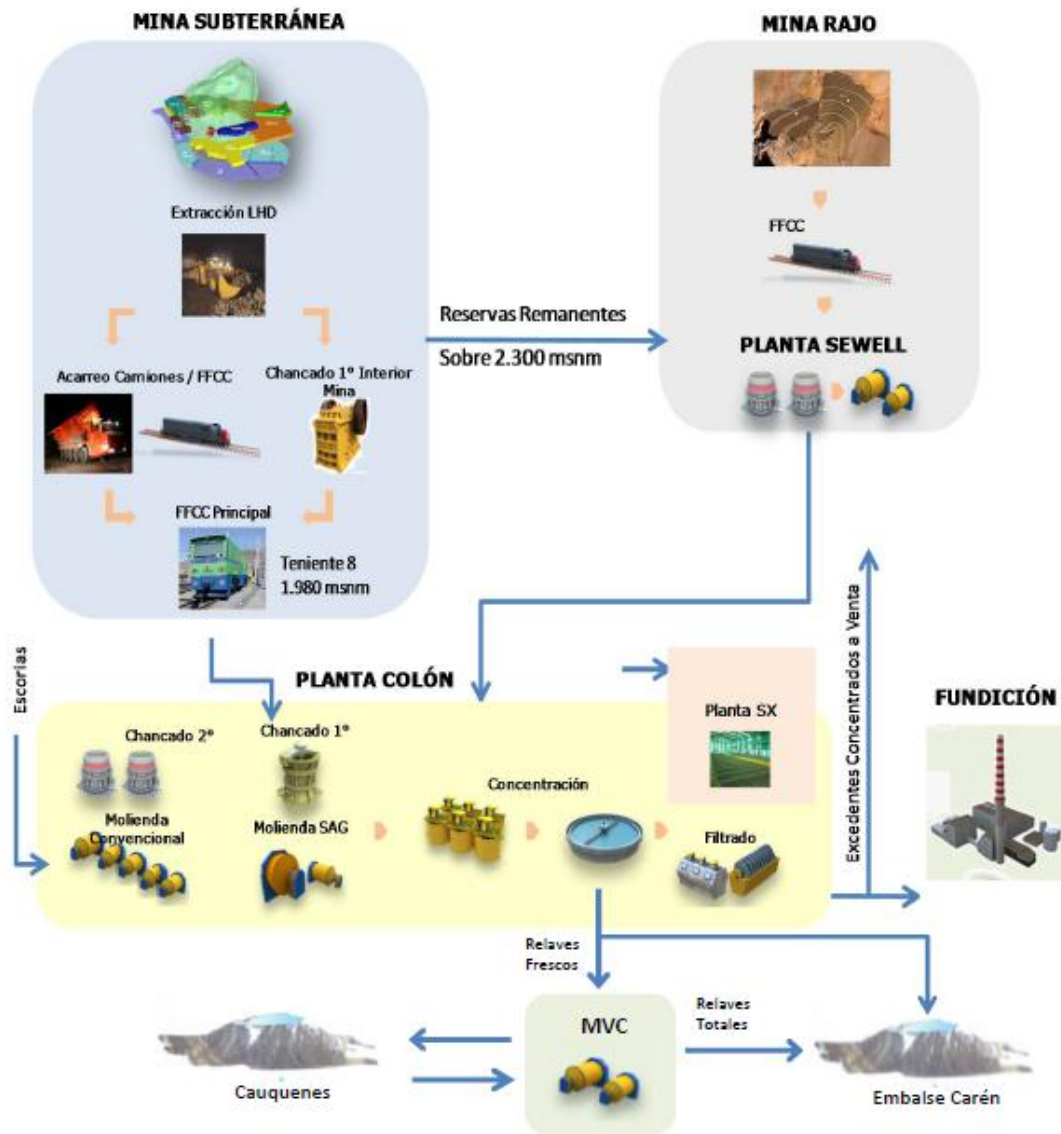
Los alcances del estudio son los siguientes:

- La evaluación del modelo de gestión LEAN será el definido por la Dirección de Excelencia Operacional dependiente de la Gerencia de Operaciones en División El Teniente.
- El sector productivo a considerar para la evaluación y revisión de la metodología LEAN corresponde a mina Esmeralda y sus procesos productivos.
- Periodo de evaluación en los años 2013 a 2014 considerando la fase de implementación llevada a cabo durante el segundo semestre 2013. Los resultados productivos, indicadores claves de desempeño (KPI) y gestión realizada serán evaluados durante todo el año 2014
- No se consideran evaluaciones económicas pero sí algunos indicadores relevantes como la evolución del costo de producción y productividades asociadas.

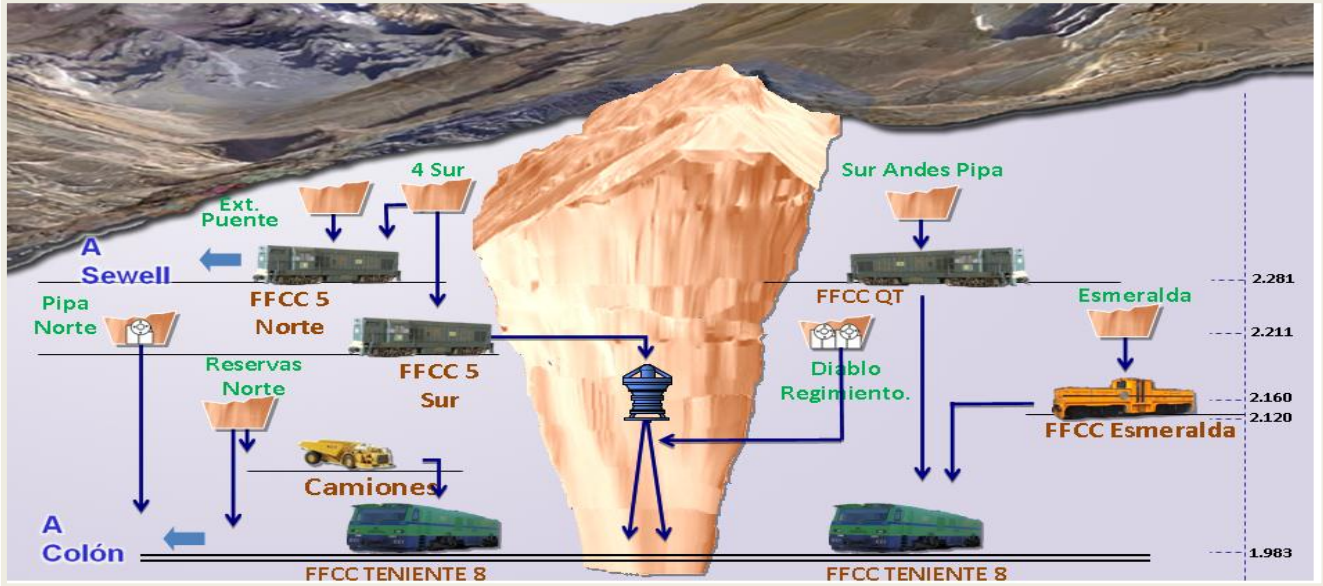
## **4. ANTECEDENTES GENERALES**

### **4.1 MINA EL TENIENTE**

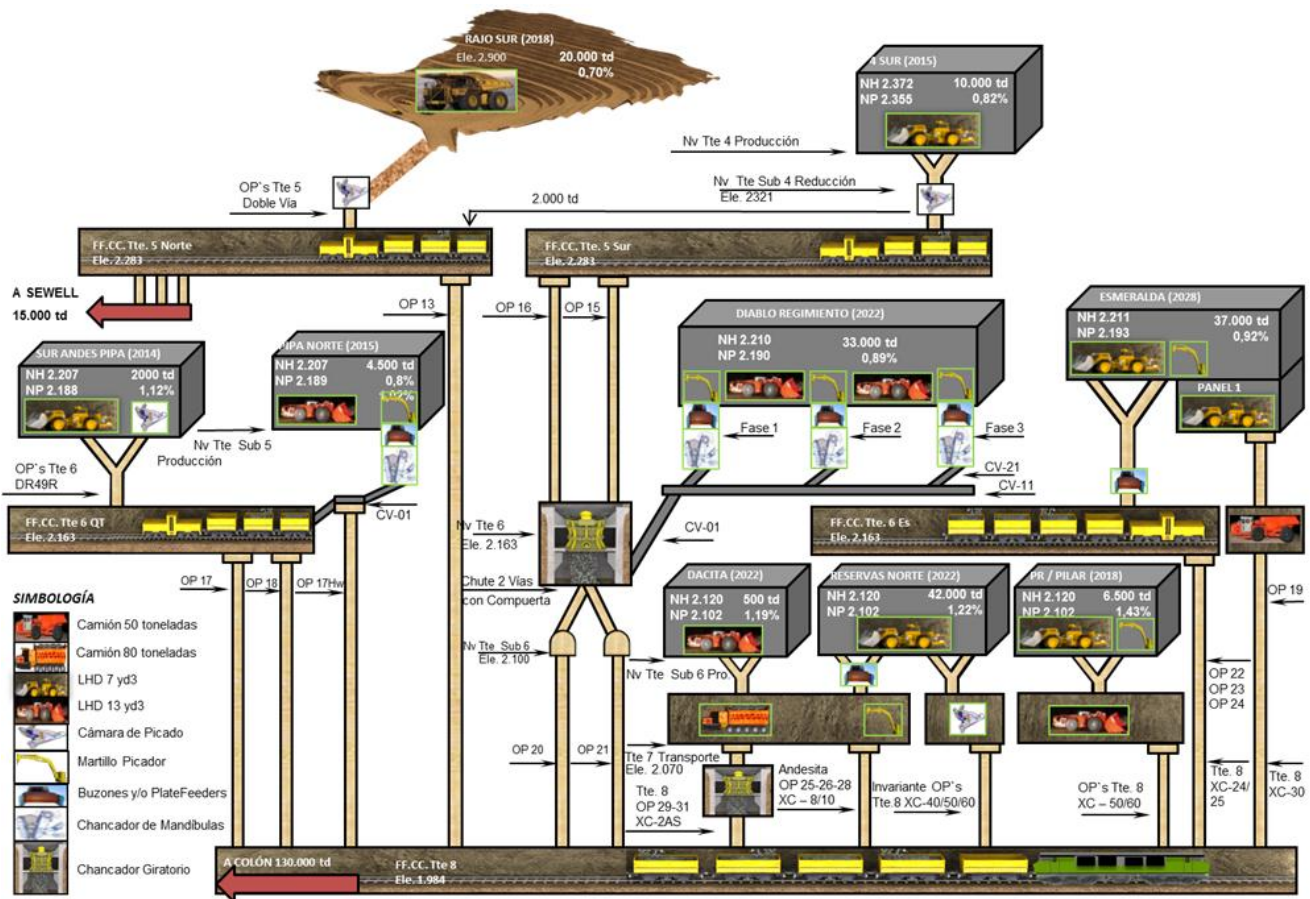
Mina El Teniente es uno de los yacimientos de cobre más grandes del mundo con recursos geológicos y de material quebrado equivalentes a 4.500 Mt (millones de toneladas) con una ley de corte de 0,2 % Cu. Sus reservas mineras declaradas en el plan minero vigente PND2015 alcanzan 1800 Mt @ 0.92% Cu. El diseño y operación en Mina El Teniente tiene diversos sectores productivos explotados con métodos de Panel Caving y sus variantes, destacando procesos y operaciones unitarias con una variedad de equipos mineros tales como LHD, Camiones, Ferrocarriles, Salas de chancado. Además, molienda en Sewell y Colón, continuando luego con los procesos de flotación en Colón y finalmente fundición y refinación en Caletones. Las siguientes figuras muestran gráficamente la operación.



**Figura 4-1: Proceso Productivo El Teniente**



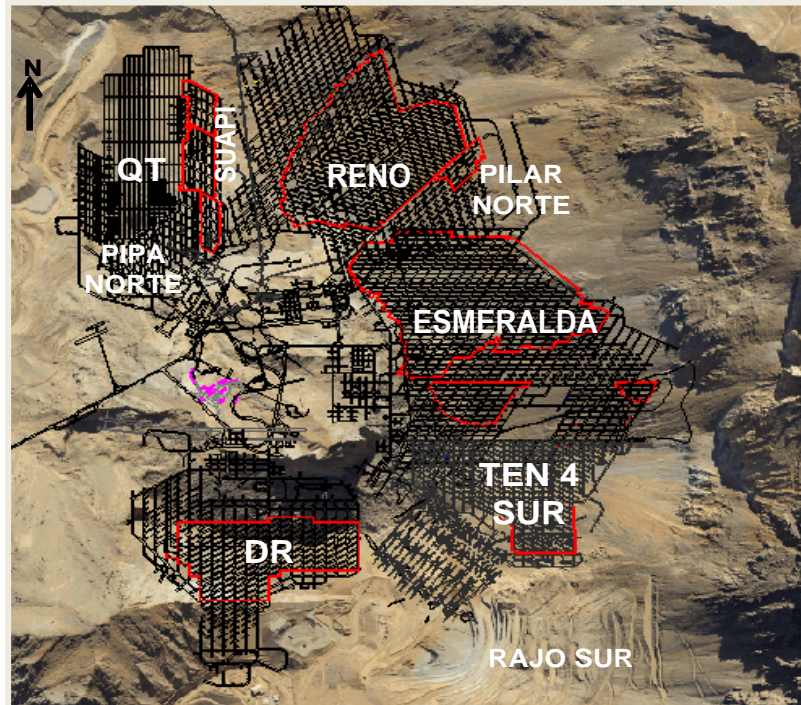
**Figura 4-2: Perfil Mina Teniente (Subterránea) y Sectores Productivos**



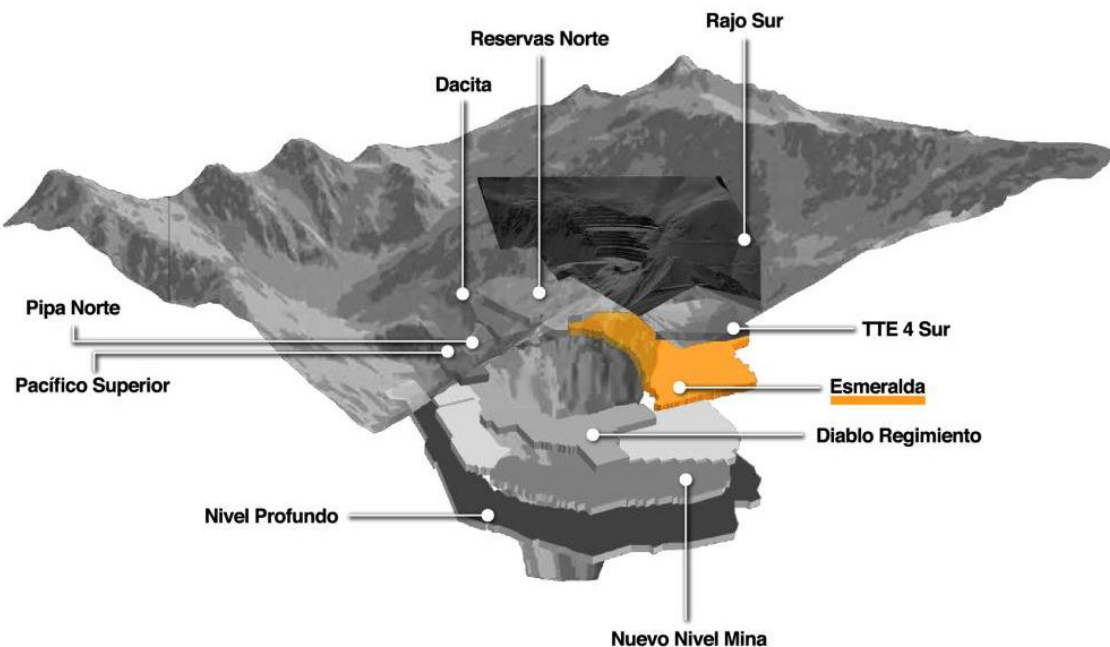
**Figura 4-3: Descripción Mina el Teniente y Sectores Productivos**

## 4.2 MINA ESMERALDA

Dentro de los sectores productivos en Teniente, Esmeralda es una de las áreas más representativas y una de las operaciones en donde se desarrolló el programa de implementación de la metodología LEAN durante el segundo semestre 2013. Las siguientes figuras muestran la ubicación del sector.



**Figura 4-4: Vista en Planta Sectores Productivos Mina el Teniente**

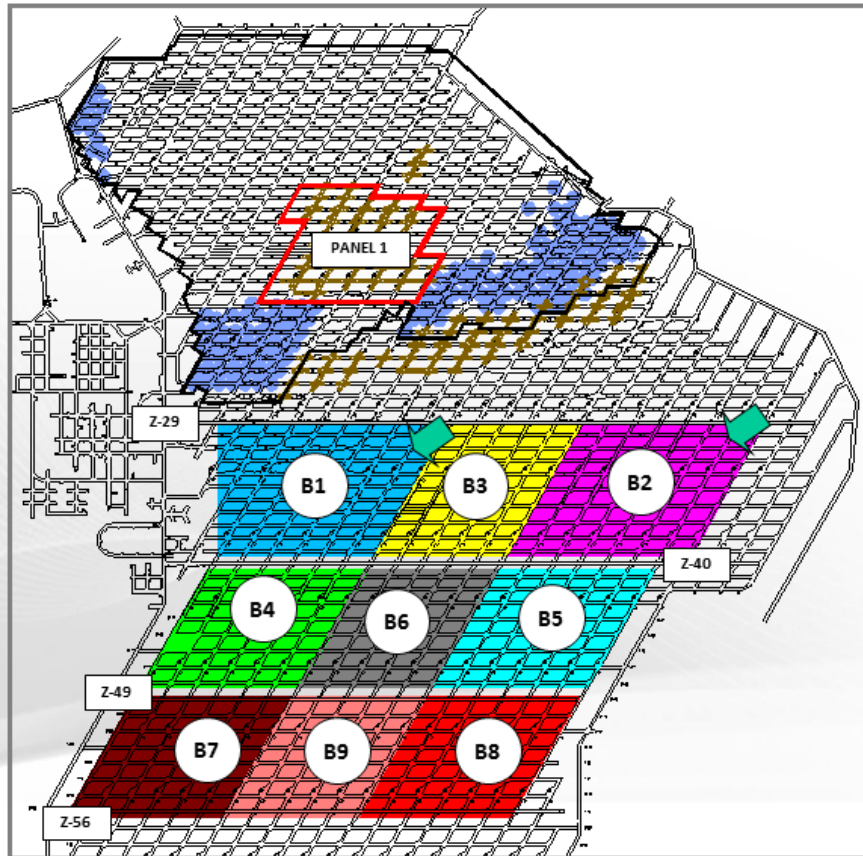


**Figura 4-5: Vista Isométrica Sectores Mina el Teniente**

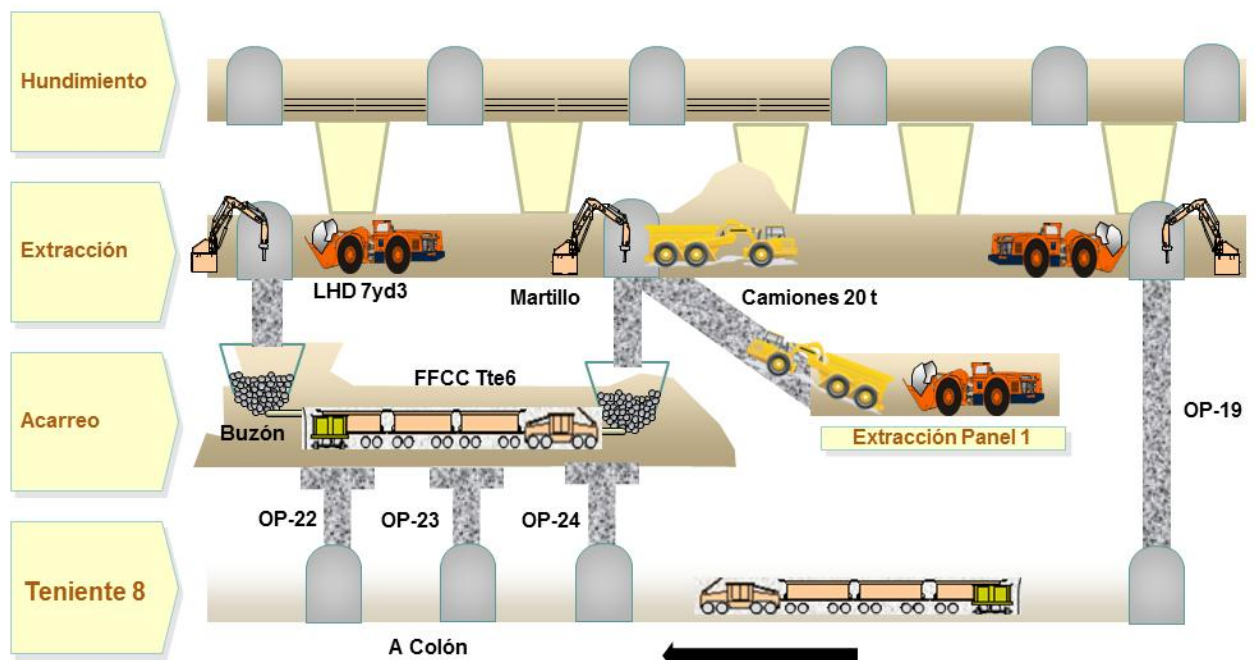
Mina Esmeralda inició sus operaciones en el año 1997 con un diseño de explotación Panel Caving con variante de hundimiento avanzado en un polígono de explotación que alcanza 630.000 m<sup>2</sup> y crecimiento en incorporación de área a producción en un gran frente único. Además, considera tres niveles de actividades mineras:

- **Nivel de hundimiento (cota 2211):** en donde se realizan trabajos de fracturamiento hidráulico ascendente y perforación en las paradas radiales para posteriormente con tronaduras entregar mineral a producción
- **Nivel de extracción (cota 2193):** en donde vía equipos mecanizados LHD diésel se realizan trabajos de extracción de mineral vaciando a piques intermedios de traspaso. Además se realizan trabajos de perforación y tronaduras de bateas
- **Nivel de acarreo (cota 2163):** se recibe el mineral acopiado en los piques intermedios de traspaso y se acarrea con locomotoras eléctricas a tolvas de traspaso que llegan al nivel principal TTE8, el cual traslada el mineral a la planta de procesamiento Colón.

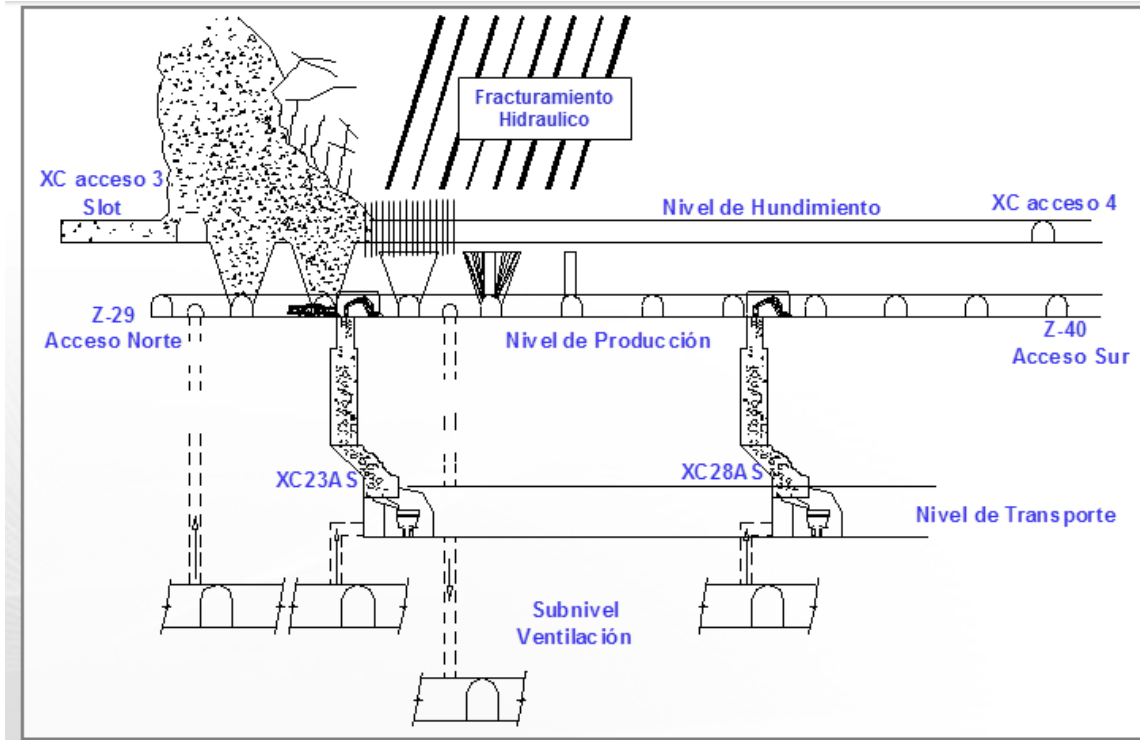
Actualmente la secuencia de explotación presenta un cambio en su diseño original y considera una explotación con frentes de menor tamaño (bloques) alternados e incorporando un sector bajo el área central colapsada denominado Panel 1 el cual incluye un manejo de materiales con camiones en el nivel de acarreo. Las siguientes figuras muestran la secuencia de crecimiento y diseño minero con los niveles de actividad indicados anteriormente.



**Figura 4-6: Crecimiento Mina Esmeralda**



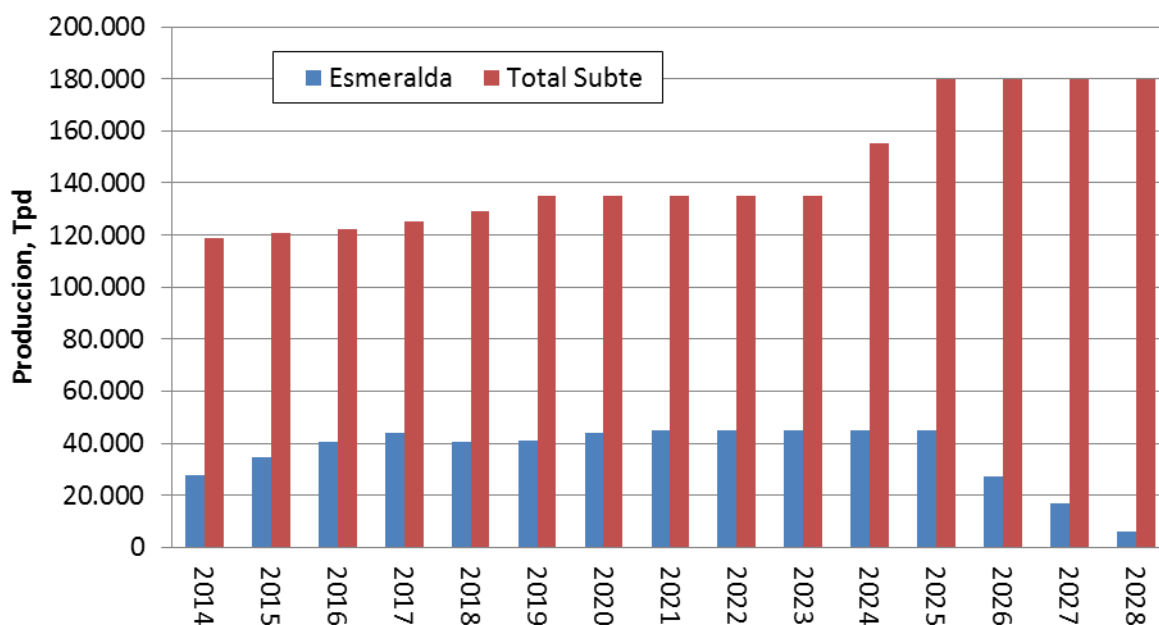
**Figura 4-7: Esquema Mina Esmeralda**



**Figura 4-8: Diseño Minero en Bloques Esmeralda**

Importante destacar que Mina Esmeralda es un sector estratégico y su compromiso productivo es muy relevante para el cumplimiento del plan de negocios en División El Teniente. La siguiente figura muestra el plan de producción para todo el horizonte productivo de Esmeralda según plan de negocios PND2014.





**Figura 4-9: Plan Minero Largo Plazo Esmeralda y Total Mina Subterránea**

De acuerdo con la figura anterior, el aporte promedio de Esmeralda alcanza 1/3 del total a extraer del plan global subterráneo. De ahí entonces la importancia del estudio a realizar en este sector en particular.

## **5. MARCO CONCEPTUAL**

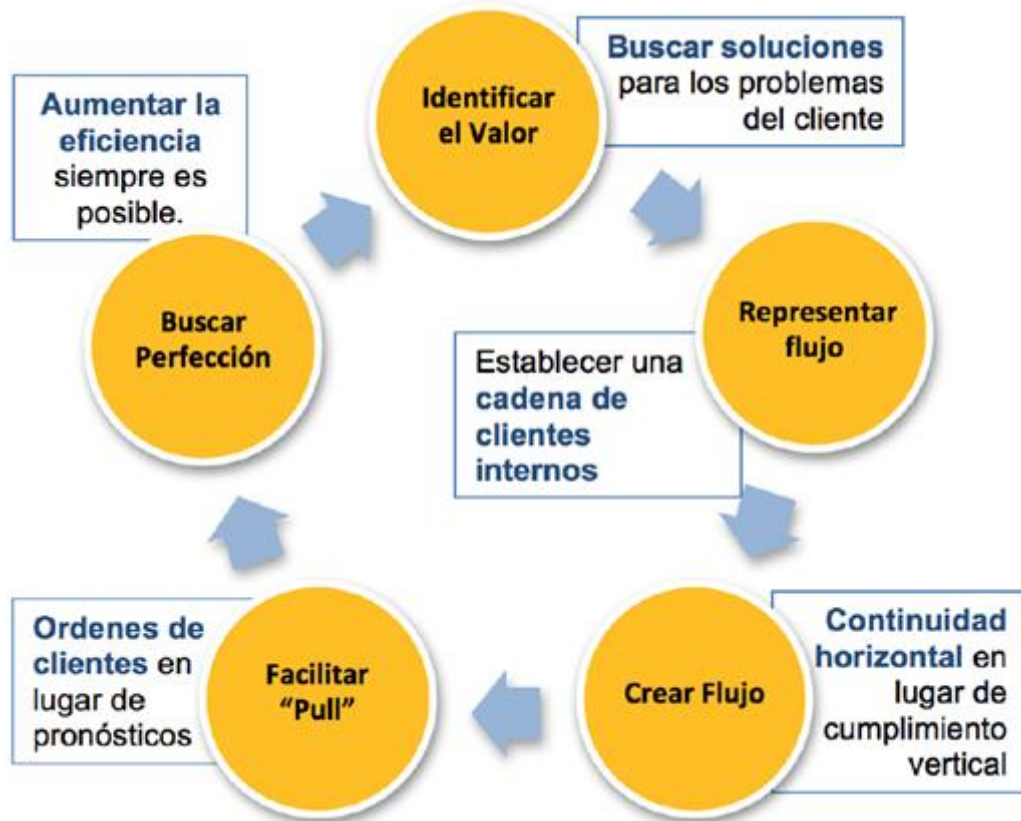
### **5.1 LA FILOSOFÍA LEAN**

Lean surge en la época de post Segunda Guerra Mundial como un sistema fundamentalmente más eficiente que la producción en masa. Es un método de trabajo diseñado a partir de la experiencia de la empresa automotriz Toyota, que desde la década de 1950 encontró una manera de desarrollar su proceso productivo, logrando mejores resultados (calidad, producción, flexibilidad, etc.) con menos recursos (esfuerzo humano, herramientas, espacio físico, etc.).

El pensamiento Lean es el proceso dinámico, determinado por el conocimiento y focalizado en el cliente mediante el cual todas las personas en una empresa determinada eliminan de manera continua los desechos y crean valor.

La filosofía LEAN se basa en 5 principios (Figura 6-1):

- 1. Identificar el valor:** implica centrarse en aquellas actividades o procesos productivos que agregan valor al cliente final.
- 2. Representar el flujo:** implica examinar y ejecutar los procesos desde el punto de vista de lo que busca el cliente final, considerando a su vez cada proceso como cliente del proceso anterior y proveedor del proceso siguiente.
- 3. Crear flujo:** busca la mayor continuidad posible entre los diversos procesos y actividades productivas permitiendo encontrar el óptimo global del proceso productivo.
- 4. Pull (Tirar):** producción de acuerdo a las necesidades del cliente final, con el objetivo de mantener pequeñas cantidades de inventario y evitar la sobreproducción.
- 5. Buscar perfección:** busca siempre mejorar cada uno de los procesos que existen, se basa en el lema: "el estado actual es el peor estado posible".



**Figura 5-1: Principios de la Filosofía LEAN**

Además, el pensamiento LEAN está basado en 2 pilares principales:

**1.- Mejoramiento continuo.**

**2.- Participación activa de los trabajadores.**

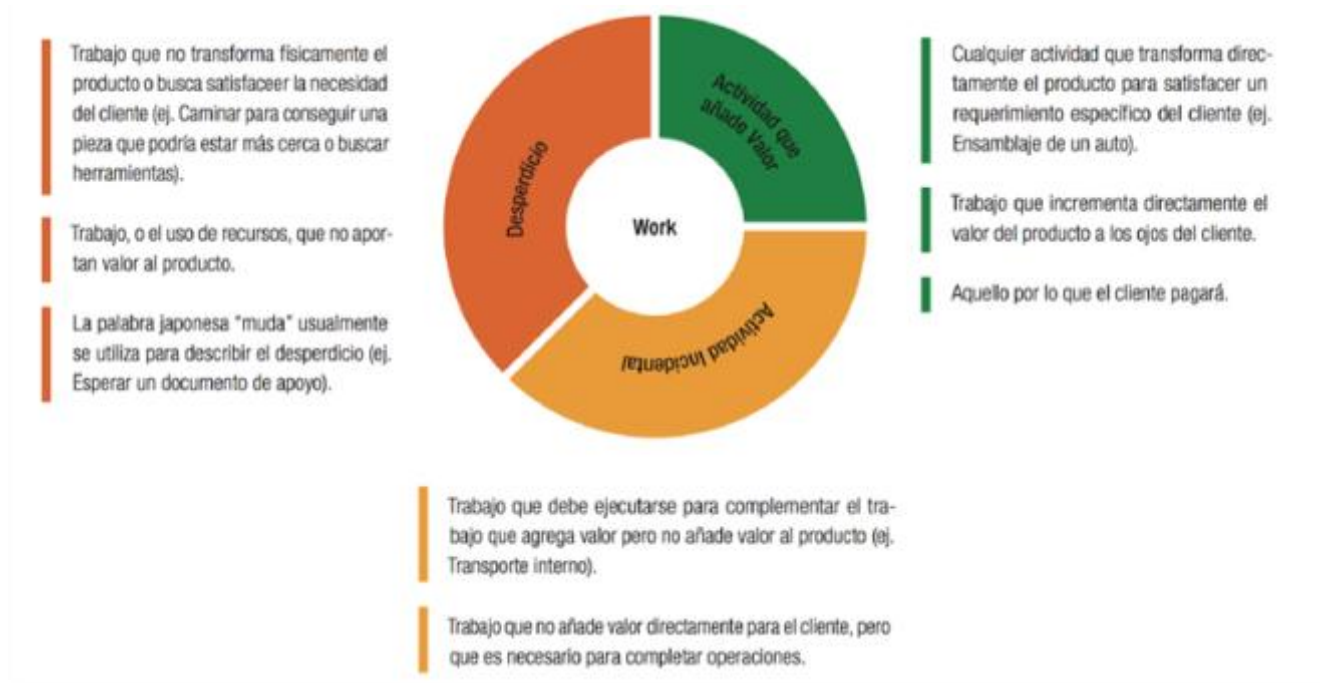
De esta manera, a los trabajadores se les incentiva a utilizar todas sus capacidades para mejorar su propio entorno de trabajo.

El mejoramiento de los procesos que persigue la metodología LEAN se encuentra principalmente basado en la reducción de tres inhibidores de eficiencia:

- Desperdicios.
- Variabilidad.
- Inflexibilidad.

### 5.1.1 Eliminación de Desperdicios

El conjunto de actividades que se realizan diariamente en el trabajo se pueden distribuir en tres categorías dependiendo de la utilidad que éstas representan para el cliente: actividades que añaden valor, actividades incidentales y desperdicios.



**Figura 5-2: Esquema Actividades de Trabajo**

De acuerdo a lo establecido en la figura anterior, se desprende que los desperdicios corresponden a cualquier actividad absolutamente innecesaria para la realización del trabajo. De acuerdo con la filosofía LEAN se han identificado 8 clásicos tipos de desperdicios, los cuales deben ser eliminados para así aumentar la proporción de las actividades que añaden valor, generando beneficios para los clientes, la organización y los empleados. La siguiente figura ilustra gráficamente estos clásicos desperdicios.



**Figura 5-3: Desperdicios clásicos en el trabajo**

### **5.1.2 Estándares de Excelencia Operacional**

La aplicación de la filosofía LEAN y sus consecuentes beneficios para cualquier organización (mayor calidad, menores costos, aumento de productividad, etc.), se encuentran directamente relacionados con la instauración de soportes dentro de la cultura organizacional. A partir de lo anterior se han establecido cuatro tipos de estándares, llamados estándares de excelencia operacional, los cuales permiten la correcta asimilación de esta filosofía dentro de la metodología diaria de trabajo. Además, estos estándares definen con claridad el comportamiento esperado de los supervisores para lograr sustentar en el tiempo los cambios que la filosofía LEAN incorpora en los distintos ámbitos de la estructura organizacional. Los estándares de excelencia operacional corresponden a:

1. Estándares Operacionales y Confirmación de Procesos.
2. Estándar de Gestión del Desempeño.
3. Estándar de Resolución de Problemas.
4. Estándar de Desarrollo del Equipo.

Es importante señalar que estos estándares poseen características muy relevantes:

- Son dinámicos, es decir, que se deben ir ajustando dependiendo de las circunstancias actuales de la organización.
- Son aplicables en cualquier área (extracción, carguío y transporte, F.F.C.C., mantención, interacciones entre áreas etc.).
- Los distintos tipos de estándares no deben ser implementados de manera individual, sino que cada uno debe ser considerado como un complemento de los demás con el objetivo de lograr los resultados deseados.

En la siguiente figura se puede apreciar el ámbito de aplicación de los estándares de excelencia operacional dentro de la estructura organizacional:



**Figura 5-4: Integración de los Estándares de Excelencia Operacional**

## **5.2 ESTANDARES OPERACIONALES Y CONFIRMACION DE PROCESOS**

### ***5.2.1 Estándar Operacional***

Los estándares operacionales corresponden a una descripción didáctica y sencilla de la manera en la cual debe realizarse una tarea específica, para que así todas las personas que deban desarrollarla lo hagan de la misma manera. Permiten definir procesos seguros, eficientes, con calidad y alta producción que son repetibles todos los días.

Los estándares operacionales generan el desempeño más consistente posible, minimizando la variabilidad en las prácticas y resultados operacionales. Además, reafirman y concretizan la preocupación por temas relacionados con seguridad.

A través de los estándares operacionales se pueden organizar y utilizar los recursos de modo que se reduzcan los desperdicios en los procesos operativos.

Considerando que los estándares escritos pueden ser constantemente modificados para ajustarse a las circunstancias de los procesos operativos, se establece que son un elemento trascendental dentro de la mejora continua que busca la filosofía LEAN.

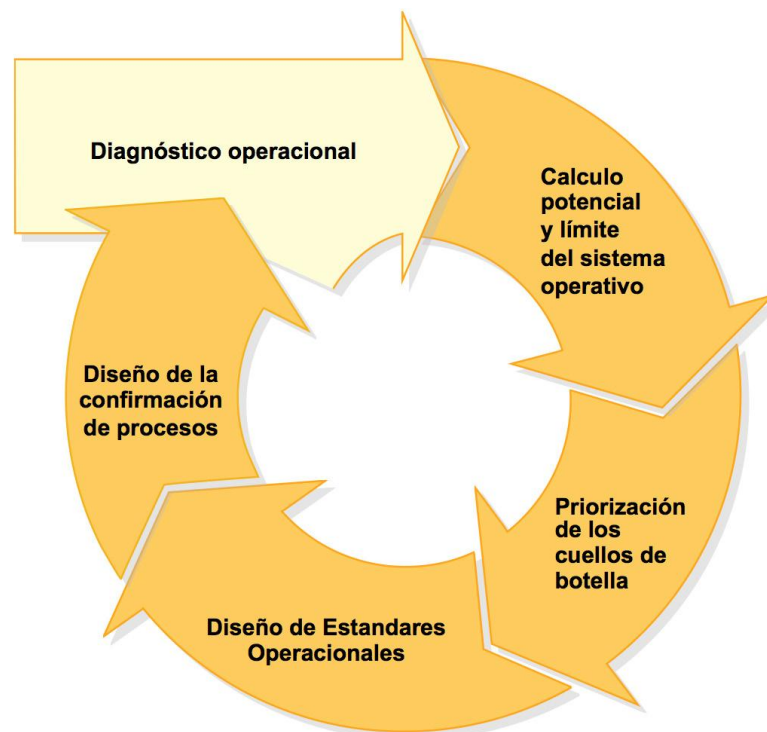
### **5.2.1 Confirmación de Procesos**

La confirmación de procesos es un checklist que permite corroborar el cumplimiento de los estándares operacionales y por ende medir la adherencia operacional.

A través de la confirmación de procesos se pueden priorizar las actividades y procesos críticos en los cuales no se está respetando la manera acordada de realizar cierta tarea específica.

## **5.3 DISEÑO DE ESTÁNDARES OPERACIONALES Y CONFIRMACIÓN DE PROCESOS**

El diseño de los estándares operacionales y su correspondiente confirmación de procesos es una secuencia que requiere 5 etapas principales:



**Figura 5-5 Diseño de Estándares Operacionales y Confirmación de Procesos**

### 5.3.1 Diagnóstico Operacional

El diagnóstico operacional se basa en la recopilación y análisis de información del proceso para el cual se busca generar los estándares operacionales. El objetivo del diagnóstico es identificar cuáles son las brechas y cuellos de botella en el estado actual del proceso productivo.

Para la identificación de brechas y cuellos de botella, existe una herramienta LEAN muy útil que permite establecer la efectividad / eficiencia de equipos o procesos llamada Overall Equipment Effectiveness (OEE) / Overall Process Efficiency (OPE). A continuación se explican ambas herramientas y también enseguida las herramientas "5 S".

#### 5.3.1.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Es una herramienta que permite analizar el tiempo efectivo de utilización de las máquinas o sistemas técnicos, con lo cual se puede obtener el nivel de eficiencia de su uso. Se fundamenta en el hecho de que las máquinas son diseñadas sobre la base de una cierta capacidad de producción, aunque en la práctica, por diferentes razones, la producción siempre es menor a dicha capacidad.

El OEE considera las principales fuentes de pérdida de eficiencia y las posiciona en categorías para monitorear y mejorar el desempeño de manera más fácil y estructurada. En la siguiente figura se puede apreciar la estructura general de un OEE:

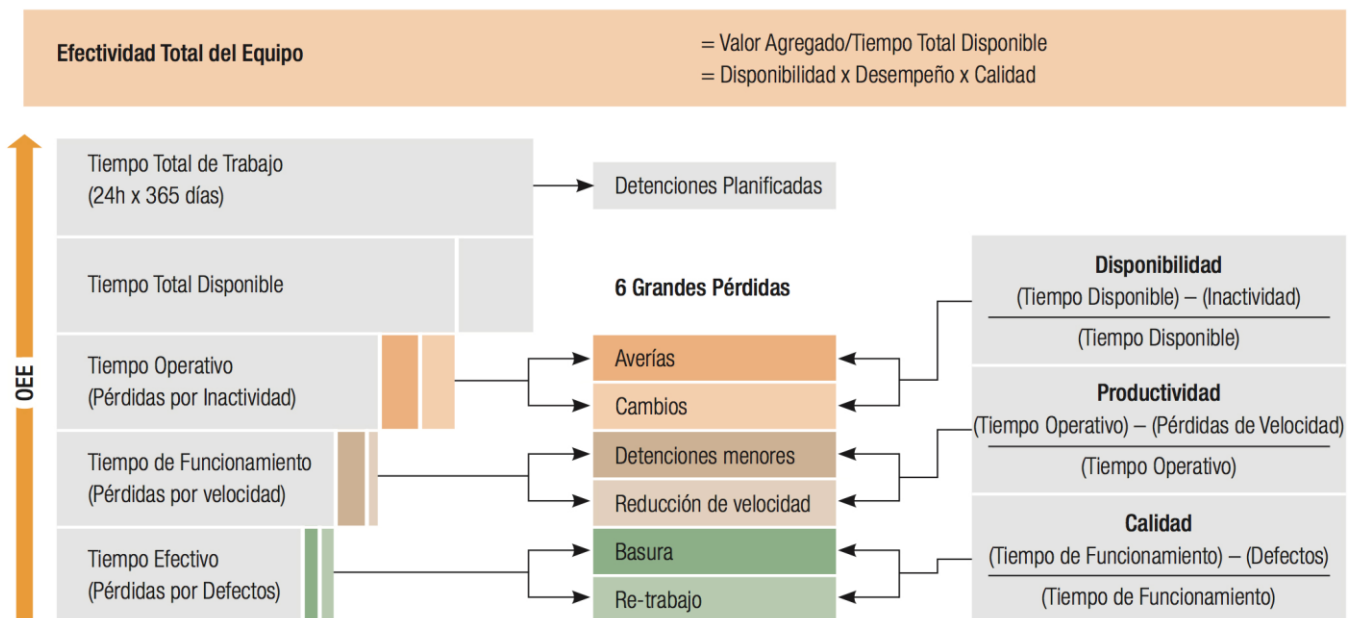
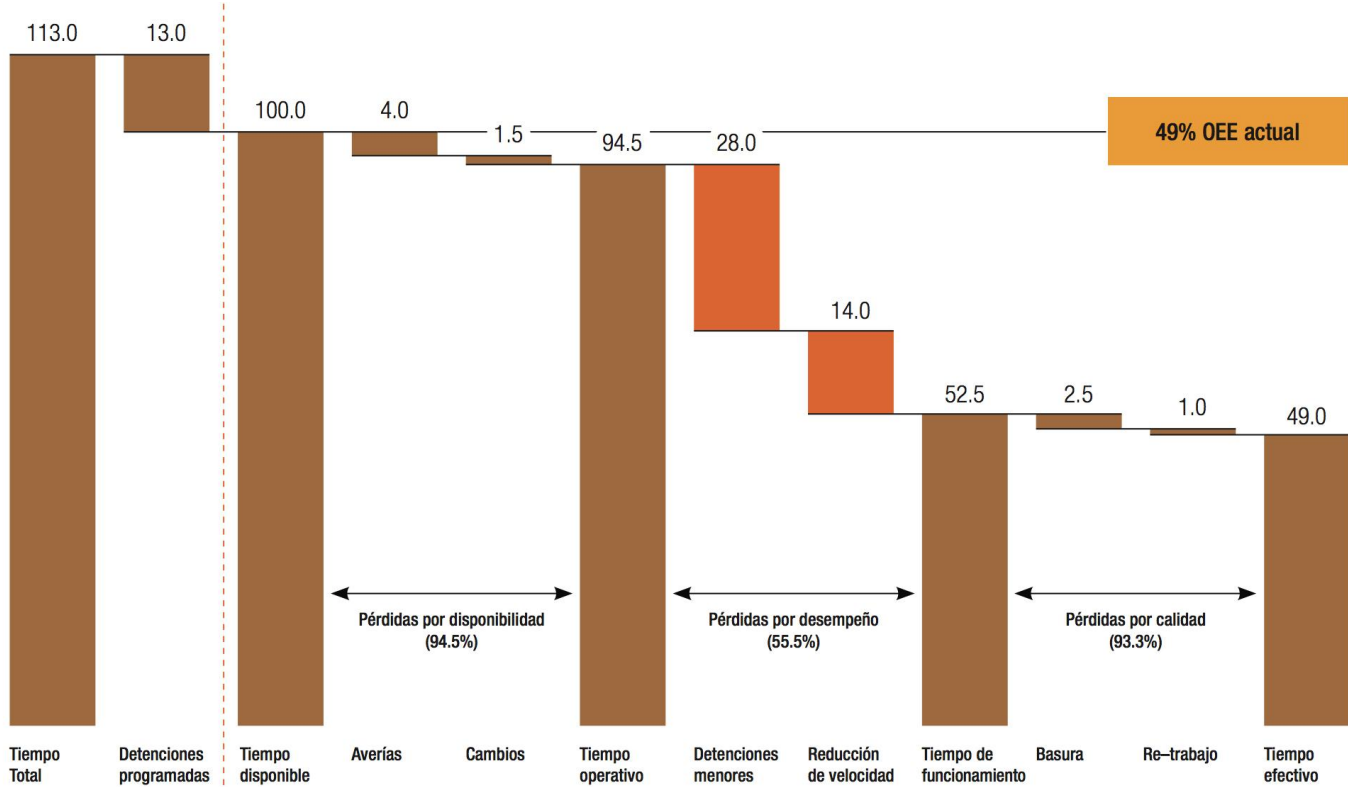


Figura 5-6: Estructura OEE



Al observar la figura anterior, se detectan 6 principales fuentes de pérdida de eficiencia (averías, cambios, detenciones menores, reducción de velocidad, re-trabajo y basura) que generan una disminución de los 3 parámetros fundamentales para la producción industrial (disponibilidad, productividad y calidad).

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de cálculo de un OEE que muestra la diferencia entre el tiempo total disponible y el tiempo efectivo real:



**Figura 5-7: Ejemplo OEE**

Este tipo de herramienta también puede ser utilizada para analizar la eficiencia de las actividades humanas, lo que permite identificar qué porcentaje del tiempo dedicado al trabajo efectivamente aporta valor en la cadena de producción. Si se analiza la eficiencia del trabajo manual, la herramienta recibe el nombre Overall Process Efficiency (OPE).

### **5.3.1.2 Herramienta 5S**

La herramienta de las 5S es un enfoque estructurado que permite la organización de los lugares de trabajo y la optimización de los procesos a través del desarrollo de una cultura de disciplina y orden. Esta herramienta apunta a un funcionamiento más eficiente, más ordenado y que tiende a reducir las pérdidas por procesos de producción con defectos. Posee una serie de beneficios sobre las personas, la calidad del trabajo y el desempeño de las organizaciones que se indican a continuación:

- Funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas
- Reducción de pérdidas y mermas por producciones con defectos
- Mayor calidad
- Incremento vida útil de equipos
- Mejorar las condiciones de higiene y seguridad industrial
- Generar una mayor motivación por parte de los empleados
- Crear una cultura organizacional

El nombre 5S (ver figura 6-8) proviene de las iniciales de 5 etapas que se deben llevar a cabo continuamente para lograr este planteamiento sistemático de gestión:

- 1. Separar los innecesarios:** Retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, tanto en áreas de producción como en áreas administrativas.
- 2. Situar necesarios:** Organizar los elementos que se han clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad.
- 3. Suprimir suciedad:** Limpiar áreas de trabajo y equipos. Diseñar aplicaciones que permitan hacer más seguros los ambientes de trabajo.
- 4. Señalizar anomalías:** Estandarizar el nuevo estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3S y señalar cualquier anomalía con respecto al estado deseado.
- 5. Seguir mejorando:** Mantener la disciplina para evitar que se rompan las normas ya establecidas. Involucra control periódico, autocontrol de las personas, etc.



**Figura 5-8: Esquema de las 5S**

Aplicando correctamente esta herramienta es posible obtener resultados tan impactantes como los presentados en la siguiente figura 6-9.

**Antes**



**Después**



**Antes**



**Después**



**Figura 5-9: Aplicación ilustrativa de las 5S en oficinas y talleres**

### **5.3.2 Cálculo de Potencial y Límite del Sistema Operativo**

A partir de las brechas y cuellos de botella encontrados en el diagnóstico, se deben generar palancas de mejora operacionales. Estas palancas son acciones concretas que permiten incrementar el desempeño y por ende disminuir las brechas actuales del proceso.

Posteriormente, a través de justificaciones y argumentos válidos se debe cuantificar el potencial de mejora de cada palanca, con lo cual se estipula el límite del sistema operacional.

El objetivo de establecer el límite del sistema operativo no es sólo generar las metas u objetivos deseados para cada palanca, sino que además se debe relacionar objetivamente cada una de las mejoras operacionales con el impacto final de desempeño que éstas conllevan (producción, disponibilidad, etc.).

### **5.3.3 Priorización de los Cuellos de Botella**

Al haber relacionado cada una de las palancas de mejora con el impacto final de desempeño respectivo, es fácil priorizar aquellas palancas en las cuales se deben enfocar los esfuerzos por modificar la manera actual de hacer las cosas con el objetivo de reducir los cuellos de botella correspondientes. Es así como en esta etapa ya se tiene claridad sobre qué tareas del proceso productivo deberían ser estandarizadas.

#### **5.3.3.1 Diseño de Estándares Operacionales**

Un estándar operacional es la concretización de las iniciativas ideadas para lograr el potencial de mejora de las palancas seleccionadas en la priorización de los cuellos de botella.

Los estándares operacionales tienen una estructura muy sencilla para que así cualquiera logre entender rápidamente su contenido.

Sus componentes principales son los siguientes:

- Título.
- Explicación breve del estándar.
- Objetivos.
- Responsable del cumplimiento del estándar.
- Valor objetivo.
- Descripción del estándar.

La siguiente figura 6-10 muestra un ejemplo de estándar operacional

Objetivo	Responsable	Valor objetivo						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento de tiempo efectivo del turno por disminución de tiempos de relevos al almuerzo.</li> <li>Mantener en todo momento del turno los LHD utilizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jefe de Turno Operaciones Sub 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minutos sin operador durante relevo</li> </ul> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; margin: 0 auto;">5</p>						
Descripción estándar operativo								
<ul style="list-style-type: none"> <li>El equipo de operadores se divide entre las siguiente funciones: Operadores LHD, Rikotus, Telecomando Martillos, Equipo Reducción 2°, Camioneta Escolta y Bobcat.</li> <li>Los operadores intercambian posturas de la siguiente forma:</li> </ul>								
<div style="background-color: #f4a460; padding: 10px; border-radius: 10px; width: 100px; margin: 0 auto;">Primera parte del turno</div>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: #fff9c4;">Operadores LHD</td></tr> <tr><td style="background-color: #fff9c4;">Rikotus</td></tr> <tr><td style="background-color: #fff9c4;">Equipo Reducción 2°</td></tr> <tr><td style="background-color: #e8f5e9;">Bobcat</td></tr> <tr><td style="background-color: #ffe0b2;">Camioneta Escolta</td></tr> <tr><td style="background-color: #bbdefb;">Telecomando Martillos</td></tr> </table>	Operadores LHD	Rikotus	Equipo Reducción 2°	Bobcat	Camioneta Escolta	Telecomando Martillos	<div style="background-color: #f4a460; padding: 10px; border-radius: 10px; width: 100px; margin: 0 auto;">Segunda parte del turno</div>
Operadores LHD								
Rikotus								
Equipo Reducción 2°								
Bobcat								
Camioneta Escolta								
Telecomando Martillos								
<ul style="list-style-type: none"> <li>El Telecomando Martillos lo componen 2 operadores que van cambiando cada día del turno (relevo entre ellos).</li> <li>La camioneta escolta es manejada por 1 operador que va cambiando cada día del turno (relevo con un operador LHD de la primera parte sólo durante la hora de almuerzo).</li> <li>El Equipo de Reducción 2° y Rikotus tienen ventana de almuerzo desde las 11:30 hasta las 12:30.</li> <li>El equipo de Operadores LHD tienen ventana de almuerzo desde las 12:30 hasta las 13:30.</li> <li>El operador de la camioneta escolta tiene ventana de almuerzo desde las 13:30 hasta las 14:30.</li> </ul>								

**Figura 5-10: Ejemplo estándar operacional**

Aparte de la estructura recién expuesta en la figura anterior, también se puede utilizar una versión más resumida de los estándares que posee un mayor atractivo visual. Esta estructura se puede apreciar en la siguiente figura 6-11.

Estándar de Inicio de Turno para Operadores															
• Llegada de bus sub 5			08:00 16:00 00:00												
• Inicio charla de seguridad:			08:10 16:10 00:10												
• Dialogo operadores y entrega postura:		A la 404	08:15 16:15 00:15												
• Primera Baldada:		<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>B1</th> <th>B2</th> <th>Panel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>08:40</td> <td>08:45</td> <td>08:50</td> </tr> <tr> <td>16:40</td> <td>16:45</td> <td>16:50</td> </tr> <tr> <td>00:40</td> <td>00:45</td> <td>00:50</td> </tr> </tbody> </table>	B1	B2	Panel	08:40	08:45	08:50	16:40	16:45	16:50	00:40	00:45	00:50	
B1	B2	Panel													
08:40	08:45	08:50													
16:40	16:45	16:50													
00:40	00:45	00:50													
Perseguimos la excelencia en todo lo que hacemos y practicamos el mejoramiento continuo, para estar entre los mejores de la industria.															

**Figura 5-11: Ejemplo estándar operacional resumido**

Dependiendo de las iniciativas que se quieran llevar a cabo a través de los estándares operacionales, éstos van a contener información variable, por ejemplo:

- Si se quiere establecer una reunión, el estándar debería contener el día / hora de realización de la reunión, los participantes, la agenda, etc.
- Si se busca mejorar los sistemas de información, el estándar debería contener instrucciones claras sobre la nueva manera de manejar la información, etc.
- Si se necesita mejorar alguna práctica operativa, el estándar debería ser capaz de explicar didácticamente la nueva forma de realización de la tarea, etc.

Es relevante mencionar que en cualquier área es trascendental promover un enfoque estructurado que permita la organización de los lugares de trabajo y la optimización de los procesos a través de una cultura de disciplina y orden.

### ***5.3.3.2 Diseño de la Confirmación de Procesos***

Una vez que ya se han establecido los estándares operacionales, se debe diseñar una confirmación de procesos para corroborar la adherencia a éstos. La confirmación de procesos debe ser un checklist muy sencillo con preguntas objetivas que permitan discernir rápidamente el cumplimiento de los estándares operacionales.

Es muy importante que las confirmaciones de proceso tengan un espacio destinado a la identificación de la persona que la realiza y un lugar para escribir compromisos que puedan ayudar a aumentar la adherencia a los estándares operacionales a lo largo del tiempo.

En la siguiente figura 6-12 se muestra un ejemplo de confirmación de proceso.

Checklist de Confirmación de Procesos - Extracción LHD Mina Reservas Norte		¿Cumple? (Si / No)
<b>1 N° de LHD por Calle</b> (En cualquier momento) Si hay más de 14 palas disponibles mecánicamente ¿Hay 14 palas operando? (En cualquier momento) ¿El N° de LHD en cada calle cumple el estándar?		
<b>2 Inicio de Jornada</b> (Al inicio de turno) ¿Reunión de traspaso de información con JdT saliente cumple con agenda (contenido y horario)? (Al inicio de turno) ¿Reunión de inicio de turno cumple con agenda (contenido y horario)? (Al inicio de turno) ¿Sabe el JdT qué equipos irán a mantención planificada durante el turno? (En cualquier momento) ¿El tablero de KPIs se encuentra actualizado con todos los datos hasta el turno anterior? (En cualquier momento) ¿Se completó correctamente la información del turno anterior en la pizarra? (En cualquier momento) Al revisar el Dispatch ¿Se cumple la hora para la primera baldada?		
<b>3 Fin de Jornada</b> (Fin de turno) Al revisar el Dispatch ¿Se cumple la hora para la última baldada?		
<b>4 N° de Calles Quemadas</b> (Fin de turno) ¿Se quemaron al menos 4 calles durante el turno?		
<b>5 Petroleo LHD</b> (Al inicio de turno) ¿Se cumple que ningún LHD está petroleando al inicio de turno? (Al inicio de turno) ¿Todos los LHD fueron entregados por el turno anterior con más de un cuarto del estanque? (Durante petroleo) El LHD que está petroleando, ¿Cumple alguna de las razones que especifica el estándar? (Al fin de turno) ¿Se cumple que ningún LHD está petroleando al fin de turno? (Al fin de turno) ¿Todos los LHD fueron entregados con más de un cuarto del estanque? (Al fin de turno) ¿Se petrolearon al menos 6 LHD durante el turno?		
<b>6 Operación en días de tronaduras</b> (En cualquier momento) Revisar registro de tronaduras ¿Todas las tronaduras se han realizado al final de turno B? (En cualquier momento) En caso que se la tronadura se haya cancelado, ¿Se aviso en el horario establecido en el estándar? (En cualquier momento) ¿El CARTIR cumple con las condiciones especificadas en el estándar para los días de realización de tronaduras?		
<b>7 Relevo de Operadores Durante Almuerzo</b> (En la segunda parte del turno) ¿Los intercambios de funciones de los operadores se realizaron según el estándar? (En la segunda parte del turno) ¿Se respetaron los horarios de ventana de almuerzo para las distintas funciones de los operadores?		
Fecha:	(i) Total puntos en cumplimiento	
Hora:	(ii) Total puntos evaluados	
Checklist realizado por:	% Cumplimiento ((i)/(ii))	
Firma:		
Compromiso / Nivel de Satisfacción	Responsable	Fecha Vencimiento

**Figura 5-12: Ejemplo confirmación de proceso**

## 5.4 IMPLEMENTACIÓN DE ESTÁNDARES OPERACIONALES Y CONFIRMACIÓN DE PROCESOS

Al tener establecidos tanto los estándares operacionales como la confirmación de procesos, es importante considerar algunos aspectos:

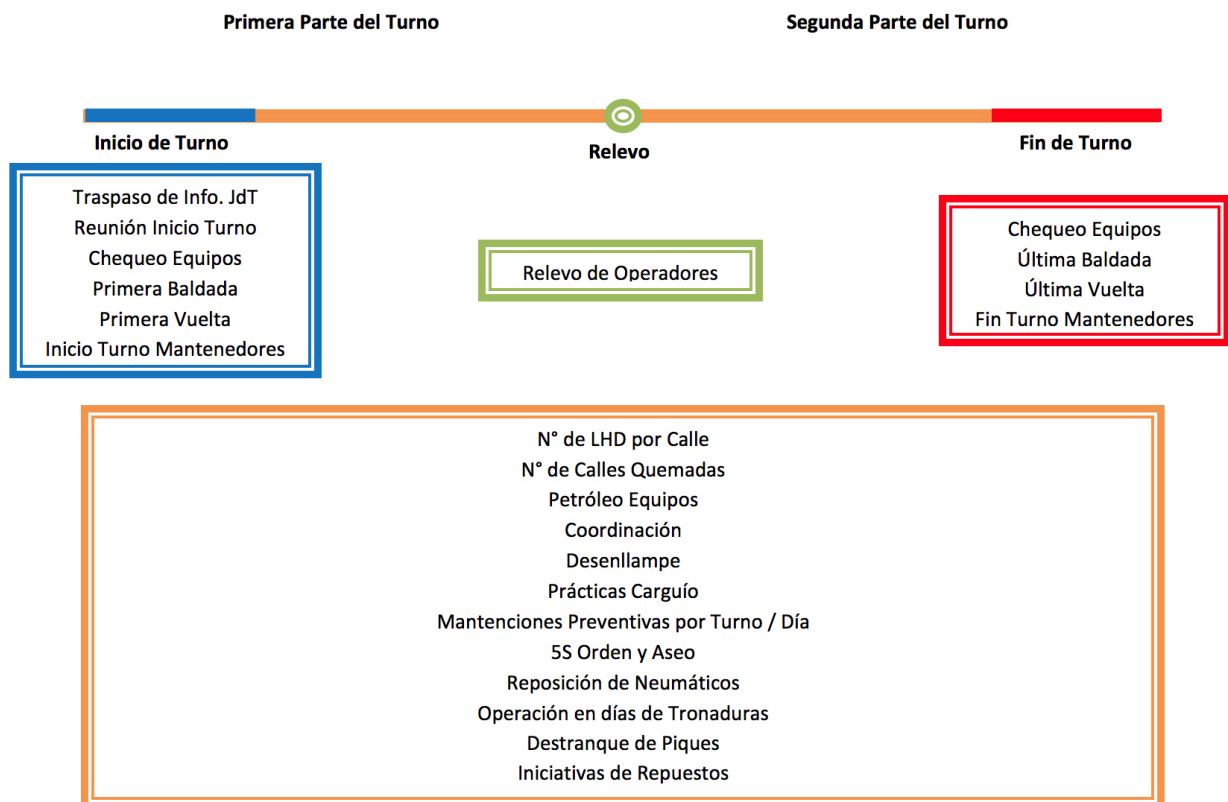
- Los estándares operacionales deben ser claramente informados a todo nivel de la organización y debieran estar ubicados en lugares visibles para que todos tengan conocimiento de la información que contienen.
- La confirmación de procesos es una herramienta que puede ser usada por cualquier integrante de la organización por lo cual es recomendable mantener permanentemente un stock de confirmaciones vacías en algún lugar de fácil acceso.

Considerando que este tipo de estándar está íntegramente relacionado a los sistemas operativos, su aplicabilidad está inmersa en el desarrollo de los turnos. Es así como independiente del área en la cual se implementen



estándares operacionales (operaciones, mantención, etc.), se encontrarán algunos que aplican en distintos momentos del turno.

A continuación se presentan en la figura 6-13 un cuadro resumen con la identificación de algunos estándares operacionales incluyendo su aplicabilidad dentro del desarrollo del turno.



**Figura 5-13: Ejemplo de estándares operacionales y aplicabilidad durante el turno**

## 5.5 ESTÁNDAR DE GESTION DEL DESEMPEÑO

Otra de las actividades claves para el desarrollo de una filosofía LEAN constituye la generación de diálogos de desempeño entre las áreas que participan en la generación de valor para el negocio. Esta instancia requiere de compromisos formales entre las partes y lo que busca es simplemente conocer de una manera práctica cuales son las causas de las desviaciones en los procesos y por supuesto compartir indicadores claves de desempeño (KPI) que ilustren tendencias e inviten a un mayor trabajo y robustez del equipo.

Usualmente se utilizan tableros de control o cualquier herramienta grafica que proporcione información validada, clara y precisa. Para tales efectos y apoyado por el masivo uso de tecnologías de información y análisis de datos es posible generar fácilmente distintos KPI separados por procesos o nivel de actividad. La siguiente figura 6-14 muestra un ejemplo de tablero de control con información de KPI.

A	B	C	D	E	G	H	I	K	L	M	O	P
AREA	ENCABEZADO1	ENCABEZADO2	META MENSUAL	PROMEDIO/SUMA ULTIMO MES	SEMAFORO	META SEMANAL	PROMEDIO/SUMA ULT.	SEMAFORO	META DIARIA	PROMEDIO/SUMA AYER	SEMAFORO	VER DETALLE
PRODUCCION REAL TOTAL DR			23700	23332		26800	0		26800	0		<a href="#">VER</a>
baldadas / hora ef			17	15,4		16			16,0	0,0		<a href="#">VER</a>
Hrs Efectiva Totales			42	36		40			40	0		<a href="#">VER</a>
Baldadas Totales			564	556		638			638	0		<a href="#">VER</a>
Horas Efectivas LHD (Flota Disponible)			5,00	4,61		4,90			4,9	0,00		<a href="#">VER</a>
PRIMERA BALDADA			0:40:00	0:40:18		0:40:00			0:40:00	0:00:00		<a href="#">VER</a>
ULTIMA BALDADA			0:40:00	0:40:56		0:40:00			0:40:00	0:00:00		<a href="#">VER</a>
STANDBY			21,50	21,06		18,00			18,00	0,00		<a href="#">VER</a>
Hrs Interferencia			5,50	7,39		7,50			7,5	0,00		<a href="#">VER</a>
Frecuencia Total Atoillos (suma anteriores)			0,00	36,00		0,00	0,00		0,00	0,00		<a href="#">VER</a>
T° Total Atoillos (suma de los 4 SIGUIENTES)			0:00:00	23:16:00		0:00:00	0:00:00		0:00:00	0:00:00		<a href="#">VER</a>
Disponibilidad LHD			73,00	72,58		73,00	0,00		73	0		<a href="#">VER</a>
Disponibilidad Martillo			95%	94%		95%	100%		95%	100%		<a href="#">VER</a>
Disponibilidad F1 (Fórmula: 8-horas detención f1)/8			94%	99%		100%	100%		100%	100%		<a href="#">VER</a>
Disponibilidad F2			86%	100%		100%	100%		100%	100%		<a href="#">VER</a>
Disponibilidad F3			87%	80%		100%	100%		100%	100%		<a href="#">VER</a>
Disponibilidad LC			97%	92%		100%	100%		100%	100%		<a href="#">VER</a>

**Figura 5-14: Tablero de control y KPI utilizados en un dialogo de desempeño típico**

No obstante la información de KPI y tableros de control, para que un dialogo de desempeño funcione es importante que se cumpla con un mínimo de requerimientos para conseguir un grado de adherencia LEAN y cumplimiento de los estándares de excelencia operacional:

- Fuentes de información y mecanismos de cálculo son conocidas por todas las áreas
- Existe claridad en las metas y éstas son acordadas oportunamente para el seguimiento
- Todas las metas conllevan intrínsecamente una componente aspiracional en el sentido que primero son las necesarias para cumplir con los planes (producción por ejemplo), así como también metas que impliquen un desafío a la gestión y mejor funcionamiento en el equipo de trabajo (mejoramiento continuo)
- El personal que participa en la sesión conoce con antelación cuantitativa y cualitativamente sus indicadores y tendencias.
- El horario y lugar físico de cada sesión debe cumplir con estándares adecuados para el correcto desarrollo del diálogo. Por ejemplo, el

inicio, duración y horario de término debe acatarse y a su vez la sesión debe realizarse sin interrupciones.

## 5.6 ESTÁNDAR DE RESOLUCION DE PROBLEMAS

El objetivo de este estándar es conocer la causa raíz de las desviaciones identificadas en los diálogos de desempeño o bien de cualquier evento no esperado durante la dinámica de todo proceso u operación que haya generado pérdidas a la continuidad operacional. Necesariamente implica una rigurosidad y formalidad con el fin de encontrar acciones correctivas y/o de mitigación que garanticen la no ocurrencia de estos eventos. Existen distintos tipos de herramientas de análisis causal siendo los arboles causales uno de los mecanismos más utilizados. La figura 6-15 muestra un árbol causal para un análisis típico de fallas en equipos mineros LHD:

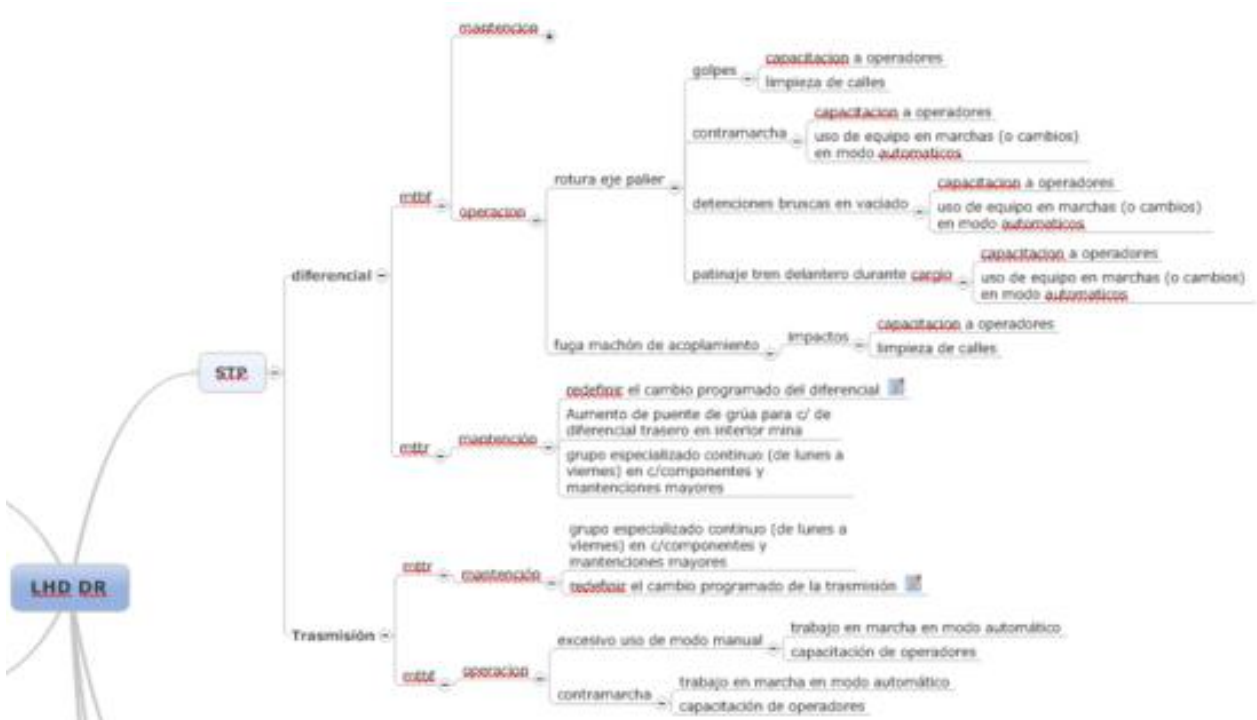


Figura 5-15: Ejemplo de análisis causal utilizando árbol causal

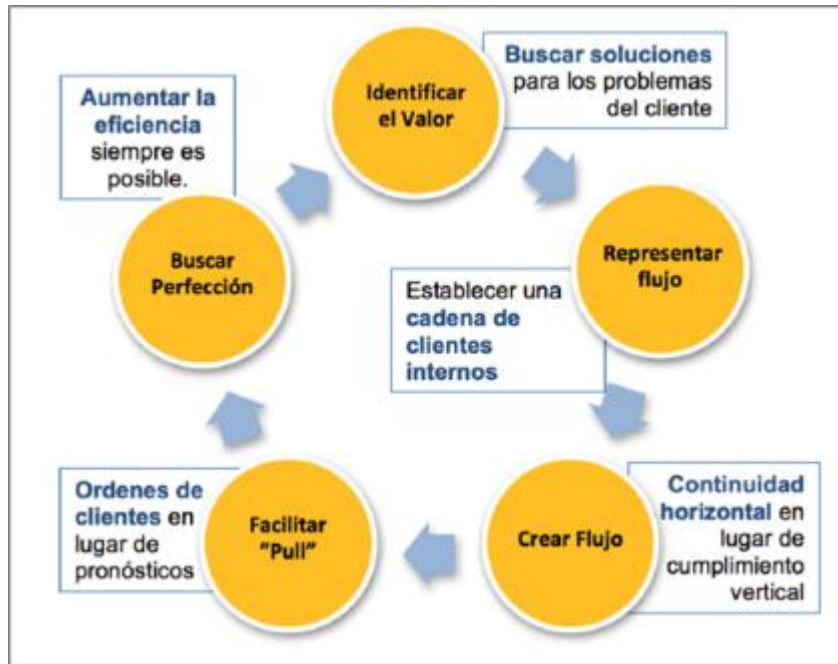
## **5.7 ESTÁNDAR DE DESARROLLO DE EQUIPO**

Uno de los pilares principales del pensamiento LEAN y su filosofía se fundamenta en la participación activa de los trabajadores. Para tales efectos es necesario generar instancias de acercamiento y participación de todo el equipo de trabajo en la generación de soluciones, ideas y por supuesto en el despliegue de todas sus capacidades para mejorar el entorno de su ambiente trabajo en términos locales y globales que sin duda aportarán al negocio.

## **6. METODOLOGÍA**

La metodología consiste en revisar la implementación de los principios de la filosofía LEAN (figura N°7-1) en cada uno de los procesos productivos asociados a la operación de mina Esmeralda en donde fue llevada a cabo. A su vez, evaluar si los estándares (figura N°7-2) y metas definidas se cumplieron y por supuesto las mejoras y kpi propuestos. Para ello, se precisará para cada principio y estándar las diferentes actividades y trabajos establecidos por la metodología LEAN.

Finalmente, revisar si las promesas y nuevo estilo de gestión se lograron alcanzar junto con el nivel de adherencia LEAN esperado. Por supuesto, determinar en términos cuantitativos y cualitativos el aporte al negocio y sustentabilidad esperado en el negocio minero (costos de operación, utilización de activos, productividad, liderazgo). Para ello, se considera realizar entrevistas al personal de distintos estamentos involucrado y una serie de mediciones y seguimiento a los indicadores clave definido en los procesos.



**Figura 6-1: Principios de la Filosofía Lean**



**Figura 6-2: Estándares de Excelencia Operacional**

Para efectos de análisis y revisión se utilizará la metodología de Estudio de Caso<sup>1</sup> que corresponde a una herramienta de investigación fundamentalmente aplicada en el área de las ciencias sociales así como en la administración. Al utilizar este método, el investigador intenta responder el cómo y el por qué, utilizando múltiples fuentes y datos. Según algunos investigadores, el estudio de caso es una estrategia de investigación dirigida a comprender las dinámicas presentes en contextos singulares, la cual podría tratarse del estudio de un único caso o de varios casos, combinando distintos métodos para la recogida de evidencia cualitativa y/o cuantitativa con el fin de describir, verificar o generar una teoría.

Con la aplicación de la metodología de estudios de casos, se busca

<sup>1</sup> El método del caso – Guías rápidas sobre nuevas metodologías. Servicio de Innovación Educativa, Universidad Politécnica de Madrid

1. Producir un razonamiento inductivo.
2. A partir del estudio de caso, la observación y recolección de datos y establecer hipótesis o teorías.
3. Producir nuevos conocimientos, o confirmar teorías que ya se sabían.
4. Hacer una crónica, un registro de lo que ha sucedido a lo largo del estudio.
5. Describir situaciones o hechos concretos.
6. Proporcionar ayuda, conocimiento o instrucción al caso estudiado
7. Comprobar o contrastar fenómenos, situaciones o hechos.
8. Explorar, describir, explicar, evaluar y/o transformar situaciones ocurrida

En función de lo anterior se define la siguiente estructura para la elaboración del estudio de caso:

1. Descripción del Caso a Estudiar.
2. Recolectar la mayor cantidad de información posible respecto al objeto de estudio.
3. Estructurar y organizar la información.
4. Definir o desarrollar el marco teórico.
5. Confrontar los datos recopilados con el marco teórico.
6. Seleccionar la información útil del marco teórico y los datos.
7. Escribir una serie de preguntas que servirán como guía para el estudio de caso.
8. Definir los principales aspectos o temas de la investigación.
9. Analizar la información seleccionada de acuerdo con preguntas formuladas y a los aspectos relevantes a investigar.
10. Hacer conclusión del caso y describir la bibliografía consultada.

## 7. IMPLEMENTACION METODOLOGIA LEAN ESMERALDA

La siguiente figura muestra las fases y entregables necesarios para desarrollar la metodología LEAN en Unidad Esmeralda, de acuerdo con las definiciones y alcances establecidos por la Gerencia de Operaciones.



**Figura 7-1: Etapas y Entregables Desarrollo Metodología LEAN Unida Mina Esmeralda**

Ahora, el detalle de las actividades en las distintas fases junto con la temporalidad del plan se muestra en la siguiente figura.

Mina Esmeralda	Diagnóstico	Diseño	Implementación	Mejora continua
2013				
Agosto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levantamiento Indicadores</li> <li>Levantamiento TIC</li> <li>Análisis de información</li> <li>Realización de OEE</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dialogo Desempeño Op.- Mtto</li> <li>Estándares de Inicio/fin turno</li> </ul>	
Septiembre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de brechas</li> <li>Presentación de Diagnostico para validación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de KPIs</li> <li>Identificación de palancas.</li> <li>Cuantificar indicadores</li> <li>Estrategia operacional.</li> <li>Tableros de gestión.</li> <li>Estándares de Mtto.</li> <li>Estándares Operacionales</li> <li>DD Op. - Mtto.</li> <li>DD JdP – JdT Op.</li> <li>DD JdA – JdT Mtto</li> <li>DD JdU-Si</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DD JdP-JdT Op.</li> <li>DD JdA – JdT Mtto.</li> <li>Capacitación DD Op. y Mtto.</li> <li>Capacitación AC Op- y Mtto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad dialogo</li> </ul>
Octubre		<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de Roles</li> <li>Validación de .Diseño</li> <li>DD SI-GMIN</li> <li>DD JdU – JdP</li> <li>DD JdT – Operadores</li> <li>DD JdT – Mantenedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estándares Operacionales</li> <li>Confirmaciones de proceso en Op. y Mtto.</li> <li>Reportabilidad KPI</li> <li>Dialogo Desempeño Unidad</li> <li>Resolución de problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad y calidad Dialogo</li> <li>Adherencia</li> </ul>
Noviembre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levantamiento información y análisis en nivel de acarreo Tte 6</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de personas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo</li> </ul>

**Figura 7-2: Detalle de Actividades para Implementación y Desarrollo Metodología LEAN Unida Mina Esmeralda**

La idea entonces es que todo el marco conceptual explicado en detalle en el capítulo 6 se refleje en las actividades y fases de la figura anterior.

Uno de los elementos claves en la implementación y desarrollo de metodología LEAN radica en el diagnóstico y determinación de los “cuellos de botella” que impiden o dificultan la mayor utilización de los activos; en otras palabras, cómo lograr un mayor desempeño en los equipos mineros asociados a los distintos procesos y que se refleje obviamente en una mayor productividad medida de una manera simple y con indicadores KPI fáciles de generar, ojalá de manera automática mediante el uso masivo de las tecnologías de información (TICs) u otras aplicaciones y/o sistemas de información. Además, es necesario desarrollar una cultura y/o filosofía distinta de trabajo que se refleje en una disposición para el análisis crítico de los problemas mediante análisis causales y fomentar el trabajo en equipo continuamente en los diálogos de desempeño, instancia clave para la resolución de problemas y seguimiento de los compromisos.

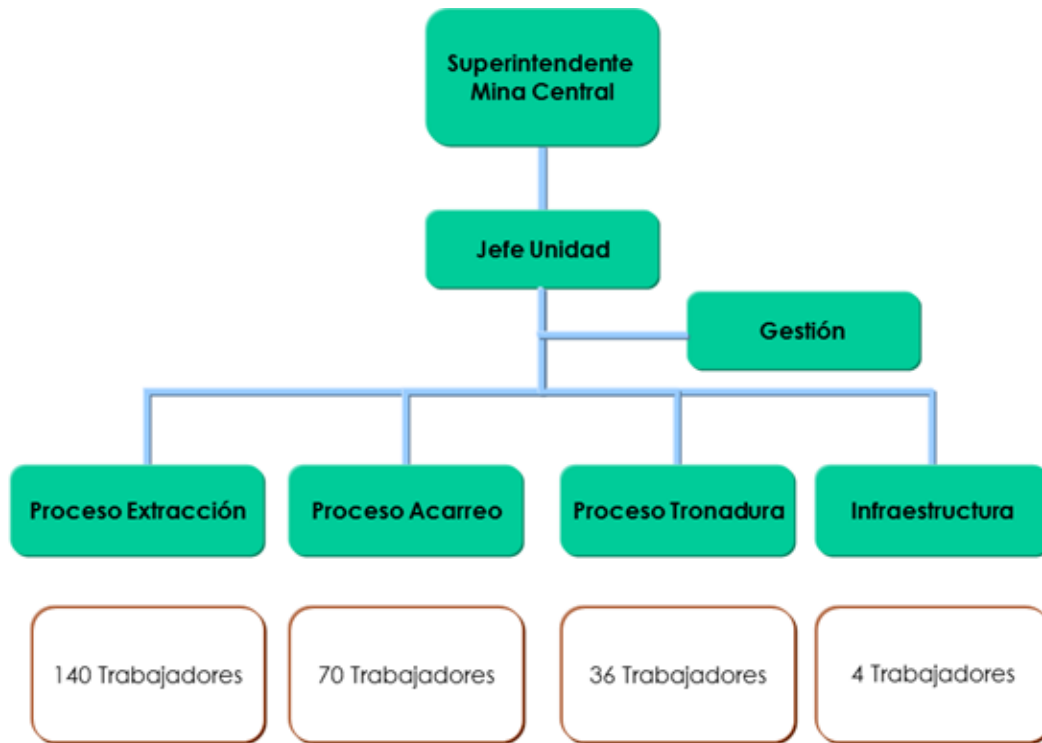
## ***8. MINA ESMERALDA IMPLEMENTACION METODOLOGIA LEAN***

Ahora en los siguientes puntos se explicitarán los objetivos y metas definidas para cada uno de los procesos y nivel de actividad en mina Esmeralda.

### **8.1 Organización Esmeralda**

La siguiente figura muestra la estructura jerárquica y organización de los distintos procesos en Mina Esmeralda.





**Figura 8-1: Mina Esmeralda Organigrama y Dotaciones por Proceso**

La dotación total alcanza a 250 trabajadores Rol-B y 6 supervisores Rol-A, todos presupuestados para un horizonte de producción de 35.000 tpd como hito a alcanzar en septiembre de ese año. Respecto a la jornada laboral se trabaja en turnos continuos de 8 horas y cada proceso – excepto infraestructura – tiene 4 grupos de trabajo (liderados por un Jefe de Turno), descansando siempre un grupo.

A continuación se realiza una descripción de los procesos y que nivel de implementación de la metodología LEAN fue considerado.

## 8.2 Proceso Perforación y Tronadura Mina Esmeralda

El objetivo de este proceso es entregar a producción el mineral con la mayor calidad y oportunidad para el proceso de producción sin generar singularidades a la continuidad del proceso minero y en paralelo generar un crecimiento sustentable de área nueva (reservas frescas) necesarias para el cumplimiento de los programas de largo plazo. Las actividades relevantes de este proceso corresponden a perforación y tronaduras de paradas en nivel de hundimiento y en el nivel de producción la perforación y tronadura de bateas.

La flota de equipos considera los siguientes elementos:

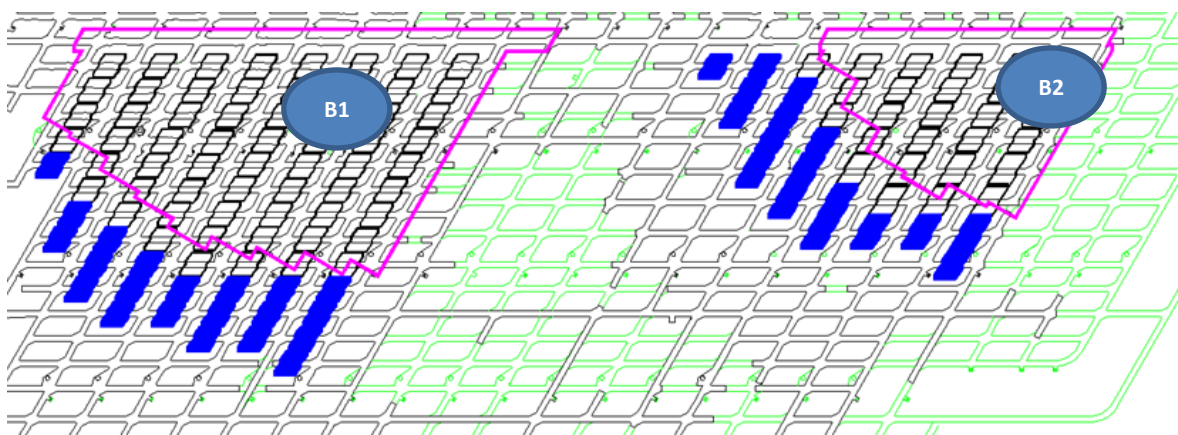
- 5 jumbos radiales de perforación
- 2 camiones de explosivo
- 1 Equipo de levante
- 1 Minicargador

Es importante destacar que la perforación es un proceso continuo de trabajo, no así las tronaduras, el cual corresponde a un proceso discontinuo tipo batch (no se realizan tronaduras todos los turnos).

Considerando los frentes de trabajos y distribución de actividades para el año 2014, el proceso de perforación y tronadura (PyT) debía cubrir 5 frentes:

- 2 niveles de hundimiento: Bloque 1 y Bloque 2
- 3 niveles de producción: Bloque 1, Bloque 2 y Panel 1

Para tener una mejor idea de esta singular condición, la siguiente figura muestra los frentes de trabajo en el nivel de producción Bloque 1 y Bloque 2.



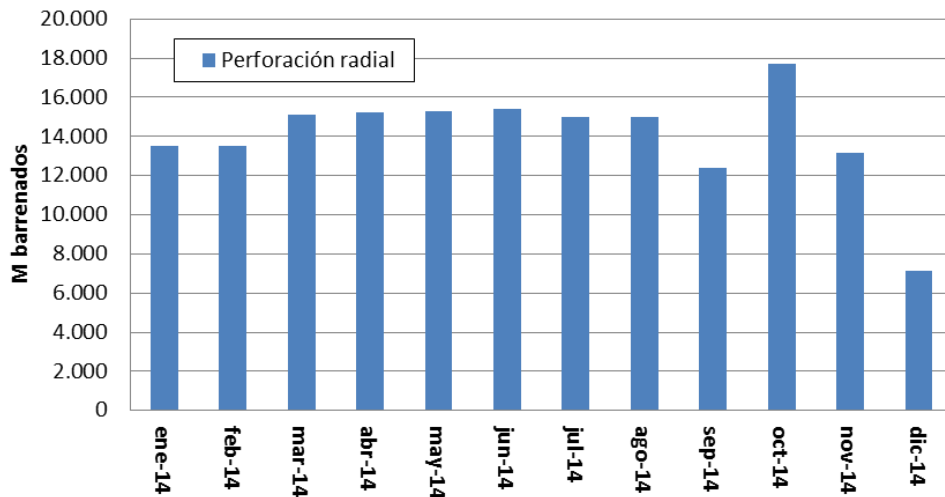
**Figura 8-2: Frentes de Trabajo Nivel de Producción Bloques 1 y 2 Esmeralda año 2014**

Como se muestra en la figura anterior la distancia entre las frentes de trabajo es un factor relevante a considerar dentro de la estrategia de PyT.

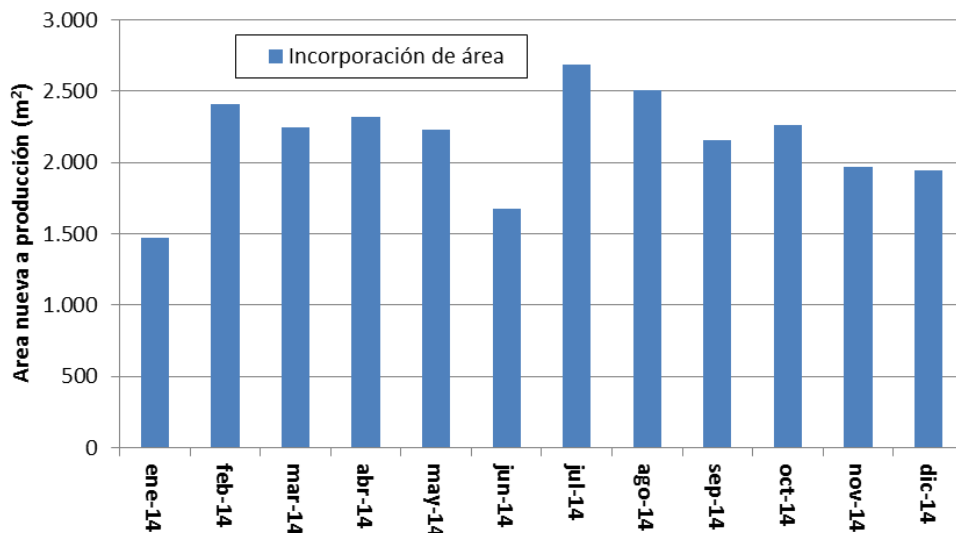
Ahora, tomando en cuenta el periodo de evaluación año 2014 en particular para este estudio, las principales metas establecidas en los bloques y panel 1 corresponden a:

- Perforación radial (m barrenados)
- Incorporación de área (m<sup>2</sup> tronados y entregados a producción)

Las siguientes figuras muestran las cantidades a cumplir - global Esmeralda - mensualmente para el año 2014.



**Figura 8-3: Plan de Perforación Radial Esmeralda año 2014**



**Figura 8-4: Plan de Incorporación de Área Esmeralda año 2014**

Respecto a las herramientas para realizar la gestión de este proceso; es decir, el control, monitoreo y seguimiento de las actividades de perforación y tronadura, no hay sistemas de control de flota, tampoco circuitos CCTV o bien sistemas informáticos de operación en línea. Ninguno de estos elementos se encuentran disponibles para la operación y sólo se realiza el control mediante el uso de tarjetas manuales en el caso de la perforación y en tronadura registros en el libro de tiempo. En ambas actividades sí se cuenta con comunicación radial para efectos de coordinaciones.

La siguiente figura muestra una tarjeta de perforación.

**Figura 8-5: Tarja de Perforación Esmeralda**

Estas tarjetas son llenadas manualmente por cada operador de jumbo y luego esta misma información es traspasada a una planilla Excel por otro trabajador para llevar el control y registro. En resumen, todo el control se realiza ex - post y las coordinaciones dentro del turno de trabajo se realiza vía comunicación radial con la supervisión. La siguiente figura muestra una tarjeta típica de trabajo.

**TARJAS JUMBOS RADIAL**

ENCABEZADO

FECHA: 11/03/16  
 TURNO: A  
 ROL DE OPERADOR: 100.005  
 NOMBRE DE OPERADOR: Juan Meliuso Rota  
 N° PEAJ: 751  
 PETROLEO (L):  
 MTS PERJ: 2730

TM USUARIO: 003  
 TM SERVIDOR: 177  
 OT:  
 EQUIPO: 524  
 HORÓMETRO INICIAL: 5262.53  
 HORÓMETRO PERJ INICIAL: 501.38  
 HORÓMETRO PERJ FINAL: 5273.33  
 HORÓMETRO PERJ FINAL: 505.28

TORNOS: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z

ACTIVIDADES: OPERACIÓN JUMBO, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN, INYECTAR OIL, INYECTAR Agua, INYECTAR Agua de energía eléctrica, INYECTAR Lubricante, INYECTAR Aditivo para perforación, INYECTAR Aditivo para perforación, INYECTAR Trastorno de perforación, Limpieza tubería, En Llave, Conexión

TOTAL MINUTOS: 30

LUGAR DE TRABAJO: PROCESO: Minería, AREA: Cerro de Oro, SECTOR: UCL, N° de PLANO UTILIZADO: 100.2558.1

LUGAR DE TRABAJO	PARADA	TIPO	DISPONIBILIDAD			UTILIZACIÓN			
			MTS PERJ	MTS PEND	BTS	MTS PERJ	MTS PEND	BTS	
2-31	145	4	135	✓	380-15	11	120	✓	600-16
N. Acc 4/5	✓	5	140	✓	✓	12	130	✓	✓
✓	✓	6	150	✓	✓	13	160	✓	✓
✓	✓	7	170	✓	✓	14	170	✓	490-15
✓	✓	8	160	✓	600-16	15	150	✓	✓
✓	✓	9	140	✓	✓	16	140	✓	✓
✓	✓	10	130	✓	✓	17	130	✓	✓
✓	✓	11	140	✓	✓	18	140	✓	✓
✓	✓	12	100	✓	✓	19	100	✓	✓
✓	✓	13	140	✓	✓	20	140	✓	✓
✓	✓	14	140	✓	✓	3	140	✓	✓

NOVEDADES DEL TURNO: 5/Iniciado

**Figura 8-6: Tarja de Perforación con Información de Trabajos Realizados**

Entonces, tomando en cuenta la realidad de este proceso y los ingentes desafíos en el crecimiento planificado en el año 2014, las metas propuestas de la metodología LEAN fueron las siguientes:

**a) Perforación radial:**

- Definir un estándar de inicio turno muy similar al inicio turno del proceso extracción
- Establecer metas de perforación a escala mensual/semanal/diaria/turno desglosando el plan mensual.
- Llevar un registro del primer y último metro barrenado
- Generar bases de datos de perforación con todas las tarjetas turno a turno
- Generar un plan de actividades con los servicios e insumos necesarios para el cumplimiento del plan de perforación 2014
- Generar un registro manual de disponibilidad y utilización de la flota de jumbos en función de las tarjetas

**b) Tronaduras**

- Establecer metas de perforación a escala mensual/semanal/diaria/turno desglosando análogo a la perforación radial
- Generar una base de datos de tronadura

Por supuesto, todas estas metas motivando siempre el cumplimiento del plan 2014 y a su vez que los trabajadores de PyT (operadores de jumbo, operadores de tronadura, jefes de turno) comenzaran a manejar distintos KPI y conocer su desempeño de una manera más rápida y visual.

### **8.3 Proceso Extracción Mina Esmeralda**

El objetivo de este proceso es realizar la extracción de mineral desde los puntos de producción vía equipos mecanizados LHD diésel para luego descargar este mineral en los piques de producción. Las actividades relevantes de este proceso corresponden a:

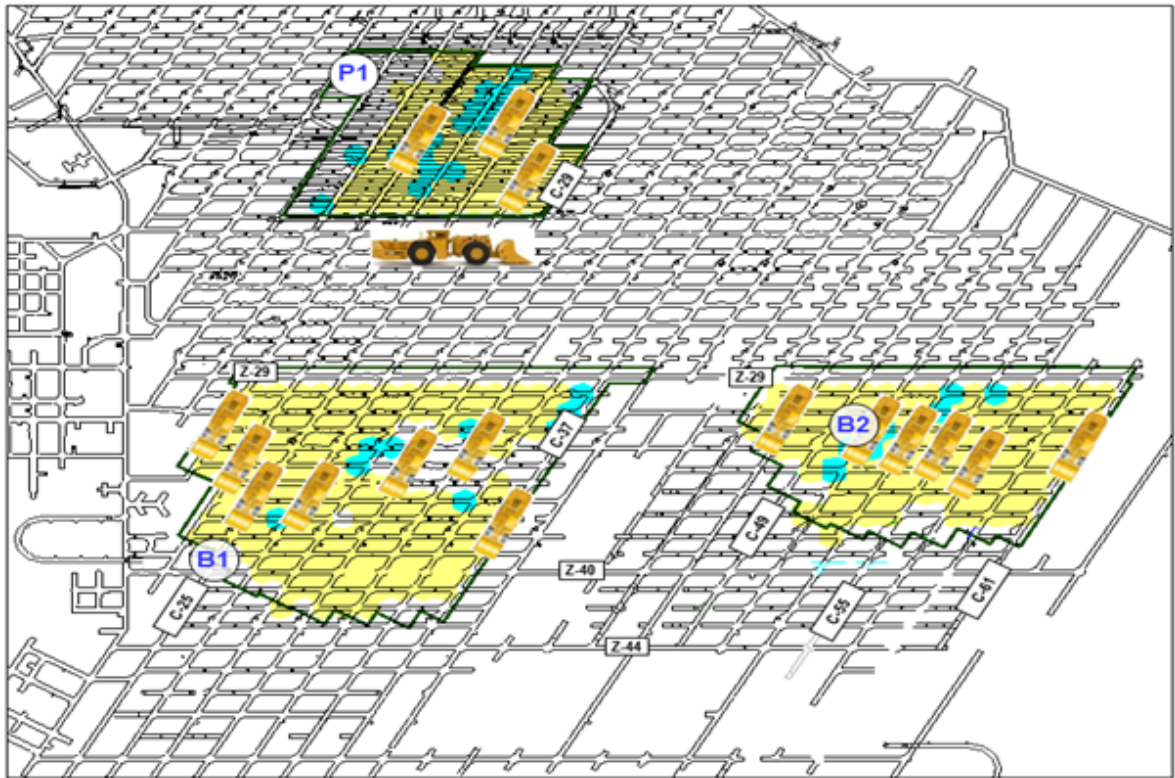
- Reducción secundaria en puntos de extracción (“cachorro”)
- Extracción de mineral con equipo LHD
- Reducción de mineral con sobre tamaño en los puntos de vaciado mediante el uso de martillos telecomandados

La flota de equipos considera los siguientes elementos:

- 20 equipos LHD capacidad 7 yd<sup>3</sup>
- 30 martillos reducción con operación remota
- 3 jumbos para perforación de colpas y posterior reducción secundaria
- 1 Minicargador

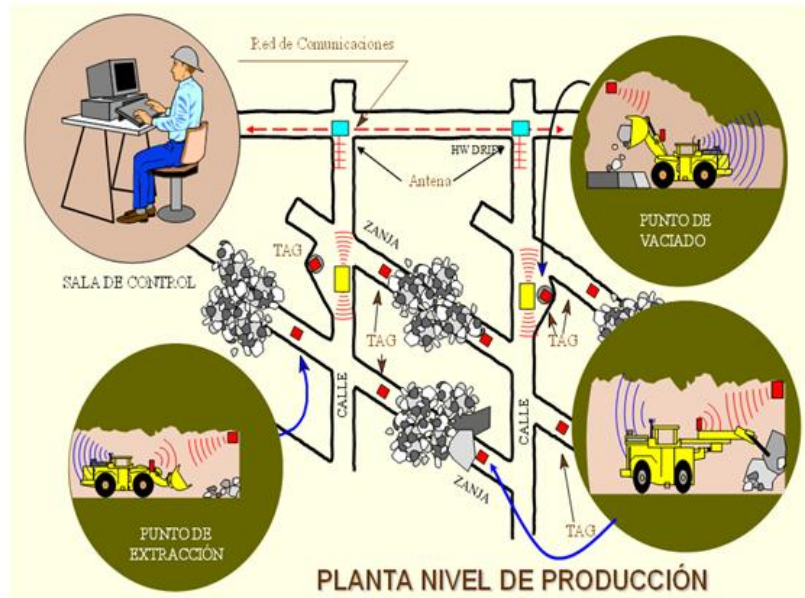
Es importante destacar que al contrario del proceso PyT, el proceso de extracción es un proceso continuo de trabajo y debe cubrir 3 frentes (ver figura siguiente):

- Niveles de producción: Bloque 1, Bloque 2 y Panel 1



**Figura 8-7: Frentes de Trabajo Proceso Extracción Esmeralda**

Respecto a las herramientas para realizar la gestión de este proceso y al contrario del proceso PyT, se cuenta con monitoreo en línea 24/7 que corresponde al sistema de control de flota SISPAC y una serie de plataformas de seguimiento para las actividades de extracción de mineral. Por supuesto, siempre se cuenta con comunicación radial para efectos de coordinaciones y es la misma utilizada en el proceso PyT. Las siguientes figuras muestran el funcionamiento del sistema de control de flota.



**Figura 8-8: Sistema de Control de Flota LHD Proceso Extracción Esmeralda**

ESTADO ACTUAL DE LA PRODUCCION			
L313 0 57-0 57-OP-18AS Operativo NINGUNA	L314 0 47-0 47-OP-28AS Demora LORENZO TREB	L317 0 27-0 27-OP-28AS Demora JULIO CABRER	L319 12 51-0 51-OP-28AS Operativo Oivaldo Mart
L320 14 61-0 61-OP-28AS Demora Manuel Valde	L412 31 C49- C49-31F Demora PATRICIO BRI	L413 6 29-0 29-OP-23AS Demora Hector Rocha	L425 13 C33- C33-36H Operativo JUAN ARAYA G
L535 25 23-0 23-OP-25GP Operativo Daniel Gonza	L536 29 C27- C27-08H Operativo Luis Quezada	L537 17 C23- C23-32F Operativo ANGEL TRIVIN	L545 17 53-0 53-OP-28AS Demora RODRIGO YOUN
L548 11 C55- C55-35H Demora Cristian Dua	L549 0 GARA GARAGE Operativo NINGUNA		
TOTAL LHDS OPERATIVOS : 7 TOTAL LHDS INTERFERENCIA : 7 TOTAL BALDADAS TURNO : 189			

**Figura 8-9: Información equipos LHD Sistema de Control de Flota Proceso Extracción Esmeralda**







ESMERALDA UTILIDAD PARA PALAS													
Escoger Palas por Estado: <input type="text"/>													
PALA	OPERADOR	ACON	ACTUAL UBICACION	LEY	MATERIAL	ESTADO	RAZON	TASA EXCAV	PRIOR MINER	PRIOR DESHE	BOTADFIJO	REG FIJA	DESHABIL
L313	NINGUNA		57-OP-188S	C57-35F-MINERAL	Mineral	Operativo	PRODUCCION	2000	Normal	Normal	PV 31-OP-288S	NINGUNA	NO
L314	LORENZO TREBOT		25-OP-238S	C25-33H-MINERAL	Mineral	Operativo	PRODUCCION	2000	Normal	Normal	PV 35-OP-238S	NINGUNA	NO
L315	NINGUNA		GARAGE	C45-30F-MINERAL	Mineral	Falla	ESTRUCTURAL	2000	Normal	Normal	PV 55-OP-238N	NINGUNA	NO
L317	JULIO CABRERA		27-OP-288S	C27-40H-MINERAL	Mineral	Operativo	PRODUCCION	2000	Normal	Normal	PV 21-OP-238PV	NINGUNA	NO
L318	NINGUNA		25-OP-238S	C23-05H-MINERAL	Mineral	Falla	MECANICO	2000	Normal	Normal	PV 21-OP-138S	NINGUNA	NO
L319	Oivaldo Martin		49-OP-238S	C49-34F-MINERAL	Mineral	Demora	PIQUE LLENO	2000	Normal	Normal	PV 31-OP-288S	NINGUNA	NO
L320	Manuel Valdes		59-OP-288S	C59-40F-MINERAL	Mineral	Operativo	PRODUCCION	2000	Baja	Normal	PV 37-OP-288S	NINGUNA	SI
L321	NINGUNA		GARAGE	C27-39F-MINERAL	Mineral	Standby	STANDBY	2000	Normal	Normal	PV 23-OP-238S	NINGUNA	NO
L411	Alejandro Vale		C45-32F	C45-32F-MINERAL	Mineral	Operativo	PRODUCCION	2000	Normal	Normal	PV 53-OP-238S	NINGUNA	NO
L412	NINGUNA		GARAGE	C49-33F-MINERAL	Mineral	Falla	MECANICO	2000	Normal	Normal	NINGUNA	NINGUNA	NO
L413	Hector Rocha		29-OP-288S	C29-38F-MINERAL	Mineral	Demora	PIQUE LLENO	2000	Baja	Normal	PV 35-OP-238S	NINGUNA	NO
L414	NINGUNA		GARAGE	C49-31F-MINERAL	Mineral	Falla	MANUTENCION PROGRAM	2000	Normal	Normal	PV 23-OP-238S	NINGUNA	NO
L425	JUAN ARAYA G		33-OP-288S	C33-36H-MINERAL	Mineral	Demora	PIQUE LLENO	2000	Normal	Normal	PV 57-OP-238S	NINGUNA	NO
L533	PATRICIO BRICE		GARAGE	C49-31F-MINERAL	Mineral	Demora	TRASLADO	2000	Normal	Normal	PV 37-OP-238S	NINGUNA	NO
L535	Daniel Gonzale		23-OP-258PV	C23-01F-MINERAL	Mineral	Operativo	PRODUCCION	2000	Normal	Normal	PV 53-OP-238S	NINGUNA	NO
L536	Luis Quezada R		C27-06H	C27-06H-MINERAL	Mineral	Operativo	PRODUCCION	2000	Normal	Normal	PV 49-OP-238S	NINGUNA	NO
L537	ANGEL TRIVINO		23-OP-238S	C23-38F-MINERAL	Mineral	Operativo	PRODUCCION	2000	Normal	Normal	PV 23-OP-258PV	NINGUNA	NO
L542	NINGUNA		051-31H	051-32H-MINERAL	Mineral	Falla	MANUTENCION PROGRAM	2000	Normal	Normal	PV 55-OP-238S	NINGUNA	NO
L544	NINGUNA		GARAGE	C25-05H-MINERAL	Mineral	Falla	MANUTENCION PROGRAM	2000	Normal	Normal	PV 29-OP-238S	NINGUNA	SI
L545	RODRIGO YOUNG		53-OP-238S	C53-30H-MINERAL	Mineral	Demora	PIQUE LLENO	2000	Normal	Normal	PV 25-OP-288S	NINGUNA	NO
L548	Cristian Duart		C55-30H	C55-30H-MINERAL	Mineral	Demora	RINOTUS EN CALLE	2000	Normal	Normal	PV 21-OP-238PV	NINGUNA	NO
L549	NINGUNA		GARAGE	C33-35F-MINERAL	Mineral	Operativo	TRABAJO ESPECIAL	2000	Normal	Normal	PV 51-OP-238S	NINGUNA	NO

**Figura 8-10: Estado y Asignación de Equipos LHD Sistema de Control de Flota Proceso Extracción Esmeralda**

Dadas las ventajas de contar con una herramienta de control de flota y monitoreo en línea, que a su vez permite descargar continuamente información a bases de datos simples de utilizar, entonces para este proceso se definieron una serie de hitos, estándares y metas asociadas a la metodología LEAN:



- Definir un estándar de inicio y fin de turno separado por sector productivo (bloques, panel)
- Realizar un análisis de pérdidas de tiempo & productividad (OEE) para definir cuál es el cuello de botella del proceso de extracción
- Generar estándares de operación (Por ejemplo reducción secundaria y llenado de pique intermedio para entrega de mineral a proceso acarreo)
- Estandarizar todos los tiempos de operaciones e indicadores según norma ASARCO
- Instalar nuevas metas de KPI tales como tiempo efectivo y productividad (baldadas/hora efectiva)
- Generar una plataforma de información automática que integre los indicadores de gestión LEAN
- Instaurar la dinámica de diálogos de desempeños entre Operación / Mantenimiento y Análisis Causales para realizarlos en conjunto.
- Contribuir a la generación de una cultura basada en el desempeño y máxima utilización de activos

En las siguientes figuras se muestran gráficamente estas metas y sus objetivos.

Estándar de Inicio de Turno para Operadores					
• Llegada de bus sub 5			08:00	16:00	00:00
• Inicio charla de seguridad:			08:10	16:10	00:10
• Dialogo operadores y entrega postura:			08:15	16:15	00:15
• Primera Baldada:					
			<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>Panel</b>
			08:40	08:45	08:50
			16:40	16:45	16:50
			00:40	00:45	00:50

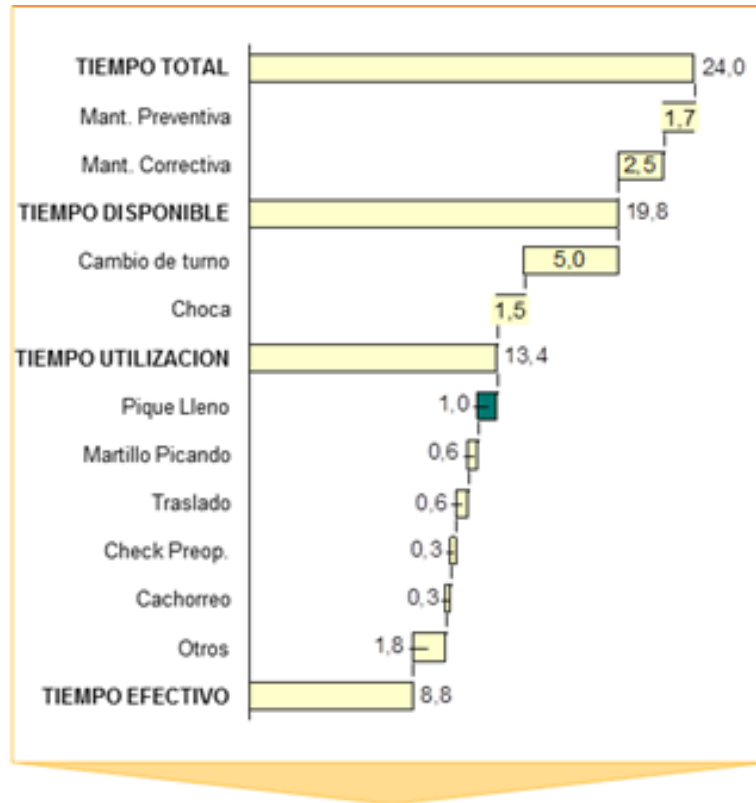
Perseguimos la excelencia en todo lo que hacemos y practicamos el mejoramiento continuo, para estar entre los mejores de la industria.

Figura 8-11: Estándar Inicio de Turno Proceso Extracción Esmeralda

Estándar de Fin de Turno para Operadores					
• Última baldada ...			<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>Panel</b>
			15:25	15:20	15:15
			23:25	23:20	23:15
			07:25	07:20	07:15
• Retiro de botas y EPP:				15:40	
				23:40	
				07:40	
• Traslado a anden:				15:55	
				23:55	
				07:55	

Perseguimos la excelencia en todo lo que hacemos y practicamos el mejoramiento continuo, para estar entre los mejores de la industria.

Figura 8-12: Estándar Fin de Turno Proceso Extracción Esmeralda



**Figura 8-13: Análisis OEE Tiempos de Operación Proceso Extracción Esmeralda**

**Estándar descarga de mineral en punto de vaciado**

**CUMPLIMIENTO DE ESTANDAR DE PIQUE LLENO** ✓  
(para asegurar su continuidad de vaciado.)

**OPCIONES:**  
**SI PIQUE ESTA CAMOTEADO, MARTILLO OPERA**  
**SI MARTILLO ESTA PICANDO, SEMAFORO LUZ ROJA**  
**SI SEMAFORO ROJO, LHD DESCARGA OTRO PIQUE**  
 ( Si es que en la calle existe otro pique.)

Con esta practica buscamos mantener en estándar nuestros puntos de vaciado y erradicar los malos hábitos, **PARA UNA PRODUCCIÓN CONTÍNUAY SEGURA**

**1**

**2**

**3**

**Estándar de Coordinación Entrega de Pique**

Coordinación entre:  
Operador - Coordinador LHD - Despatcher PFOC Tost

1 a 10 segundos Operador debe mantener pique en rango desde 5000 a 8 mil. HASTA LA PARRILLA

20 segundos Despatcher debe recibir MALINDO Y CARGOS

30 segundos Despatcher debe dejar al menos 10 segundos antes para de producción

Perseguimos la excelencia en todo lo que hacemos y practicamos el mejoramiento continuo, para estar entre los mejores de la industria.

**1 mt bajo parrilla**

**Figura 8-14: Estándar de Operación Descarga de Mineral en Punto de Vaciado**



**Figura 8-15: Estándar de Operación Entrega de Pique**

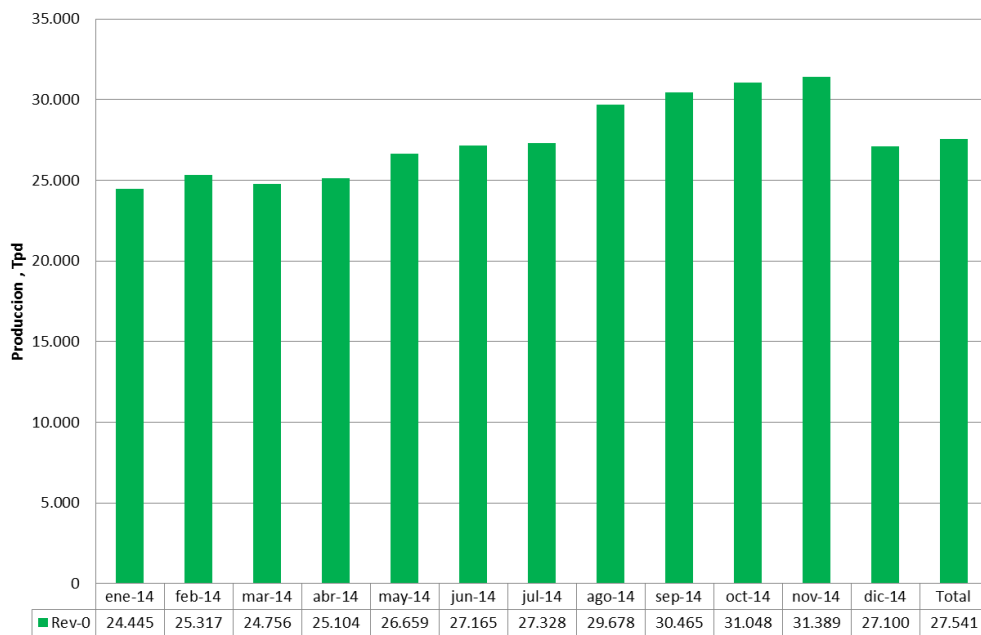


**Figura 8-16: Estándar de Operación Reducción Secundaria**

En función del análisis OEE se estima que el pique lleno constituía la actividad del proceso minero a gestionar. Entonces, los estándares y prácticas de operación contribuirían a reducir este cuello de botella. En función de esto, las metas definidas en los KPI LEAN para alcanzar las metas de producción del plan minero fueron las siguientes:

- Tiempo efectivo: 4,5 horas/turno
- Productividad: 23 baldadas/hora efectiva

En resumen, todas las actividades e hitos LEAN buscaban siempre cumplir como mínimo el plan de producción 2014 que se muestra en la siguiente figura.



**Figura 8-17: Plan de Producción Mina Esmeralda año 2014**

## **8.4 Proceso Acarreo Mina Esmeralda**

El objetivo de este proceso es acarrear mineral desde los puntos de vaciado mediante buzones electrohidráulicos telecomandados a carros metaleros vía locomotoras eléctricas, transportando el mineral por los cruzados de transporte hasta llegar a las tolvas de vaciado, descargando el mineral por volteo aguas abajo para ser acarreado nuevamente en el nivel principal de FFCC Teniente 8 hacia la planta de procesamiento Colón.

El nivel de actividad en el proceso de acarreo cubre 2 frentes:

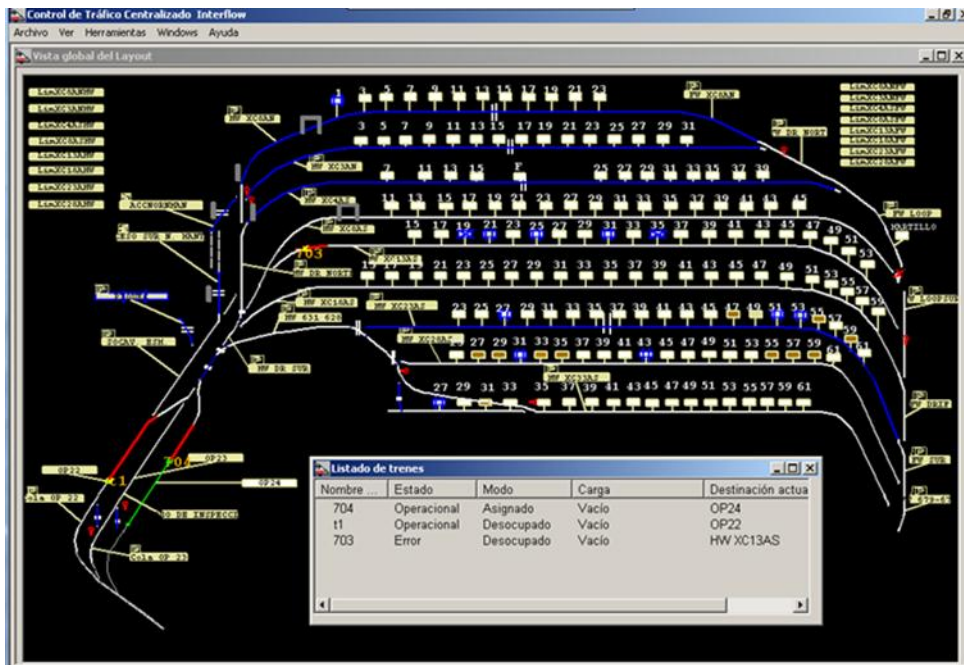
- Nivel de FFCC
- Nivel de Camiones

La flota de equipos considera los siguientes elementos:

- 5 locomotoras eléctricas 72 toneladas y un convoy de 10 carros metaleros (capacidad 50 ton)
- 3 locomotoras a batería de servicios
- Carros de servicios y equipos limpieza de vías
- 3 camiones 50 toneladas

Comparado con el proceso de extracción, el proceso de acarreo también cuenta con un sistema de control de tráfico en línea - INTERFLOW - para la gestión y coordinación del movimiento de la flota de trenes; sin embargo, adolece de información en línea que pueda ser descargada a base de datos de una manera simple y oportuna. Respecto a los camiones, se dispone de CCTV y un sistema de control de vueltas pero no de control de flota en línea como sispac o interflow.

Las siguientes figuras muestran gráficamente los sistemas de control indicados anteriormente.



**Figura 8-18: Sistema de Control de Flota FFCC Proceso Acarreo Esmeralda**

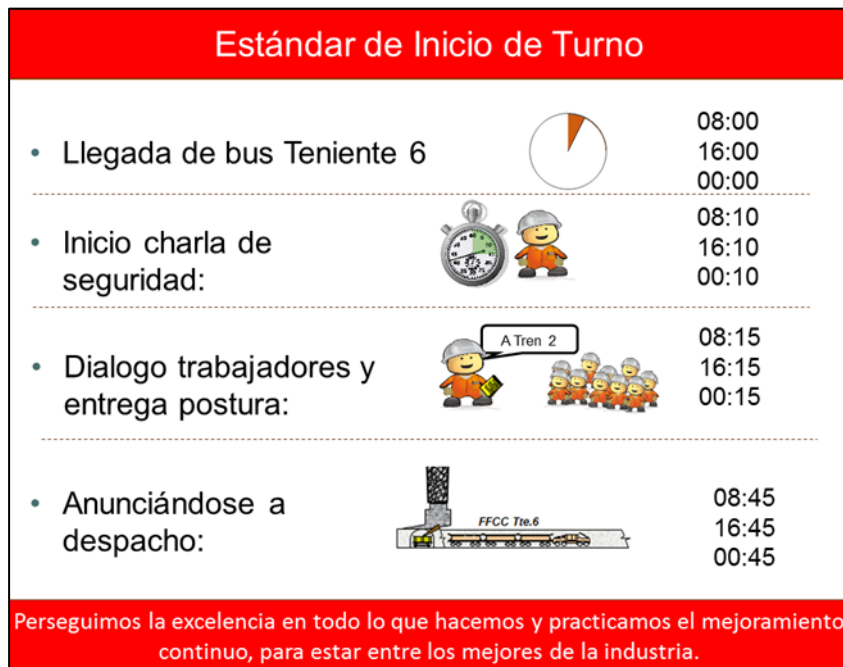


**Figura 8-19: Sistema CCTV (camiones & FFCC) Proceso Acarreo Esmeralda**

Para este proceso se definieron las siguientes metas asociadas a la metodología LEAN:

- Definir un estándar de inicio y fin de turno
- Generar estándares de operación para carguío de carros y operación de camiones
- Generar una plataforma de información automática que integre los indicadores de gestión LEAN
- Instaurar la dinámica de diálogos de desempeños entre Operación / Mantención y Análisis Causales para realizarlos en conjunto.
- Contribuir a la generación de una cultura basada en el desempeño y máxima utilización de activos

En las siguientes figuras se muestran gráficamente estas metas y sus objetivos.



**Figura 8-20: Estándar Inicio de Turno Proceso Acarreo Esmeralda**





**Figura 8-21: Estándar Fin de Turno Proceso Acarreo Esmeralda**



**Figura 8-22: Estándar Carguío de Carros Proceso Acarreo Esmeralda**

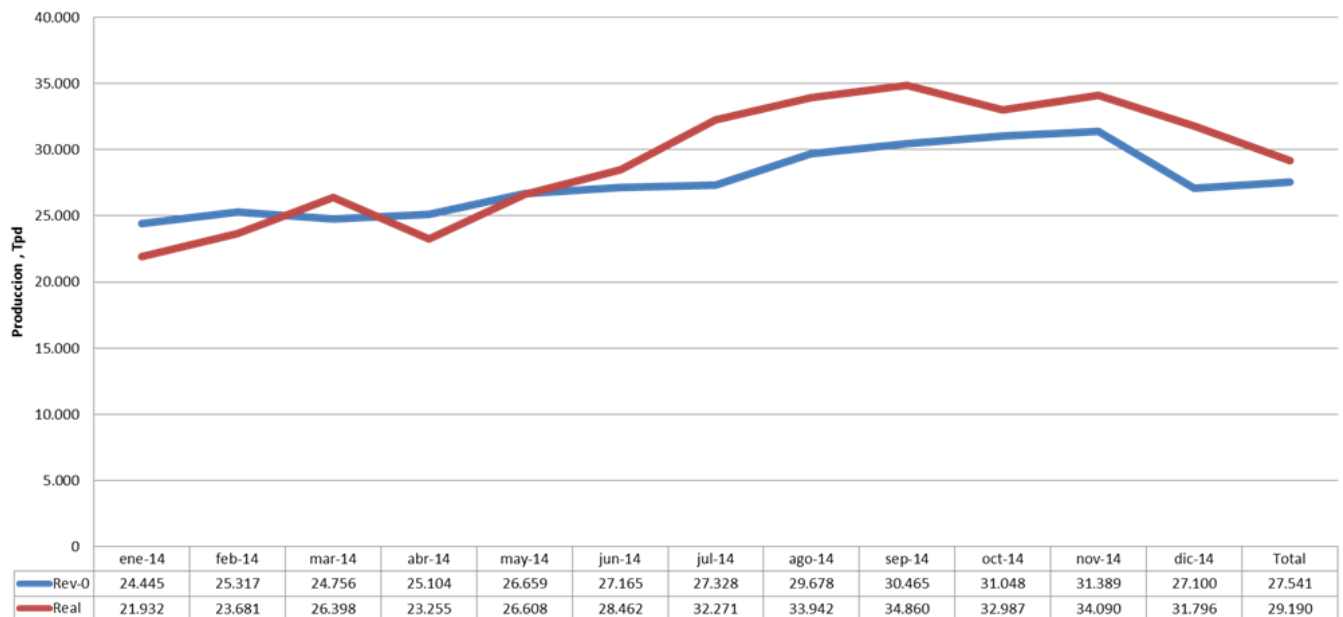
En función de los tres procesos revisados, claramente el proceso de extracción fue el motor de la implementación LEAN en Esmeralda.

## 9. RESULTADOS

En esta sección se muestra un resumen de los principales resultados obtenidos en función de las metas LEAN indicadas en el capítulo anterior. Por supuesto el primer resultado a revisar corresponde al cumplimiento del programa de producción.

### 9.1 Cumplimiento Programa de Producción Esmeralda

La siguiente figura muestra el cumplimiento mensual del plan de producción 2014.



**Figura 9-1: Resultados Reales y Programa de Producción Esmeralda año 2014**

Claramente se cumplió con el programa y superando las expectativas. Incluso se logra alcanzar la meta interna de 35 ktpd en septiembre. Dado lo anterior los principales indicadores estarán resumidos a esa fecha dado que en los últimos meses hubo un descenso productivo.

A continuación para cada proceso se mostrarán los principales resultados de la implementación de LEAN en Esmeralda.

## 9.2 Resultados Proceso Perforación y Tronadura

Considerando las limitaciones en el proceso PyT, con todo se logró generar un tablero de control que integraba los indicadores más relevantes del proceso. La siguiente figura muestra un ejemplo de una sesión de dialogo de desempeño para el mes de sep-2014.

ACTUALIZADO A LA SEMANA 36 DEL LUNES 01-09-2014		SEM 33	SEM 34	SEM 35	SEM ACTUAL (36)		% C U M	MES A LA FECHA		% C U M	HISTORICO 2 MESES
DEF	INDICADORES	11/Ago a 17/Ago	18/Ago a 24/Ago	25/Ago a 31/Ago	1/Sep a 7/Sep	META 1/Sep a 7/Sep		Sep 2014	META Sep 2014		VER DETALLE
<b>PROCESO DE P&amp;T</b>											
VER	TRONADURA HUNDIMIENTO	4	3	3	0	1	●	0	1	●	VER
VER	BLOQUE1	1	1	2	0	0	●	0	0	●	VER
VER	BLOQUE2	3	2	1	0	1	●	0	1	●	VER
VER	TRONADURA BATEA	1	3	1	4	4	●	4	4	●	VER
VER	BLOQUE1	0	0	0	2	2	●	2	2	●	VER
VER	BLOQUE2	0	1	0	1	1	●	1	1	●	VER
VER	PANEL	1	2	1	1	1	●	1	1	●	VER
VER	INCORPORACION AREA A PRODUCCION	803	835	933	179	326	●	179	326	●	VER
VER	BLOQUE1	147	147	588	0	0	●	0	0	●	VER
VER	BLOQUE2	477	330	166	0	147	●	0	147	●	VER
VER	PANEL	179	358	179	179	179	●	179	179	●	VER
VER	METROS PERFORADOS	3994	3446	3786	3845	3743	●	3845	3743	●	VER
VER	DISPONIBILIDAD JUMBO OPERACIONAL	43,5%	68,4%	55,3%	57,7%	70,0%	●	57,7%	70,0%	●	VER
VER	DISPONIBILIDAD JUMBO SAP	75,0%	84,0%	78,7%	78,7%	82,0%	●	78,7%	82,0%	●	VER
VER	PRIMER METRO BARRENADO	1:11:34	1:09:15	1:11:59	1:15:07	1:00:00	●	1:15:07	1:00:00	●	VER
VER	ULTIMO METRO BARRENADO	1:05:12	1:13:00	0:58:24	1:09:18	1:00:00	●	1:09:18	1:00:00	●	VER

**Figura 9-2: Tablero de Control Diálogo de Desempeño Proceso PyT sep-2014**

Ahora, revisando las metas de perforación radial e incorporación de área, ambas metas se cumplieron rotundamente.

PyT	Unidad	Perforación Esmeralda												Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Programa	mb	13.500	13.498	15.126	15.256	15.264	15.435	15.004	15.005	12.395	17.687	13.151	7.116	168.437
Real	mb	13.909	11.482	16.192	12.290	13.901	14.353	16.147	15.549	18.685	18.857	17.067	17.419	185.851
% Plan		103%	85%	107%	81%	91%	93%	108%	104%	151%	107%	130%	245%	110%

**Figura 9-3: Resultados Reales y Plan de Perforación 2014 Proceso PyT Esmeralda**

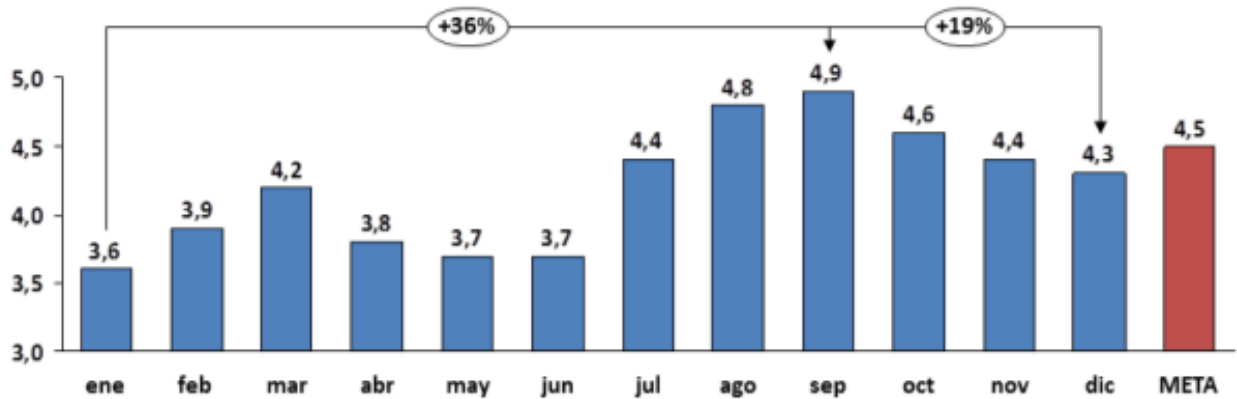
PyT	Unidad	Incorporación de área Esmeralda												Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Programa	m2	1.474	2.411	2.246	2.319	2.228	1.676	2.687	2.503	2.154	2.265	1.970	1.946	25.878
Real	m2	1.947	2.958	2.474	2.738	2.660	2.981	2.566	3.265	2.738	2.732	3.044	2.254	32.357
% Plan		132%	123%	110%	118%	119%	178%	96%	130%	127%	121%	155%	116%	125%

**Figura 9-4: Resultados Reales y Plan de Incorporación de Área 2014 Proceso PyT Esmeralda**

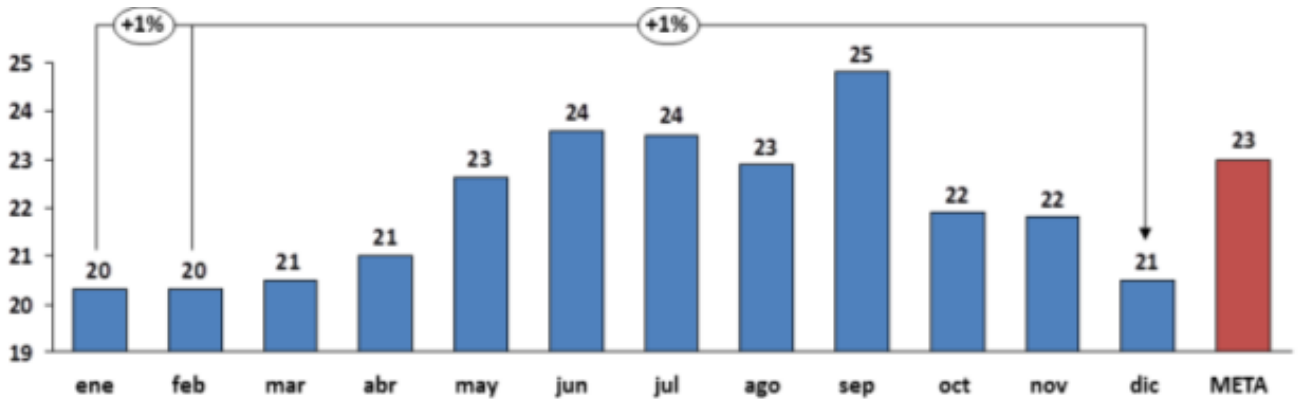
En resumen, es posible señalar que la metodología LEAN en este proceso contribuyó notablemente a gestionar los resultados.

### 9.3 Resultados Proceso Extracción

Una manera de conocer si los estándares, análisis OEE (cuellos de botella) y nuevas prácticas de gestión LEAN contribuyeron o no al proceso, radica en revisar si los KPI relevantes definidos en la etapa de implementación lograron un nivel aceptable de cumplimiento. En este caso particular, los indicadores de tiempo efectivo y productividad. Al respecto, las siguientes figuras muestran el resultado anual junto con la meta definida.

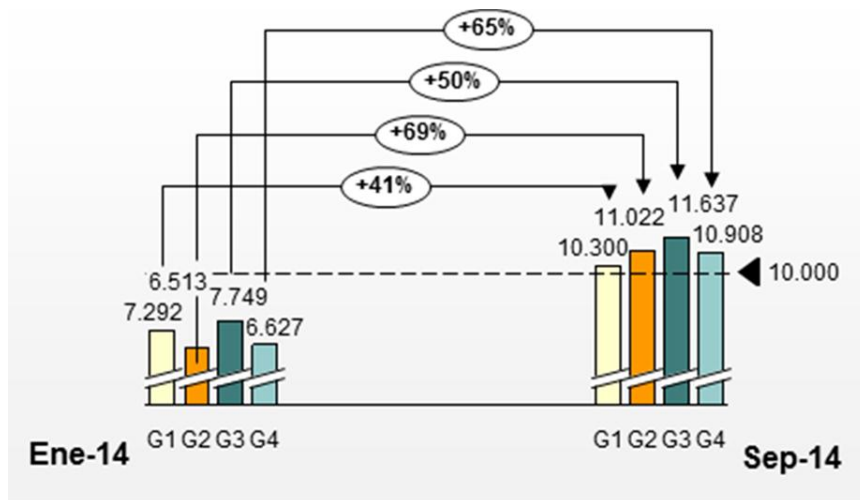


**Figura 9-5: Esmeralda tiempo efectivo real (HH/turno) y meta año 2014**



**Figura 9-6: Esmeralda productividad real (baldadas/HH) y meta año 2014**

De acuerdo con ambas figuras en ambos casos se cumplieron las metas establecidas. Ahora, revisando en detalle el rendimiento de los grupos de trabajo, también se lograron mejoras notables en cada uno de ellos. La siguiente figura muestra los incrementos productivos de cada equipo entre los meses de enero y septiembre de 2014.



**Figura 9-7: Producción por Grupo de Trabajo Proceso Extracción Esmeralda**

Respecto a los diálogos de desempeño y análisis causal también se logró generar esa práctica de trabajo. Al respecto se muestra un tablero de control para un dialogo realizado durante la fase de implementación en septiembre 2013

ACTUALIZADO A LA SEMANA 39 DEL LUNES 23-09-2013		SEM3	SEM2	SEM1	SEM ACTUAL	SEM ACTUAL META	% CUM	Sep 2013	META Sep 2013	% CUM	VER DETALLE
INDICADORES		2/Sep a 8/Sep	9/Sep a 15/Sep	16/Sep a 22/Sep	23/Sep a 29/Sep	23/Sep a 29/Sep					
<b>PRODUCCION REAL TOTAL ES</b>		19067	18228	23693	22886	21770	105%	20170	20274	99%	VER
<b>LEY</b>		87%	88%	88%	14%	92%	15%	68%	89%	76%	VER
<b>FINO</b>		16681,8	16070,4	20112,9	3567,7	19963,1	18%	13871	18592	75%	VER
<b>CUMPLIMIENTO CARTIR</b>		47%	45%	48%	18%	70%	26%	39%	68%	57%	VER
<b>BALDADAS TURNO FLOTA</b>		820	787	734	799	907	88%	766	845	91%	VER
Baldadas por hora efectiva		16	16	0	0			8			
<b>Tiempo efectivo</b>		4,08	4,00	0,00	0,00	0,00	100%	2,02	2,50	124%	VER
Primera baldada		0:14:52	0:23:19	0:00:00	0:00:00	0:00:00	100%	0:08:48	0:24:00	245%	VER
Última baldada		0:20:53	0:23:08	0:00:00	0:00:00	0:00:00	100%	0:10:45	0:21:20	50%	VER
<b>DEMORAS</b>		1,7	2,1	0,0	0,0			0,9			
pique lleno							100%			100%	
Traslado Equipo							100%			100%	
OTRAS DEMORAS							100%			100%	
STAND BY		2,3	2,0	0,0	0,0			1,1			
<b>Disponibilidad mecánica LHD</b>		92%	89%	88%	89%	82%	109%	90%	82%	110%	VER
<b>CUMPLIMIENTO PLAN MATRIZ LHD</b>		48%	63%	57%	70%	80%	88%	60%	80%	75%	VER
NEPO LHD		0	0	0	0	0	100%	0	0	100%	VER
<b>TOTAL EQAC LHD</b>		0	0	1	1	0		0	0		VER
NEUMATICOS LHD		8	8	9	5	5	100%	31	31	100%	VER
EQAC LHD							100%			100%	
<b>Tamaño de Flota LHD</b>		14	14	14	14	14	100%	14	14	100%	VER
Tamaño Flota Disponible LHD		13	12	12	13	11	109%	13	11	110%	VER
<b>VUeltas Turno Camion</b>							100%			100%	

**Figura 9-8: Tablero de Control Diálogo de Desempeño Proceso Extracción sep-2013**

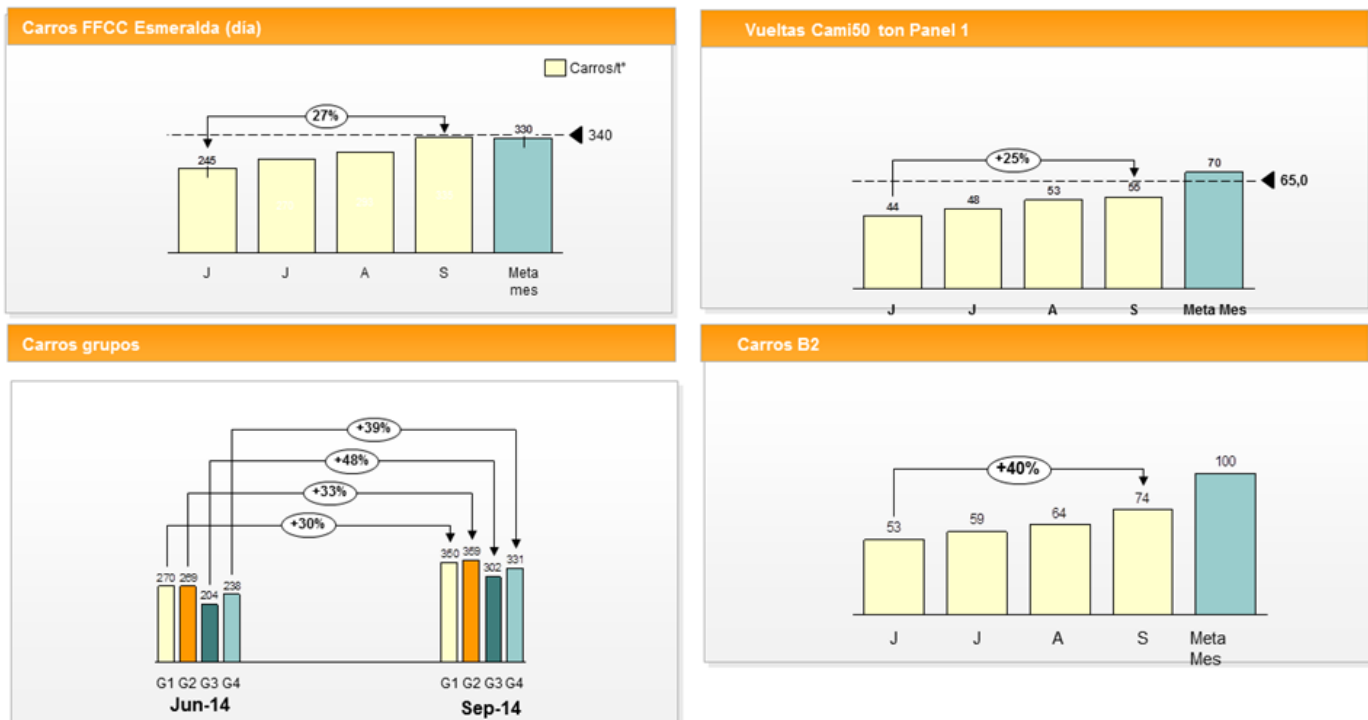
En resumen, la metodología LEAN contribuyó a mejorar el desempeño y por supuesto a internalizar nuevas metas e indicadores de gestión (KPI) en todo el personal y comenzar a asimilar una cultura asociada al desempeño y utilización de activos.

## 9.4 Resultados Proceso Acarreo

Análogo al proceso PyT en acarreo no se contaba aún con herramientas similares al proceso de extracción. Con todo, se pudo levantar información numérica principalmente asociada a los siguientes indicadores

- Carros día y carros por turno
- Carros por sector (el foco en 2014 fueron los carros en el bloque 2)
- Vueltas de camiones

Las siguientes figuras muestran estos indicadores.



**Figura 9-9: Indicadores Proceso Acarreo 2014**

No obstante la escasa información obtenida, sí es posible afirmar que se logró implementar exitosamente un nuevo estándar de trabajo para la flota de camiones, tomando en cuenta que desde sus inicios Esmeralda sólo operó con trenes en el nivel de acarreo y fueron los mismos trabajadores quienes operaron estos nuevos camiones, lo cual implicó un fuerte plan de capacitación, monitoreo y seguimiento para definir quiénes serían finalmente los operadores. Por otro lado, también hubo mejoras incipientes en las prácticas de carguío de carros pero que a la fecha del análisis no se pudo visualizar cambios relevantes para destacar.

Finalmente, precisar que en que todos los procesos las dinámicas de inicio / fin de turno, diálogos de desempeño y análisis causal prácticamente funcionaron en todas las áreas y se mantienen vigentes.

## 9.5 Resultados Plataforma Generación Automática de Reportes LEAN

Uno de los compromisos de la metodología LEAN fue el de entregar de manera autónoma y sin interferencias para la supervisión y trabajadores de Esmeralda, toda la batería de indicadores previamente acordados en la etapa de implementación. De acuerdo con esto y dada la realidad de los procesos PyT, Extracción y Acarreo sólo en esta primera oportunidad fue posible generar de manera automática información exclusiva del proceso de extracción y sin la intervención de ningún personal de Operaciones.

A continuación se muestran ejemplos de estos reportes (todos enviados por correo electrónico).

Generado 15 septiembre 2014, 07:34

Plan Aumento Disponibilidad LHD									
Indicadores	Unidad	Meta Turno	Turno C	Turno A	Turno B	Meta Día	Total Día	Cump	
Disponibilidad	%	72	76.70	69.70	67.90	72	71.4		
LHD Disp	n°	14	13.80	12.50	12.20	14	12.8		
Stand By	hrs	2	2.20	2.40	1.50	2	2		
Demoras	hrs	1.5	1.30	0.90	1.40	1.5	1.2		
Tpo Efectivo	hrs	4.5	4.50	4.70	5.10	4.5	4.8		
Baldadas	n°	1600	1812	1497	1708	4800	5017		
Rendimiento	bald/tpo.efectivo	26	29.20	25.50	27.50	26	27.4		
TPD ES Esmeralda	ton	12000	12684	10479	11956	36000	35119		
SISPAC	%	97	85	92	100	97	92.3		

**Rendimiento LHD por Sector**

**Figura 9-10: Reporte Automático Diario Indicadores LEAN Proceso Extracción**

Resumen de la Semana							Detalle de la Semana																						
Semana 37							Fecha																						
Resumen Grupos							08-09-2014			09-09-2014			10-09-2014			11-09-2014			12-09-2014			13-09-2014			14-09-2014				
Indicadores	Unidad	Meta	1	2	3	4	Turno/Grupo	C/3	A/4	B/1	C/3	A/4	B/1	C/3	A/4	B/1	C/2	A/4	B/3	C/2	A/4	B/3	C/2	A/4	B/3	C/2	A/1	B/3	
Disponibilidad	%	72	65	76.47	70.22	75.83	Disponibilidad	71.80	70.80	57.30	68.90	77.80	60.40	71	78.20	69.40	77.50	83.30	68.20	68.60	72.60	69.90	83.10	72.30	71.80	76.70	69.70	67.90	
LHD Disp	n°	14	11.7	13.8	12.63	13.67	LHD Disp	12.90	12.80	10.30	12.40	14	10.90	12.80	14.10	12.50	14	15	12.30	12.40	13.10	12.60	15	13	12.90	13.80	12.50	12.20	
Stand By	hrs	2.5	1.78	2.48	2.12	2.18	Stand By	2.10	1.60	1.70	1.70	2.30	1.70	2	2.60	2	3	2.30	1.10	1.70	2	2.60	3	2.30	2.80	2.20	2.40	1.50	
Demoras	hrs	2	1.14	0.85	1.13	1.23	Demoras	0.70	1.70	1.20	1	1.40	1.50	1.10	1.30	0.90	0.50	0.80	1.20	1	1.10	0.90	0.60	1.10	1.70	1.30	0.90	1.40	
Tpo Efectivo	hrs	4.5	5.08	4.68	4.75	4.58	Tpo Efectivo	5.20	4.70	5.10	5.30	4.30	4.80	4.90	4.10	5.10	4.50	4.90	5.70	5.30	4.90	4.50	4.40	4.60	3.50	4.50	4.70	5.10	
Baldadas	n°	1600	1579	1755	1725	1464	Baldadas	1765	1284	1401	1819	1336	1437	1691	1281	1723	1823	1438	1838	1640	1632	1689	1745	1816	1680	1812	1497	1708	
Rendimiento	bald/tpo.efectivo	26	26.58	27.38	29.25	23.52	Rendimiento	26.30	21.30	26.70	27.70	22.20	27.50	27	22.20	27	28.90	19.60	26.20	25	25.40	29.80	26.40	30.40	37.20	29.20	25.50	27.50	
TPD	ton	9133	11054	12285	12077	10252	Toneladas	12355	8988	9807	12733	9352	10059	11837	8967	12061	12761	10066	12866	11480	11424	11823	12215	12712	11760	12684	10479	11956	
SISPAC	%	97	90.2	87.25	88.33	85	% Sispac	87	80	84	85	81	84	90	83	98	100	83	93	95	92	80	69	91	88	85	92	100	
PAM / TPD							36000	31150		36000	32144		36000	32865		36000	35693		36000	34727		36000	36687		36000	35119			

**Figura 9-11: Reporte Automático Semanal Indicadores LEAN Proceso Extracción**

Generado 01 septiembre 2014, 11:26

Resumen del Mes									
Mes de agosto			Resumen Grupos						
Indicadores	Unidad	Meta	1	2	3	4			
Disponibilidad	%	72	73.46	75.75	74.46	74.58			
LHD Disp	n°	14	12.84	13.32	13.03	13.08			
Stand By	hrs	2.5	1.77	1.84	2.43	1.78			
Demoras	hrs	2	1.42	1.14	1.17	1.06			
Tpo Efectivo	hrs	4.5	4.81	5.02	4.4	5.16			
Baldadas	n°	1600	1366	1522	1314	1511			
Rendimiento	bald/tpo.efectivo	26	22.26	22.86	23.2	22.62			
TPD ES Esmeralda	ton	9133	9560	10651	9198	10577			
SISPAC	%	97	90	87.33	91.13	92.75			

**Figura 9-12: Reporte Automático Mensual Indicadores LEAN Proceso Extracción**

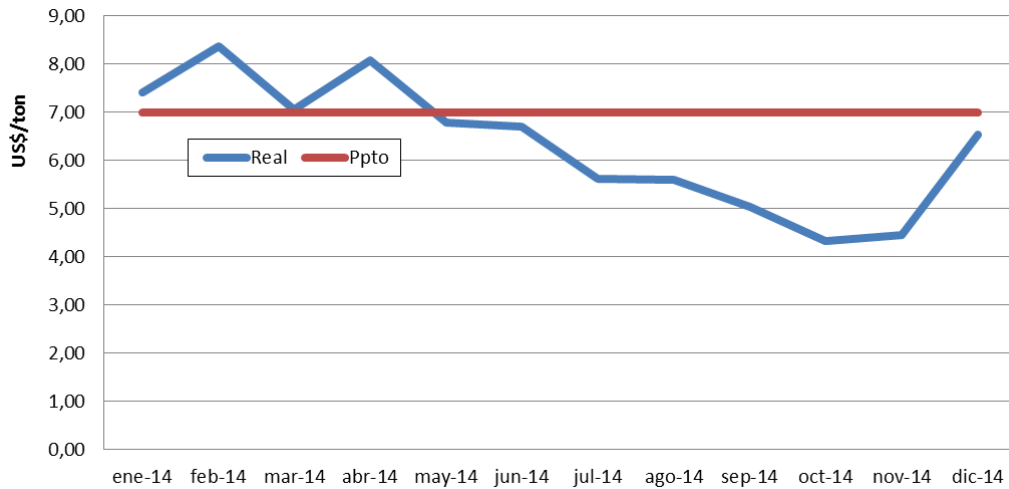
Sin duda que estos reportes en donde aparecen tipificados todos los indicadores claves de desempeño y a su vez identificando a los grupos de trabajo permiten conocer de mejor manera el rendimiento y donde están los equipos que requieren direccionamiento y atención.



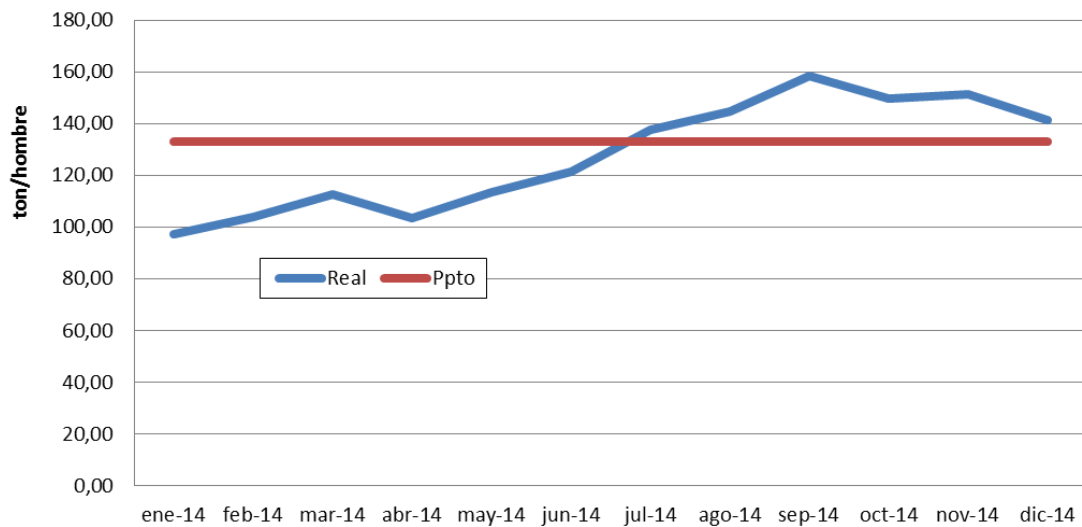
## 9.6 Resultados Costos y Productividad

Tomando en cuenta los buenos resultados revisados en 2014 y los cambios estructurales realizados en las distintas actividades y procesos en Esmeralda, sin duda que es imperativo revisar el comportamiento del costo de operación y la productividad real respecto al programa anual.

Las siguientes figuras muestran el comportamiento mensual de ambos indicadores.



**Figura 9-13: Costo de Operación Real y Presupuesto Mina Esmeralda**



**Figura 9-14: Productividad Real y Presupuesto Mina Esmeralda**

Análogo a lo observado en los indicadores LEAN, el costo de operación y productividad también registro un buen desempeño.

## **10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Cualquier intento de implementación de la metodología LEAN requiere invariablemente mecanismos técnicos de sistemas de monitoreo & control, uso masivo de las tecnologías de información e internet de las cosas. Es importantísimo medir y conocer que está pasando a todo nivel y con el mayor nivel de detalle, precisión y entrega oportuna de la información.
- La metodología LEAN es recomendable que primero conozca el medio en donde se pretende aplicar y “aterrizar” el proceso y programa de implementación a las necesidades y singularidades reales en donde se desea desarrollar esta metodología. Así, los resultados y adherencia del personal se realiza con mayor fluidez y en ningún caso aparece como algo impuesto o lejano a la operación.
- El apoyo, compromiso y disciplina de “los jefes” es requisito fundamental para generar un cambio conductual en el equipo de trabajo y contribuir al alineamiento y empuje de toda la organización. El manejo comunicacional es clave y debe fomentarse continuamente con todo el personal.
- Se logra exitosamente incorporar en el “ADN de la operación” conceptos claves como desempeño y su medición continua, utilización de activos, productividad, la importancia del análisis causal y diálogos de desempeño con pares (Ejemplo: Operación & Mantenimiento), accountability; es decir, excelencia operacional.
- LEAN genera valor al negocio minero y contribuye positivamente a un mayor desempeño en la organización. Los resultados obtenidos en Esmeralda avalan tal afirmación.
- Se recomienda masivamente extender esta metodología en todo proyecto futuro como parte fundamental de su estructura organizacional y modelo de gestión. A su vez destacar que la supervisión y gran parte del personal debe contar con una capacitación especial para entender y adherir los principios de esta filosofía y nueva práctica de hacer gestión operacional para obtener la excelencia.

## **11. BIBLIOGRAFÍA**

- Informes internos de gestión de operación División El Teniente 2013 – 2014
- Registros de producción, costos e indicadores de desempeño Gerencia de Minas 2013 -2014
- Plan de Presupuesto Rev-0 2013 y Rev-0 2014 División El Teniente
- Programa de Preparación Minera Rev-B 2014 División El Teniente
- Base de datos SISPAC reporte baldadas LHD proceso extracción 2014
- Base de datos FFCC reporte producción acarreo de mineral 2014
- Las claves del éxito de Toyota , Jeffrey K. Liker
- Apuntes clases MBA versión Minería 2014/2015
- Tesis Magíster en Ciencias de Ingeniería, Universidad Católica "Implementación De Metodologías Lean En Desarrollo Minero", Gustavo Castillo, Diciembre 2013.
- "El Metodo del Caso", Guías Rápidas Sobre Nuevas Metodologías, Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid, 2008.
- Tesis Magister en Gestión y Dirección de Empresas, Universidad de Chile, "Aplicación De Lean Management Al Ciclo De Maduración En Una Empresa Industrial", Johnny Richard Sepulveda Wetzel, Octubre 2008