



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

**ESTUDIO DEL MODELO “KOMTRAX” DE KOMATSU COMO CASO  
DE ÉXITO DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS  
POSIBILITADOS POR TECNOLOGÍA IIOT, PARA EL MEJORAMIENTO  
OPERACIONAL Y DEL MANTENIMIENTO**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN Y  
DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

**SEBASTIAN EDUARDO GALVEZ AVENDAÑO**

**PROFESOR GUÍA  
IVAN BRAGA CALDERÓN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
JULIO ENRIQUE MORALES OLIVARES  
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**SANTIAGO DE CHILE  
2016**

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis fue concebido en su origen con el objeto de estudiar oportunidades para modelos de negocio innovadores que surgen como consecuencia de la creciente automatización de activos mineros y de la aparición de plataformas de interconexión “inteligentes” que permiten una integración de toda esta información.

En primera instancia, se estudió la creciente maduración del paradigma denominado “*internet industrial de las cosas*” (*iloT*) en la minería, el cual ofrece la oportunidad para introducir lógicas de toma de decisión y control operativo optimizadas para la gestión de faenas mineras, con consecuentes impactos positivos en la productividad. Las mejoras operativas resultan del uso inteligente de la información que se produce desde las plataformas del *iloT*, el cual contribuye a implementar el mejoramiento continuo en la operación. En síntesis, la *iloT* contribuye a la industria introduciendo nuevas posibilidades para la gestión y control de las actividades centrales del negocio, mediante la introducción masiva de monitoreo y control de activos y sistemas, posibilitando la gestión operativa óptima y adaptativa frente a condiciones cambiantes.

Para dar foco sobre un caso específico de la índole minera, se complementó la revisión antes descrita con una presentación del caso de éxito de Komatsu, en el mercado de camiones de extracción (CAEX), para identificar aspectos claves de las propuestas de valor que ellos han podido consolidar mediante la explotación de las oportunidades que ofrece la *iloT*.

En segunda instancia, se realizó un análisis para identificar las oportunidades que surgen a medida que la *iloT* se profundiza en el contexto minero, pudiéndose concluir que se abren oportunidades para el mercado de servicios intensivos en conocimientos. En efecto, se establece que ciertos aspectos de la gestión *iloT* serán realizados por prestadores de servicios tecnológicos, donde parte de estos serán realizados por proveedores tradicionales y otros, por parte de nuevos actores. Sobre todo, en temáticas que no involucren activos físicos específicos, se concluye que existen oportunidades para ejercer actividades de apoyo operacional y de gestión, mediante análisis continuo de los signos vitales de la operación, y de su situación de costos, en pos de proactivamente realizar propuestas de valor que introduzcan mejoras al negocio.

En la etapa final del presente trabajo, se ofrecen ideas específicas para servir de ejemplo conceptual para modelos de negocios netamente centrados en la prestación de servicios en base al análisis y síntesis de información *iloT*, los cuales introducen como aspecto innovador el realizar de “gestor de redes” entre prestadores mineros tradicionales y operadores mineros. El modelo de negocio se presenta a través del formalismo “minimalista” del VP Canvas, el cual tiene como finalidad facilitar la identificación de clientes con necesidades insatisfechas, para vincularles propuestas de valor. Se ofrecen tres ejemplos específicos de actividades de dicho modelo en donde se ilustra como desde una plataforma tecnológica común montada sobre el paradigma *iloT*, se lograría simultáneamente producir 1) la identificación de oportunidades de mejoramiento operacional para respaldar propuestas proactivas de ingeniería, 2) la captación de información de benchmarking técnico para la elaboración de bases de dato comerciales consultables y 3) la reportabilidad hacia autoridades y agentes regulatorios para informar acerca del estado de tranques de relaves.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción.....	1
2.	Objetivo .....	3
2.1.	Objetivo y Metodología General .....	3
2.2.	Objetivos Específicos .....	3
3.	El Contexto Retador: Mejorar la Productividad.....	5
4.	Oportunidad Tecnológica para Mejorar la Productividad: <i>iloT</i> .....	8
4.1.	La Internet Industrial de las Cosas .....	8
4.2.	Las Capas que Definen la <i>iloT</i> .....	10
4.3.	Secuencia Prevista para la Introducción del <i>iloT</i> en Minería.....	13
4.4.	Ejemplo de <i>iloT</i> de Literatura: JoyGlobal .....	16
5.	Komatsu y la Internet Industrial .....	18
5.1.	Antecedentes Komatsu Usados para el Desarrollo de esta Sección.....	18
5.2.	Komatsu Limited.....	19
5.3.	Estrategia Tecnología de Crecimiento del Negocio.....	21
5.4.	Tecnología KOMTRAX de Komatsu .....	26
5.5.	Tecnología KOMTRAX Aplicada a la Minería: VHMS, posteriormente renombrada KOMTRAX Plus.....	30
5.6.	Foco Específico de KOMTRAX Plus .....	33
5.7.	Komtrax Plus: Gestión del Costos por Tonelada.....	36
5.8.	Komtrax Plus en Chile.....	38
5.9.	Ejemplos Puntuales de KOMTRAX Plus en Chile (Proyectos “T1”) .....	41
6.	Futuro Desarrollo de las Tecnologías <i>iloT</i> en la Minería .....	45
6.1.	Desarrollos Actuales Komatsu (Proyectos “T2”, MineCare) .....	45
6.2.	Desarrollos Futuros Komatsu (Proyectos “T3”, MONCON).....	47
6.3.	Implementación de <i>iloT</i> en Plantas de Beneficio.....	49
6.4.	Kairos Mining (Honeywell / Codelco).....	52
7.	Modelos de Negocios Complementarios: el Rol de los Prestadores de Servicios Intensivos en Conocimiento .....	58
7.1.	Formalismo Mínimo para Describir Modelos de Negocios Innovadores: VP Canvas.....	59
7.2.	“Value Proposition” Canvas de Ejemplos Específicos para la Minería .....	61
8.	Conclusión.....	66
8.1.	Oportunidades para el sector prestador de servicios .....	67
8.2.	Oportunidades en la periferia del core-business .....	68
8.1.	Oportunidad para la co-creación .....	70
	BIBLIOGRAFÍA .....	71

## 1. Introducción

La presente tesis explora la oportunidad estratégica que representa para la minería la introducción de tecnologías de información y comunicación que en conjunto con plataformas “inteligentes” de gestión, logran mejorar la productividad. Tomando en consideración la condición desafiante que impera actualmente en la industria, esta oportunidad no debe ser desaprovechada pues no solo ayudaría a enfrentar la contingencia, sino que también establecería una base tecnológica duradera para sustentar crecimientos sostenibles en el futuro y constituir así un factor de competitividad de largo plazo.

En específico, la oportunidad estratégica a la cual se hace mención se denomina “Internet Industrial de las Cosas”<sup>1</sup> (*IIoT* debido a las siglas iniciales del inglés “industrial Internet of Things”) y describe una condición distintiva de alta instrumentación de activos industriales y uso de plataformas tecnológicas que interactúan con las señales, para convertir esta data en información relevante para la toma de decisión en tiempo real, o cercano a tiempo real. Como se muestra en el capítulo 4 de esta tesis, el verdadero potencial que la *IIoT* ofrece, radica en permitirle al sector adoptar un modelo de operación distinto al que ha generalmente operado hasta el momento, en el cual las capacidades para realizar análisis e interpretación de datos para respaldar la toma de decisión, se convierten en un *driver* crítico de la productividad.

En la ocasión de este trabajo, se ejemplifica lo anteriormente expuesto mediante la presentación de un caso de éxito vigente y específico, aplicado a la gestión del mantenimiento de flotas de camiones de extracción CAEX. Esta exposición es realizada en el capítulo 5 de este trabajo y cumple el objetivo de ilustrar cómo se materializan los primeros frutos de una implementación *IIoT* en minería. También sirve de ejemplo específico para motivar una reflexión acerca de las oportunidades que pudiesen materializarse en el ámbito de la gestión y administración futura de las operaciones mineras, con uso intenso de herramientas tecnológicas.

Se presenta también la estrategia de crecimiento que sigue Komatsu en la actualidad, la cual es fuertemente orientada al uso de tecnologías de información y comunicación de naturaleza *IIoT*, para incrementar el valor a sus productos tradicionales. Más aún, mediante presentaciones internas de la compañía se presentan ciertos desarrollos actuales de Komatsu, los cuales le han permitido adquirir un rol de prestador de servicios de naturaleza *IIoT*, el cual constituye un negocio en sí mismo. La presentación de esta estrategia de crecimiento fuertemente apalancada por tecnología, sirve para ilustrar como el contexto *IIoT* permite ampliar el alcance de los servicios y productos tradicionales, de manera a hacer emerger nuevos modelos de negocios con sus respectivas propuestas de valor.

---

<sup>1</sup> También conocido como “Internet Industrial” en ciertas publicaciones.

Habiéndose presentado el caso de éxito de Komatsu, se procede en el capítulo 6 a realizar una síntesis de distintos servicios de naturaleza *IoT* específicos del rubro minero, que probablemente existirán en el futuro. Por un lado, se utiliza el material Komatsu para describir los probables servicios futuros de Komatsu de naturaleza *IoT*. También, se analiza la introducción del *IoT* para el control y monitoreo remoto y en tiempo real de las plantas de beneficio (concentradoras y plantas Lix/SX/EW), con énfasis en los beneficios que ésta filosofía de operación introduce en el caso de negocio. La presentación de lo anterior se acompaña de propuestas existentes de ciertas compañías del sector equipamiento y tecnología minera, tales como General Electric, Kairos Mining y ABB. También se desarrolla durante el análisis y a nivel conceptual, una perspectiva del futuro en la cual las introducciones de estas tecnologías potencian una cultura de *mejoramiento continuo* efectivo, con impactos tempranos en la productividad y el fomento de prácticas operativas eficientes y eficaces. Será también de interés para realizar una proyección del futuro de las tecnologías de *IoT* aplicadas a la minería, realizar una breve descripción de ciertos emprendimientos posibles que pudiesen verse beneficiados por la introducción de la *IoT* en el sector minero.

Como se mostrará durante el desarrollo de esta tesis, para aprovechar plenamente la *IoT* en minería, la industria minera deberá desarrollar nuevas competencias técnicas de índole tecnológico, lo que probablemente signifique que surgirá algún sector proveedor intensivo en conocimientos tecnológicos y mineros, el cual desempeñara un rol de colaborador estratégico. El desarrollo exitoso de este sector intensivo en conocimientos no solo le incumbe al sector minero, sino que también es tema de interés para el desarrollo estratégico nacional. Esto pues en caso de consolidarse en Chile un sector prestador de este tipo de servicios y catalizado a través de experiencias adquiridas a través del apoyo a operaciones mineras nacionales, se habrá entonces adquirido una industria de servicios de clase mundial, el cual sería generador de soluciones de gran valor agregado y de alto potencial exportador.

## 2. Objetivo

### 2.1. OBJETIVO Y METODOLOGÍA GENERAL

Establecer y presentar una visión respecto a los probables negocios futuros de prestación de servicios tecnológicos, en base a una revisión y estudio de los nuevos servicios actualmente habilitados por la existencia de la internet industrial aplicadas al mundo minero. Estos negocios podrán ser tanto producto de la evolución natural de servicios emergentes y vigentes en la actualidad, y con perspectivas de adquirir mayor madurez en el mediano plazo, como también ser de naturaleza innovadora.

Para establecer el respaldo conceptual requerido para identificar aquellas áreas favorecidas para la futura prestación de servicios habilitados por la internet industrial, se realiza un trabajo de revisión general de esta tecnología, seguido de una profundización particular de los servicios tecnológicos de asistencia al mantenimiento y la operación que ofrece Komatsu, a través de su tecnología KOMTRAX. Tanto el marco conceptual general como el ejemplo específico de Komatsu, sirven de base para realizar una proyección futura relativo a negocios de prestación de servicios, dependientes de la internet industrial aplicada a la minería.

La revisión del estado del arte y la revisión detallada de los servicios de Komatsu, tiende a privilegiar la dimensión TI (*Tecnologías de la Información*) en la prestación de servicios, debido a que ésta actividad se presenta como un rubro favorecido para desarrollarse mediante la futura implementación de modelos de negocios tecnológicos e innovadores.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Realizar un análisis de las oportunidades disponibles al rubro minero, mediante incorporación de tecnologías de información y comunicación, gestionadas por plataformas inteligentes. Lo anterior en efecto necesita la presentación del marco conceptual denominado la "Internet Industrial de las Cosas" (o *IIoT*, del inglés "industrial Internet of Things") contextualizado para la minería; el énfasis será en identificar las virtudes que estas tecnologías confieren a las operaciones mineras, e ilustrar como esto permiten introducir "inteligencia industrial" que incrementa tempranamente la productividad.

2) Realizar una profundización de un caso de éxito de uso de la *IIoT* en minería, con el ejemplo específico de Komatsu. Este caso de estudio es basado en documentación oficial Komatsu, en la cual se describe como la compañía logra agregarle valor a la gestión de flotas de camiones CAEX vía sistemas *IIoT*, que operan en distintas operaciones minera de Chile. Esta exposición es realizada con objeto de ilustrar cómo se materializan los primeros frutos de una implementación *IIoT* en minería, y sirve de ejemplo específico para motivar una reflexión mayor acerca de las oportunidades adicionales que existen en el contexto de la gestión de flotas mineras. Se presenta también la estrategia declarada de crecimiento de Komatsu, posibilitada por tecnologías de información y comunicación de naturaleza *IIoT*, la cual incorpora explícitamente el ofrecimiento de servicios tecnológicos que le permiten así ampliar el alcance de sus negocios.

3) Realizar una síntesis de los puntos anteriores y proponer una proyección de futuros usos de tecnologías de naturaleza *IIoT* en el sector minero, los cuales pudiesen constituir nuevos negocios:

En una primera etapa se extrapolan las futuras implementaciones del *IIoT* en el contexto de la gestión de flota CAEX, mediante uso del material Komatsu. Adicionalmente, se analiza la futura introducción del *IIoT* para el control y monitoreo remoto y en tiempo real de las plantas de beneficio (concentradoras y plantas Lix/SX/EW) con foco en el mejoramiento general del caso de negocio de la operación global. El objetivo central es ofrecer una perspectiva del futuro, en la cual la introducción del *IIoT* potenciará una cultura de *mejoramiento continuo* efectivo, con impactos tempranos en la productividad y el fomento de prácticas operativas eficientes y eficaces.

En una segunda y última etapa, se desarrolla a nivel de modelos de negocio conceptuales, una descripción de emprendimientos posibles que pudiesen verse beneficiados por la introducción de la *IIoT* en el sector minero futuro. El objetivo es dar foco sobre las competencias requeridas para realizar las actividades necesarias para realizar el pleno potencial de las tecnologías *IIoT* en la minería, y señalar cómo ésta condición implicará el auge a futuro de un sector proveedor intensivo en conocimientos tecnológicos y mineros. Se considera que a futuro este sector pasará a jugar un rol de colaborador estratégico de las empresas mineras tradicionales y constituirá terreno fértil para futuros negocios de prestación de servicios.

### 3. El Contexto Retador: Mejorar la Productividad

El sector minero mundial atraviesa actualmente una condición de precio desfavorable para sus márgenes, lo cual resulta ser un contexto retador para el sector y que demuestra la poca sustentabilidad inherente del paradigma productivo que imperó durante el ciclo de precio precedente, el cual se caracterizó por elevados precios y una minería fuertemente centrada en lo productivo. En efecto, durante el ciclo de precios altos que existió durante el 2005 y 2014 (conocido como periodo del *súper-ciclo* de precios), se generalizó en el sector el privilegiar una mayor producción y el desarrollo de proyectos de expansión por sobre la contención de costos y la disciplina operacional. Como notable descripción *ex-post* de las *malas prácticas* adquiridas durante el ciclo anterior, se rescata el discurso público que realizó el Presidente del Directorio de Codelco, en la ocasión de la Cena de la Bolsa de Metales de Londres (13 de octubre, 2015). En dicho evento, el orador describió de forma caricaturesca los malos hábitos incubados durante el ciclo pasado de altos precios: “Ganancias sin productividad, éxito sin seriedad, tecnología sin templanza, comercio sin perspectiva, inversión sin contención, presupuestos sin restricción, y operación sin ahorro”<sup>2</sup> (Landerretche, 2015).

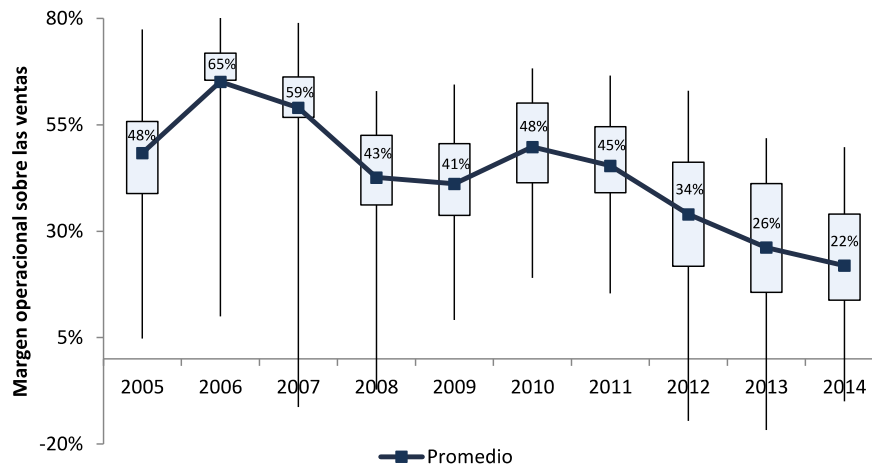
Una lectura de consenso en la industria relativo al *súper-ciclo*, periodo caracterizado por un alto precio del cobre y elevados márgenes operacionales, es que este contexto fue particularmente propicio para incentivar descuidos en la disciplina operacional y fomentar una mentalidad cortoplacista. Lo anterior fue traduciéndose paulatinamente en una pérdida generalizada de productividad en el sector y esto naturalmente se acompañó con los correspondientes aumentos de costos. Solo una parte de la pérdida de productividad y eficiencia puede atribuirse a la tendencia decreciente de las leyes durante el periodo (14% de la variación del periodo 2005 - 2014 según Cochilco) (Cochilco, 2015); factores propios de la gestión de las operaciones explican el grueso de la pérdida de competitividad del sector. La situación descrita se torna más desafiante aún al considerar la baja inversión en I&D e innovación del sector, pues dificulta la emergencia de innovaciones que pudiesen haber contrarrestado los deterioros productivos. A título de ejemplo, documentos preparados por CESCO y Fundación Chile para la Semana Cesco 2014 describen lo siguiente respecto de la industria y la I&D: el enfoque y “*orientación en el corto plazo y centrado en precios dificulta el desarrollo de innovación*” y también “*las innovaciones a través de proveedores son percibidas como iniciativas con baja agregación de valor*”.

Las Figura 3-1 y Figura 3-2 ambas ilustran gráficamente como durante el periodo del *súper-ciclo* ocurrió un empeoramiento del desempeño productivo de la actividad minera. Incluso considerando la productividad a nivel mundial, medida a través de indicadores econométricos (Figura 3-2) y solo considerando tonelaje procesado para no verse afectado por el efecto de la caída de leyes, se observa que ocurrió deterioro durante el ciclo de precios precedente.

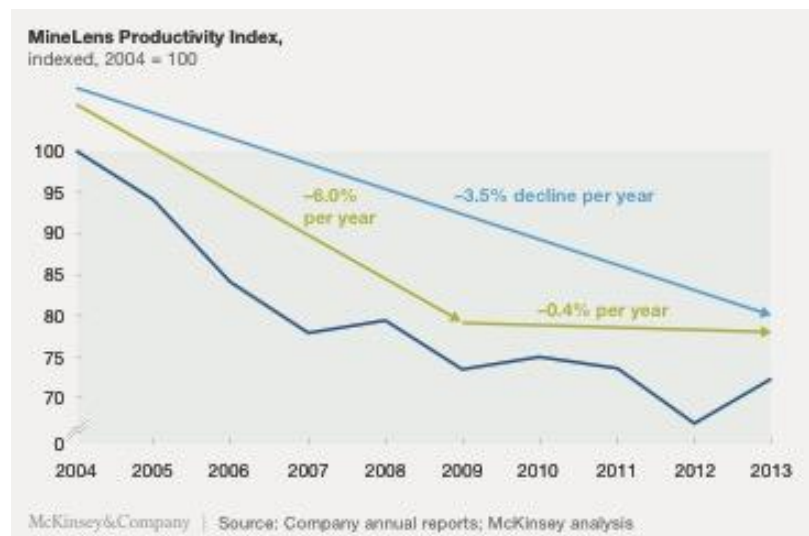
---

<sup>2</sup> los siete “pecados” mineros, LME WEEK 2015





**Figura 3-1: Caída paulatina del margen operacional de faenas nacionales (representadas como boxplot), como reflejo del deterioro de la productividad y el aumento de los costos (Cochilco, 2015)**



**Figura 3-2: Deterioro mundial de la productividad minera, según índice "MineLens" (McKinsey&Company\_1, 2015), ilustrando fenómeno global**

Dado el contexto presente, gerentes y analistas de la industria se encuentran promoviendo modelos de gestión con mayor foco en la productividad, eficiencia y eficacia (BCG, 2013), (EY1, 2014), (Pizarro, 2015) (McKinsey&Company\_2, 2015). Lo anterior siendo consistente con el modelo característico del comportamiento del sector de commodities: durante los ciclos de altos precios se incentiva la maximización de la renta mediante incrementos en la producción, mientras que durante ciclos de bajos precios se estimula la contención de costos y la disciplina operacional.

Si bien este comportamiento cíclico es visto como “normal” en los mercados de commodities, el actual periodo de precios bajos, conocido también como periodo “*post-súper-ciclo*” (Economist, 2013), debe ser considerado como un periodo particularmente retador para Chile. Esto pues como ha sido señalado por estudios de la historia económica del sector minero chileno reciente, un aumento productivo similar a lo realizado en Chile durante el *súper-ciclo* precedente<sup>3</sup> sería irrealizable en el futuro (Meller, 2014). Según la hipótesis de estos estudios, para el próximo ciclo de precios altos no se podrá volver a gozar de una bonanza semejante a lo conocido durante el *súper-ciclo*; esto pues se argumenta que los descubrimientos de nuevos yacimientos y los futuros precios del cobre, difícilmente podrán igualar en calidad y magnitud respectivamente, aquello que se dio durante el *boom* minero del *súper-ciclo*.

En resumen, la supervivencia de las operaciones actuales y las futuras supra-utilidades del sector no podrán volver a ser sostenidas en base a ingreso masivo de yacimientos de calidad sobresaliente, ni por ciclos duraderos de altos precios, sino que, por la introducción de formas innovadoras en la producción, que impliquen mayores eficiencias y una mejorada productividad.

Esta tesis postula que las formas innovadoras a las cuales se alude en el punto anterior, se caracterizarán por una singular dependencia de servicios tecnológicos intensivos en conocimiento, apropiadamente contextualizado al sector de interés, sea éste cobre, hierro, plata, oro, u otra materia prima.

---

<sup>3</sup> el “súper-ciclo” fue en gran parte impulsado por la urbanización masiva y planificada de China, lo que implicó grandes exportaciones de commodities a este país.

#### 4. Oportunidad Tecnológica para Mejorar la Productividad: *iloT*

El uso intensivo de tecnologías de la información, comunicación, automatización y robótica (TICAR, o TIC) ha sido descrito en la literatura como una versión actualizada de la *revolución industrial*, debido a su efecto disruptivo a nivel de cómo se organiza la producción industrial y la prestación de servicios profesionales. Así como la máquina a vapor desplazó la fuerza bruta suministrada por el hombre y animales, el uso de las TIC ha permitido a ciertos sectores económicos realizar notables logros productivos y mejoras en la prestación de servicios, con menor esfuerzo y uso de insumos físicos. Los servicios financieros y la banca, la administración de organizaciones complejas (gobiernos, corporaciones multinacionales, el sector militar, etc), el *retail*, el comercio electrónico, e incluso la agricultura se han beneficiado de eficiencias derivadas del uso de las TIC.

Tanto la conocida naturaleza conservadora del sector minero con baja propensión a introducir innovaciones<sup>4</sup>, como el contexto específico del *súper-ciclo* de los años precedentes, no han favorecido la introducción general de las TIC en la minería. Esto contribuye a que hoy en día existan claras oportunidades para introducir mejoras operativas mediante incorporación de tecnologías que no han sido aprovechadas aún. En particular, se considera que la oportunidad tecnológica mejor posicionada para incrementar la productividad a corto plazo, es la “internet industrial de las cosas” (*Industrial Internet of Things*). Lo anterior promete permitir un potenciamiento del “mejoramiento continuo” operacional, además de apoyar la innovación incremental y realizar eficiencias en la gestión de activos.

##### 4.1. LA INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS

En términos históricos se le atribuye a Kevin Ashton<sup>5</sup> (1999), quien últimamente trabajó en el MIT desarrollando tecnologías de intercomunicación mediante redes ubicuas, el haber empleado el término de “internet de las cosas”, para describir un ecosistema de objetos interconectados ubicuamente entre sí a través de redes conformadas por tecnología RFID. Hoy en día se hace extensivo el concepto para incluir cualquier tipo de plataforma de intercomunicación, con tendencia a considerar a la “Internet” como aquella red que sirve para la interconexión.

En la actualidad, se utiliza el término de *iloT* para caracterizar sistemas industriales provistos de plataformas tecnológicas de manejo de información digital y la existencia

---

<sup>4</sup> En el contexto de esta tesis, no se considera la mera adquisición y uso de tecnología como una innovación destacable. Como mínimo habría que introducirle adaptaciones propias para calificar.

<sup>5</sup> Según fuente Wikipedia (5/11/2015), trabajando como “Assistant Brand Manager” en Procter & Gamble, le habría surgido a Kevin Ashton el interés de introducir intercomunicación ubicua mediante RFID como tecnología de apoyo, para la administración de la cadena de suministro.

de protocolos de comunicación de datos ubicuamente distribuidos entre distintos “objetos” o “cosas” de naturaleza industrial. Muy resumidamente, la *IIOT* ofrece la oportunidad de incorporarle inteligencia a las plataformas productivas de la minería, mediante incorporación de sensores en el máximo de activos posibles y el uso de los protocolos establecidos para realizar la intercomunicación de éstos entre sí. La condición anterior permite que una planta completa pueda ser así dotada de “signos vitales”, los cuales admiten procesamiento sofisticado de manera centralizada y remota.

La *IIOT* permite vislumbrar futuras operaciones mineras dotadas de inteligencia industrial adaptativa, las cual admitirían ajustes optimizadores en tiempo real frente a contextos cambiantes. Como ejemplo esquemático, un mineral que es percibido de mayor dureza por la pala pudiese “adelantarlo” automáticamente al molino SAG que éste debe ajustar su carga de bola específicamente para manejar el mineral preciso siendo extraído en ese momento. De manera análoga, una flota de camiones pudiese estar en tiempo real informando sus “signos vitales” a un centro integrado de operaciones, el cual en función de los datos que percibe, agenda planes de mantenimiento preventivos y predictivos con objetivo de minimizar paradas no programadas en los equipos, lo que mejoraría la disponibilidad global de la flota e impactaría positivamente en el margen operativo.

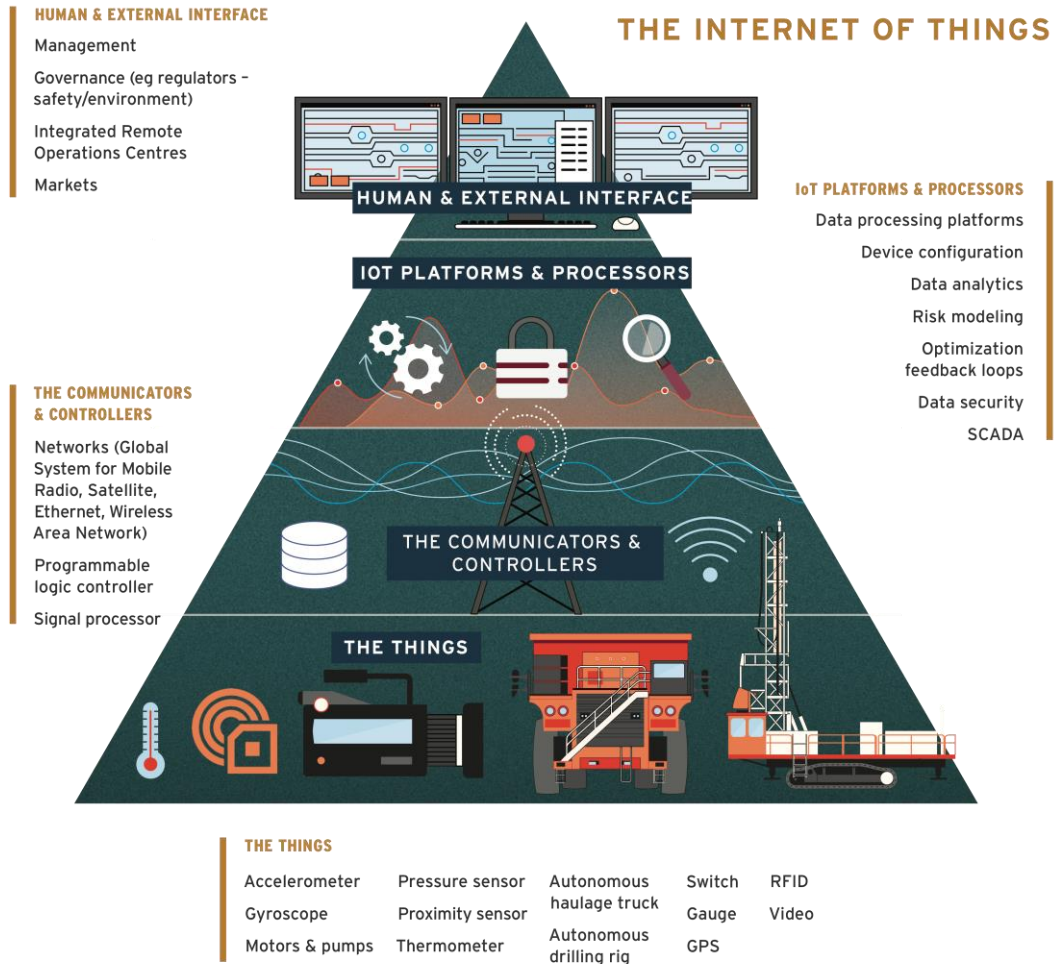
Para realizar una descripción simple e intuitiva que explique la “internet industrial de las cosas”, se requiere como mínimo hacer mención de la infraestructura *hardware* básica necesaria: un contexto industrial con presencia de activos productivos (fabricas, agricultura, faena minera, etc), sensores y actuadores propios del contexto, e infraestructura digital (computación). Para calificar de *IIOT*, estos últimos deben estar interconectados mediante tecnologías, interfaces y plataformas de conectividad, que les permita intercambiar data e instrucciones de manera transparente, permitiendo así la “colaboración coordinada” entre objetos. Tal infraestructura permite así que exista intercomunicación en tiempo real entre estos objetos y que estos a su vez puedan solicitar servicios y/o ser controlados remotamente, incluso sin mediar interacción humana. La real fortaleza del marco conceptual *IIOT* se hace evidente al concebir todos estos objetos como partes de un “ecosistema” específico al servicio de un propósito común, generalmente productivo.

El concepto de “ecosistema” adquiere su verdadero significado cuando se incluyen dentro de la red, objetos capaces de realizar interacción directa sobre el mundo físico. Esto pues bajo la anterior condición, los objetos de naturaleza digital adquieren la capacidad de ejercer impacto físico, mediante la “colaboración” con aquellos objetos de mayor participación en lo físico. Esta última característica permite que sistemas operando bajo el contexto del *IIOT* dispongan, a través de su infraestructura, del potencial de realizar acciones productivas en el mundo físico mediante comando y control tanto autónomo (algoritmo), supervisado (control humana a distancia), o alguna variante intermedia como supervisión humana “aumentada” (intervención humana apoyada por sistemas que otorgan acceso a información crítica en tiempo real y por ende facilitan una mejor toma de decisión). En efecto, el ecosistema descrito funciona holísticamente como un sólo macro-sistema al servicio del propósito productivo subyacente, mediante unión hombre / máquina y mundo-físico / mundo-digital.

Dado que el contexto de interés es industrial y productivo, la infraestructura comunicacional debe ser robusta y resistente a fallas. Como característica distintiva que la diferencia de la versión tradicional de la “internet de las cosas” (generalmente de bienes de consumo masivo), los objetos del *IIoT* suelen no tener interface humana directa ya que se presupone que la infraestructura industrial proveerá mecanismos de comando y control externo. (MaRS, 2014)

#### **4.2. LAS CAPAS QUE DEFINEN LA IIOT**

Un marco conceptual utilizado para describir la *IIoT*, hace uso de cuatro capas críticas (Figura 4-1) para describir los “objetos industriales” a ser interconectados. La primera simplemente contiene los “objetos” industriales en sí: camiones, perforadoras, motores eléctricos, sensores, válvulas, etc. Por cierto, estos objetos deben incluir en si la electrónica mínima requerida para interactuar con la red. La segunda capa describe la infraestructura de telecomunicación y protocolos de intercambio de información que habilitan la posibilidad de establecer redes complejas y robustas; los objetos utilizan esta infraestructura para interconectarse. La tercera capa define las plataformas de procesamiento, donde emerge gran parte de la “inteligencia” que convierte dato a información. En efecto, los objetos en si solo están informados de lo que sus propios sensores son capaces de informar y solamente las plataformas de la capa tres permiten que se pueda administrar el traspaso de información entre objetos, para así gestionar una colaboración inteligente. Finalmente, la cuarta capa describe la interface directa con humanos, donde prima la calidad de la interface y se establece contacto con aquellos usuarios empoderados para utilizar la información con fines decisionales (operador, analista de CIO (central de operación integrado), mercados en línea, reguladores, gerentes y administradores, etc).



**Figura 4-1: Esquema del iloT en contexto minero, donde los “objetos” o “cosas” serian camiones mineros, perforadoras, sensores e imágenes CCTV, etc. (MaRS, 2014)**

El modelo anterior permite señalar directamente aquellos pre-requisitos que deben establecerse antes de que el sector minero pueda aprovechar plenamente el potencial del iloT.

1. Deberán existir “objetos” y/o “activos” mineros provistos de tecnologías iloT embebidos<sup>6</sup>. Retro-alimentar activos mineros normales con tecnología iloT

<sup>6</sup> anglicismos del inglés “embedded”, el cual denota un sub-sistema eléctricamente integrado al sistema principal, con el propósito de servir funciones dedicadas a captura y procesamiento de datos en tiempo real.

presentará desafíos específicos pues como regla general, cada fabricante tiene protocolos específicos para gestionar la información de sus equipos (códigos de falla, protocolos de interconexión), lo que hará difícil la retro-alimentación universal de activos para habitarlos de sistemas *iloT*. Ciertamente la incorporación de activos con tecnología *iloT* incorporada desde fábrica será la vía más directa para adquirir una plataforma productiva asistida por *iloT*. Sin embargo, se prevé posible la retro-alimentación parcial de activos existentes como alternativa viable para adquirir una versión “ligera” del *iloT*, con captura de data genérica y limitada (corriente, potencia, estado, etc) y para servir propósitos de monitoreo general. Esto último garantizará un mínimo de *iloT* disponible para toda faena que se interese en incorporar dichas tecnologías, y que desarrollase y/o adquiriese plataformas informáticas *ad-hoc*.

2. Deberán existir plataformas de intercomunicación y redes universalmente aceptadas. Este aspecto hoy en día está en gran parte resuelto pues se goza de la existencia de estándares industriales y comerciales bien establecidos. La comunicación digital sobre TCP/IP u equivalente, opera directamente sobre plataformas “Wi-Fi” o redes ethernet, permitiendo así la interconexión directa de los objetos a los sistemas computacionales tradicionales. Para abarcar equipos móviles, el uso de redes GPRS u equivalentes (derivadas de las redes de telefonía celular) se ha impuesto con éxito, sobre todo visto que tales redes permiten telefonía celular tradicional y otros servicios comúnmente valorados por si solos en una faena minera. Incluso el uso de redes comerciales vía enlace satelital (ej: Orbcomm) se han probado como infraestructura comunicacional exitosa para servir de interconexión entre objetos *iloT* (conocido como red M2M, “machine to machine”). Desarrollos actuales señalan que a mediano plazo se podrá incluso disponer de redes de alta densidad de información por fibra óptica, para ser consideradas en redes de *iloT*, e incluso la aparición de tecnologías “mesh” para establecer redes de comunicación entre equipos móviles se prevé posible. En resumen, las tecnologías que habilitan la intercomunicación de objetos *iloT* gozan de alta madurez, por lo que se permite presumir que las innovaciones disruptivas del futuro estarán focalizadas sobre las capas tres y cuatro del modelo previamente descrito y no a nivel de la capa dos.
3. Deberán existir plataformas informáticas pensadas para los distintos propósitos del sector minero, que admitan flexibilidad suficiente para adaptarse a los distintos usuarios (operadores, mantenedores, área de proyectos, gerentes, etc) que pudiesen verse beneficiados de la capacidad analítica de gestión y análisis de data *iloT*. Dado que en la actualidad hay destacados *players* del rubro informático desarrollando distintas propuestas para la Internet Industrial (IBM, Microsoft, GE, Komatsu, Modular, SAP, OSISOFT, etc), se prevé que existirán plataformas genéricas a futuro para servir de plataformas *iloT*. Similarmente, es previsible que se desarrollaran empresas locales específicas para desarrollar e implementar plataformas específicas al servicio del *iloT* minero (por ejemplo: Navigo mining, Metric Arts, Sonda, Contac, etc).
4. Deberá existir interface hombre / maquina eficaz (HMI, de *human to machine interface*), lo que no solo impone requisitos a las plataformas para que estas

hagan uso de interfaces adecuadas, sino también exigirá contar con el capital humano capacitado para poder interactuar eficazmente con dichos sistemas. Dado lo lento que resulta generar perfiles profesionales nuevos (ej: se debe afectar la malla curricular tempranamente para inculcar dichas competencias), este aspecto se vislumbra como crítico y desafiante. La tendencia observada en el *IIoT* minero naciente que se observa hoy en día, señala que inicialmente habrá que considerar que los sistemas *IIoT* deberán ser operados a través de intermediarios especialistas, donde posiblemente un prestador de servicio *IIoT* (ej: Komatsu, JoyGlobal, Kairos Mining) administre la interacción directa con la red de objetos a través de centros de asistencia. Este intermediario estará también encargado de realizar la coordinación directa con los dueños de los activos, para así gestionar acciones a seguir y decisiones que ejecutar acorde a los intereses de los dueños.

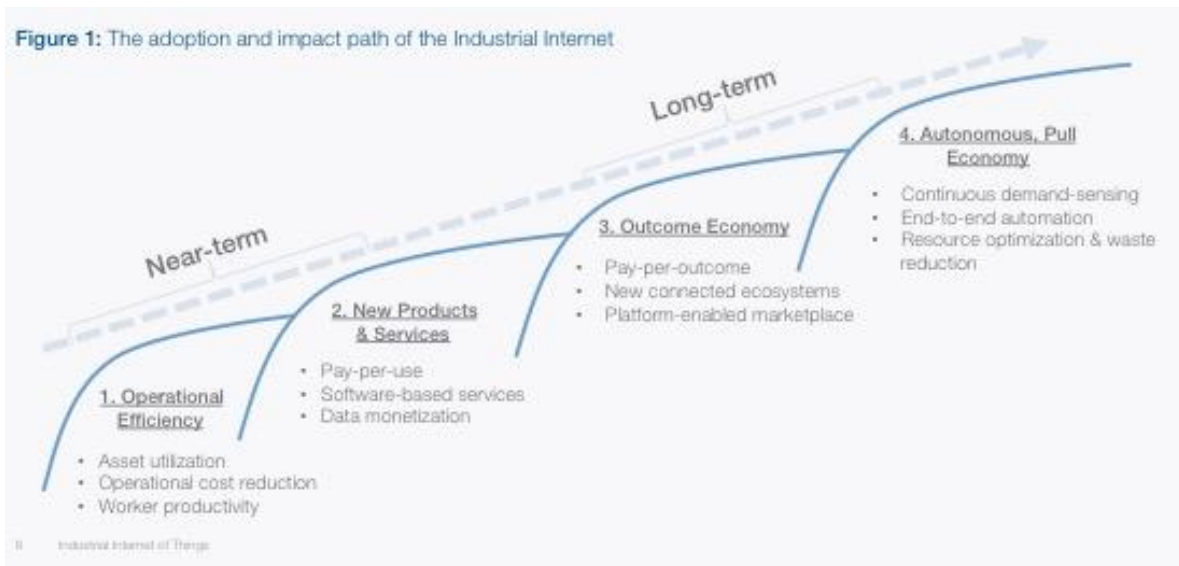
Si las condiciones anteriores logran consolidarse, se prevé que podrá iniciarse una profundización paulatina del *IIoT* en la minería. Apoyada en tal infraestructura, la minería podrá así dar inicio paulatino hacia una época de alta modernización con foco en la seguridad, eficiencia y eficacia asistida por alta tecnología e inteligencia digital.

Es oportuno señalar aquí lo vital que será la evolución conjunta de la capa tres y cuatro en el contexto minero. Esto pues la capa cuatro (de interacción con usuario) constituye en sí una oportunidad de aprendizaje mediante análisis de la interacción de los usuarios y la data. En efecto, la misma *interacción* del usuario experto con el ecosistema *IIoT*, es una fuente susceptible de ser registrada, almacenada y posteriormente analizada por parte del sistema informático que reside en la capa tres. De esta interacción podrá así emerger “conocimiento” nuevo, producto del análisis de la interacción del experto con el sistema, el cual una vez llevado a algoritmo podrá constituir una nueva base de inteligencia del sistema. La actividad misma de realizar aprendizaje y constituir sistemas expertos para asistir la capa tres permitiría así sostener innovación incremental en la inteligencia subyacente del sistema.

#### **4.3. SECUENCIA PREVISTA PARA LA INTRODUCCIÓN DEL IIOT EN MINERÍA**

Tal como lo señala un informe del Foro Económico Mundial del año 2015, en el cual se realizó una mesa redonda con líderes mundiales e industriales en conjunto con la consultora Accenture, para discutir las implicancias a nivel de la economía mundial del *IIoT* (Word\_Economic\_Forum, 2015), se prevé que habrá cuatro grandes etapas en el desarrollo del *IIoT* en la minería. La Figura 4-2 ilustra estas cuatro etapas, las cuales además están ordenadas según el tiempo requerido para que generen impacto relevante en la industria.





**Figura 4-2: Las cuatro etapas del desarrollo del *IIoT* en las industrias productivas, según informe 2015 del Foro Económico Mundial para evaluar el impacto del *IIoT* en la economía mundial del futuro.**

En la primera instancia, se describe que la *IIoT* impactará en la eficiencia operativa, lo cual será también el principal *driver* para promover esta tecnología en las faenas mineras. Como ejemplo directo, se tiene la gestión de activos en tiempo real para realizar mantenimientos preventivos.

Como segunda instancia, se describe la creación de nuevos productos y servicios hechos posibles por la infraestructura de la *IIoT*. En el contexto minero, podemos imaginarnos servicios de *Data Collection*, *Data Fusion* y *Data Analytics* para identificar prácticas improductivas (operadores CAEX, operadores de planta, etc) frente a benchmarkings apropiados, lo que identificaría áreas para implementar esfuerzos focalizados de mejora operativa.

Como tercera etapa, se describe lo denominado como “economía del desenlace” (*outcome economy*), en el cual ya no importa tanto el producto o servicio, sino el propósito de tales productos o servicios<sup>7</sup>. En resumen, se argumenta que la *IIoT* permite que se establezcan plataformas que habilitan la transacción de “desenlaces deseados”, tales como “material movido hasta la planta a tal precio por tonelada” en vez de la transacción física de un factor productivo (el “camión”). Esto solo será posible si se logra constituir procedimientos objetivos y de plena aceptación entre las partes, para evaluar la efectividad de los desenlaces mediante información y data. Lo anterior se hace posible en la medida de que exista la información suficiente para permitir la planificación *ex-ante* de tales servicios y la evaluación *ex-post* de los resultados. Como veremos al presentar Komatsu, sus plataformas de *IIoT* le permiten gestionar servicios

<sup>7</sup> “the why behind the buy” (el porqué de la compra)

en base a información real, lo que otorga capacidad objetiva para planificar y gestionar negocios de naturaleza “*outcome*”. Justamente estas plataformas han permitido a Komatsu realizar negocios con ciertos clientes, en base a contratos de “desenlace deseado” del tipo “toneladas-horas hacia planta”.

La última y cuarta etapa describe una condición donde habrá automatización casi completa e interrelacionada con el consumidor final. En este escenario sería el consumo final el cual dicta donde, cuando y qué producir de manera autónoma sin requerir de planificación previa. Si bien esta visión del futuro pudiera ser posible para objetos manufacturados, no se estima muy factible para la minería debido que el recurso minero por esencia, el yacimiento, requiere de extensa planificación previa y de desarrollo de proyectos (5 – 10 años) previo a poder ni siquiera empezar a producir las primeras unidades del *commodity*. Se considera que esta cuarta etapa tiene mayor relevancia para la producción de objetos manufacturados, donde la *IIoT* podrá realizar una versión extrema de la producción *Lean* con la eliminación de inventarios y aplicación de estrategias de “Pull” desde la demanda, para inducir la manufactura física. Para fines de esta tesis, no se considerará mayormente la cuarta “etapa de desarrollo” del *IIoT* aquí descrita.

Como ejemplo de cómo se han ido materializando las primeras tres etapas de desarrollo de *IIoT* según la secuencia recién citada, se hace uso del caso de Komatsu:

En una primera etapa, la inclusión de sensores y protocolos de comunicación en camiones CAEX permitieron introducir un servicio llamado Komtrax Plus, el cual ha logrado alterar la naturaleza de sus contratos de servicios post-venta (contratos MARC). Komtrax Plus ahora logra implementar el monitoreo remoto diario de algunos signos vitales desde camiones CAEX, por parte de especialistas Komatsu. Este monitoreo se ha traducido en un servicio de asistencia casi ubicua para la gestión óptima de activos, mediante el uso de la información captada, para así rutinariamente realizar planes de mantenimiento preventivo que logran mejorar el desempeño operativo.

En una segunda etapa (en etapa de evaluación industrial por parte de Komatsu), una plataforma similar, pero con mayor nivel de captación de datos y usando una infraestructura mejorada de Komtrax Plus que admite monitoreo más detallada, permite complementar lo anterior con interpretación profunda de los datos mediante algoritmos e inteligencia artificial. Esto permite implementar servicios de cuidado por “prognosis” en el cual se identifica el aumento en la “probabilidad de ocurrencia” de un evento indeseado antes mismo de que ocurran síntomas, y permiten así tomar medidas proactivas que evitan el deterioro del activo y/o una pérdida lamentada de producción. De manera similar, futuras variantes de Komtrax Plus podrán incluso prestar servicios de capacitación remota, debido a que se puede monitorear remotamente el estado específico de algún parámetro de operación bajo control de un operador (ej: posición de la palanca de operación) y permitir la supervisión de un operador experto quien pueda transmitir mejores prácticas.

Lo descrito anteriormente ilustra en hechos concretos las dos primeras etapas descritas por el informe del Foro Económico Mundial. La tercera etapa descrita también cuenta con un ejemplo basado en Komatsu, ya que los servicios ya disponibles a través de sus

tecnologías, le han permitido en ciertos casos implementar negocios del tipo “outcome economy”.

#### 4.4. EJEMPLO DE //OT DE LITERATURA: JOYGLOBAL

La revista Harvard Business Review incluyó un caso similar a lo recientemente mencionado relativo a Komatsu, en su edición de noviembre 2014 (HBR, 2014). Allí se describe a la empresa JoyGlobal, quien fabrica activos mineros desde 1884, y quien últimamente ha estado maximizando la *utilización*<sup>8</sup> de sus activos mediante introducción de conectividad “inteligente” a sus productos.

En 1998 JoyGlobal hizo entrega de su primer equipo remotamente manejado, quien además integró sensores destinados a informar tanto al operador remoto, como a personal técnico quien monitorea y asiste a la operación, del estado interno del equipo en tiempo real. El propósito siendo el permitir diagnósticos tempranos de potenciales riesgos a la operación y así permitir gestionar dichos riesgos. Desde 2001, JoyGlobal introduce protocolos de comunicación robustos a sus equipos de minería subterránea, lo que permite acceder a datos similares desde las salas de control en superficie, minimizando la presencia de personal técnico bajo tierra. En 2008, se pone en servicio el uso de protocolos similares, pero de naturaleza inalámbrica y se introduce el concepto de “Smart Service Center” JoyGlobal. Esto consiste en una central remota administrada por JoyGlobal para captar e interpretar datos desde equipos vendidos y operativos en distintas regiones del mundo.

Se argumenta en el artículo de la referencia, que estos últimos acontecimientos han permitido a JoyGlobal poder considerarse dotado de un elemento diferenciador (los “Smart Centers”). Estos en efecto permiten la otorgación de servicios de monitoreo y gestión, con objetivo de priorizar el mantenimiento preventivo por sobre el clásico mantenimiento reactivo y así maximizar la utilización electromecánica de sus activos, minimizando así los tiempos de *downtime* que impactan adversamente en los márgenes operativos.

El negocio de JoyGlobal evolucionó así desde fabricante de equipo, a la de prestador de servicios estratégicos, los que hoy en día incluyen monitoreo remoto, diagnóstico instantáneo de condición, administración remota de activo, e incluso entrenamiento avanzado para operador en el uso óptimo de activos. Se menciona incluso que la data captada por JoyGlobal, respalda servicios de consultoría técnica que JoyGlobal realiza, como parte de su cartera de oferta para optimización de rendimiento y *performance*.

También existe un uso innovador de la data captada por JoyGlobal; la de realizar *benchmarks* industriales de equipos similares en distintas operaciones a través del mundo, permitiendo así detectar oportunidades de mejoras en las operaciones que no

---

<sup>8</sup> terminología usada para cuantificar el porcentaje del año en el cual el activo ha podido ser utilizados para cumplir su propósito productivo. Frecuentes paradas lamentadas o salidas de servicio para realizar mantenciones merman la utilización.

logran los mejores rendimientos. Esto les permite así ofrecer consultorías dirigidas para mejorarles la operación a ciertos clientes, mediante estudio y proposición de cambios de parámetros, ajustes mecánicos, o capacitación para mejor el uso de los equipos.

Todo lo anterior, se sintetiza en el artículo mediante la afirmación siguiente: el negocio de JoyGlobal ha evolucionado desde la simple fabricación y venta de equipos, hacia ahora un modelo de productos y servicios que incluyen un “Life Cycle Management” (administración del ciclo de vida del activo). Esto último una vez más ilustra como las etapas de desarrollo del *IIoT* descritas en el informe del Foro Económico Mundial, se han ido manifestando a medida que la minería adquiere mayor uso de estas tecnologías.

## 5. Komatsu y la Internet Industrial

Este capítulo presentará el caso de Komatsu, proveedor mundial de camiones de extracción para la minería, el cual de manera destacada ha incorporado tecnologías de información y comunicación (TIC) de naturaleza *IoT* a sus productos. Esta incorporación de TIC no solamente introduce un elemento de diferenciación a su cartera de productos que les agrega competitividad, sino que también le permite a Komatsu posicionarse estratégicamente para poder participar de futuros negocios y servicios tecnológicos, mejorándole los retornos registrados en la última línea, cuando se trata de contratos MARC.

### 5.1. ANTECEDENTES KOMATSU USADOS PARA EL DESARROLLO DE ESTA SECCIÓN

Debido a que esta capítulo utilizará material preparado por personal perteneciente a Komatsu para su desarrollo, se deja constancia aquí de las fuentes originarias del material. El uso directo de imágenes y láminas de presentaciones preparadas por personal Komatsu como respaldo al texto general, permite no solo utilizar los mismos términos y esquemas que se usan oficialmente en la corporación, sino que también introduce objetividad debido a que da garantía que lo expuesto no proviene de interpretaciones personales.

- Reporte anual del 2015, en ingles de Komatsu, bajada desde hipervínculo [aún activo, 5/01/2016]:  
<http://www.komatsu.com/CompanyInfo/ir/annual/html/2015/pdfs/komatsu-reports2015-en.pdf>
- Presentación *Partnership Driven Business Growth in Komatsu* de Hisashi Asada, ICT Solution Division, Komatsu. Material presentado a público general en la Universidad de Stanford.
  - Presentación bajada desde el hipervínculo [aún activo, 5/01/2016]:  
<http://asia.stanford.edu/us-atmc/wordpress/wp-content/uploads/2015/10/151022-Komatsu-Slides.pdf>
  - Mayor información relativo al evento en el hipervínculo:  
<http://events.stanford.edu/events/553/55365/>
- Presentación *Komatsu, Tough Times Requiere Collaboration* de Jeffrey J. Dawes, President and CEO Komatsu Latin America. Material presentado al “Brisbane Mining Club”, agrupación abierta que promueve la colaboración entre miembros de la comunidad minera en Queensland, Australia.
  - Presentación bajada desde el hipervínculo [aún activo, 5/01/2016]:  
[http://www.brisbaneminingclub.com.au/event\\_archive\\_pdfs/2015/BMC\\_Jeffrey\\_Dawes\\_-\\_23\\_Oct\\_2015\\_-\\_V1.pdf](http://www.brisbaneminingclub.com.au/event_archive_pdfs/2015/BMC_Jeffrey_Dawes_-_23_Oct_2015_-_V1.pdf)
  - Mayor información relativo al evento en el hipervínculo:  
[http://www.brisbaneminingclub.com.au/newsletters/82\\_Newsletter\\_Jeff\\_Dawes.pdf](http://www.brisbaneminingclub.com.au/newsletters/82_Newsletter_Jeff_Dawes.pdf)

- Presentación *Mid-range Management plan 2013 – 2015*, de Tetsuji Ohashi, President and CEO Komatsu Ltd. Material informativo desde sitio Komatsu en hipervínculo:  
<http://www.komatsu.com/CompanyInfo/ir/results/201303/midmgtpplan.pdf>
- Presentación *Monitoreo de Condiciones, Dirección de Operaciones* de la Gerencia de Ingeniería y Soporte Técnico de Komatsu Chile. Presentación confidencial e interna de Komatsu Chile, puesta a disposición para el desarrollo de este trabajo.
- Presentación *Mining 4.0, A journey into the Future of Mining* de Jens Klopmeier y Alexander Hochgurtel. Material presentado en el seminario “M2M Summit” versión 2015 (Alemania).
  - Presentación bajada desde hipervínculo [aún activo, 5/01/2016]:  
[http://m2m-summit.com/files/m2m\\_summit2015\\_day\\_2\\_hall\\_x\\_1350\\_alexander\\_hochgurtel.pdf](http://m2m-summit.com/files/m2m_summit2015_day_2_hall_x_1350_alexander_hochgurtel.pdf)
  - Mayor información relativo al evento en el hipervínculo: <http://www.m2m-summit.com/116-1--Smart-Connect---The-Fascination-of-IoT.html>
- Paper de la serie “Discussion Paper series” de la universidad de Kobe Japon: *Komatsu’s Business Model through the Product Lifecycle*, de Yoichi Matsumoto (2011).
  - Material accesible en el hipervínculo [aún activo, 5/01/2016]:  
<http://www.rieb.kobe-u.ac.jp/academic/ra/dp/English/DP2011-13.pdf>
- Paper de la serie “Komatsu Technical Report”, *Development and Deployment of Komtrax Step 2*, por Shuuji Arakawa (2002). Vol48, N150.
  - Material accesible en el hipervínculo [aún activo, 5/01/2016]:  
[http://www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/report/pdf/150-03\\_E.pdf](http://www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/report/pdf/150-03_E.pdf)

## 5.2. KOMATSU LIMITED

Komatsu es una empresa con una historia extensa, habiendo sido establecida en Japón en el año 1921. En sus orígenes, la empresa “Komatsu Iron Works” fue fundada por Meitaro Takeuchi en 1917 como empresa filial de la “Takeuchi Mining Industry”, quien desarrollaba actividad minera y explotación del carbón, y tenía como encargo la manufactura de equipamiento minero específico para su empresa madre. “Takeuchi Mining Industry” (fundada en 1894) y “Komatsu Iron Works” fueron separadas corporativamente en 1921, lográndose así la fundación de Komatsu Ltd<sup>9</sup>, la cual ya

---

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/outline/history.html>

había adquirido tamaño suficiente para poder participar autónomamente en el mercado local.

Según antecedentes desde el portal americano de Komatsu<sup>10</sup>, Komatsu Ltd inicio sus primeras actividades como empresa autónoma como proveedor de servicios de reparación para maquinaria minera europea, la cual era utilizada en la minería local del cobre principalmente. Al fundador, Meitaro Takeuchi, se le recuerda por inculcarle a la empresa desde sus orígenes los siguientes principios orientadores: “Expansión Internacional”, “Calidad Primero”, “Innovación Tecnológica” y “Desarrollo del Recurso Humano”.

Hoy en día, Komatsu Ltd orienta su desarrollo corporativo según siete principios orientadores denominados “The Komatsu Way”, los cuales son considerados parte del “ADN” corporativo (traducción personal desde los textos en inglés):

1. **Compromiso con la calidad y confiabilidad: No basta con lograr productos de calidad y gran confiabilidad; Komatsu promueve siempre el mejoramiento continuo** de sus productos evitando la complacencia y jamás transando calidad en su senda de crecimiento hacia el futuro.
2. **Orientación al cliente:** Komatsu enfatiza internamente que todo cliente suyo a su vez tiene clientes propios, lo cuales son beneficiados por el valor que entregan los productos Komatsu. Se promueve de esta manera el conocer la cadena de valor de sus clientes, y así lograr la creación de productos que impacten positivamente a lo largo de toda la cadena de sus clientes.
3. **Definir la Causa Raíz:** Komatsu declara que su proceso productivo abarca desde la planificación inicial de nuevos productos hasta la toma de conocimiento de las condiciones operativas de éstos, incluyendo el conocer los problemas que pudiesen existir en el uso de sus productos. De esta manera, se reafirma que la meta última es el perfeccionamiento de sus procesos productivos para lograr productos que se ajusten a sus clientes y que le minimicen inconvenientes; tal objetivo requiere, de parte de Komatsu, realizar un seguimiento real del uso operativo de sus productos.
4. **Filosofía del “lugar de trabajo” (GEMBA):** El *workplace* o *jobsite* es aquel lugar donde se realiza la labor creadora de valor, por lo que es importante captar el máximo de información y conocimiento de dicho lugar. Cada cliente Komatsu tiene su propio “lugar de trabajo” (*worksites* en inglés), el cual opera según una lógica específica para cada cliente; tanto el lugar y su contexto constituyen el GEMBA propio de cada cliente. Es a partir de conocer el GEMBA de cada cliente que las políticas, estrategias, planes de mejoramiento y otras iniciativas de Komatsu han de ser originadas. En efecto, se declara que lograr hacer “visible” el GEMBA de cada cliente es un requisito de suma importancia para así lograr un entendimiento real, que permita el desarrollo interno de nuevos productos que sobresalgan en el mercado.

---

<sup>10</sup> Fuente: <http://www.komatsuamerica.com/our-company/careers/komatsu-way>

5. **Despliegue de la política:** Se opera bajo la lógica de que todo nivel, el empleado Komatsu participa en promover las políticas del “top management” acorde al rol de cada uno, por iniciativa propia.
6. **Colaboración con socios estratégicos de negocio:** Se declara que, para resolver problemas reales, mejorar las operaciones y lograr un efectivo uso del conocimiento, se es necesario trabajar con socios estratégicos como un equipo ampliado e integrado a través de objetivos comunes, el cual constituiría una extensión de Komatsu Limited.
7. **Desarrollo del recurso humano:** Se declara que mientras mejor capacitado y mayor conocimiento tenga el personal Komatsu, mayor será el beneficio que la compañía podrá alcanzar.

Veremos como el principio de “innovación tecnológica” del fundador, y también los puntos dos, tres y cuatro del “Komatsu Way” han sido potentemente implementados en el modelo de negocio que sigue Komatsu, en el rubro de los camiones de extracción mineros (camiones CAEX).

### 5.3. ESTRATEGIA TECNOLOGÍA DE CRECIMIENTO DEL NEGOCIO

Komatsu Ltd ha logrado posicionarse internacionalmente como proveedor de clase mundial indiscutido. Según rankings del rubro<sup>11</sup> para el año 2015, Komatsu se localiza en segundo lugar del ranking de fabricante mundial de equipos de construcción (lo que incluye equipamiento minero). Dicho lugar lo ha tenido desde hace 13 años continuos, siendo Caterpillar el competidor top del ranking en términos de participación en ventas del mercado.

La posición antes citada, es lograda para el año 2015 mediante la captación del 89% de sus ingresos totales desde la venta de equipamiento de construcción y minero (Komatsu, 2015), los cuales a su vez provienen de ventas en proporciones 19%, 19% y 15% desde la región del Japón, EEUU y América Latina respectivamente (mercados principales, Figura 5-1). Para el año 2015, aproximadamente 80% de los ingresos de Komatsu provienen desde afuera del Japón, ilustrando el alcance global de esta compañía nipona.

---

<sup>11</sup> Equipment top 50,” International Construction, April 2015. Resumen principal extraído desde <https://www.rbauction.qc.ca/blog/world-s-top-5-construction-equipment-manufacturers-2015-edition> [consulta del 29 de Diciembre, 2015]



Sales by Region for the Fiscal Year ended March 31, 2015 (To Outside Customers)

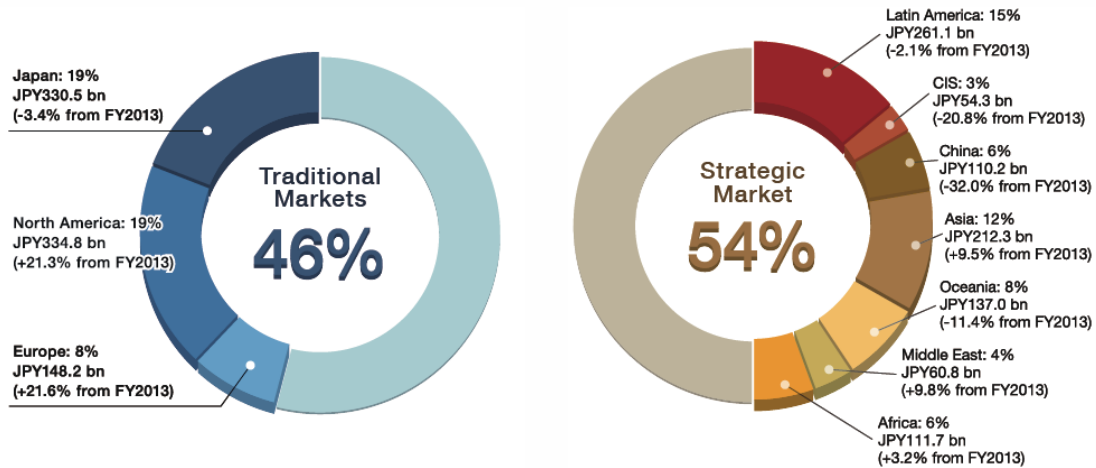


Figura 5-1: Extracto del Komatsu Report 2015, Productos y mercados servidos (Komatsu, 2015)

Esta posición privilegiada como proveedor de equipamiento de construcción y minero ha sido sin duda el logro de múltiples factores contribuyentes del éxito de Komatsu, sin embargo, su preocupación por conocer el contexto específico de sus clientes (el GEMBA) en acorde con su ADN corporativo, ciertamente ha sido clave. En efecto, como se ilustra en la Figura 5-2, la declarada estrategia de crecimiento de Komatsu enfatiza explícitamente extender sus propuestas de valor hacia servicios y soluciones que complementan al quehacer específico de sus productos, en el contexto de cada cliente. Lo anterior requiere por supuesto conocer el detalle real del contexto y el desempeño de sus productos, y para tal objetivo se ha de esforzarse para “hacer visible” el desempeño de sus máquinas mediante la “comunicación directa con las máquinas” (traducción directa del texto asociado a la etapa del “Dantotsu Service” de la Figura 5-2). DANTOTSU en dicha figura señala un producto “sin rival” de incuestionable y reconocido atributo diferenciador que habilita márgenes superiores de ventas. Como se desprende de la figura, vender productos DANTOTSU es solo la primera etapa dentro de una lógica mayor de propuestas de valor.

Es importante recalcar que la primera etapa señalada en la figura (etapa del “Dantotsu Product”) solo contribuye parcialmente al valor percibido por el cliente, esquematizado en la figura como eje vertical de “Customer Value”. Las “fases” siguientes (eje horizontal denominado “Business Domain”) que acceden a mayor valoración por parte del cliente, están demarcadas por “Dantotsu Service” y “Dantotsu Solution” lo que señala el interés de Komatsu en avanzar hacia propuestas de servicios y últimamente a soluciones completas. En la figura, se indica específicamente la tecnología KOMTRAX y KOMTRAX Plus como ejemplos destacados de tecnologías que “hacen visible” el desempeño de las operaciones mineras, permitiendo la entrega de servicios que posibilitan una mayor entrega de valor. También dentro del contexto minero, se enfatiza la “Dantotsu Solution” del AHS (*Autonomous Haulage System*; flota de camión CAEX autónoma) como un ejemplo destacado de entrega completa de solución constituida por equipos y servicios Komatsu.



**Figura 5-2: Extracto del Komatsu Report 2015 (Komatsu, 2015), esquematisando la estrategia de crecimiento de Komatsu.**

Como declarado en el informe oficial y abierto de Komatsu para el 2015 (Komatsu, 2015), la compañía define la innovación como la entrega de nuevo valor en el contexto de productos, servicios y soluciones que hayan derivado del entendimiento profundo de las operaciones específicas realizadas en terreno por los clientes, en colaboración con distribuidores y proveedores. Se agrega además que el “driver principal” de la innovación tal como ellos la entienden, surge del entendimiento detallado que Komatsu ha de lograr de las operaciones llevadas a cabo por sus clientes en el terreno. Dado lo anterior no cabe duda que para Komatsu, es una meta estratégica el involucrarse del quehacer de sus clientes, para así adquirir el know-how y las tecnologías específicas de cada operación, para así lograr una base de entendimiento que oriente sus desarrollos de productos, servicios y soluciones. Considerando este contexto, la innovación y la gestión del conocimiento específico del quehacer de sus clientes (el GEMBA del cliente), son para Komatsu elementos centrales para lograr implementar la estrategia de

crecimiento declarada, de desarrollar la prestación de servicios y soluciones de alto valor que complementen sus productos físicos.

Dado que las TIC justamente le confieren a Komatsu tanto la información para entender el GEMBA de sus clientes, como también un medio para poder realizar servicios, se entiende entonces la importancia que éstas juegan en el negocio de Komatsu.

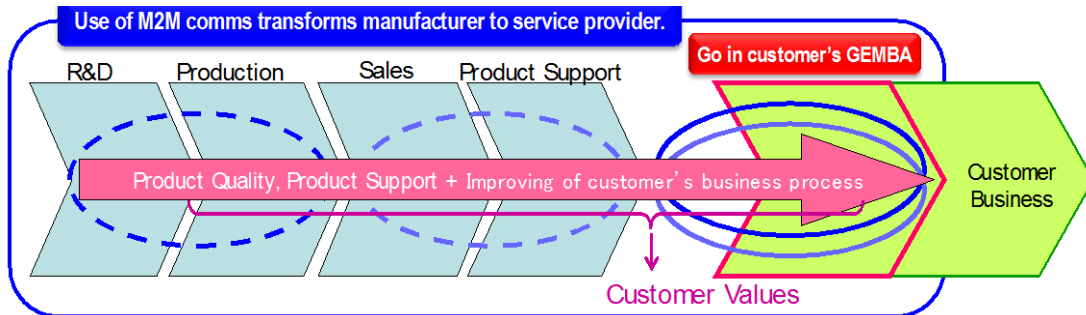
Lo ante dicho no son interpretaciones propias desde lecturas corporativas de Komatsu, sino declaraciones al más alto nivel. Como ejemplo, se ofrece un extracto de presentación realizada por el CEO de Komatsu para introducir el plan estratégico corporativo para el periodo 2013 - 2015, explícitamente menciona la innovación como fuente de crecimiento y el uso de tecnologías de información para mejorar el conocimiento relativo al GEMBA de sus clientes (Ohashi, 2013).

<b>1. Growth strategies based on innovation</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- DANTOTSU products, DANTOTSU services and DANTOTSU solutions</li> <li>- Complete understanding of jobsites of our products and open innovation with customers (transforming customers' Gemba into "manufacturing plants" to enhance productivity and safety)</li> <li>- Reinforcement of our efforts to develop construction equipment of the future and next-generation mining equipment, which fully utilize ICT and core technologies</li> <li>- Promotion of open innovation with other companies and organizations</li> <li>- Promotion of innovation of industrial machinery</li> </ul>	<p>While keeping a distance from pricing competition, we will focus efforts on the development of sales and distribution networks, total cost structure and customer relationship.</p>
<b>2. Growth strategies of existing businesses</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sales expansion in the value chain             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effective utilization of KOMTRAX, KOMTRAX Plus and KOMTRAX Parts</li> <li>- Sales expansion of strategic parts and structural reforms of the spare parts business</li> <li>- Expansion of the rental and used equipment business and the retail finance business</li> <li>- Retention and expansion of good customers through service and R&amp;M contracts</li> </ul> </li> <li>- Development and reinforcement of sales and service operations in promising markets (strategic measures by region)</li> <li>- Promotion of brand management activities</li> </ul>	

**Figura 5-3: Extracto de presentación del CEO de Komatsu Tetsuji Ohashi, 2013 (Ohashi, 2013). "ICT" en este texto significa las tecnologías de información y comunicación.**

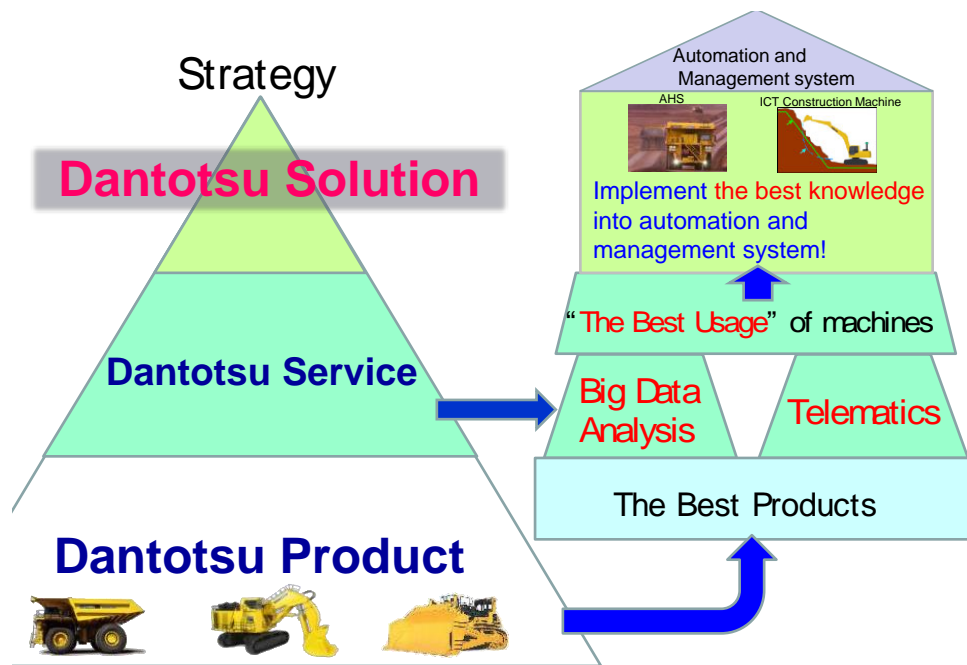
Similarmente, una presentación reciente del encargado de asuntos TIC (Cargo: General Manager de la "ICT Solución División") al *US-Asia Tecnología Management Center* (Universidad de Stanford) presenta la estrategia Komatsu de aprovechar el uso de TIC para promover sus aportes de valor. La Figura 5-4, proveniente de esta presentación, esquematiza la meta Komatsu de lograr crear aportes de valor a lo largo de la cadena de sus clientes, mediante el conocimiento del GEMBA de cada cliente ("Go in Customer's GEMBA" dice la figura). Como antes mencionado, lograr un entendimiento del GEMBA de cada cliente permite justamente diseñar productos y servicios que logran mayor entrega de valor, por sobre lo que la mera venta de equipos puede lograr. La figura explícitamente indica que son las tecnologías del tipo "M2M" (abreviación de

“Machine to Machine”: tecnologías de naturaleza *IIoT*) que habilitan el poder penetrar el GEMBA de sus clientes.



**Figura 5-4: Extracto de presentación del Gerente del área TIC (Asada, 2105), haciendo énfasis en la importancia del uso de tecnologías *IIoT* para adquirir conocimiento del GEMBA de los clientes.**

Como último ejemplo de esquematización estratégica, se extrae la Figura 5-5 de la misma presentación antes citada. Allí se ilustra como Komatsu visualiza la construcción de una relación de largo plazo con cada cliente, la cual tiene como pilares los productos destacados de Komatsu complementados por servicios del tipo “Big Data” y “Telematics”, hechos posibles por las tecnologías *IIoT* (Figura 5-5). En efecto, para el contexto minero esto implica el otorgamiento de servicios que logren sacar el máximo rendimiento a cada activo Komatsu, lo cual justamente es parte de los objetivos específicos de las tecnologías KOMTRAX y KOMTRAX Plus, previamente mencionados.



**Figura 5-5: Extracto de presentación del Gerente del área TIC (Asada, 2105), señalando como interrelacionar productos, servicios y soluciones globales en acorde a la estrategia Komatsu.**

En resumen, Komatsu tiene presente en su estrategia de crecimiento, entender el contexto en el cual sus clientes realizan operaciones mediante equipos Komatsu (el GEMBA de cada cliente), para así adquirir el conocimiento interno que le permita desarrollar innovaciones de alto impacto y valoración. También se tiene estipulado, que son las tecnologías de naturaleza *IoT* que le permiten adquirir dicho conocimiento y a su vez asistirle en poder ejercer el rol de prestador de servicios estratégicos.

Lo anterior implica que Komatsu entiende bien que las tecnologías *IoT* que ha desarrollado, le estarían permitiendo extender su alcance de negocio (su “business domain”) permitiéndole así participar en actividades de prestación de servicios tecnológicos, complementarios a la fabricación de activos físicos.

#### **5.4. TECNOLOGÍA KOMTRAX DE KOMATSU**

La tecnología KOMTRAX existe a nivel de prueba industrial desde el fin de los años noventa, con uso inicial en equipos de construcción localizados en Japón. Esta tecnología implementa la comunicación autónoma y diaria desde un equipo Komatsu, hacia servidores remotos para hacer entrega de información operativa, la cual sirve de base para la confección de reportes de alto valor operativo. En sus inicios se concibió como un servicio opcional que tendría un costo de uso para el servicio básico, sin embargo, en solo dos años este modelo cambió: desde 2002 se decide instalar las tecnologías KOMTRAX como estándar en cada equipo que vendido dentro de una

región geográfica con el sistema KOMTRAX operativo. Komatsu en efecto entendió que, tanto a ellos como fabricante, como también para sus clientes, la información captada tendría gran valor estratégico y que haría posible futuros modelos de negocios innovadores y de interés mutuo con sus clientes.

Un paper de la “Discussion Paper Series” de la Universidad de Kobe, Japón (Matsumoto, 2011) señala que, en sus inicios, KOMTRAX fue concebido como medida de seguridad para geo-referenciar sus equipos de construcción y permitir la localización de aquellos equipos que fuesen robados para cometer ilícitos<sup>12</sup>. Posteriormente, Komatsu fue dándole orientación comercial al servicio para finalmente converger al modelo genérico que hoy caracteriza a KOMTRAX. Utilizando los mismos términos que Komatsu utiliza en el enunciado de su estrategia de crecimiento, se declara que KOMTRAX “hace visible” a las maquinas, al permitir el monitoreo del estatus operativo de cada equipo. Esta visibilidad es proyectada tanto al cliente del equipo, como también a Komatsu y sus distribuidores, ya que la información es transferida hacia servidores de Komatsu periódicamente (continuamente se registran los datos y se envía un paquete consolidado a nivel diario) y desde estos mismos servidores se realiza la reportabilidad hacia clientes. Esta intermediación de Komatsu entre los datos y el cliente, le permiten a la compañía tanto adquirir conocimiento acerca del GEMBA de cada cliente, como también poder ejercer un rol proactivo en promover servicios de post-venta, ya que Komatsu y sus representantes estarían al tanto de los potenciales requerimiento de servicios técnicos y repuestos.

Como se indica en la Figura 5-6, los servidores de KOMTRAX, localizados en Japón, reciben las señales que emiten los equipos Komatsu mediante uso de redes satelitales de la constelación de satélites comerciales “Orbcomm” (flechas bidireccionales rojas de la figura). Lo anterior se complementa con uso del internet (flechas bidireccionales en azul de la figura) para así generar gran interconexión entre servidores y equipos. La “interface humana” más directa se establece mediante despliegue de páginas web a través del internet tradicional. Según se informa en el material consultado (Komatsu, 2015), a la fecha de marzo del 2015 existían 375,000 máquinas operando activamente con KOMTRAX. Los usuarios de estos equipos estarían así habilitados para recibir asesorías de distinta naturaleza, con orientación a la maximización del rendimiento de éstos, en particular para el mejoramiento de las labores del mantenimiento y de la asistencia postventa proactiva desde representantes Komatsu.

Resumidamente, los benéficos de KOMTRAX son múltiples:

- Clientes:
  - Gestión mejorada del mantenimiento mediante uso de la información KOMTRAX, lo que repercute en una mayor utilización productiva de los

---

<sup>12</sup> En específico, los robos de equipos de construcción ocurrían pues estos eran usados para posteriormente arrancar y robar cajeros automáticos.



activos (*uptime*), contribuyendo así a reducir el costo total del ciclo de vida.

- Distribuidor Komatsu:
  - Posibilita mayor pro-actividad al ofrecimiento de servicios de reparación y/o gestión de servicios post-venta.
  - Posibilita mejor gestión de los inventarios de repuestos mediante anticipación a la demanda según modelos derivados de la información KOMTRAX.
- Komatsu (fábricas):
  - Mejora el conocimiento del GEMBA de sus clientes y permite innovaciones de gran orientación al cliente, guiando así los ciclos de desarrollo de nuevos productos Komatsu.
  - Permite realizar *forecasts* de la demanda mundial de equipos y repuestos y apoya la planificación manufacturera.

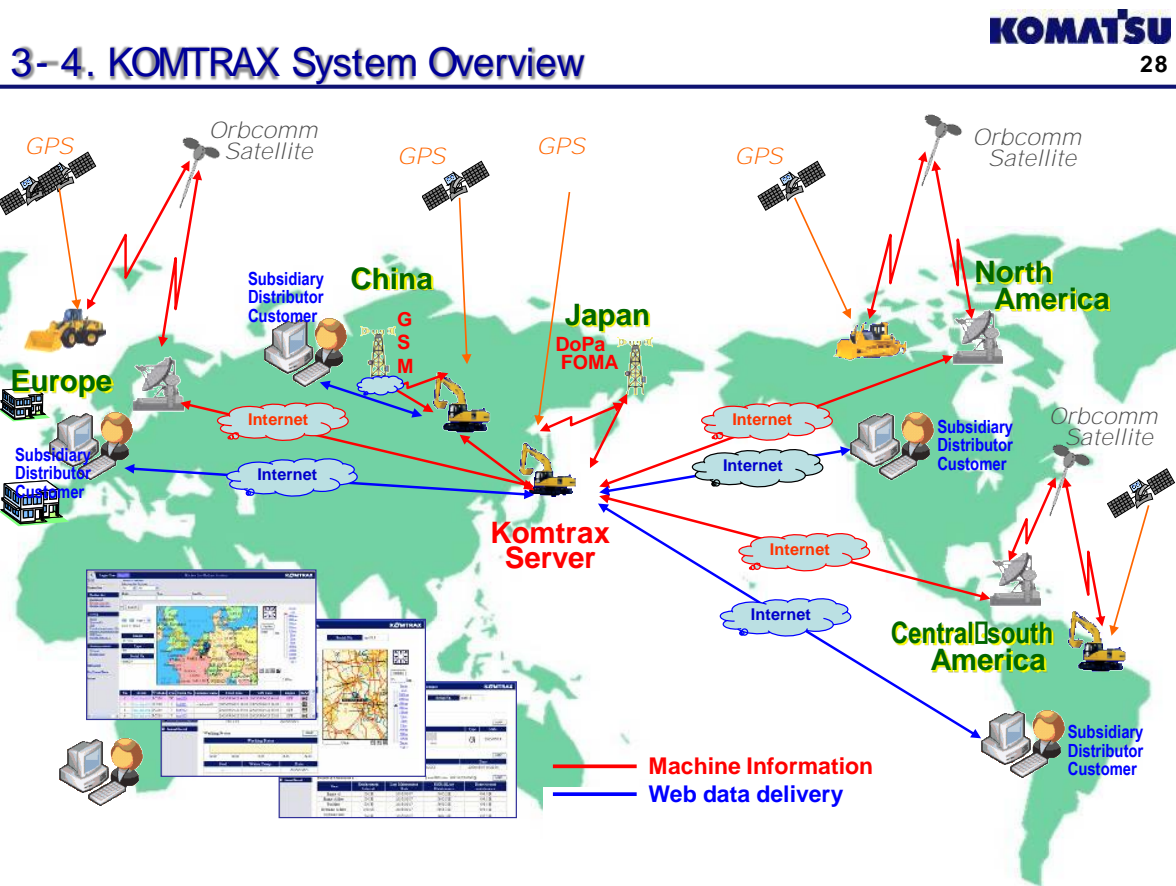
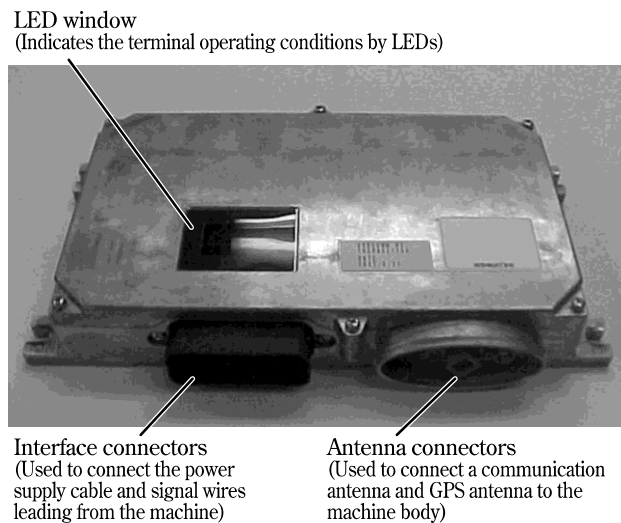


Figura 5-6: Extracto de presentación del Gerente del área TIC (Asada, 2105), ilustrando la tecnología KOMTRAX.

En términos más técnicos, KOMTRAX es implementado mediante la integración de múltiples componentes que definen la tecnología (Arakawa, 2002), el cual se apega a la

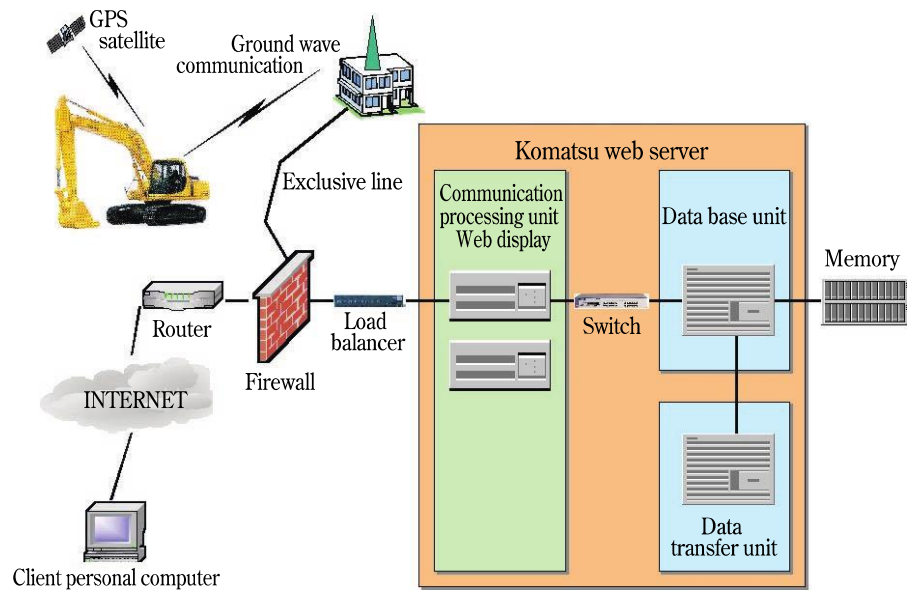
descripción previamente entregada para tecnologías *IoT* de la Figura 4-1. En efecto, la primera capa (la “cosa” o “thing”) no es más que el equipo Komatsu, el cual desde fábrica viene equipado con los sensores mínimos requeridos para registrar los datos de interés (posición GPS, estado interno de elementos críticos, consumos, etc). La segunda capa *IoT* es constituida por el controlador KOMTRAX, el cual es un *Hardware* específico que contiene la electrónica que posibilita la comunicación satelital Orbcomm (o para el caso del Japón en sus inicios, sistemas de comunicación por radio frecuencias de ondas de superficies). Es este *Hardware* (ver Figura 5-7 para un ejemplo específico) que permite la participación del objeto con la red de telecomunicación utilizada, la cual por cierto está conectada a la internet. El controlador a su vez se conecta a través de una interface específica con cada equipo Komatsu, y por otro terminal se le conectan las antenas de radio ondas que realizan la comunicación (satelital o en sus inicios, ondas de superficies), o que captan las señales para posicionamiento GPS.



**Figura 5-7: Controlador Komtrax, con posicionamiento GPS y capacidad tele-comunicacional Komtrax (satélite y/o radio ondas), extracto de Komatsu Technical Report (Arakawa, 2002)**

La tercera capa *IoT* (plataformas computacionales de procesamiento) está claramente constituida por los servidores de Komatsu dedicados a KOMTRAX, tal como se esquematiza en la Figura 5-8. Estos servidores no solo están encargados de recibir la información, sino que también la deben almacenar y custodiar para garantizar los aspectos de privacidad acordados con cada cliente. Estos servidores también son los primeros a poder realizar procesamiento avanzado de datos, en caso de que así se quisiera establecer. Se entiende, sin embargo, que el sistema KOMTRAX original más bien desplegaba la información captada, dejando que mayores análisis sean realizados por sistemas complementarios, o por el cliente mismo. La cuarta capa *IoT* del sistema (interface humana) era inicialmente un PC estándar, que realizaba el rol de cliente a través de la internet, para realizar conexiones con los servidores de KOMTRAX.





**Figura 5-8: La capacidad computacional provisto por servidores Komatsu le confieren al sistema su inteligencia y flexibilidad, extracto de Komatsu Technical Report (Arakawa, 2002)**

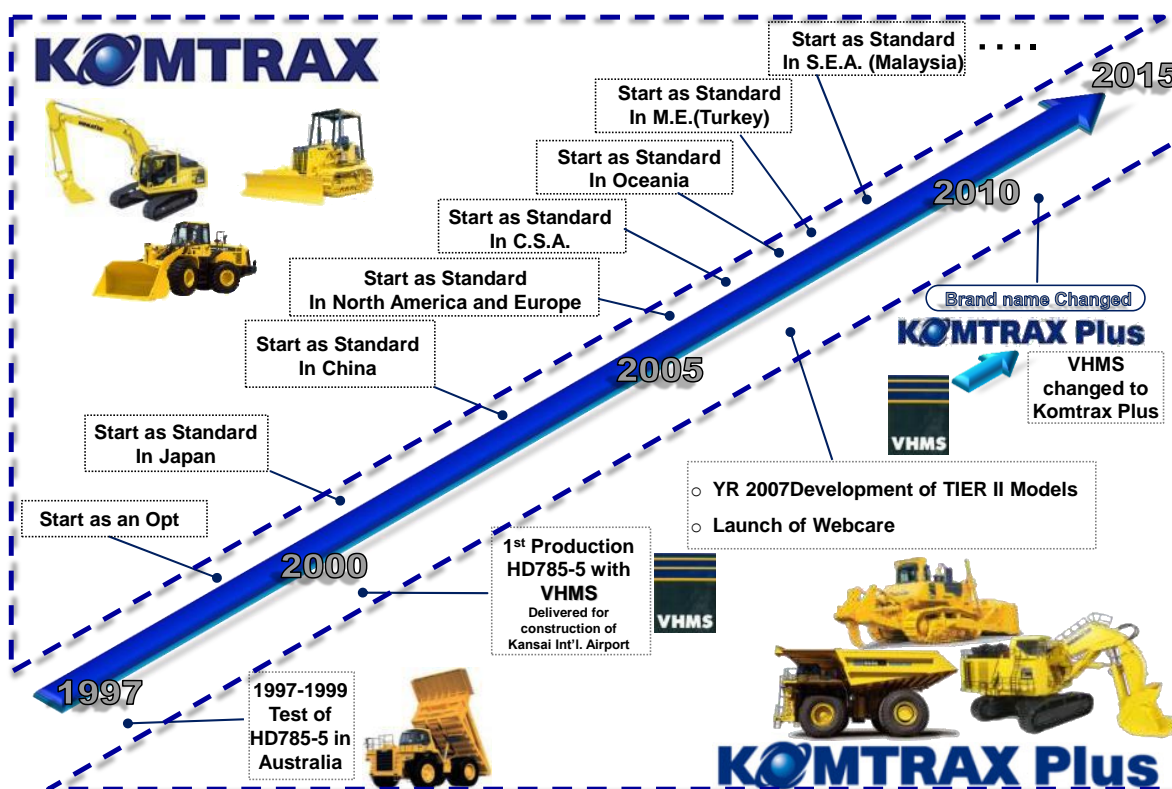
Ejemplos de información exequible a través de PC:

- Listado de equipos bajo control/administración del cliente.
- Posicionamiento de cada equipo sobrepuesto sobre un mapa.
- Información detallada de cada máquina bajo administración (mediciones internas como temperatura del refrigerante, nivel del combustible, códigos de indicación de falla, etc).
- Estado operativo (para determinar tiempo en producción de cada equipo).
- Indicaciones y recordatorios de mantenencias pendientes con Komatsu.

## **5.5.TECNOLOGÍA KOMTRAX APLICADA A LA MINERÍA: VHMS, POSTERIORMENTE RENOMBRADA KOMTRAX PLUS**

La tecnología KOMTRAX originalmente fue implementada en equipos de la construcción, partiendo en Japón a fines de los años noventa, para ir paulatinamente ingresando a otros mercados (China, EEUU y Europa, Oceanía) durante la década posterior. En paralelo, una tecnología equivalente fue desarrollada para maquinaria específica de la minería, la cual era denominada VHMS (del inglés *Vehicle Health Monitoring System*, lo cual se traduce como “sistema de monitoreo de salud del vehículo”). Como se indica en la Figura 5-9, pasado el año 2010, la tecnología VHMS

fue renombrada a KOMTRAX Plus, haciendo más evidente su raíz tecnológica común con KOMTRAX.



**Figura 5-9: Cronología de tecnología KOMTRAX y su equivalente para uso minero, VHMS, renombrado en el 2010 como KOMTRAX Plus. Extracto de presentación del Gerente TIC Komatsu (Asada, 2105).**

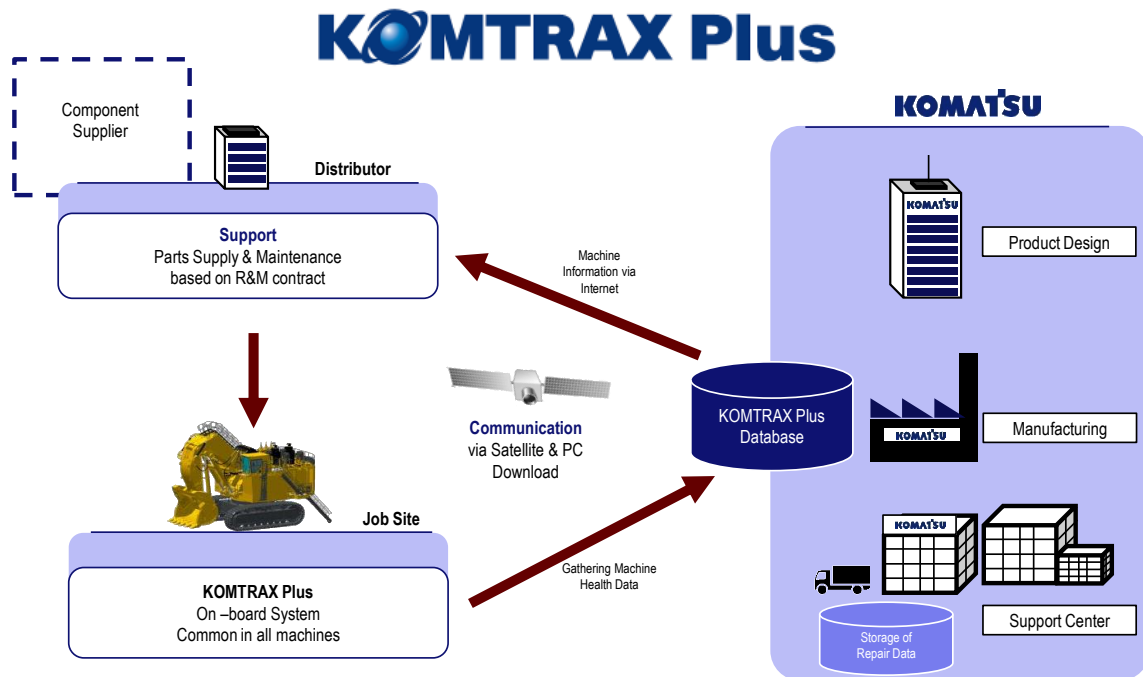
En la implementación específica para la minería, se enfatiza fuertemente los aspectos pertinentes al mantenimiento preventivo y la gestión del inventario de los repuestos. Esto pues la minería es altamente intensiva en capital (relativo a otras industrias) y las pérdidas por paradas de producción son de altísima cuantía económica. Lo anterior implica que mantener operativo los activos adquiere una prioridad singular, por lo que gestionar apropiadamente el mantenimiento de los activos es vital para la operación. En efecto, el clásico mantenimiento reactivo que solo realiza acción correctiva posterior a una discontinuidad operativa, tiene asociado enormes pérdidas. Por tal motivo, KOMTRAX Plus está diseñado con gran foco a maximizar la confiabilidad de los activos bajo gestión, haciendo que incluso los proveedores de repuestos y el fabricante estén activamente involucrados en el uso de la información que se recolecta.

Tal como se ilustra en la Figura 5-10 (extracto de presentación Komatsu a "M2M Summit" 2015, Alemania), la data captada a través de KOMTRAX Plus es también enviada a servidores dedicados para KOMTRAX Plus a través de una red satelital.

Desde allí, la data original es procesada y depurada para constituir la información a ser desplegada hacia el cliente, o a sus agentes encargados de la gestión con los servicios Komatsu. En particular, la gestión de repuestos y del mantenimiento es explícitamente asistida a partir de esta información, y mediante modalidades y particularidades definidas en los contratos de mantenimiento y reparación (señalados como “R&M Contract” en la figura y conocidos también como contratos “MARC”), el usuario de los equipos se ve beneficiado de una asistencia personalizada.

La información captada es similarmente puesta a disposición de otras áreas internas de Komatsu, tales como el área de manufactura Komatsu y el área de desarrollo de productos. Para el área de manufactura, estos datos una vez agregados a través de la cartera completa de clientes globales, permiten planificar con mayor conocimiento relativo a la demanda mundial y/o local del sector. Similarmente, para el área de desarrollo de nuevos productos, se logra un conocimiento íntimo del desempeño de sus equipos en cada faena, permitiendo así detectar áreas donde habría mayor valoración de mejoras, lo que permite orientar innovaciones hacia productos exitosos.

En resumen, KOMTRAX Plus logra generar “visibilidad” del desempeño de los equipos Komatsu en el contexto de negocio de cada cliente minero, tal como lo requiere la estrategia de Komatsu, para orientar sus innovaciones y propuestas de valor.



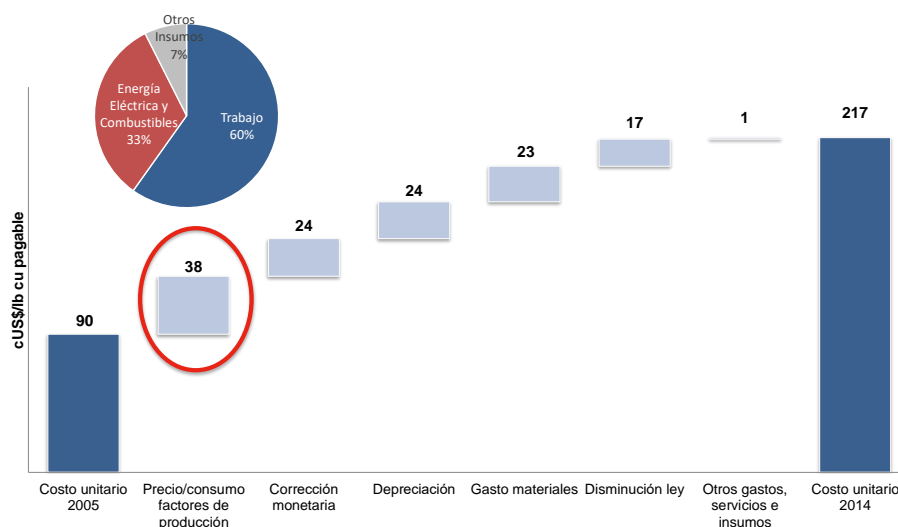
**Figura 5-10: Esquema del KOMTRAX Plus para realizar monitoreo remoto de activo minero, extracto de presentación Komatsu en congreso “Mining 4.0” (Komatsu Mining Germany GmbH, 2015)**

## 5.6. FOCO ESPECÍFICO DE KOMTRAX PLUS

Como descrito, las tecnologías TIC Komatsu de foco minero han estado presentes en el mercado global desde los años 2000. Durante este periodo, los costos operacionales asociados a la explotación de los commodities han sido en gran medida ascendentes, mermando las utilidades del sector durante el *súper-ciclo*. Este fenómeno adquirió una dimensión preocupante al decaer los precios, pues la merma en las utilidades ya no sería marginal, dado la baja en los ingresos percibidos por ventas de commodities. En efecto, durante el periodo 2005 – 2014 el costo total de la operación para la explotación y comercialización del cobre experimento un aumento desde 90 cUS\$/lbCu hasta 217 cUS\$/lbCu, tal como señalado en el observatorio de costos de Cochilco del 2015 (Cochilco, 2015) y resumido en la Figura 5-11. Ciertamente este aumento en costos ahora le implica un gran desafío al sector cuprífero, el cual actualmente debe operar con precios del cobre en niveles cercanos al costo de producción para algunas faenas medianas.

La situación actual implica que aquellos activos con sistemas que permiten una mejor gestión con foco en la eficiencia y disminución de costos tales como KOMTRAX Plus, han adquirido gran atractivo. En particular, el incremento asociado a los factores “Precios / Consumo de Factores de Producción”, “Gastos Materiales”, y “Otros Gastos, Servicios e Insumos” de la Figura 5-11, son elementos gestionables a través de activos mineros con tecnologías KOMTRAX Plus, haciendo que éstos exhiban ahora un elemento diferenciador frente a equipos “tradicionales” desprovistos de tecnologías *IoT*.

### EFECTOS DE VARIACIÓN COSTO OPERACIONAL

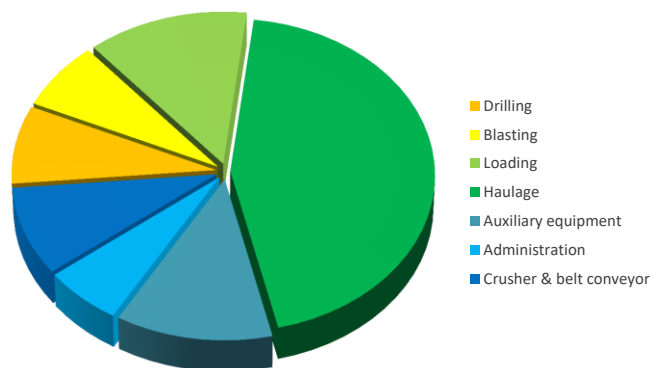


**Figura 5-11: Incremento del costo unitario de la libra de cobre durante el periodo 2005 – 2014, fuente Cochilco (Cochilco, 2015)**

Visto lo anterior, el foco de KOMTRAX Plus de habilitar la gestión apropiada de información para lograr un uso eficiente de los recursos, maximizando la confiabilidad operativa y sin sacrificar producción, adquiere singular importancia. En específico, dado que los principales activos mineros Komatsu son camiones de extracción CAEX, la orientación ha de ser la de minimizar los costos de realizar la extracción del mineral desde la pala, hasta el punto de descarga (botadero de lastre o tolva alimentadora de chancador); esta labor representa la componente más importante del costo de mina de una explotación típica del cobre, tal como ilustra la Figura 5-12. Por lo tanto, el foco es permitir ahorros y eficiencias en este elemento de costos, a lo largo de la vida útil del proyecto.

Por cierto, no basta lograr bajas operativas puntuales, sino estas deben cubrir todos los aspectos asociados a la tenencia y operación de los activos. En efecto se debe lograr eficiencias totales en la tenencia y operación de los camiones, concepto conocido como TCO (del inglés *Total Cost Of Ownership*, traducido como “costo total de la propiedad”).

#### MINING COST COMPOSITION %



Haulage is the largest component cost

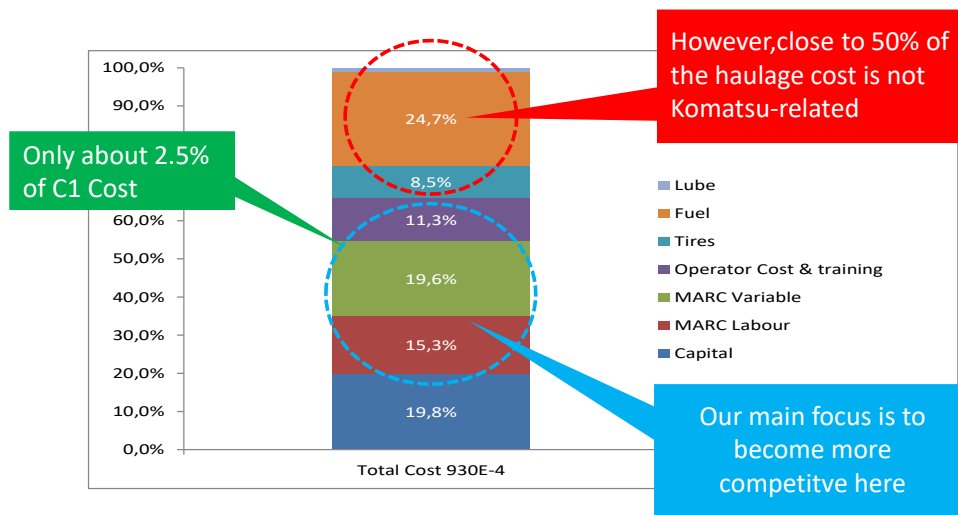
**Figura 5-12: Composición de costo de mina para operación típica de la explotación del cobre, Chile. Fuente: presentación del CEO de América Latina al “Brisbane Mining Club, octubre 2015 (Dawes, 2015). “Haulage” indica el transporte del mineral extraído.**

Minimizar el TCO de la tenencia y operación de una flota CAEX Komatsu es entonces un objetivo preciso que Komatsu declara como estratégico, y el cual busca satisfacer a través de su tecnología KOMATRX plus. La Figura 5-13 ilustra las componentes del TCO de una flota de camiones CAEX Komatsu 930E-4, la cual muestra que el costo asociados a la labor y a los costos variables de las actividades MARC (mantención y

reparación) representan 35% del total del costo, comparado con solo el 20% que representa el costo en capital de la flota. Gestionar apropiadamente el mantenimiento para lograr eficiencias y reducciones de costos a lo largo del ciclo de vida, permite entonces impactar una componente de mayor peso relativo que el costo inicial del equipo.

También se desprende de la figura citada que 11,3% del TCO es imputado a costos del operador y su entrenamiento, y que el consumo de combustible asciende a casi 25% del TCO, por lo que, si se les logra gestionar estos costos apropiadamente mediante KOMTRAX Plus, se habrá incluido sobre el 60% del TCO completo (incluyendo lo relativo a costos MARC) a medidas de control proactivas. Como veremos, Komatsu no solo gestiona actividades de mantenimiento con KOMTRAX Plus, sino que también ha ido incluyendo servicios que apuntan justamente a lograr reducciones de costos en estas últimas componentes, por la vía de la asistencia al mejoramiento continuo de la operación.

## HAULAGE COST – WHERE TO ATTACK?



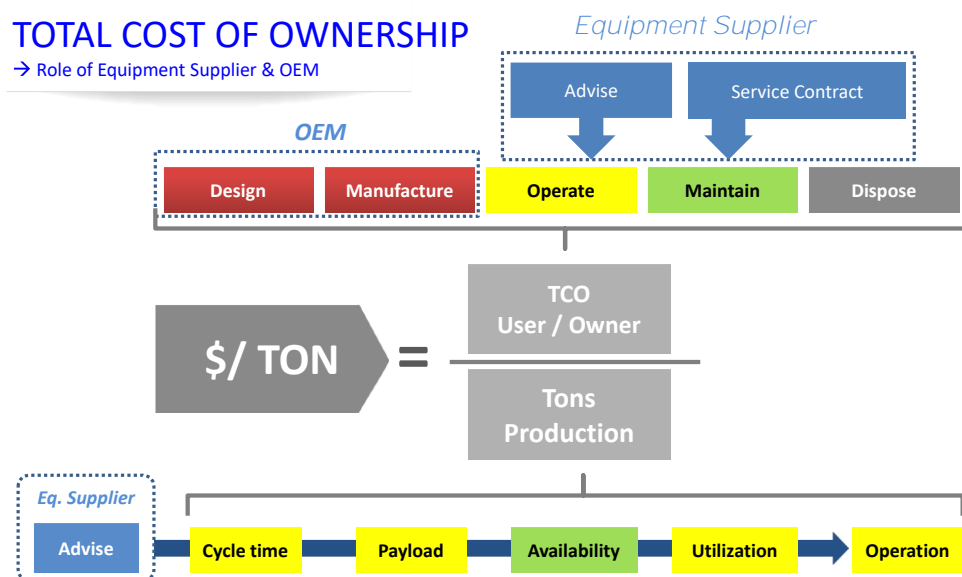
Figures based on recent TCO analysis for a fleet of 930E-4 trucks in Chile

**Figura 5-13: Análisis de TCO para una flota de camiones Komatsu 930E-4 operando en Chile. Fuente: presentación del CEO de América Latina al “Brisbane Mining Club, octubre 2015 (Dawes, 2015).**

## 5.7. KOMTRAX PLUS: GESTIÓN DEL COSTOS POR TONELADA

Como descrito, Komatsu establece contratos con sus clientes en el cual se ejerce un rol proactivo en la gestión del mantenimiento y reparación de camiones CAEX mediante el uso del sistema KOMTRAX Plus. Lo anterior con objetivo de reducirles a sus clientes el TCO de la tenencia y uso de la flota para uso minero, lo cual además le permite a Komatsu fortalecer su área de negocio de post-venta y servicios respecto de potenciales competidores que no cuentan con acceso a los mismos sistemas tecnológicos. En efecto, los servicios Komatsu focalizan sus esfuerzos en alinear sus propuestas de valor hacia un concepto de “reducción del \$/ton”, entendido para el *lifecycle* completo del negocio y mediante uso de la tecnología KOMTRAX Plus, lo cual se esquematiza conceptualmente en la Figura 5-14.

Una flota de camiones de transporte CAEX tiene como propósito transportar un recurso minero desde una mina hacia la correspondiente planta de beneficio y su máxima costo-eficiencia se logra si tal propósito se consigue a mínimo costo, considerando la vida útil completa y los costos de sustentación de capital requeridos por los activos durante el ciclo de vida del negocio. Komatsu considera que sus propuestas de valor no se agotan con la mera venta equipo, sino que perduran mediante una participación extendida durante el ciclo de vida del negocio, durante el cual se ofrece apoyo y uso de tecnologías que permiten el mínimo “\$/ton” para el cliente. En consecuencia, Komatsu ha establecido un modelo de negocio minero en el cual participa tanto como fabricante de activo crítico, proveedor de servicios de apoyo (reparación y/o mantenimiento), e incluso en algunos casos como proveedor de asistencia a la operación.



**Figura 5-14: KPI clave de la gestión Komatsu mediante sus tecnologías iloT, el \$/ton. Fuente: presentación del CEO de América Latina al “Brisbane Mining Club, octubre 2015 (Dawes, 2015).**

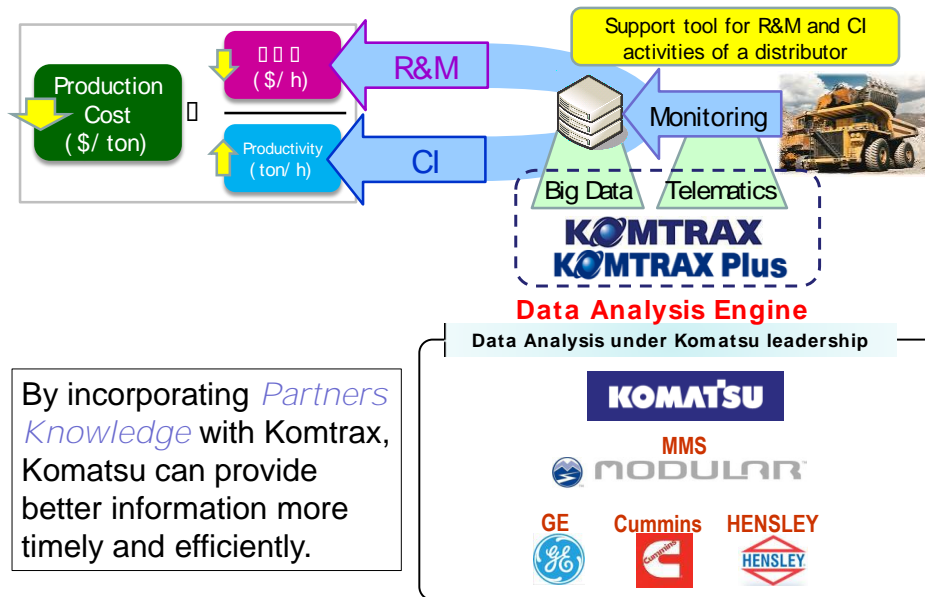


A través de contratos MARC (contratos de largo plazo para mantenimiento y reparación de flota), Komatsu logra participar en los servicios de reparación y mantenimiento de flotas CAEX, la cual es asistida por KOMTRAX Plus para maximizar la disponibilidad de la flota (mantenimiento proactivo e informado mediante monitoreo de signos vitales de cada camión). Ciertamente al contar con acceso a la información que otorga KOMATRX Plus, Komatsu se posiciona como el proveedor por excelencia para dichos contratos.

Por otro lado, al contar con la información de KOMTRAX Plus, servicios de asistencia operativa pueden ser ofrecidos por Komatsu, como por ejemplo el asistir en programas de minimización de consumo de combustible mediante monitoreo de la calidad de la conducción. Tales servicios permiten así la entrega de valor “hecha a la medida” de cada faena, para lograr disminuciones globales de costos y realizar incrementos productivos. Incluso mediante análisis de carga (*payload*) se puede cuantificar la calidad de la ejecución del carguío y transporte del mineral, para así identificar fuentes de ineficiencias en el uso de los CAEX, permitiendo así asistir procesos de mejoramiento continuo de la operación. Las mejoras no tienen por qué ser concentradas en algún ítem en específico; lo que se busca es en efecto el mejoramiento marginal pero continuo y distribuido, donde mediante acumulación de eficiencias parciales a lo largo de toda la cadena de valor, se logra realizar una mejora sustancial y sostenibles para la operación.

Muy resumidamente entonces, Komatsu ha logrado implementar una herramienta tecnológica de naturaleza *IoT*, la cual le permite ofrecer servicios de gestión y asistencia a sus clientes mineros con objetivo de mejorarle sus costos globales de mina. En específico y tal como esquematizado en la Figura 5-15, mediante optimización de los recursos destinados al mantenimiento y reparación (R&M) vía uso de KOMTRAX Plus, y en conjunto con medidas de mejoramiento continuo de la operación (CI) posibilitadas por el monitoreo realizado a través de la tecnología, se implementa una estrategia duradera de gestión sobre el costo global: el “\$/ton” del ciclo de vida. Más aún, tal como se señala en la figura citada, si bien los equipos son Komatsu y la tecnología habilitadora es KOMTRAX Plus, se tiene claridad de que mediante colaboraciones de índole tecnológica con *partners* estratégicos (Modular Mining Systems, GE, Cummins, etc), se logran aún mejores propuestas de valor hacia los clientes.

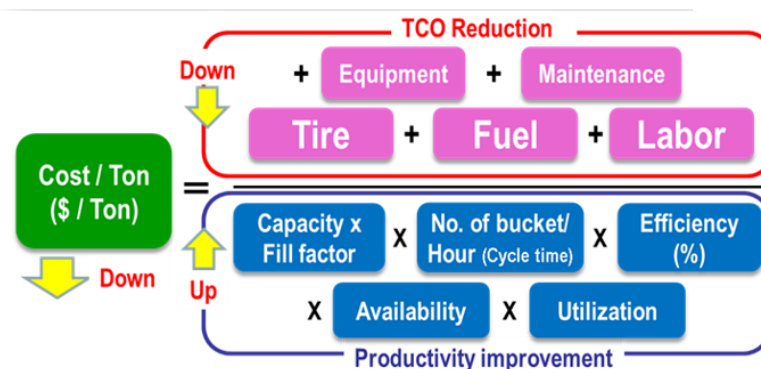




**Figura 5-15: Suite de medidas tanto Komatsu como de aliados, para implementarle el mejor “\$/ton” a sus clientes. Extracto de presentación del Gerente TIC Komatsu (Asada, 2105).**

## 5.8. KOMTRAX PLUS EN CHILE

Komatsu en Chile tiene su Departamento de Operaciones (DOP), el cual es el área interna responsable de administrar los contratos de servicios de mantenimiento en Chile. Como objetivos específicos del DOP, se declara que se debe asistir en lograrles un desempeño superior sin accidentes a sus clientes, con uso más eficiente de los recursos disponibles y de mayor productividad. Como representación gráfica de este objetivo, se ofrece la Figura 5-16, la cual es muy similar a figuras previamente vistas relativo a la labor Komatsu como prestador de servicios de mejoramiento, posibilitados por KOMATRAX Plus.



**Figura 5-16: Objetivo esquemático del DOP de Komatsu. Fuente: presentación interna (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015)**

En el contexto de una cartera de servicios y soluciones tecnológicas específicas para el mercado chileno, se ha venido desarrollando un conjunto de proyectos “estructurales” caracterizados por tecnología de naturaleza *IIoT*. Desde las presentaciones internas facilitadas por Komatsu Chile para la confección de este trabajo de tesis, se desprende la existencia de un conjunto de proyectos cuyo objetivo final es la aplicación de técnicas “predictivas” del mantenimiento, dentro de la lógica de ir minimizando cada vez más la ocurrencia de fallas sorpresivas, y el uso creciente de datos para la toma de decisión relativo al mantenimiento.

Los proyectos internos conocidos como “T1” aluden al uso del KOMTRAX Plus tal como se ha descrito en secciones precedentes. Estos proyectos implican para Komatsu monitorear las condiciones de operación y estar al tanto del estado de los componentes principales de camiones CAEX bajo contratos MARC Komatsu, para así poder proponer planes de intervención proactivas que minimicen la ocurrencia de detenciones no programadas. En efecto, con estos proyectos se busca aumentar la confiabilidad de los equipos en faena y disminuir el costo global del mantenimiento mediante programación de labores proactivas que disminuyan al mínimo posible, las fallas catastróficas.

En específico, según informado por Komatsu Chile, se tienen 11 operaciones mineras chilenas bajo contratos MARC que incluyen el monitoreo de signos vitales a través de tecnología KOMTRAX Plus, como operación rutinaria. En efecto, lo informado en documentos internos indican que la asistencia mediada por KOMTRAX Plus ha sido llevada a cabo en las siguientes faenas: Minera Los Pelambres, Caserones, Cerro Negro Norte (hierro), Andina, Gaby, Radomiro Tomic, Sierra Gorda, Michilla, Collahuasi, Quebrada Blanco y Escondida. Minera Centinela (Esperanza) estaría en un estatus de “en trabajo”, posiblemente indicando el desarrollo de pilotajes iniciales y aún sin una implementación 100% rutinaria.

Etapas	Detalle	MLP	CAS	CNN	AND	Gaby	RT	SG	Mich	CMDIC	QB	MEL	CEN
I Línea Base	Plan de Implementación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
II Marcha Blanca	Inducción PRA-WebCare-RM Care	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	🚧
III Operación Rutinaria	Continuidad del Proceso en Faena	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	🚧
EVALUACIÓN GENERAL		⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⚠

**Figura 5-17: Faenas con contratos MARC que incluyen monitoreo de signos vitales a través de Komtrax Plus. Fuente: presentación interna (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015)**

Solo para dimensionar la magnitud de las operaciones servidas por Komatsu con KOMTRAX Plus, se utiliza como referencia aquello presentado por Cochilco (Cochilco, 2015), para estimar la fracción del cobre total sometido a transporte CAEX bajo supervisión de signos vitales KOMTRAX Plus. Como se desprende de la Tabla 1, sobre el 50% del cobre total que se produjo durante el segundo semestre del 2015, fue en faenas donde KOMTRAX Plus es utilizado como parte del contrato MARC de Komatsu.

**Tabla 1: Total del cobre producido en el segundo trimestre del 2015, con indicación en verde para aquellas faenas asistidas por KOMTRAX Plus. Fuente datos Cochilco (Cochilco, 2015)**

Operación	Principal Controladora	Producción Q2 2015	
		ktmCu	%
Escondida	BHP Billiton	344	23%
Collahuasi	Anglo American plc y Glencore	112	8%
Anglo American Sur	Anglo American plc	107	7%
Los Pelambres	Antofagasta Minerals	94	6%
Centinela	Antofagasta Minerals	58	4%
Spence	BHP Billiton	37	2%
El Abra	Freeport McM	38	3%
Candelaria	Lundin Mining	39	3%
Mantos Copper	Audley Capital Advisors LLP	28	2%
Zaldivar	Barrick / Antofagasta Minerals	24	2%
Cerro Colorado	BHP Billiton	20	1%
Quebrada Blanca	Teck	12	1%
Chuquicamata	Codelco	82	6%
Radomiro Tomic	Codelco	77	5%
Ministro Hales	Codelco	56	4%
Salvador	Codelco	12	1%
Andina	Codelco	57	4%
El Teniente	Codelco	121	8%
Gaby	Codelco	30	2%
Resto	-	136	9%
Total		1486	100%
Total con Komatsu		784	53%

La cartera de proyectos estructurales de Komatsu Chile de índole tecnológico (Proyectos “T” del portafolio de Proyectos internos conocidos como “Proyectos STEP” de Komatsu), tiene en su base los “Proyectos T1” que designa la implementación a nivel rutinario del monitoreo de signos vitales de flotas CAEX mediante KOMTRAX Plus. Con una periodicidad diaria, los servidores de KOMTRAX Plus reciben la información de cada camión y ésta es desplegada a través de plataformas WWW (página web tradicional) o procesadas para confección de reportes informativos ruteados hasta el cliente a través del representante Komatsu en faena.

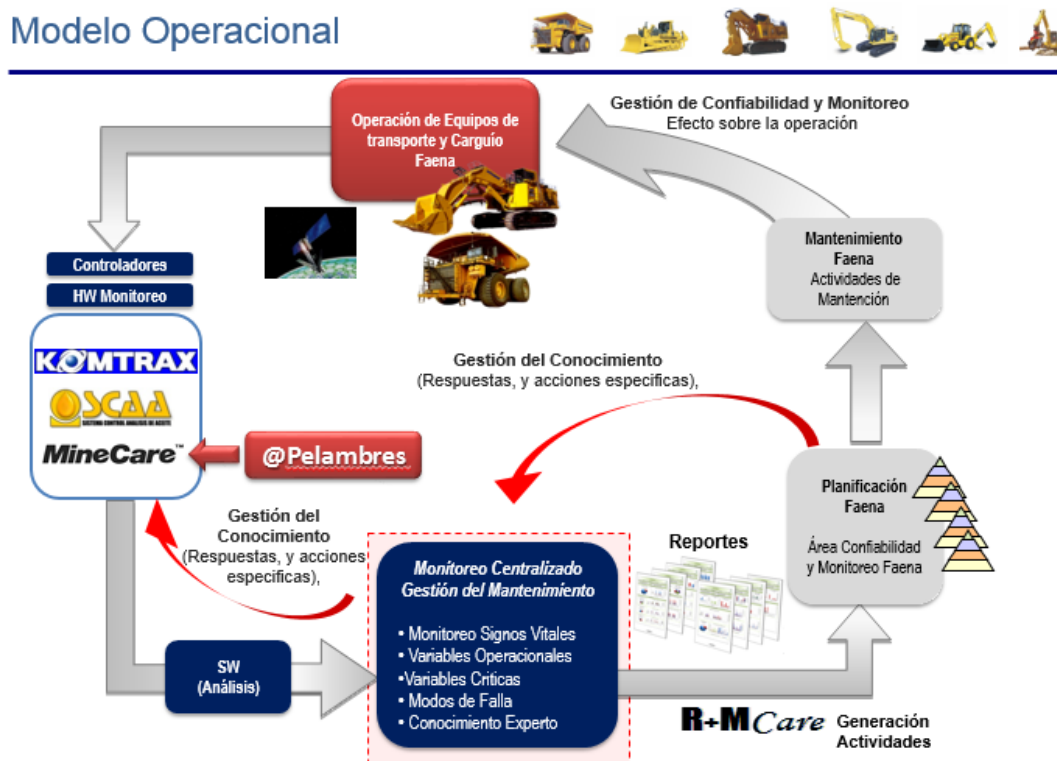
También, como parte del desarrollo que Komatsu realiza a nivel nacional, existen otros tipos de proyectos “T”, los cuales serán tratados en el capítulo siguiente (donde se tratará los futuros desarrollos de las tecnologías *IoT* en minería). Algunos de estos se encuentran bajo evaluación industrial como parte de proyectos de innovación conjunta con Minera Los Pelambres (Proyectos “T2”), en el cual se incrementa el nivel de detalle y la frecuencia del monitoreo que se les realizan a los camiones. Otros proyectos como los “T3”, están bajo una designación de “To Develop”, lo que implicaría proyectos que están a nivel de desarrollo conceptual y técnico, con objeto de formar parte de posibles proyectos a implementarse en el futuro. En particular, los “Proyectos T3” describen una plataforma denominada “MONCOM” el cual sería una plataforma de análisis e integración de todo tipo de dato (de naturaleza KOMATRAX y otros) con objetivo de implementar predicciones avanzadas de futuras fallas, sin requerir necesariamente que se estén desarrollando síntomas acusatorios.

## **5.9. EJEMPLOS PUNTUALES DE KOMTRAX PLUS EN CHILE (PROYECTOS “T1”)**

Los ejemplos a presentar están todos regidos por la lógica del KOMTRAX Plus, esquematizado por la Figura 5-18.

Como previamente señalado, los equipos comunican información autónomamente a través de una red satelital hacia servidores remotos de Komatsu, a partir del cual se realiza pre-procesamiento de la data para confección de información de valor y accionable para los administradores del mantenimiento (en el caso específico de Los Pelambres, existe un nivel de monitoreo superior mediante uso del sistema MINECARE, el cuales será descrito en el capítulo siguiente). El monitoreo centralizado define la gestión inicial a partir del cual se origina la confección de reportes y planificaciones de medidas proactivas, los cuales son enviados hacia las distintas contrapartes de cada contrato MARC en faena. A partir de tal asistencia, el mantenimiento en faena se ve potenciado, lográndose así mejoras a nivel de la confiabilidad de los equipos relativo al escenario de un mantenimiento reactivo.

En la figura se indica “R+M Care<sup>13</sup>”, el cual es la designación de la plataforma informática e interface con usuario humano, para la gestión de los contratos MARC asistidos por KOMTRAX Plus en Chile. Tanto la reportabilidad de KPI, como la implementación de planes para minimizar los costos globales del ciclo de vida de cada activo, son realizados a través de esta plataforma.



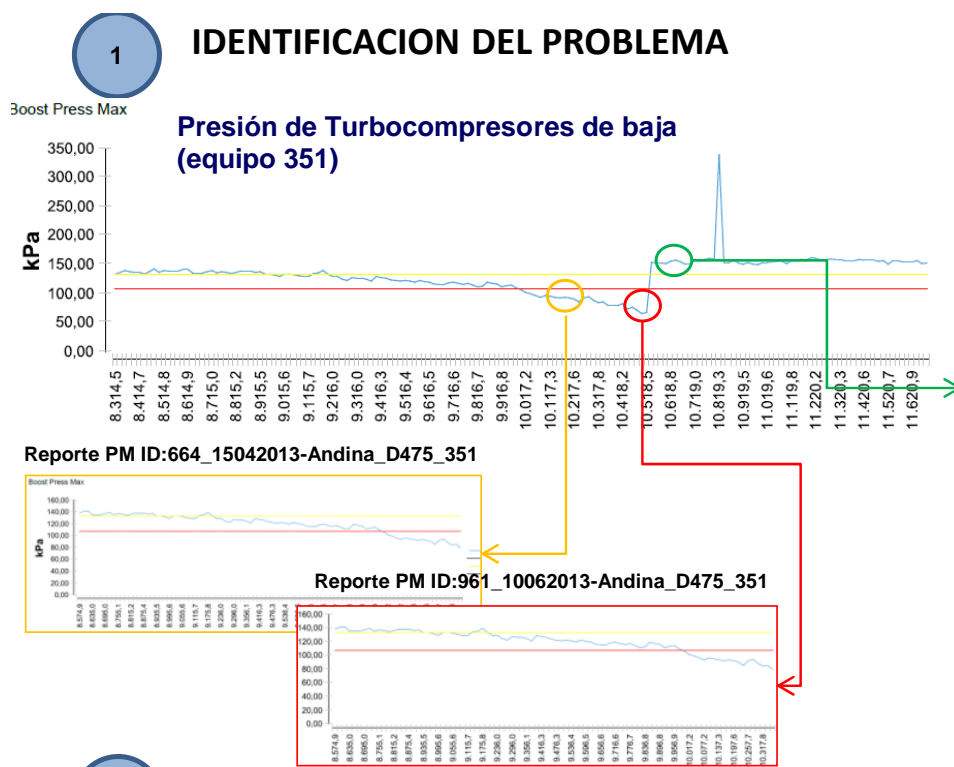
**Figura 5-18: Esquema lógico del KOMTRAX Plus aplicado a través de la modalidad de contratos MARC con faenas nacionales. Fuente: Presentación interna Komatsu Chile, (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015)**

### Ejemplos de uso KOMATRAX PLUS:

Los ejemplos a continuación provienen del uso de una presentación interna de Komatsu Chile (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015), puesta a disposición para confección de este trabajo de tesis.

<sup>13</sup> Según se informó, este software de gestión del mantenimiento Komatsu no necesariamente requiere el uso de datos KOMTRAX Plus.

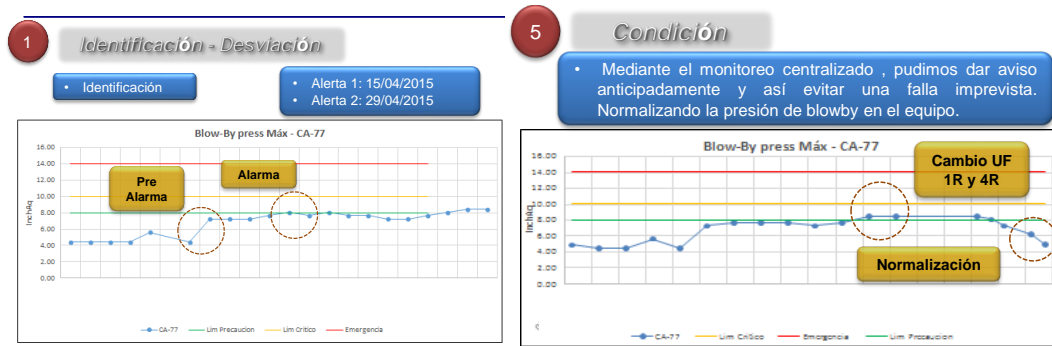
1. **Caso “D475 Andina”:** Mediante el monitoreo rutinario de signos vitales, se detecta una baja en la presión del turbocompresor de un equipo (Equipo *Bulldozer Komatsu D475*), ver **Figura 5-19**. El nivel de la baja hace que la presión adquiera un “nivele condensatorio”, lo cual da motivo para realizar una solicitud de revisión en faena (un *backlog*), a pesar de que no ha ocurrido aún una falla mayor del equipo. Análisis experto sugiere que se estaría incurriendo una pérdida de eficiencia del turbocompresor del motor, lo que podría empeorar hasta un nivel que dejaría inoperativo el equipo. Como resultado de las acciones tomadas, se logró el reemplazo planificado del turbocompresor, evitándose una falla durante ejecución de labores. Se estima que, de haberse incurrido la falla durante ejecución de labores, se podría haber generado una detención operativa de los equipos de entre 2 días a 2 semanas. El monitoreo por condición implicó que no se debió incurrir en ninguna falla operativa y el diagnostico no significó personal técnico en terreno pues la detección, el diagnostico, y el plan de acción fue logro del equipo de monitoreo.



**Figura 5-19: Identificación del problema y posterior emisión de reportes. Extracto desde presentación interna Komatsu Chile, (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015)**

2. **Caso Camion CAEX 930E MLP (Los Pelambres):** Mediante monitoreo remoto se detectó un aumento de la presión del Blow-By (presión de gases del carter) del motor diésel de un camión CAEX. El nivel del aumento motivó la emisión de dos reportes de alerta a faena, iniciándose un proceso proactivo de análisis por parte de técnicos expertos para generación de hipótesis acerca de la causa raíz.

Durante la ejecución del plan de acción, se detectó fracturas de anillos de pistón, exigiendo medidas correctivas inmediatas que logran corregir el desperfecto y así eliminando el riesgo de sufrir una detención operativa en la extracción del mineral.



**Figura 5-20: Identificación de desviación por monitoreo (izquierda) y corrección final (derecha). Extracto desde presentación interna Komatsu Chile, (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015)**

Análisis interno Komatsu estimó que, de haberse seguido en operación, este camión podría haber sufrido un total de 137 horas de detención imprevista, y un costo de 400 mil dólares para reparar el daño que podría haberse ocasionado. La medida preventiva solo implicó 72 horas de reparación programada y 6.416 USD en piezas y repuestos específicos.

- 3. Caso Camión CAEX 930-SE (Sierra Gorda):** Por la vía del monitoreo y análisis remoto de signos vitales y de datos de lubricantes, se logró la detección de niveles de sodio por sobre el límite permitido en cierto lubricante interno, indicando una anomalía grave. Técnicos expertos realizan ronda de análisis y generación de un plan de acción, el cual fue comunicado a faena para pronta ejecución. Posterior a la intervención, se logró la estabilización del sistema, el cual presentaba filtración de refrigerante. Análisis posterior Komatsu estimó que, de haberse continuado la operación, pudiese haberse generado daño mayor al motor por contaminación en el motor diésel y haberse debido sufrir mayores horas de indisponibilidad como consecuencia de falla operativa imprevista.

## 6. Futuro Desarrollo de las Tecnologías *IoT* en la Minería

En este último capítulo de desarrollo, se realiza una proyección de cómo se prevé que se desarrollaran las tecnologías de naturaleza *IoT* en el sector minero, durante los próximos años. En primero lugar, se aprovecha la información interna de Komatsu a disposición para determinar el mediano plazo de los servicios específicos de Komatsu; en particular, veremos que actualmente ciertos de sus programas ya están siendo sometidos a evaluación industrial. En segundo lugar, se proyecta el uso de tecnologías *IoT* similares a lo ofrecido por Komatsu para gestión de camiones CAEX, pero aplicado ahora a un área distinta de las faenas modernas: la planta de beneficio. Finalmente, se aprovecha esta instancia para realizar una síntesis personal respecto de quienes más, a parte de los fabricantes tradicionales, estarían posicionados para realizar ofrecimientos de servicios de naturaleza *IoT*. En efecto, si bien los fabricantes tradicionales están ciertamente en una posición privilegiada para idear propuestas de valor, la naturaleza IT de las tecnologías *IoT* permite que otros actores puedan sumarse a la corriente tecnológica actual, en pos de lograrle aumentos productivos y mayores eficiencias al sector minero.

### 6.1. DESARROLLOS ACTUALES KOMATSU (PROYECTOS “T2”, MINECARE)

La planificación de los proyectos tecnológicos de Komatsu Chile indica claramente que se pretende seguir profundizando en el ofrecimiento de servicios que agreguen valor a lo largo de la cadena de valor. En particular, los proyectos “T2” en desarrollo en conjunto con Minera Los Pelambres (evaluación de uso industrial) son emblemáticos para señalar las tecnologías prontamente a ser ofrecidas por Komatsu.

Por un lado, la versión del KOMTRAX Plus mejorada (KOMTRAX Plus 2) será servida por red GPRS (red en base a radio frecuencias, similar a red de la telefonía celular tradicional). Este cambio a nivel de la infraestructura permitirá monitoreo detallado a nivel de segundos, permitiendo así realizar un seguimiento fino de cada variable bajo supervisión. Este nuevo servicio estará servido también por plataformas informáticas adicionales y potenciadas, en particular la plataforma MINECARE de la Modular Mining Systems (proveedor de software y sistemas de gestión de flota CAEX minera, perteneciente desde el 2003 a Komatsu como empresa subsidiaria). Como foco distintivo de la plataforma MINECARE, será el presentar una fuerte orientación a entregar herramientas de gestión para el mejoramiento continuo de la operación. También se declara en documentos consultados que para implementar el monitoreo remoto, se hará extenso uso de algoritmos autónomos, permitiendo así que el monitoreo pueda aprovecharse de la alta densidad de datos captados. En la actualidad, Komatsu ya cuenta con experiencia con Minera Los Pelambres, en el cual algoritmos predictivos de la plataforma MINECARE han podido identificar diferenciales de presión en la suspensión trasera, lográndose la asignación de *backlogs* para verificar estado y realizar acciones correctivas.



Un ejemplo particular e innovador donde estos sistemas han podido ofrecer apoyo a la operación, es el monitoreo del estado de caminos. Dado que los sistemas registran las presiones existentes en la suspensión de cada extremo de eje, es posible conocer el perfil a lo largo de la ruta de extracción, del BIAS y RACK (ver Figura 6-1) que pudiese existir debido a una sub-óptima condición de los caminos transitados.

**Rack:**

Medición de presiones en forma diagonal

Causa: Condición Camino

Impacto: Suspensiones y Chasis

**Pitch:**

Medición de diferencia de presión delanteras y traseras

Causa: Fallas Operacionales

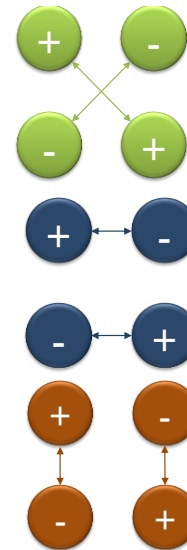
Impacto: Suspensiones y pasador central

**Bias:**

Medición de diferencia de presión laterales

Causa: Condición camino

Impacto: Suspensiones y pasador central



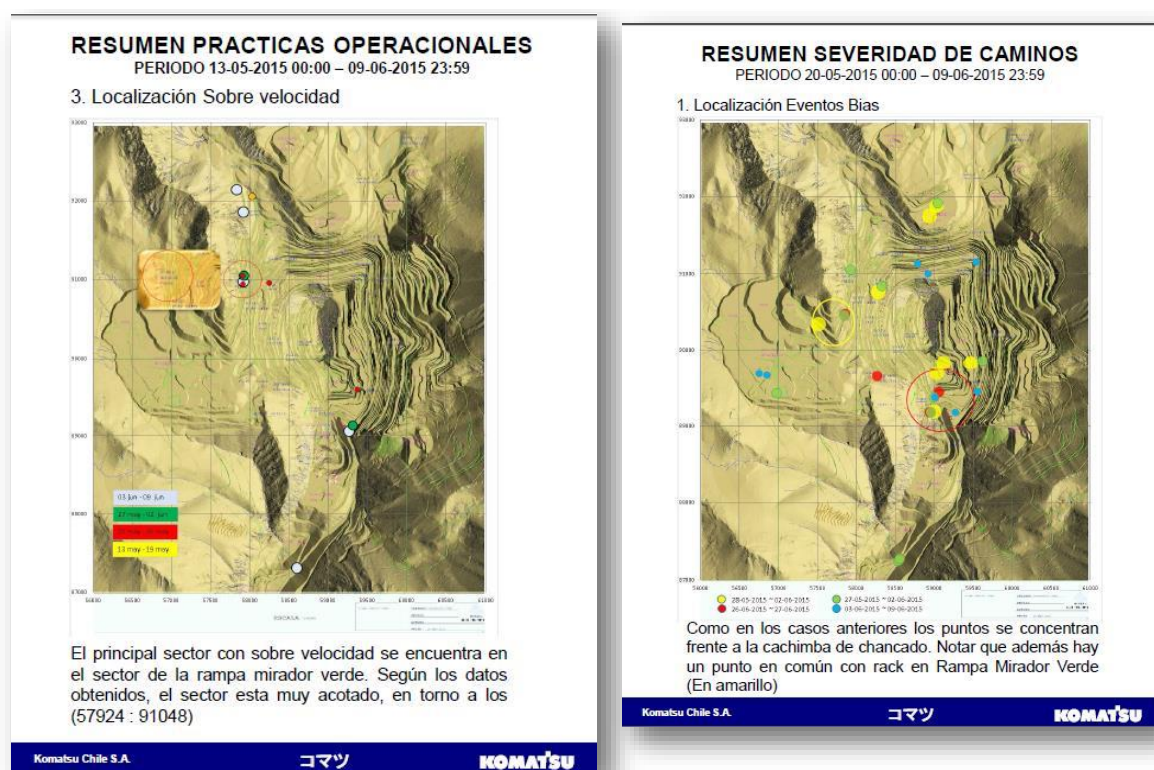
**Figura 6-1: Definición de BIAS, PITCH y RACK. Extracto desde presentación interna Komatsu Chile, (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015)**

Un excesivo RACK y BIAS debido a un mal estado de los caminos, somete los sistemas de suspensión del camión a esfuerzos indebidos, lo que impacta a la larga en la vida útil de éstos. Dado que el monitoreo del MINECARE en conjunto con las tecnologías del KOMTRAX Plus 2 es realizado con alta densidad y describe la totalidad del trayecto transitado, se es posible captar el momento y el lugar preciso de cada punto del camino en donde existe estrés indebido en la suspensión de los camiones. Dicha información es ciertamente valiosa pues permite identificar las zonas problemáticas y programar medidas correctivas para el mejoramiento del estado de los caminos. Lo anterior permite evitarle así a la flota completa deber verse sometida a esfuerzos indebidos y así prolongarles la vida útil productiva. Tales apoyos a la operación son actualmente utilizados en Minera Los Pelambres, como parte de los beneficios que se obtienen al utilizar las tecnologías del KOMTRAX Plus 2.

Otra medida de apoyo a la operación son los reportes de práctica operacional que el propio sistema genera en base a la data captada. En tales reportes, se obtiene un listado de distintos eventos (de distinta índole), por operador. Esto permite instaurar una fiscalización exhaustiva del fiel cumplimiento de conductas operativas óptimas y en consecuencia lograr desde mejoras en el uso del combustible, hasta optimizaciones en las maniobras requeridas para realizar el carguío del camión.

Ambos tipos de reportes son ejemplificados en la Figura 6-2, extraído desde presentaciones internas de Komatsu Chile.

Los ejemplos aquí mostrados están en la actualidad operativos en Minera Los Pelambres, y estarían prontamente disponibles para mayor difusión. En esencia se trataría de una mejoría de lo previamente existente en KOMTRAX Plus, con uso de redes internas GPRS para mayor captación de datos y a mayor frecuencia. Un distintivo relativo a KOMTRAX Plus es que, tratándose de una red interna de la faena, una parte de la información captada es directamente accesible por el cliente sin necesariamente deber pasar por servidores remotos en Japón.



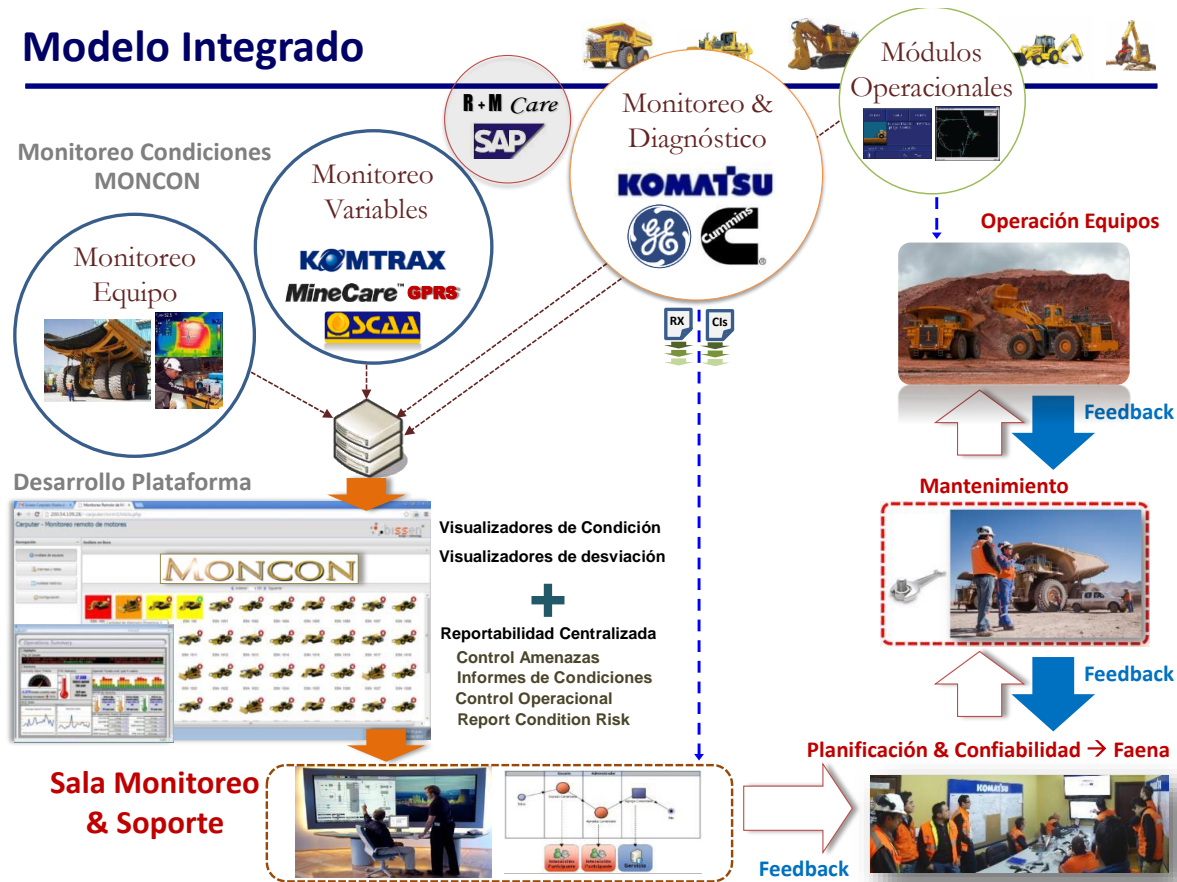
**Figura 6-2: Ilustración de reportes de prácticas operacionales y de severidad de caminos. Extracto desde presentación interna Komatsu Chile, (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015)**

## 6.2. DESARROLLOS FUTUROS KOMATSU (PROYECTOS “T3”, MONCON)

La línea “T3” de proyectos tecnológicos tiene un horizonte de más largo plazo, y requiere de la integración de múltiples sistemas y *partners* tecnológicos. En concepto MONCON considera una plataforma de integración de sistemas tipo KOMTRAX Plus y MINECARE a través de redes GPRS y/o satelitales (para respaldo), el cual incorporaría

también datos captados a través de labores de mantenimiento tradicional (análisis de aceites esencialmente, a través de una plataforma específica Komatsu denominada SCAA por “Sistema Control Análisis Aceite) para así lograr una plataforma completa de monitoreo de condiciones para la gestión óptima del mantenimiento.

En la visión de un Modelo Integrado, se prevé además que MONCON sería complementado por acceso a datos captados por sistemas adicionales bajo desarrollo de los *partners* tecnológicos como GE y Cummins (sistemas de monitoreo y diagnóstico específicos para el motor). Estos sistemas serían también provistos de “Módulos Operacionales” para ofrecer apoyo específico a la operación. Al lograrse dicha integración, se podrá contar con un *punto único de acceso* estratégico para la optimización del mantenimiento y la planificación del mejoramiento continuo operacional. La Figura 6-3 ilustra esta gran visión, la cual por cierto no pareciera ilustrar un modelo de negocio para fabricante de equipamiento minero; más bien se parece a un modelo de prestador de servicios IT de alta complejidad.



**Figura 6-3: Visión Komatsu de un Modelo Integrado para la gestión óptima de sus activos mineros. Desde presentación interna Komatsu Chile, (Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile, 2015)**

### 6.3. IMPLEMENTACIÓN DE *IIOT* EN PLANTAS DE BENEFICIO

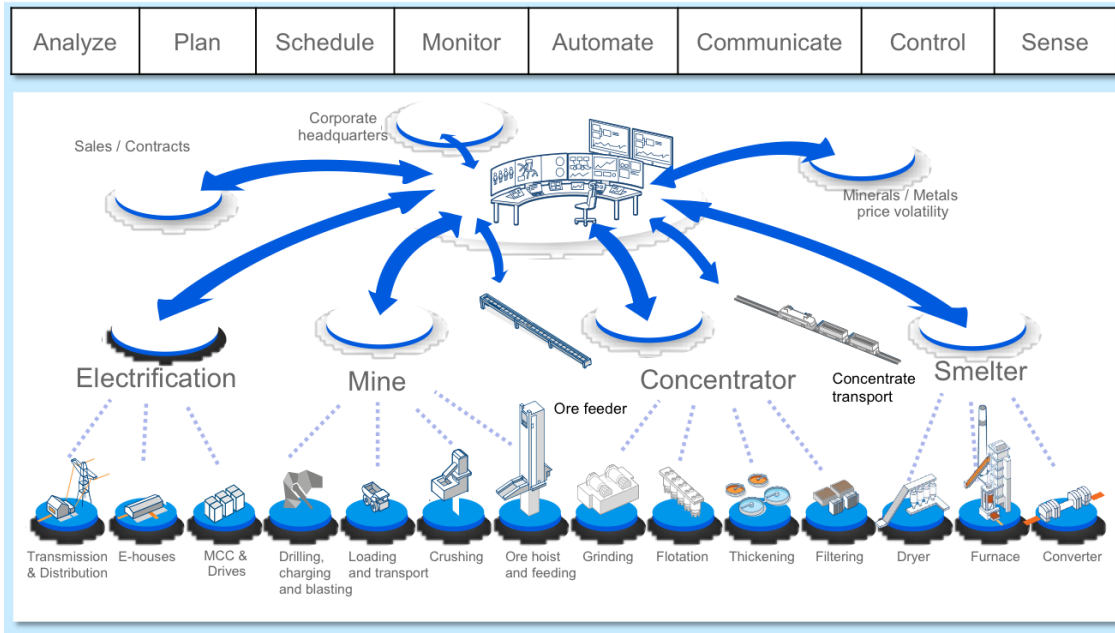
Habiéndose expuesto la aplicación de tecnologías de *IIoT* en el contexto del mejoramiento continuo aplicado a la extracción de mineral mediante camiones CAEX, resulta natural reflexionar acerca de usos alternativos y futuros para la *IIoT* del sector minero. En particular, las plantas de beneficio (concentradores y/o planta de lixiviación/SX/EW) son grandes activos mineros fijos, en contraposición con los camiones los cuales son móviles por esencia. Con mayor facilidad se podría dotar las plantas de sensores y actuadores, y permitirles confeccionar una gran red de altísima densidad de monitoreo remoto.

Más aún, las plantas de beneficio de la gran minería ya cuentan desde sus inicios con un elevado nivel de instrumentación y sensores de control, interconectados por sistemas de intercomunicación (típicamente sistemas SCADA industrial), lo que sugiere que sería natural integrarlos todos bajo el paradigma de la Internet Industrial. Como mínimo, existen los mismos motivos previamente vistos en la gestión de flota CAEX, que justifican implementar el mantenimiento preventivo auxiliado por tecnología, pues se accedería a mayores utilizaciones y minimizaría las pérdidas de producción por detenciones operativas.

Múltiples fabricantes de activos mineros para plantas de beneficio (molinos de bolas y/o SAG, chancadores, correas transportadoras, celdas de flotación, sistemas de riego para pilas de lixiviación, etc) se encuentran en la actualidad promoviendo el concepto del *IIoT* u equivalente, para implementar plantas altamente instrumentadas para fines de mejorar la gestión de la producción y del mantenimiento, e incluso lograr dotar las plantas de mayor “inteligencia” y capacidad de adaptación frente a cambios. Sin embargo, debido a que una planta de beneficio opera como un gran sistema integrado de producción en línea, es difícil que sólo al afectar un solo elemento aislado del sistema global, se logren los beneficios deseados. En efecto, para lograr instalar una cultura del *IIoT* en una planta de beneficio se necesita una adaptación mayor, en la cual los datos que se captan en cada equipo fuesen compartidos para uso sistémico y que plataformas informáticas adecuadas facilitaran la “navegación” de ésta para lograr la extracción de *información accionable*, que permita tomar decisiones y medidas que impacten “la última línea” del negocio.

Una empresa quien estaría promoviendo una visión similar a lo descrito es ABB, quien, según material consultado, se encuentra promoviendo una visión sistémica de la minería del futuro. Desde material confeccionado por ABB para presentar su visión de una operación minera “tecnológica” con *IIoT* operativa, se extrae la Figura 6-4 y Figura 6-5.

## The future of mining – extended automation Bringing things, services and people together



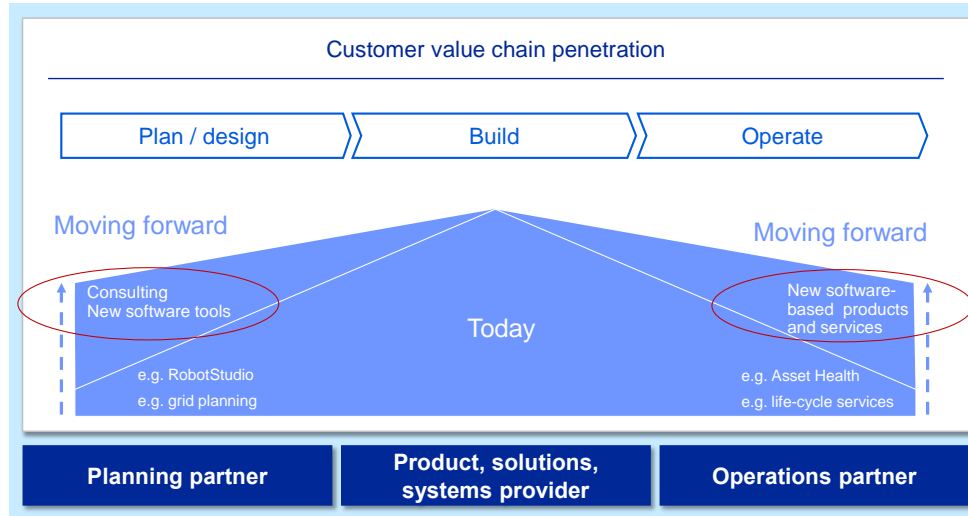
**ABB**

**Figura 6-4: Visión de la minería del futuro según ABB, con integración de “things”, personas y servicios; en efecto la *IIoT* aplicada a una planta de beneficio. Fuente: (Gallestey, 2015)**

La figura anterior no es más que el paradigma *IIoT* aplicado a una planta de beneficio, desde mina a puerto. En efecto, los objetos a ser instrumentados e interconectados son descritos como “things” y se ejemplifica la plataforma de integración como una sala de control centralizado (conocido también como CIO, Centro Integrado de Operación). En esta visión del futuro, ciertamente existen oportunidades de negocio atractivas en participar tanto como fabricante de los equipos críticos (ej: ABB fabrica los accionamientos *gearless* de molinos SAG) y sus sistemas de control, como también de proveedor de servicios mediados por tecnologías del *IIoT*. Según la presentación consultada y resumida en la Figura 6-5, ABB justamente tiene planificado hacer crecer su participación en servicios y consultorías de manera a ir posicionándose como futuro *partner* estratégico de servicios mediado por *IIoT* para las plantas de beneficio. En efecto, se declara explícitamente que ABB identifica valor en hacer crecer sus ofertas al mercado en servicios y productos mediados por tecnologías IT (ejemplos citados: administración del ciclo de vida de activos y gestión de activos) y consultorías tecnológicas requeridas en las etapas de diseño de plantas.



## Next level mining Expanding customer value proposition beyond the simple system provider approach



© ABB

**ABB**

**Figura 6-5: Posición de ABB en el rubro minero, 2015. Su “fuerte” es la fabricación, sin embargo, declaran entender que deben avanzar hacia ofrecimientos de servicios y productos IT. Fuente (Gallestey, 2015)**

En resumen, ABB es una de varias compañías que están vislumbrando los beneficios de incorporar *IoT* como capa tecnológica omnipresente en las futuras operaciones mineras, en particular para la gestión de la planta de beneficio completa. La tecnología ya existe, y solo bastaría integrarla dentro de los diseños de ingeniería de las futuras plantas de beneficio. La “visibilidad” que se adquiere relativo a la operación, la posibilidad de realizar integración entre áreas a través del flujo cruzado de información, la mayor capacidad de planificar e implementar modelos predictivos mediante el estudio de datos, y la existencia de plataformas que facilitarían la automatización y/o control remoto, son todos beneficios que derivarían de la incorporación sistémica de la internet industrial en plantas de beneficio, tal como se señala en la Figura 6-6.

## Internet of Things, Services and People (IoTSP) Improve visibility, planning and real-time coordination

Top benefits	
Improve operations visibility	▶ By providing complete, accurate and timely data
Improve coordination between functional silos	▶ By providing better visibility and real-time management system integration
Support improved production rates and throughput	▶ By providing better planning capabilities to minimize bottlenecks
Reduce hazard exposure	▶ By removing people from hazardous environments through better information and communications systems

© ABB

**ABB**

**Figura 6-6: Promoción explícita de ABB para un futuro con participación activa del iloT en la gestión y operación integral de las plantas de beneficio. Fuente: (Gallestey, 2015)**

### 6.4. KAIROS MINING (HONEYWELL / CODELCO)

Una empresa localizada en Chile quien actualmente está desarrollando la implementación de tecnologías de naturaleza *iloT* en el ambiente de plantas completas de beneficio es Kairos Mining. Esta empresa en sus orígenes nace como filial tecnológica de Codelco, quien formó en 2007 una alianza con Honeywell, empresa de reconocido renombre en el área de productos y soluciones de automatización y control. Al momento de su creación, Honeywell y Codelco se repartían el control de Kairos en 60% y 40% respectivamente. La misión de la empresa siendo la de entregar servicios de integración, instalación, puesta en marcha y apoyo a todo el ciclo de vida de sistemas de automatización y control.

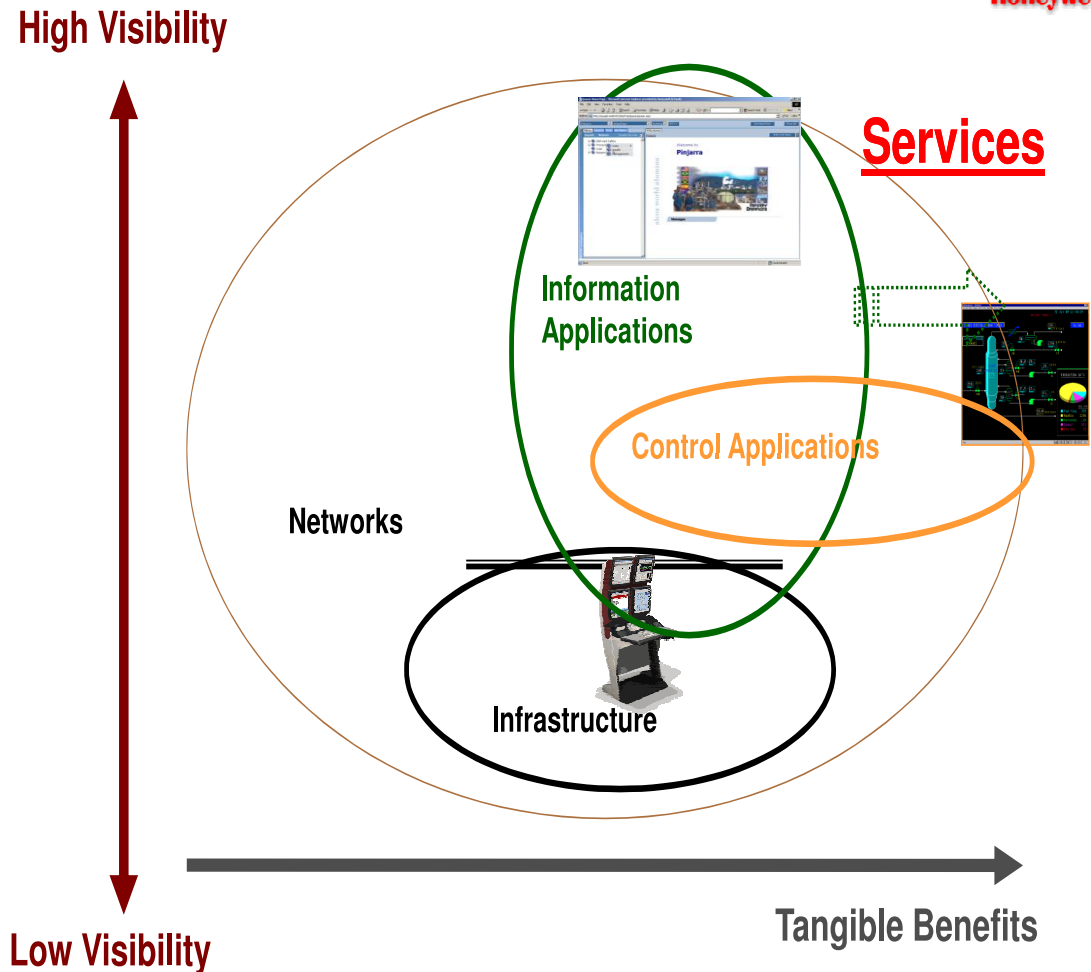
En la actualidad, Kairos está en un 95% controlada por Honeywell y en 5% por Codelco.

Durante una visita a la Kairos para entrevistar al Director de Programas y Desarrollo de Negocios, se pudo adquirir una visión íntima del quehacer de esta empresa. Si bien Kairos no declara explícitamente apegarse al paradigma de la Internet Industrial, en los hechos y dado el uso que ha adquirido el término de *iloT* en la actualidad, se puede argumentar que Kairos realiza implementaciones de *iloT* contextualizadas a plantas de beneficio de la gran minería nacional.

La Figura 6-7, extraída de una presentación facilitada por Kairos, para poder utilizarse en la confección de este trabajo (Kairos Mining, 2015), indica claramente la forma en que Kairos entiende que ha de desarrollar su misión: ellos han de implementar la infraestructura *hardware*, las aplicaciones de control, y las plataformas de interface

humano para entrega de información. En efecto, se describen las cuatro “capas del *iloT*” descritas en el capítulo de revisión del estado del arte, de esta tesis.

## Key Components in Automation



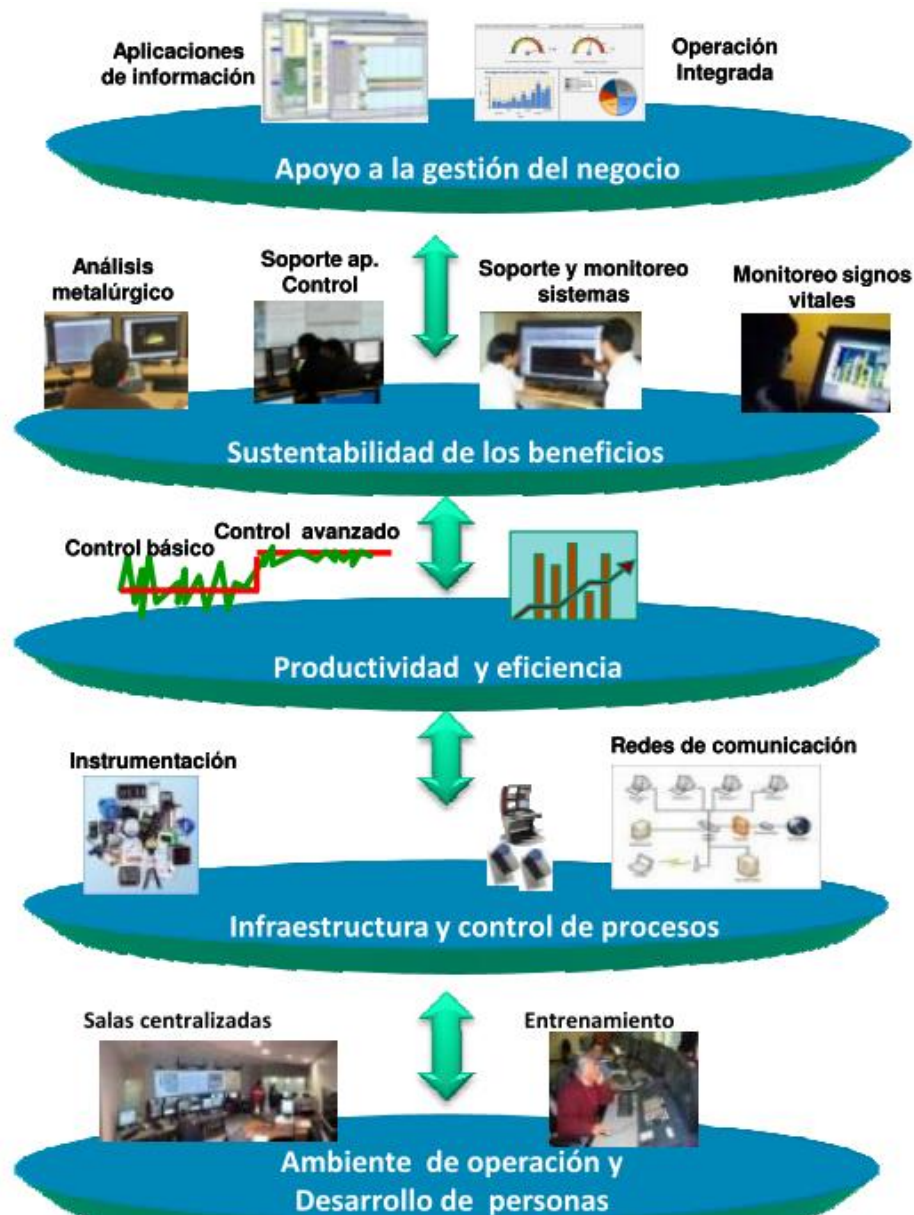
**Figura 6-7: Componentes principales que Kairos ha de desarrollar para implementar su misión, Fuente: (Kairos Mining, 2015)**

Lo destacable de la figura antes citada, radica en que Kairos señala explícitamente que las tres componentes han de desarrollarse a completitud para realizar la misión de Kairos, la cual esta ilustrada como el círculo que engloba las tres componentes. Solo al realizar una integración coherente y exitosa de estas tres capas del *iloT*, se logra una condición apta para materializar beneficios efectivos desde la implementación tecnológica. En particular, al lograr dicha integración, queda instalada la infraestructura IT habilitante para la prestación de servicios tecnológicos remotos y otros servicios afines.



Se destaca en la figura cómo las componentes citadas presentan una “visibilidad” distinta. Las componentes con directa participación de usuarios (interface humana, software, reportes, etc.) presentan alta “visibilidad” y hace fácil transmitir su importancia a todo nivel organizacional. En contraposición, la componente “infraestructura” presenta una baja visibilidad (baja percepción de valor por parte de la gran mayoría de miembros de la organización). Esto presenta desafíos en la implementación de sus servicios, pues se tiende a deber convivir con expectativas sobre-dimensionadas relativo a las dimensiones de alta visibilidad, y se subestiman frecuentemente los requerimientos y desafíos de aquellas dimensiones de baja visibilidad. Para que los beneficios puedan emerger, todas las componentes deben desarrollarse, pues solo así se logra el escenario de éxito del *IoT*, el cual como hemos visto, habilita beneficios múltiples en la gestión y control de activos intensivos en capital.

La Figura 6-8 es de particular relevancia pues se destaca una dimensión de alta importancia para la correcta implementación de las tecnologías de naturaleza *IoT* en minería: las personas. En efecto, el desarrollo y capacitación de las personas es fundamental para el éxito de estas tecnologías, pues solo a través de la presencia de un adecuado perfil profesional se logra un ambiente receptivo a los beneficios tecnológicos. En múltiples instancias y respecto de distintas empresas y organizaciones, se ha tomado conocimiento de casos de fracasos al implementarse tecnologías inapropiadamente, con carente gestión del cambio y baja preocupación por desarrollar la dimensión del personal. Lo que Kairos tiene presente en su perspectiva de orientar el negocio, es que ellos deben constituir desde el inicio de cada prestación de servicio, un programa de acompañamiento que explícitamente incorpore a las personas en la propuesta de valor. Lo anterior implicó para Kairos desarrollar capacidades internas para poder otorgar entrenamiento presencias y/o remoto, y diseñar salas centralizadas de operación amistosas para el personal receptor de las tecnologías ofertadas.



**Figura 6-8: Niveles de desarrollo par implementación de los servicios de Kairos, Fuente: (Kairos Mining, 2015)**

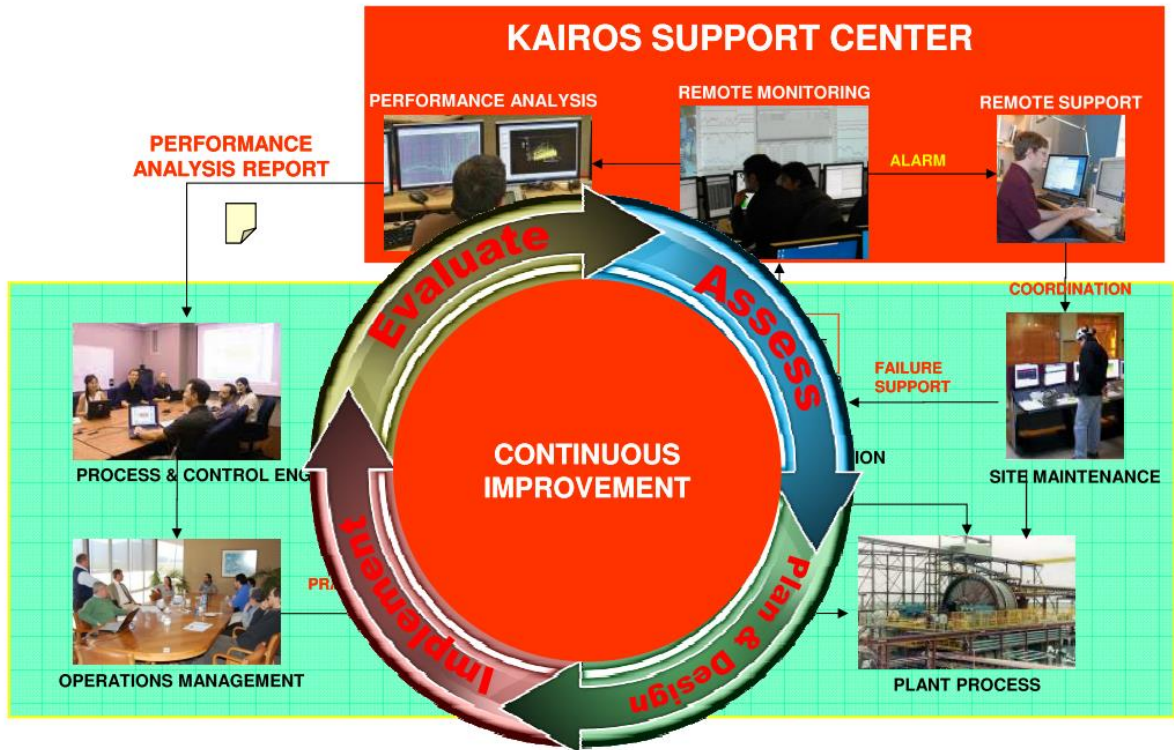
El éxito de Kairos está en los logros que han acumulado, con desarrollo de soluciones para control avanzado desde 2007 (Fuente: (Kairos Mining, 2015)):

- Planta de chancado (1)
- Molinos SAG (11)
- Molinos Convencional (bolas y bolas-barra)
- Flotación rougher y scavenger (37)
- Espesadores (16)

Los logros anteriores han sido obtenidos mediante apoyo a las siguientes compañías en Chile: Caserones, Carmen de Andacollo, Codelco (DMH, Chuquicamata, Andina, El Teniente y El Salvador). Fuera de Chile, han asistido tecnológicamente a Yamana Gold en Brasil. Los próximos servicios tecnológicos planificados serían para Escondida en Chile y Cuajones en Perú.

Para señalar la similitud con el servicio KOMTRAX Plus, se ilustra la figura Figura 6-9, la cual presenta una visión del mejoramiento continuo tanto a nivel de la operación de la planta de beneficio, como también del mantenimiento, asistido por servicios de acompañamiento (monitoreo remoto) posibilitados por el “Kairos Support Center”. Este centro está ubicado en la localización física de Kairos en Santiago, en una oficina especialmente adaptada, la cual recibe data captada de manera continua desde cada cliente, para poder otorgarle atención y procesamiento personalizado a cada requerimiento. A partir de tal información, especialistas en mantenimiento, metalurgia y mejoramiento productivo pueden evaluar y posteriormente asistir en realizar propuestas de mejoramiento, para que las faenas suscritas al servicio puedan evaluar la conveniencia de llevarlas a cabo.

Como indica la figura, la tecnología en conjunto con el trabajo técnico de profesionales capacitados, le dan tracción al ciclo de mejoramiento continuo a todo nivel, permitiendo así mejoramiento metalúrgico, productivo, del mantenimiento y otorgando visibilidad a todo nivel de la operación. Apropiadamente usada, tal visibilidad ciertamente constituye un factor de competitividad que no debiese ser desaprovechada en la gestión de alto nivel del negocio.



**Figura 6-9: Ciclo del mejoramiento continuo asistido por tecnologías iloT y soporte y servicio remoto de Kairos a través de sus “Support Centers”, Fuente: (Kairos Mining, 2015)**

## 7. Modelos de Negocios Complementarios: el Rol de los Prestadores de Servicios Intensivos en Conocimiento

Se ha argumentado que, para incrementar sus eficiencias, la minería tendría a su disposición la oportunidad de incorporarse al paradigma del *iloT* mediante incorporación de instrumentación y plataformas tecnológicas de manejo de información y comunicaciones. Komatsu ya está demostrando como tales sistemas logran mayor ofrecimiento de valor, permitiéndole realizar una prestación de servicios que genera renta en sí, y a su vez introduce un elemento diferenciador a la línea Komatsu de camiones CAEX. Similarmente, empresas como Kairos u ABB ya ofrecen desde soluciones, a productos tecnológicos, al servicio de una visión de plantas de beneficio asistidas por *iloT*, para el logro de un desempeño superior.

Sin embargo, la vía de la incorporación de tecnologías *iloT* dentro de sus ofrecimientos, por parte de los actores tradicionales de la prestación de productos y servicios del rubro minero, es solo una de las formas posible del futuro desarrollo tecnológico de la minería. En efecto, existe otro mecanismo de desarrollo de tales servicios, el cual se estima que presenta mayor probabilidad de sorprender el mercado con servicios innovadores e ingeniosos: la creación de modelos de negocio innovadores habilitados por la *iloT*, por parte de nuevos participantes. Bajo el supuesto de que la *iloT* irá paulatinamente penetrando la operación rutinaria de las operaciones mineras, se llegará un momento en el cual existirán las capacidades IT y las plataformas *iloT* correspondientes de manera generalizada, que permitan sostener un sector especialista de prestación de servicios tecnológicos eminentemente dirigido al rubro minero y altamente intensivo en conocimiento. De manera similar a como las tecnológicas agrupadas bajo la apelación de “la internet” no tuvieron en sus orígenes un propósito comercial y de uso masivo, pero que sin embargo sí las fueron adquiriendo bajo las presiones y fuerzas del mercado, se postula en esta tesis que la *iloT* irá adquiriendo un rol habilitador de servicios intensivos en conocimiento, los cuales impactarán en mejorar la productividad.

Para realizar el ofrecimiento de servicios desligados de equipos y marcas específicas, se requerirá la participación y colaboración de prestadores de servicios intensivos en conocimiento *iloT* apropiadamente adaptados al sector minero y desvinculados de los fabricantes. Un sector de prestadores de servicios de esta naturaleza aún no se encuentra definido y consolidado, por lo que se cree que existe potencial de mercado para su desarrollo. Como visión personal, se vislumbra que este nicho sería atractivo como emprendimiento ya que contaría con clientes locales tanto grandes (gran minería) como medianos (mediana minería) para servirle de base para desarrollar capacidades, y podría lograr establecer una posición dominante a nivel mundial, si esta base de desarrollo fuese bien aprovechada para madurar ofrecimientos de valor.

Como inspiración, vale la pena recordar que en ciertos sectores tecnológicos se ha podido lograr exitosos negocios sin ni siquiera ser dueño de activos productivos; *Uber* con meramente gestionar información entre taxis desocupados y clientes ansiosos de

un transporte, ha podido posicionarme como un facilitador de servicios de transporte con altísima valoración bursátil<sup>14</sup>. Similarmente, se postula a título personal que el auge del *IoT* en la minería ofrecerá insospechadas oportunidades para el sector prestador de servicios tecnológicos especialista.

Se prevé que las oportunidades por emerger, se caracterizarán por requerir el conocimiento necesario para realizar una gestión inteligente de información (competencias tecnológicas), en conjunto con *know-how* técnico y de negocio en lo minero. Esta combinación permitirá así la constitución de servicios que realicen propuestas de valor de impacto directo en la administración de operaciones mineras y de sus activos. También, se prevé que aquel prestador de servicios quien mayormente será beneficiado, será aquel quien logre establecerse como actor de referencia en la gestión de información *IoT*, estableciéndose de esta manera como el “gestor de redes” estratégico entre las distintas partes del ecosistema “Minera / Prestadores de Servicios”. En efecto, se prevé que se ejercerá un rol catalizador entre las mineras y los prestadores de servicios tradicionales, ya que en muchas ocasiones serán estos últimos quienes serán llamados a apoyar en la implementación de las medidas de mejoramiento identificadas. Este prestador consolidado, no solamente podrá servirle a la industria nacional, sino que podrá también ejercer participación en la cartera de servicios de exportación de alto conocimiento que todos esperamos que Chile sepa desarrollar.

Es la opinión del autor, que la *IoT* en minería se desarrollará a través de la maduración de un sector de prestadores de servicios basados en modelos innovadores de negocio, que apoyaran fuertemente la toma de decisión operativa y estratégica de las operaciones mineras.

### **7.1.FORMALISMO MÍNIMO PARA DESCRIBIR MODELOS DE NEGOCIOS INNOVADORES: VP CANVAS**

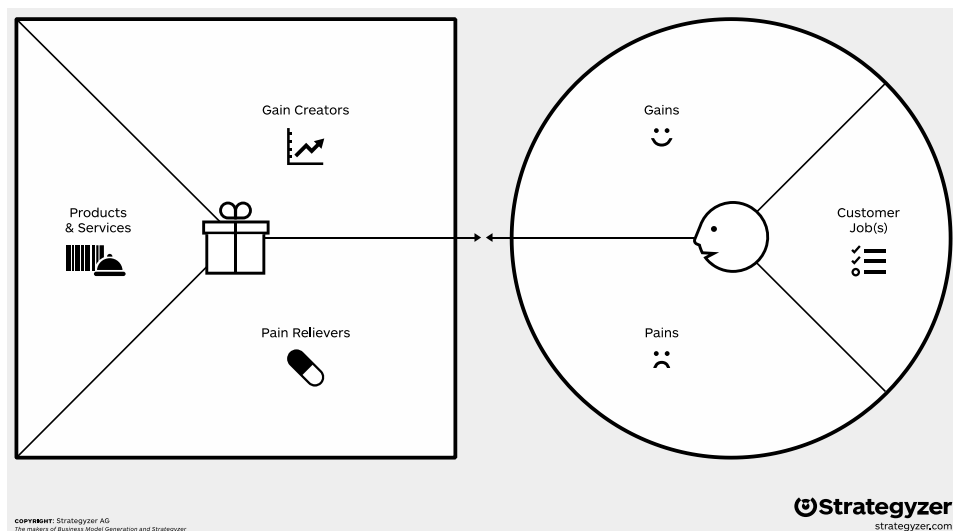
La descripción de modelos de negocio innovadores e intensivos en conocimiento habilitados por un contexto tecnológico nuevos, se realiza eficientemente bajo el formalismo conocido como “Business Model Canvas” de Alexander Osterwalder (Osterwalder, 2010). Este formalismo ofrece un marco conceptual poderoso para describir de manera abstracta el conjunto de inter-relaciones requeridas ente distintas partes para poder sustentar un negocio, sea éste de naturaleza simple y transaccional, o altamente complejo con gran dependencia en la gestión inteligente de información. En dicha forma de concebir los negocios, se invita a desprenderse de la concepción meramente transaccional, lo cual gravita en última instancia en torno a la gestión de lo productivo y de las operaciones, y se promueve una reflexión ampliada relativa a cómo entender los negocios mediante la creación y entrega de valor. Lo anterior facilita así la

---

<sup>14</sup> En Julio del 2015, Uber fue valuado bursátilmente en sobre 50 mil millones de USD (fuente:WSJ).

concepción de modelos de negocios en donde el servicio principal es la gestión de información (un intangible) para respaldar procesos de toma de decisión.

El “Business Model Canvas” contiene nueve “building blocks” conceptuales (ladrillos) que han de ser descritos para lograr un entendimiento completo de cómo lograr la creación y proposición de valor a un cliente definido, de manera a permitir la captación de parte de este valor como flujo de ingresos sustentable en el tiempo. Para fines de una discusión estrictamente centrada en la proposición de valor, existe la variante “Value Proposition Canvas” (conocida como “VP canvas”), el cual simplifica la descripción exclusivamente a definir un cliente con necesidades incumplidas por el mercado vigente, y especificarle un producto y/o servicio que logre satisfacer dicha necesidad. Los elementos centrales de lo que el “VP Canvas” profundiza, se encuentran esquematizados en la Figura 7-1 (figura propuesta por A. Osterwalder para permitir interacción directa sobre ella con adición de propuestas escritas en *post-it*, mediante sesiones de “lluvia de ideas” creativas):



**Figura 7-1: “Value Proposition Canvas”, bajada desde sitio “Strategyzer”, empresa consultora co-creada por A. Osterwalder (Osterwalder, 2010).**

En resumen, habiéndose definido un cliente con necesidades específicas (reconocidas o no por el cliente), se debe identificar los “Gains” (beneficios) y los “Pains” (dolores) de éste, que permite constituir la base de discusión relativo al negocio a proponer/ realizar. En efecto, a partir de una buena definición de lo anterior, se puede proceder a confeccionar posibles ofrecimientos de valor que respondan a los requerimientos, mediante un correcto “ajuste producto-mercado” (*product-market fit* en la jerga correspondiente). El “ajuste producto-mercado” se logra al definir ofrecimientos al cliente para aliviar los “Pains” y potenciar el bienestar (los “Gains”) del cliente definido. Habiéndose realizado el correcto mapeo de necesidades con propuestas, se logra el correcto mapeo producto-cliente. Este mapeo conceptual no es más que el desarrollo de dos de los elementos críticos del Modelo Canvas (los bloques del “Value Proposition”

y “Customer Segment” del modelo completo), que sin embargo sirve para posteriores desarrollos, en pos de lograr una definición completa de modelo de negocio coherente.

## 7.2. “VALUE PROPOSITION” CANVAS DE EJEMPLOS ESPECÍFICOS PARA LA MINERIA

Al invocarse el concepto de “innovación” en la industria minera, se suele pensar en “nuevo proceso” o “nueva tecnología / equipo”, sin embargo, se argumenta en esta fase final, que existe una multitud de “modelos de negocio” innovadores, sin que estos impliquen nuevos procesos y/o equipos. No será necesario la creación de plataformas tecnológicas *IIoT* desde cero, ni de instrumentar los distintos activos mineros, ya que éste *know-how* y contexto tecnológico ya existe o se encuentra en vías de ser creado; esto gracias a la labor de prestadores de servicios establecidos, que se encuentran empujando la frontera tecnológica del sector minero hacia un futuro con *IIoT* ubicua y omnipresente (Kairos, Komatsu, GE, ABB, etc). Lo esencial para los futuros prestadores de servicios, será la de identificar formas de generación y captación del máximo de beneficios desde las oportunidades posibilitadas por la tecnología, mediante modelos de negocio innovadores contextualizados al sector.

A continuación, se presentan tres ideas esquemáticas para servir de ejemplos ilustrativo, y/o posiblemente futuros desarrollos de tesis o emprendimientos tecnológicos de servicios intensivos en conocimiento. Las descripciones serán realizadas mediante uso de las dos dimensiones tratadas por el marco conceptual VP Canvas.

### 1) Referente de datos de desempeño y servicio de confección y difusión de benchmarking operacional.

#### Dimensiones del Cliente

**Cliente:** Área Gerencia de grandes operaciones. Quienes planifican el mejoramiento continuo de la operación, o gestionan proyectos para lograr mayor eficiencia desde las operaciones.

**“Dolor”:** Desconocimiento general respecto del desempeño relativo (en comparación con otras operaciones similares) de aspectos claves de la operación, lo que dificulta la realización de un mejoramiento continuo objetivo.

- Frecuentemente esta necesidad de conocer el desempeño relativo se traduce en que se realicen petición de servicios de Benchmarking a empresas de ingeniería o consultoras (ej: dotación por área, utilización efectiva por área, tiempo medio entre falla de equipos principales, tiempo requerido para cambio de *liner* SAG, etc), quienes debido a su naturaleza han acumulado bases de datos internas de información desde múltiples fuentes y faenas. Estas bases de datos suelen constituir una fuente de información “conseguida” sin necesariamente provenir de



fuentes confiables, ni ser carentes de manipulación, haciendo cuestionable la objetividad de estos estudios.

**“Beneficio”:** De contar con mayor información relativo al desempeño relativo de múltiples dimensiones del quehacer operativo, se lograría una mayor claridad relativo a áreas objetivamente mejorables.

- Sería valioso conocer a cada momento y mediante uso de datos en tiempo real, un ranking relativo del desempeño de múltiples aspectos del quehacer operativo, confeccionado por una metodología común que pudiese servir de referente al sector. Se ahorraría en petición de servicios de Benchmarking y se tendría información real y no meramente “valores del diseño de ingeniería” como suele ser el caso para las empresas de ingeniería. Una ventaja de conocer dicho ranking sería que habría visibilidad objetiva del desempeño para una multitud de aspectos cuantificables, lo que permitiría que cada empresa con acceso al sistema, sabría donde se encuentra relativo a su frontera de posibilidades de producción.

### Propuesta de valor

**Producto y Servicio:** Servicio de confección de plataforma universal para custodia de dato operativo de origen *IoT* y elaboración de ranking comparativo para una multitud de dimensiones que reflejan el desempeño de cada operación. Información accesible a través de canales informáticos en términos relativos y uso de metodología abierta que permita auditar el procesamiento realizado de la data. Entrega de información en términos relativos para cada cliente de manera a permitir una mínima privacidad.

- Negocios actuales que sirvieron de inspiración para esta concepción de servicio: Dicom, IPA (independant Project Analysis), servicio de elaboración de curvas de costo de WoodMackenzie.

**Creadores de Beneficio:** Mediante acceso en tiempo real a datos desde una multitud de fuentes / faenas operativas, se lograría una visibilidad exhaustiva de cada operación. Esto permitiría, médiante el correspondiente procesamiento, la confección de distintos índices de desempeño y realización de “rankings” relativos para una gran multitud de dimensiones del quehacer operativo. Esta data, apropiadamente desplegada, permitiría la entrega de reportes de índole “Inteligencia de Negocio” periódicos y contextualizados al sector nacional, lo que sería un input estratégico para apoyar procesos de mejoramiento continuo y poder realizar seguimiento de logros.

- Una operación por sí sola, cuenta solo con información que le permite realizar evaluaciones y seguimientos relativo a su desempeño operativo pasado; el servicio aquí concebido permite incluir también la comparación y seguimiento frente a un índice calculado para representar el conjunto de empresas del sector. Tanto la visibilidad del desempeño relativo referido a lo “interno” (aquello que puede hacerse sin el servicio aquí descrito) como a lo “externo” (aquello

posibilitado por este servicio) sería un *driver* eficaz para lograr que cada compañía tienda a su punto de eficiencia óptima.

- Debido a que las operaciones mineras son en su mayoría realizadas mediante uso de la misma tecnología, y el precio final del commodity es idéntico debido a que el producto es indiferenciable, no debería existir temor a que exista transferencia tecnológica estratégica entre competidores. Incluso el traspasar mejoras de gestión y/o operación no debería influir, ya que el mercado no compite en el corto plazo ni por precio, ni por cantidad, siendo cada operación relativamente autónoma e independiente en sus decisiones de gestión; lo anterior hace plausible que cada operador minero quiera y valore acceder a información que le ayude a realizar un mejoramiento continuo eficaz, a cambio de hacer entrega de data operativa interna y el pago de un derecho de acceso al servicio.

**Aliviadores del “dolor”:** El servicio aquí concebido elimina la incertidumbre relativo a desempeño operativo y permite incluso identificar falencias operacionales realmente imputables a diseños deficientes y no a prácticas internas. Para el cliente, la existencia del referente externo no constituiría un referente absoluto a seguir ni aceptar, sino que serviría de marco de referencia para uso en comparaciones y seguimientos. A medida que un mayor número de operadores mineros acceden al servicio, y que éste incluya el mayor número de dimensiones para capturar el desempeño minero, la eliminación de incertidumbre mediante su uso sería mayor y permitiría una mejor gestión de la operación.

## **2) Monitoreo remoto de tranques de relaves y reportabilidad a comunidades y autoridades**

### Dimensiones del Cliente

**Cliente:** Sernageomin, comunidades afectadas por proyectos mineros, autoridades ambientales.

**“Dolor”:** El desconocimiento relativo al estado real del desempeño de los distintos tranques de relaves, y la falta de capacidad de los agentes encargados de la fiscalización hacen que las autoridades deban permanecer con gran desconocimiento relativo a la sustentabilidad de los tranques de relaves. Las comunidades potencialmente afectadas también permanecen en un estado de desconocimiento, lo que las hace propensas a sobre-reaccionar a toda información de desperfecto ocurrido en algún tranque de relave.

**“Beneficio”:** Si fuese incentivado el uso de plataformas del *IIoT* en cada operación minera para instaurar un monitoreo real del estado de cada tranque de relave y de la calidad de las aguas en pozos de monitoreo, con menos esfuerzo y uso de recurso se podría ejercer un rol de fiscalización eficaz y eficiente.

#### Propuesta de valor

**Producto y Servicio:** Centralización del estado de tranques de relaves nacionales mediante captación de datos aprovechando las plataformas instaladas de naturaleza *IIoT*, y creación de plataformas de reportabilidad web hacia las autoridades, las operaciones aludidas, y la comunidad.

- El servicio aquí descrito pudiese ser un área de negocio adicional al descrito previamente, de manera a lograr mayor número de servicios desde las mismas capacidades TI instaladas.

**Creadores de Beneficio:** La fiscalización sería lograda en tiempo real, en continuo y sin uso de recursos físicos incrementales, permitiendo designar el personal presencial para tareas de mayor criticidad. La reportabilidad comunitaria pudiera contribuir a mejorar la dimensión de sustentabilidad frente a las comunidades afectadas, eliminando las sospechas de que se ocultaría información.

**Aliviadores del “dolor”:** Al solo tratarse de reportabilidad de información, el servicio aportaría sus beneficios sin mediar un incremento en la dotación de fiscalizadores. Si se lograra que las autoridades incluyeran incentivos para que las operaciones instalasen dichos sistemas (quizás garantizando mayor celeridad en la otorgación de permisos, o beneficios impositivos), se lograría mejor fiscalización y reportabilidad a la comunidad a bajo costo, relativo al escenario de un crecimiento del equipo fiscalizador para realizar similar labor.

**3) Servicio de creación y mantención de plataformas de difusión de desempeño operacional y de activos, para asistir la preparación proactiva de propuestas de ingeniería**

#### Dimensiones del Cliente

**Cliente:** Operadores mineros y empresas de servicios de ingeniería (o *vendors*)

**“Dolor”:** Para los operadores, la solicitud de presentación de servicios de ingeniería suele ocurrir posterior a la ocurrencia de alguna problemática o desperfecto en algún activo. Para las empresas de ingeniería, el proceso de solicitud de propuesta suele

constituir la única instancia en la cual se toma conocimiento de alguna problemática que resolver. Durante el proceso de licitación de servicios, el desperfecto permanece sin resolver, y se incurren en costosas gestiones y tramitaciones entre prestadores de servicio y la minera para converger a una solicitud de servicio que reactivamente pretenda mejorar el desperfecto.

**“Beneficio”:** Para la minera, se apreciaría que un servicio externo le gestionase la identificación de tendencias preocupantes (deterioro de un activo, identificación de pérdida de desempeño técnico y/o operativo, etc) y le gestionase proactivamente con empresas de ingeniería y *vendors*, posibles propuestas originadas desde la información procesada. Las empresas de ingeniería, o *vendors*, se verían beneficiadas por contar con una oportunidad de poder co-crear valor en conjunto con el gestor del servicio tecnológico-minero, y lograr así propuestas para enfrentar las tendencias identificadas. Las propuestas serían desarrolladas mediante uso de la información detallada del gestor tecnológico, y tendrían como foco ser proactivas con propósito de anticiparse a la ocurrencia de desperfectos mayores.

#### Propuesta de valor

**Producto y Servicio:** Centralización de la captura masiva de indicadores de desempeño e identificación de estado operativo de plantas procesadoras de mineral, para identificación de tendencias de deterioro y servir de plataforma para confección de propuestas de servicios proactivos.

- Al igual que antes, el servicio aquí descrito pudiese ser un área de negocio adicional al descrito en el modelo 1), de manera a lograr mayor número de servicios desde las mismas capacidades TI instaladas.

**Creadores de Beneficio:** El operador minero contaría con personal experto al servicio de identificar tendencias de deterioro, el cual no solo detectaría potenciales problema por materializarse en el corto plazo, sino que además haría de “gestor de redes” entre actores tradicionales de la prestación de servicios de ingeniería para establecer propuestas de solución. Las empresas tradicionales sumarian un canal adicional para la captación de propuestas, y debido a la naturaleza del servicio, habría incentivos para proyectar *competencias diferenciadoras* al de la competencia debido a que las propuestas serían originadas por el prestador de servicios, y no “encaminadas desde origen” por el receptor del servicio.

**Aliviadores del “dolor”:** El operador minero suma personal al servicio del mejoramiento continuo, sin aumentar su dotación. Los prestadores tradicionales adquieren un nuevo canal para ofrecer servicios y proyectar sus competencias profesionales.

## 8. Conclusión

Este trabajo de tesis fue concebido en su origen con el propósito de estudiar modelos de negocio innovadores que aprovechan las oportunidades que están en vías de surgir debido a la creciente automatización de activos mineros y la consolidación de plataformas de interconexión de data que permiten una integración de toda esta información para apoyo operacional. Al iniciarse las primeras lecturas, quedo evidente que algunas empresas tradicionales del rubro ya habían adoptado estrategias de crecimiento basadas en el uso intensivo de tecnologías de información y comunicación, con foco en sumar la prestación de servicios a sus carteras de productos. Más aún, los primeros informes y reportes de empresas consultoras en temas de tecnología estudiados indicaron que el marco conceptual de la *internet industrial* ya había adquirido madurez en el sector minero. En consecuencia, surgió la evidente necesidad de estudiar la forma en que se estaría desarrollando hoy la *internet industrial de las cosas* en la minería, mediante lecturas y ejemplos específicos de casos de éxito con objetivo de profundizar con a lo menos un caso de éxito emblemático, de manera a discernir tendencias generales de las emergentes oportunidades de negocios.

Con el propósito antes descrito, fueron elaborados los primeros tres capítulos de la presente tesis. Fue ciertamente impactante conocer el caso de éxito de Komatsu, quien desde hace más de diez años ideó una estrategia de crecimiento basada en la incorporación de tecnologías TIC a sus activos mineros, con objetivo de agregarle valor a su área manufacturera y área de servicios de post-venta, cómo también para impactar positivamente el caso de negocio de sus clientes a través de la gestión del “costo del ciclo de vida” (*life cycle cost*) de los activos mineros Komatsu. Esta estrategia surgió casi en simultáneo con la masificación del término “*internet de las cosas*” (*IoT*) y demuestra cómo Komatsu fue pionera y líder al concebir tecnologías y servicios para facilitar el auge de tecnologías mineras que posibilitan servicios remotos de valor agregado.

Habiendo realizado la revisión antes descrita, fue desarrollado un proceso de proyección de la evolución prevista para la *IoT* dentro del contexto de la minería. Haciendo uso de material interno de Komatsu, fue estudiada la probable evolución y desarrollo de las tecnologías y servicios *IoT* de esta empresa. Motivado por curiosidad personales y el deseo de imaginar hasta donde el concepto de servicios remotos auxiliados por *IoT* puede llegar en el contexto minero, se buscó formar una visión de futuro para las plantas de beneficio, el cual incluya una íntima participación de tecnologías de naturaleza *IoT*. En este escenario, la *IoT* juega un rol de plataforma habilitante para el mejoramiento continuo de la operación, al servicio de la productividad y la gestión eficaz. Fue gratificante en este contexto tomar conocimiento de la empresa Kairos, quien promueve una visión de alta instrumentación y tecnología en plantas de beneficio, para hacer posible el seguimiento remoto y monitoreo de variables críticas y de desempeño; fue sorprendente realizar que desde 2007 ya se concebía tales modelos de prestación de servicios en Chile, en Kairos Mining.

En la etapa final del presente trabajo, se logró idear bosquejos de posibles servicios que resultarían habilitados por tecnologías de naturaleza *IoT*. No se trata de negocios de instalación de hardware, ni de creación de estándares industriales, sino de integración de conocimiento e información específica de índole minero, que sólo una comunidad de

profesionales provistos de un elevado nivel de experticia en lo minero puede crear. Como visión personal, se considera vital que el know-how minero, tanto de los operadores, de los diseñadores de ingeniería, de los investigadores industriales, y de los administradores de proyectos mineros, pueda ser enmarcado dentro de modelos de negocios tecnológicos e innovadores habilitados por las tecnologías nacientes del *IIoT*, pues esto constituiría un contexto de negocio fértil donde poder realizar la creación de valor de largo plazo.

### **8.1. OPORTUNIDADES PARA EL SECTOR PRESTADOR DE SERVICIOS**

La visión antes descrita proyecta un futuro cercano en donde la actividad minera se encuentre más asequible para los prestadores de servicios tecnológicos tradicionales, los cuales no necesariamente tienen experiencia en la ejecución de servicios dentro del contexto minero. Esto pues las tecnologías del *IIoT* permiten desacoplar la actividad minera propiamente tal de la información que ésta genera, permitiendo que sea posible el aprendizaje y la adquisición de experiencia remota; en efecto, realizar servicios “en terreno” ya no sería una condición suficiente y necesaria para la prestación del servicio tecnológico de apoyo a la gestión del negocio minero.

La tecnología y la prestación de servicios innovadores forma parte de la vida moderna, e innegablemente ha traído beneficios y bienestar a gran parte de la sociedad, incluyendo también a sectores industriales tradicionales. Sin embargo, debido a la naturaleza conservadora de la industria minera, la minería ha sido poco permeada por los avances tecnológicos que definen la vida moderna, siendo ella más predispuesta a seguir conductas productivas “probadas” en desmedro de innovar y probar alternativas tecnológicas. A medida que el rubro vaya adquiriendo tecnologías *IIoT*, sea esto como consecuencia de políticas explícitas para mejorar la gestión de activos, o porque estas tecnologías vengán integradas/ empaquetadas desde fábrica en cada nuevo activo minero, se darán las condiciones necesarias para que incluso sin mediar una planificación activa desde el mundo minero, se permita una proyección virtual mínima (en términos de “visibilidad” vía datos) de las operaciones mineras, hacia potenciales prestadores de servicios. Cuando tal escenario se haya generalizado, se postula aquí que las presiones naturales del mercado harán emerger participantes exitosos que sabrán realizar las integraciones tecnológicas necesarias para crear valor desde dicha información.

Posiblemente serán los mismos gigantes tecnológicos del presente quienes sepan aprovechar las primeras oportunidades que emerjan. No sería de extrañar que sea Amazon.com quien últimamente desarrolle plataformas “en la nube” para integración de data de naturaleza *IIoT* industrial. O posiblemente que Microsoft logre masificar sus plataformas de Analytics con orientación hacia lo industrial y en específico para el sector *commodities*. Sin embargo, se debe reconocer que el sector minero se rige por una cultura bien particular y difícil de comprender por quienes no hayan previamente operado dentro de su lógica, debido en gran parte a las escalas involucradas (de costos y utilidades, de gigantismo industrial, de localización, etc.); incluso en un escenario donde la instrumentación venga incluida desde fábrica y donde las plataformas sean genéricas y ofertadas por el mercado del software tradicional, se postula que habrá

espacio para la emergencia de “intermediadores estratégicos” entre hardware, software, lógica de negocio, e ingeniería que poder explotar y desarrollar. Estos nichos de negocios estarán disponibles para ser desarrollados por todos aquel quien perciba la oportunidad y haya sembrado oportunamente las capacidades humanas y técnicas requeridas dentro de su organización.

## 8.2. OPORTUNIDADES EN LA PERIFERIA DEL CORE-BUSINESS

En el contexto de negocios establecidos, frecuentemente existen oportunidades adicionales de negocio no evidentes que residen en la periferia del “core business” de la actividad principal. Es decir, si bien el ejercicio del negocio hace uso de activos tangibles e intangibles para la actividad central, suelen existir actividades rentables adicionales que podrían desarrollarse aprovechando el contexto de negocio que respalda la actividad principal. Por tal motivo, existe literatura de negocio que recomienda como practica general realizar una búsqueda constante para identificar tempranamente aquellas oportunidades de negocio de bajo riesgo que se esconderían en la “periferia” de todo negocio central. Como recomendación para identificar tales oportunidades, la literatura consultada recomienda conocer a cabalidad las necesidades que originan que el cliente participe del negocio central, pues de esta manera se logra identificar formas adicionales de “acompañar” al cliente en su “trayectoria” para satisfacer sus necesidades, con propuestas de valor hechas a la medida de sus necesidades (tal como lo hace Komatsu). Se argumenta en tal literatura, que los casos de negocio “en la periferia” por identificar, frecuentemente resultan ser altamente rentable pues se realizan sobre la base de activos ya existentes y costeados por la actividad central y en donde las inversiones son marginales, permitiendo márgenes atractivos.

En el contexto de una minería con paradigma *IIoT* instaurado, el párrafo anterior cobra particular relevancia. En efecto, se ha visto que disponer de la capacidad para monitorear la actividad minera habilita la posibilidad para terceros de ofertar consultorías, administración remota, identificación de oportunidades de mejoramiento, confección de *benchmarkings* industriales, realización de propuestas de ingeniería proactivas (*ex-antes* la aparición de mermas productivas), etc. Similarmente, hacer “visible la actividad del cliente” (como lo describe Komatsu) permite adelantar necesidades futuras y orientar la producción de equipamiento minero hacia activos con futura demanda asegurada. Estos ejemplos ilustran el tipo de actividades que pueden tener asociado propuestas de valor del sector prestador de servicios, si este sector tuviese acceso a la información captada por las tecnologías *IIoT*. Naturalmente, aquellos actores actualmente desarrollando actividades en el contexto minero y que disponen de activos (tangibles e intangibles) atinentes a la *IIoT*, se encuentran en una posición privilegiada para identificar actividades lucrativas en sus actividades “periféricas”.

Como ejemplo, empresas de ingeniería cuyo activo principal es el know-how técnico de su personal y el valor que conlleva la aplicación de sus procedimientos internos, podrían acceder a nuevas oportunidades de negocio si pudiesen establecerse como consultores permanentes de las operaciones mineras. En efecto, un mínimo de personal suele estar

siempre presente para realizar las actividades normales de una empresa de ingeniería (confección de propuestas, por ejemplo) y las inversiones adicionales a deber considerar, para permitirle al personal realizar informes periódicos sobre *trends* técnicos a partir de data cruda, sería marginal. Más aún, el estar permanentemente informado del estado de los activos mineros de sus clientes, le permitiría a la empresa de ingeniería la identificación temprana de *tendencias* preocupantes que pudiesen justificar la realización de labores de ingeniería “tradicional”, motivando así la preparación de propuestas hacia clientes de manera proactiva. Si bien lo central para la empresa de ingeniería no es realizar este tipo de función como actividad “core business”, es un ejemplo de identificación de actividad adicional rentable y con beneficios estratégicos evidentes. Bastaría con reconocer tal potencial y planificar la consolidación de equipos de trabajo con orientación técnica y know-how en análisis de data operacional, para poder proseguir con el establecimiento de procedimientos y programas de marketing para hacer conocer esta nueva línea de negocios, a operadores mineros con *IIoT* presente en su operación. Sin ofrecer mayores desarrollos, se prevé aquí que proveedores tradicionales de *IIoT* serían aliados naturales de tales servicios pues tendrían el know-how directo de los sistemas de captura de datos y a su vez tendrían incentivos obvios para lograr que las empresas que desarrollan las ingenieras de las plantas de beneficio, conozcan cabalmente los productos y tecnologías que ellas comercializan.

Vale la pena hacer énfasis que el éxito de lo antes descrito no reposa solamente en el mero uso de tecnología (software, big data, etc) y activos nuevos (sensores, hardware, etc), sino más bien en la consolidación de procedimientos y procesos de trabajos que sepan hacer uso de las oportunidades que la tecnología *IIoT* puede ofrecer. Estos procesos deberán ser pensados desde la óptica del receptor de los posibles servicios y permitirles tempranamente a los operadores mineros evaluar la conveniencia de permitir el acceso a la información, a los posibles participantes del servicio.

Como ejemplo secundario, las empresas de TI tradicionales que ya están presentes en las operaciones como actores pasivos relativo al uso de la información para la gestión y que más bien velan por los sistemas informáticos y el flujo de información, se encuentran en una posición aventajada para identificar la mejor forma de apalancar los sistemas existentes y el know-how técnico del personal actualmente involucrado en proyectos mineros, para la creación de una nueva área de negocio. Sería de interés para estas empresas consolidar equipos internos con experticia en las operaciones y en los aspectos técnicos de los proyectos mineros, para así planificar la realización de propuestas de valor a sus clientes actuales. Debido a que gran parte del posicionamiento ya estaría logrado (si es que ofertan sus servicios a clientes ya existentes en servicios clásicos de TI) y que el know-how relativo a los sistemas informáticos se encuentra presente, se prevé que se contaría con una estructura de costos competitiva relativo a potenciales competidores. En la medida que estos servicios prometan impactar positivamente los márgenes del operador minero, la captura de solo una parte de estas ganancias costearía los servicios bajo discusión. En el escenario de un cliente minero con alto desarrollo *IIoT* en sus activos, pero con bajo uso real de la data captada, se prevé que un prestador tecnológico especialista podría lograr impactos tempranos a bajo costo y lograría consolidarse como *partner tecnológico* permanente de la organización mandante.



## 8.1. OPORTUNIDAD PARA LA CO-CREACIÓN

El éxito de las iniciativas antes descritas dependerá en gran medida del grado de colaboración que pueda lograrse establecer entre aquellas organizaciones que capturen la data desde las plataformas *iloT*, y quienes puedan hacer emerger valor de ésta.

Posiblemente, la reconocida lógica transaccional que históricamente ha existido entre el mundo minero y su ecosistema de proveedores de servicios e insumos, constituya un terreno fértil para hacer brotar nuevas lógicas de co-creación de valor. En efecto, en la actualidad abundan “llamados” en la industria para la aplicación de lógicas nuevas y distintas para sortear la crisis actual de bajos precios y disminuida productividad. Resulta directo identificar que el uso de tecnologías del *iloT* por parte de prestadores de servicio para apoyar sostenidamente las actuales operaciones mineras, constituiría un ejemplo de creación colaborativa de valor. Bastara solo con difundirse los primeros casos de éxito para que esta vía de crear valor conjunto entre operador y *partner* tecnológico se propague como una alternativa nueva a explotar para mejorar sostenidamente el caso de negocio de cada participante y en contraposición con la lógica eminentemente transaccional de corto plazo. En específico, un servicio de “gestión de redes” o “intermediario estratégico” entre operadores mineros y prestadores de servicios mineros especialistas, orientado por la identificación de oportunidades desde data *iloT* proveniente de faenas productivas, sería un catalizador efectivo para promover la creación de propuesta pro-activas de beneficio sistémico en la industria.

Las tecnologías de captación y difusión de datos a escala masiva desde plantas de beneficio o están presentes en las grandes operaciones, o estarán presentes en las próximas plantas a ser construidas, por lo que no se requiere de ningún quiebre tecnológico a nivel de hardware ni de software. Tampoco se requiere la maduración de un sector software muy específico ya que existen plataformas consolidadas de Analytics, análisis estadístico y/o análisis “Big Data” disponibles para ser puestas en uso por el personal apropiado. Lo que resta por madurar, es la voluntad de los distintos actores para atreverse a innovar en formas distintas para lograr los aumentos en productividad que el negocio requiere, pero esta vez con el auxilio de tecnológicas probadas y que facilitan la toma de decisión optima en la gestión de lo operacional y de la gestión de activos. Estas tecnologías permiten potenciar la gestión del negocio minero mediante integración de los datos que genera la operación, con el know-how existente dentro de la comunidad propio de la red de prestadores de servicios tecnológicos mineros; en efecto, la *iloT* posibilita que esta comunidad se torne un participante indirecto del negocio, permitiéndole así poder ejercer como *partner ampliado* de la organización minera.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ARAKAWA, S. (2002). Development and Deployment of Komtrax Step 2. Komatsu Technical Report V48, N150.
2. ASADA, H. (2105). Partnership driven Business Growth in Komatsu.
3. BCG. (2013). The Productivity Imperative. The Boston Consulting Group.
4. Cochilco. (2015). Caraterización de los costos de la gran minería del cobre. Cochilco.
5. Cochilco. (2015). Observatorio de Costos, Industria Minera del Cobre (Presentación).
6. CSIRO. (2014). The Future of Mining in Chile. CSIRO FUTURES.
7. DAWES, J. J. (2015). Tough times requerie Collaboration. Brisbane Mining Club.
8. Deloitte. (2015). Tracking the trends, The top 10 issues mining companies will face this year. Deloitte.
9. Economist, T. (2013). In the Pits ? Mining and metal firms and the slowing of the supercycle. The Economist Intelligence Unit.
10. EY1. (2014). Productivity in mining: now comes the hard part. Ernst & Young.
11. EY2. (2015). Business risks facing mining and metals, 2015-2016. Ernst & Young.
12. GALLESTEY, E. (2015). Integrated Mine Operations, Visibility and Optimization from Mine to Port.
13. Gerencia de ingeniería y Soporte Técnico, Komatsu Chile. (2015). Monitoreo de Condiciones. Chile.
14. HBR. (2014). Strategic Choices in Building the Smart, Connected Mine.
15. Kairos Mining. (2015). Kairos Mining, November 2015.
16. Komatsu. (2015). Komatsu Report 2015.
17. Komatsu Mining Germany GmbH. (2015). Mining 4.0, a Journey into the future of mining. M2M Summit 2015.
18. LANDERRETICHE, Ó. (2015). LME WEEK 2014.
19. MaRS. (2014). Mining & Metals + Internet of Things: Industry opportunities and innovation.
20. MATSUMOTO, Y. (2011). Komatsu's Business model through the product lifecycle. Discussion Paper Series, Kobe University.
21. McKinsey&Company\_1. (2015). Productivity in Mining Operations: Reversing the downward trend.
22. McKinsey&Company\_2. (2015). How Digital Innovation can Improve Mining Productivity.
23. MELLER, P. (2014). La Viga Maestra y el Sueldo de Chile. Uqbar Editores.
24. OHASHI, T. (2013). Mid-range Management Plant (FY2013-2015).
25. OSTERWALDER, A. (2010). Business Model Generation. John Wiley & Sons, Inc.
26. PIZARRO, N. (30 de 8 de 2015). Entrevista. (E. Mercurio, Entrevistador)
27. Word\_Economic\_Forum. (2015). Industrial Internet of Things: Unleashing the potencial of Connected Products and Services.