



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

**PROPUESTA DE OPTIMIZACION EN LA GESTION DE PROYECTOS DE  
TECNOLOGIA PARA PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA MINERIA**

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

**THOMAS EDUARDO TEICHELMANN GUTIERREZ**

PROFESOR GUIA  
IVAN BRAGA CALDERON

MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
MANUEL ROJAS VALENZUELA  
JACQUES CLERC PARADA

SANTIAGO DE CHILE  
2018

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE:  
magister en gestión y dirección de  
empresas  
POR: Thomas Teichelmann Gutierrez  
FECHA: 28/11/2018  
PROFESOR GUIA: Ivan Braga

## PROPUESTA DE OPTIMIZACION EN LA GESTION DE PROYECTOS DE TECNOLOGIA PARA PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA MINERIA

Gran parte del desarrollo que ha tenido Chile en las últimas décadas se lo debe al desarrollo que ha tenido la minería del cobre, sin embargo y a pesar de los altos ingresos que ha generado el cobre en Chile, es un sector que está en vías de desarrollo desde el punto de vista de productividad. En relación a lo mencionado anteriormente la tendencia en la industria es la incorporación de proyectos asociados al aumento de productividad, muchos de estos proyectos o iniciativas tienen altos componentes tecnológicos.

En el caso de BHP una parte no despreciable de su portafolio de proyectos con inversión capital, está migrando desde proyectos con altas componentes de infraestructura a proyectos con componentes más tecnológicas, existiendo el riesgo, de que las metodologías clásicas de administración de proyectos de infraestructura no logren capturar el máximo valor de los proyectos tecnológicos.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo definir en etapas tempranas criterios de selección de la metodología de gestión de proyectos, que mejor se adecue a las componentes propias del proyecto.

Para su desarrollo se analizaron las metodologías utilizadas en la actualidad para gestionar proyectos de distinta naturaleza, evaluando tanto metodologías convencionales como metodologías alternativas e incorporando en este estudio beneficios y oportunidades de cada una de estas en la gestión de proyectos.

Las pruebas y testeos realizados a proyectos que se encuentran en desarrollo en la actualidad, indican que utilizando los criterios de selección de metodologías propuestos en este estudio, se logra capturar un mayor valor del proyecto.

## Tabla de Contenido

Capítulo 1.....	1
1.1.    Introducción.....	1
1.2.    Objetivos.....	3
1.3.    Alcances.....	3
1.4.    Metodología de Investigación.....	4
Capítulo 2.....	6
2.1.    Contexto del Estudio.....	6
2.2.    Contexto del Mercado.....	7
2.3.    Capital humano en la Industria Minera.....	12
2.4.    Descripción de la Organización.....	13
Capítulo 3.....	20
3.1.    Marco teórico.....	20
3.2.    Metodología Tradicional de Cascada.....	20
3.3.    Metodologías con enfoques Agiles.....	23
3.4.    Metodologías Híbridas.....	27
3.5.    Criterios de éxito en proyectos.....	27
3.6.    Proceso de Gestión de cambio en proyectos.....	29
Capítulo 4.....	31
4.1.    Situación Actual.....	31
4.2.    Definición del Problema.....	34
4.3.    Casos de Análisis.....	36
Capítulo 5.....	41
5.1.    Solución Propuesta.....	41
5.2.    Criterios de Selección.....	45
5.3.    Resultados obtenidos en pruebas.....	50
6.    Conclusión.....	52
7.    Bibliografía.....	54

## Índice de ilustraciones

Figura 1 Criterios actuales de selección de la metodología de administración de los proyectos de tecnología .....	16
Figura 2 Fases de proyectos desde una mirada financiera y de desarrollo de proyecto, elaboración propia .....	19
Figura 3 Desarrollo de proyectos bajo metodologías tradicional de cascada	21
Figura 4 Metodologías de gestión de proyectos bajo enfoque agile .....	25
Figura 5 Descripción grafica de iteraciones en metodología Scrum .....	26
Figura 6 Triangulo de Hierro, considera los 3 aspectos fundamentales de éxito para proyectos .....	27
Figura 7 Roadmap de Portafolio de proyectos de Tecnología, BHP Technology 2018.....	32
Figura 8 Matriz de Selección de metodología de gestión de proyectos.....	43
Figura 9 Resultados de matriz de selección de metodología de gestión de proyectos .....	44
Figura 10 Resultado para proyecto con calificación metodología cascada ...	46
Figura 11 Resultado para proyecto con calificación Agile.....	47
Figura 12 Resultado para proyecto con calificación metodología Hibrida.....	49
Figura 13 Descripción ilustrativa de MVP (minimum viable product) .....	50

# Capítulo 1

## 1.1. Introducción

La industria Minera en Chile y en el resto del mundo enfrenta nuevos desafíos. La explotación de los yacimientos es más compleja, por factores como la profundidad de las minas, las leyes de los materiales son menores que las obtenidas en etapas iniciales de explotación, lo que resulta que los procesos desde la explotación del yacimiento hasta la producción del producto final presenten mayores costos en términos económicos.

Asociado a este propósito, ha existido un esfuerzo generalizado en las compañías mineras para disminuir costos, en efecto en los últimos años estos esfuerzos se han realizado mediante ajustes de dotaciones, optimizaciones en contratos de terceros, aumentos de capacidades de plantas que aumenten producción.

En algunos casos factores externos factores como el tipo de cambio y la disminución en los costos de energía también han favorecido para apalancar las menores leyes de mineral, siendo esto un factor indirecto y circunstancial de reducción de costos.

En relación a los planteamientos hechos y tal como se ha visto en la industria del cobre, la sostenibilidad de los proyectos mineros tiene directa relación con los costos del proceso. En consecuencia en un mercado en donde el cobre es un commodities, los precios son controlados por el mercado y sus fluctuaciones, no por los productores, por ende la rentabilidad de cada operación minera están relacionada de manera directa con la eficiencia que tiene cada empresa dentro de sus procesos productivos. Como consecuencia de esto es que existe la necesidad en la industria de generar procesos más eficientes y productivos

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la incorporación de nuevos sistemas dentro de los actuales procesos productivos, con componentes altamente tecnológicos que aceleren el desarrollo, aseguren procesos integrados y procesos altamente automatizados cobra valor. De esa forma implementando tecnología a diversos procesos productivos mineros se generan soluciones que aseguran procesos optimizados, altamente productivos y por consiguiente procesos más controlados y eficientes con menores costos operacionales.

Dentro de este contexto BHP ha generado dentro de su estructura organizacional un área exclusiva, que asegura poder implementar con éxito

nuevas tecnologías en los distintos procesos productivos de la cadena de valor de la empresa, con una estrategia clara y una visión a largo plazo.

Debido a la experiencia en desarrollo de proyectos de BHP, existe un alto grado de experiencia en proyectos basados en infraestructura, como son ampliaciones de procesos, nuevas instalaciones, mejoras en procesos actuales, etc. por tal motivo el modelo de administración de proyectos para BHP está basado en metodologías tradicionales de gestión de proyectos como son metodologías de Cascada, este modelo no necesariamente se adecua a proyectos con componentes tecnológicos o de software, pudiendo de esta forma no entregar el máximo del valor de proyecto.

De esta forma el desarrollo de esta tesis está enfocado en poder incorporar herramientas de optimización al actual proceso de gestión de proyectos, abriendo la posibilidad de poder gestionar proyectos administrados bajo metodologías con conceptos Agiles e Híbridas. Asegurando de esta forma poder incorporar proyectos con componentes tecnológicos entregando el máximo valor en estos de manera exitosa, rápida y efectiva.

## 1.2. Objetivos

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo definir en etapas tempranas criterios de selección de la metodología de gestión de proyectos, que mejor se adecue a las componentes propias del proyecto

### 1.2.1. Objetivos Específicos

- Incorporar una matriz de selección de metodologías óptima de administración de proyecto de acuerdo a los componentes propios de cada proyecto, que asegure a correcta selección de metodología.
- Asegurar que el proyecto entregue el valor esperado y este sea sostenible en el tiempo.

## 1.3. Alcances

El alcance de este trabajo consiste en la definición de un criterio de selección de metodologías para gestión de proyectos en relación a las características intrínsecas de cada proyecto, considerando metodologías tradicionales como cascada, Agiles e Híbridas. Esto enmarcado en la realidad organizacional y de proceso de negocio del actual ciclo de proyectos de Tecnología para BHP.

Para lograr determinar la metodología adecuada de gestión de los proyectos es necesario contar con información de los componentes de infraestructura y componentes tecnológicos (software, experiencia usuaria del proyecto), para de esta forma seleccionar la metodología que maximice el resultado final de cada proyecto. En esta tesis se estudiarán los aspectos claves que podrán permitir seleccionar la metodología que puede generar mayor valor a nuestro proyecto.

Es necesario destacar que para el correcto desarrollo de esta propuesta se utilizarán aspectos de gestión de proyectos de distintas metodologías de administración, se incluirán en este estudio las siguientes metodologías de administración de proyectos.

- Tradicional cascada
- Agile
- Híbridas

Se consideran para este estudio metodologías estas 3 metodologías, debido a que son metodologías ampliamente utilizadas cada una de estas en distintos rubros en la industria.

#### 1.4. Metodología de Investigación

Para el desarrollo de este trabajo se realizará en una primera etapa una revisión del mercado del cobre para de esta forma poder analizar la necesidad de mejorar la productividad a través de la incorporación de tecnologías en los actuales procesos mineros en Chile, esto en relación al aumento en la vida de los yacimientos en Chile y los aumentos de costos operativos de los yacimientos actuales.

Una vez realizada una revisión de oportunidades para incorporar tecnologías en los actuales procesos mineros, se realizará un análisis de la situación actual del capital humano disponible en el sector evaluando si existen trabajadores suficientes y con habilidades necesarias para poder sostener proyectos tecnológicos, esto con la finalidad de identificar brechas y/o amenazas que puedan existir y que puedan hacer fracasar la incorporación de nuevas tecnologías por falta de capital humano.

Una vez revisada la situación actual del mercado del cobre y las oportunidades para poder aumentar la productividad de los procesos mineros, se describirá el caso particular de BHP y visión al año 2025, la cual considera a la Tecnología como una función clave de la optimización de los actuales procesos, desde una mirada integral del negocio, con una visión clara y definida de integrar al 100% todos los procesos y ser una empresa altamente automatizada.

Como parte fundamental de este estudio, se analizarán las actuales metodologías de gestión de proyectos que utiliza BHP, con la finalidad de poder identificar si es que existen brechas en los modelos de gestión utilizados actualmente dentro de sus áreas de proyectos y los modelos disponibles en el mercado para administración de proyectos con componentes tecnológicas. Se analizarán estudios (CHAOS, 2014) relacionados sobre el éxito y fracasos de proyectos de acuerdo a sus características.

Luego se analizarán las metodologías utilizadas en la actualidad para gestionar proyectos de distinta naturaleza, evaluando tanto metodologías convencionales como metodologías alternativas e incorporando beneficios y



oportunidades de cada una de estas en la gestión de proyectos de distinta naturaleza, se incorporan además con la finalidad de ejemplificar el uso de cada metodología ejemplos reales de metodologías de gestión de proyectos mal seleccionadas.

Con los antecedentes recabados se plantea una propuesta de selección de metodologías óptimas de administración de proyecto de acuerdo a los componentes propios de cada proyecto, esto con la finalidad de poder asegurar una entrega de proyecto exitosa, utilizando metodologías de gestión adecuadas.

Para finalizar se entregaran una serie de conclusiones sobre el estudio realizado como las recomendaciones que permitan asegurar buenos resultados en la implementación de proyectos con componentes tecnológicas.

## Capítulo 2

### 2.1. Contexto del Estudio

Gran parte del desarrollo que ha tenido Chile en las últimas décadas se lo debe al desarrollo que ha tenido la minería del cobre (Meller, 2013), sin embargo y a pesar de los altos ingresos que ha generado el cobre en Chile, es un sector que está en vías de desarrollo desde el punto de vista de productividad (Comisión Nacional de Productividad, 2017).

Hasta hace algunos años, la minería se ha caracterizado por ser una industria conservadora en cuanto a implementación de tecnología e innovación asociada a estandarización de procesos. Dentro de las causas que es posible considerar las cuales han favorecido a esta falta de innovación tecnológica son la falta de personal dedicado a la investigación y desarrollo en las empresas mineras además de la baja motivación de las empresas mineras en la asociación con universidades e institutos que desarrollen tecnología asociada a la optimización de procesos productivos. Desde hace algún tiempo a la fecha ha existido el interés de algunas empresas de la gran minería de generar programas Clúster que han favorecido la incorporación de empresas emergentes relacionadas a innovación tecnológica, estas empresas han sido capaces de entregar soluciones simples que han permitido optimizar los procesos.

Muchas de las operaciones que producen cobre son operaciones que fueron construidas en años en los cuales existía una baja oferta de tecnología, esta situación no permitió la automatización en los procesos. En la gran mayoría de los casos esto significa procesos con baja estandarización y con grandes oportunidades para optimizar su productividad, ya que en gran medida estos procesos son controlados por trabajadores y dependen de la experiencia y capacidades de las personas.

## 2.2. Contexto del Mercado

La tendencia al alza de los costos asociados a los procesos productivos del cobre y la volatilidad de los precios genera una necesidad creciente de desarrollar una industria orientada a fomentar e impulsar la productividad de los diversos procesos productivos. A continuación, es posible apreciar la tendencia de precio de cobre y sus costos:

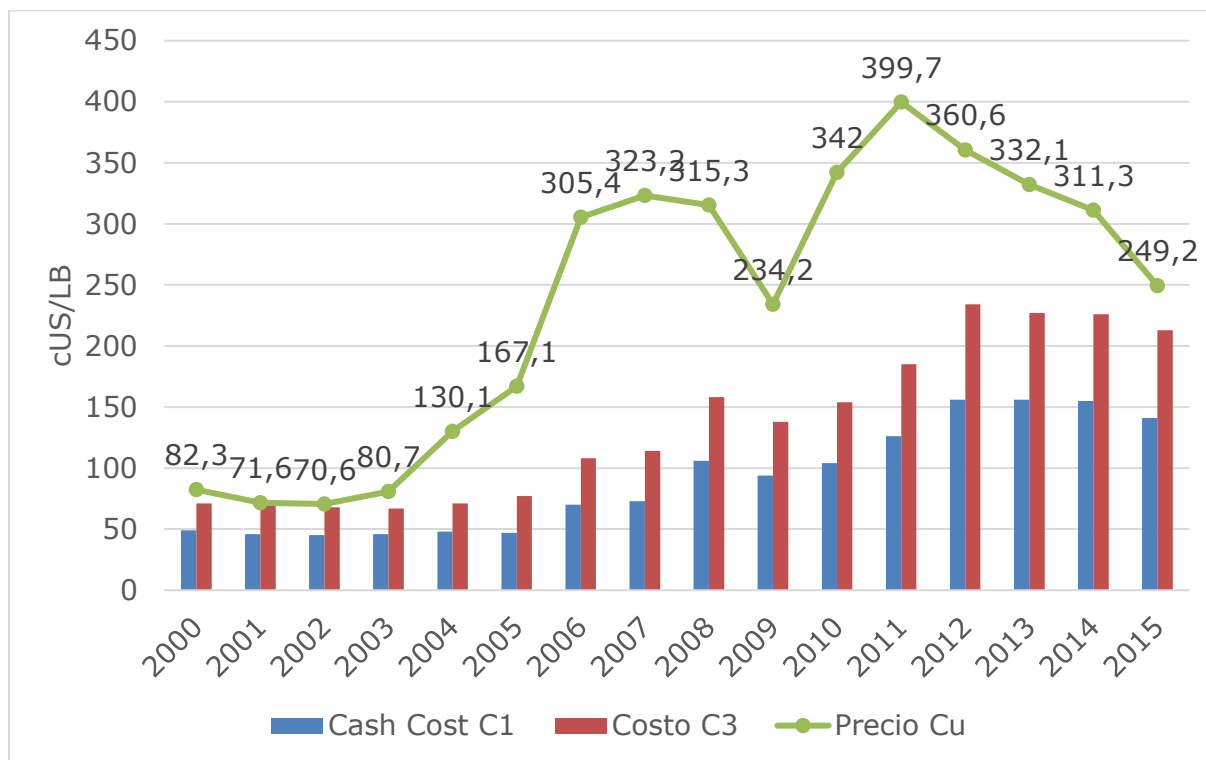


Gráfico 1 Precio Cobre v/s C1 y C3 del Mundo 2000-2015 (cUS/LB), Fuente: Cochilco

En este escenario, en el contexto de Chile es posible observar que el costo neto (C3) de producción de cobre, impactado principalmente por el aumento del C1 presenta un impacto negativo sobre la competitividad nacional frente al resto de los países del mundo.

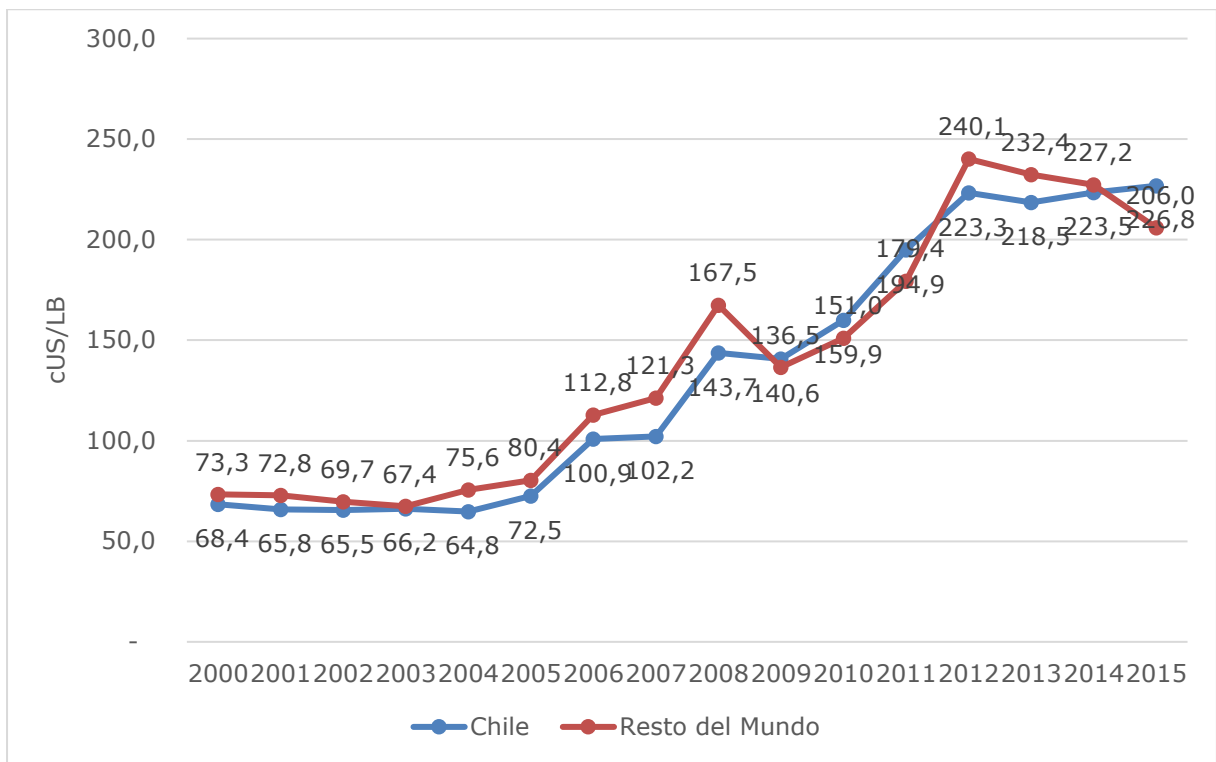


Gráfico 2 Costo Neto a Cátodo Chile VS Resto del Mundo 2000-2015 (cUS/LB) Fuente: Cochilco

Junto con lo anterior, es posible observar la variación del elemento de costo neto, donde es posible identificar que el elemento que ha afectado en mayor proporción el costo neto ha sido es el costo C1, en esta categoría se incluyen los costos mina (relación mineral lastre), costos planta, energía.

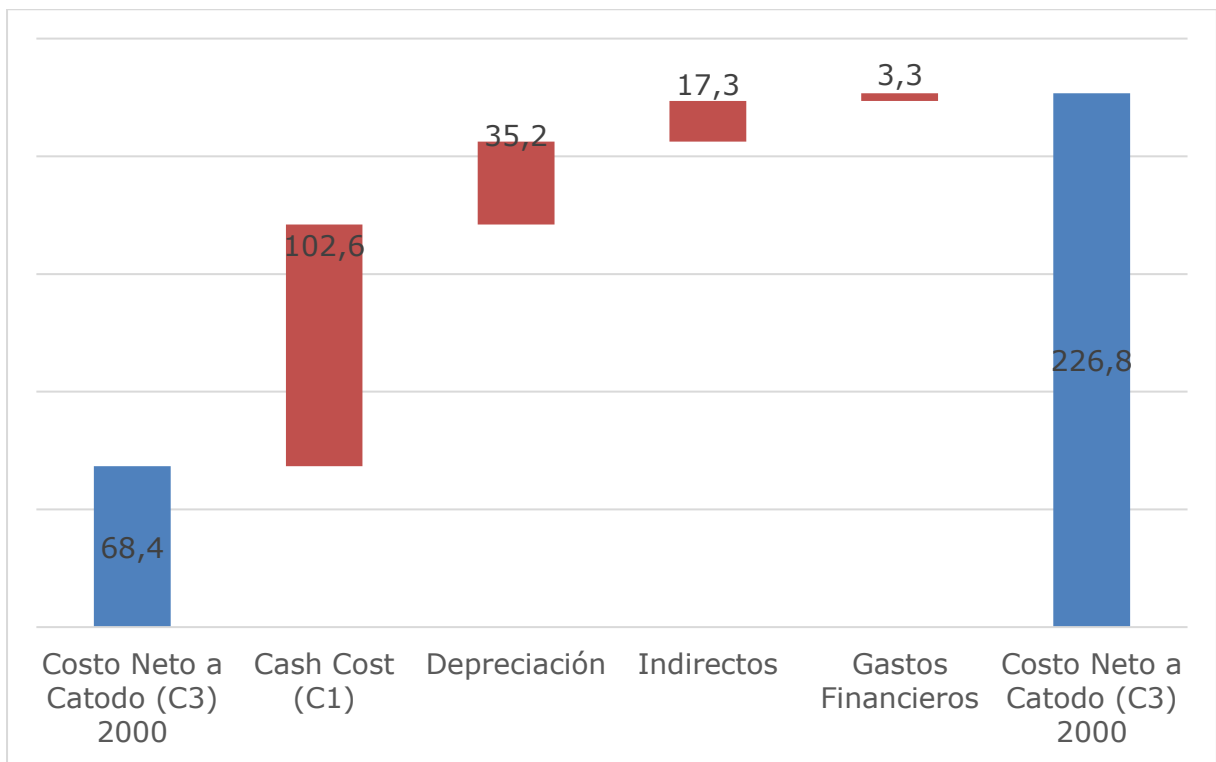


Gráfico 3 Variación Elemento costo Neto a Cátodo -Chile 2000-2015 (cUS/LB) Fuente: Cochilco

La ley de cobre es otro de los factores de destacada relevancia, dado que este indicador determina la calidad de las reservas de cobre, del año 2005 al año 2015 en Chile la disminución de la ley ha sido de un 35%, lo que es una desventaja competitiva frente a otros países en donde la explotación de reservas no ha sido tan intensiva como en Chile, pudiendo otros países alcanzar leyes más altas en etapas más tempranas de la vida de los yacimientos, lo que implica una mayor relación mineral/lastre para obtener la misma producción.

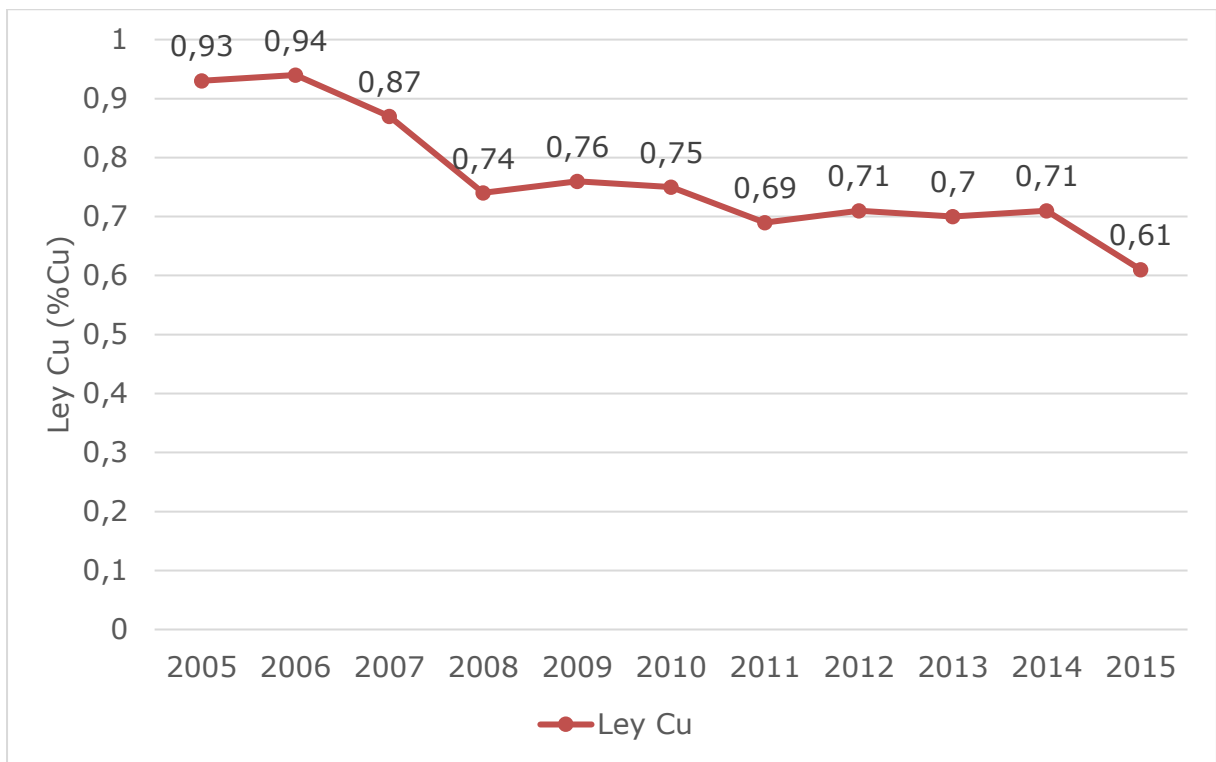


Gráfico 4 Ley Promedio de Mineral de Cobre en las Operaciones Mineras en Chile 2005-2015 Fuente: Cochilco

De acuerdo a los antecedentes observados respecto a los costos productivos, precio del cobre y disminución de leyes de cobre en los yacimientos, se puede observar que existe la necesidad a nivel nacional de mejorar la productividad de los procesos relacionados a la industria del cobre, lo cual nos permitiría seguir siendo competitivos a nivel global.

Toma relevancia para esta caso de estudio lo ocurrido en WAIO (Operación de Hierro en Australia perteneciente a BHP), en donde desde el año 2014 y con la finalidad de optimizar sus procesos y disminuir costos, comenzaron con incorporaron dentro de su portafolio de proyectos, proyectos altamente tecnológicos y de innovación, como son salas Integradas de operación (IROC), camiones autónomos, etc. mediante estas estas implementaciones han logrado en la actualidad tener los resultados que se muestran en el grafico 5.

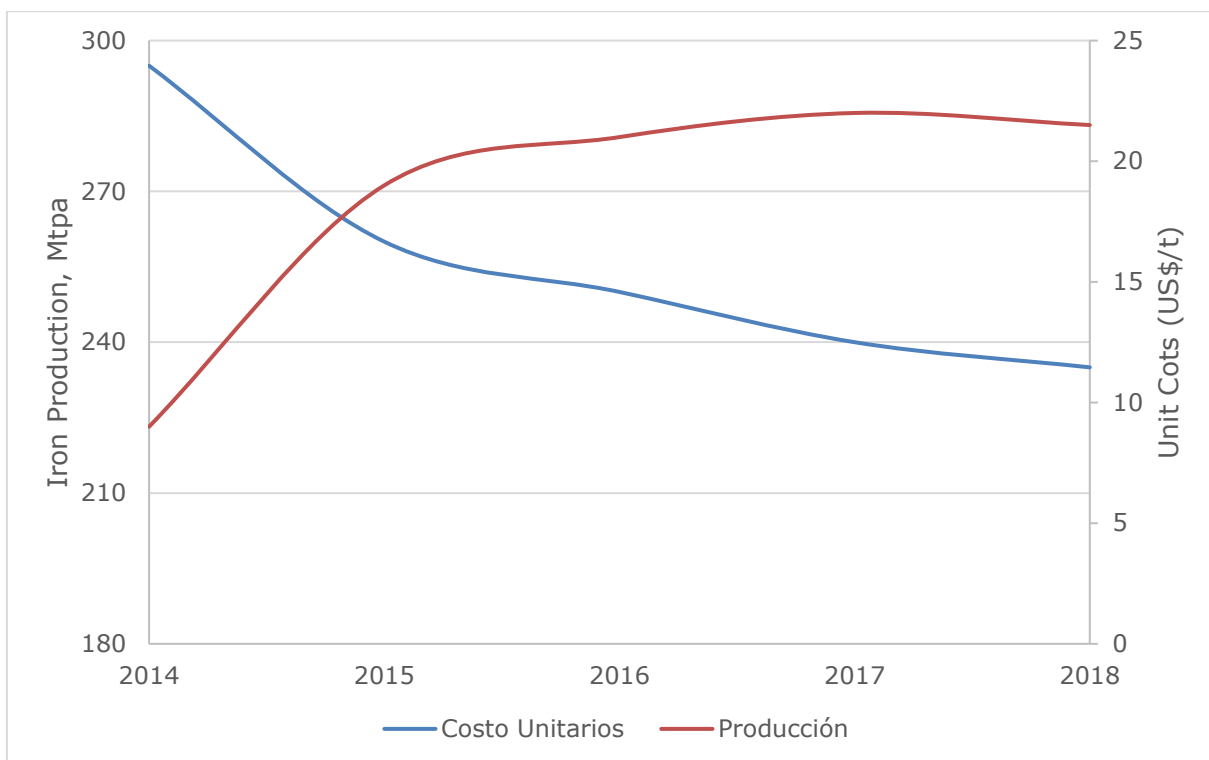


Gráfico 5 Producción y costos anualizados en WAIO, BHP 2018

En el caso de WAIO la incorporación de tecnología a los procesos productivos lograron estandarizar mediante automatización e integración de procesos, de esta forma la productividad de los procesos se ve impactada de manera positiva, compensando los costos asociados a procesos naturales de los procesos mineros, como bajas leyes, profundidad de yacimiento, aumento de costo de mano de obra, aumento de precio de insumos, etc.

Mencionado lo anterior toma relevancia poder replicar estas buenas prácticas de incorporación del uso de tecnología que permita estandarizar los procesos productivos en el mercado de cobre a nivel nacional, lo cual permitiría impulsar una clara ventaja competitiva para lograr desarrollar una industria sana y competitiva en el mercado.

Dentro de la industria las grandes compañías mineras además de BHP, han ido incorporando de su estrategia y visión de largo plazo la incorporación de la tecnología como una herramienta que apalanque el desarrollo de las organizacional y competitividad en el mercado. En el caso de Codelco, ha definido un plan estratégico en tecnología e innovación, focalizado en el desarrollo e implementación de tecnologías, fortaleciendo el crecimiento y rentabilidad de la empresa (Codelco, 2018). En el caso de la Anglo American, han desarrollado una robusta estrategia a largo plazo con la finalidad de

mantenerse competitivos en el mercado, con la incorporación de proyectos tecnológicos con foco en mejorar la productividad de sus procesos como proyectos tecnológicos relacionados a la disminución de riesgos de seguridad y de negocios (Anglo American, 2018). La empresa nacional Antofagasta Minerals, por su lado ha impulsado durante estos últimos años la incorporación de la tecnología dentro de sus procesos minero, incorporándolo además como un requerimiento dentro de su carta de valores, dentro de la incorporación de una serie de proyectos tecnológicos, además ha impulsado fuertemente la integración de energías renovables no convencionales (eólica solar), además fomentar a sus propios trabajadores y a empresas proveedoras a presentar propuestas de mejoras tecnológicas, creando plataformas web (Innovaminerals) que reciben ideas y soluciones innovadoras para procesos.

### 2.3. Capital humano en la Industria Minera

Un factor importante para el desarrollo de la industria minera es el capital humano, su capacitación o formación educacional, considerando a todos los trabajadores, tanto profesionales como personal técnico especializado.

Sin la suficiente inversión en el desarrollo de habilidades profesionales o técnicos especializados, el progreso mediante la incorporación de nuevas tecnologías no se transforma en un crecimiento de productividad, ya que no se logra una continuidad en estas implementaciones en el tiempo, en algunos casos por falta de mantenibilidad y operatividad, esto fundamentalmente por no contar la mano de obra especializada que asegure el correcto funcionamiento de las tecnologías y los países dejan de ser competidores en un mundo en donde la economía global cada vez se sustenta más en el conocimiento.

Como indica el informe de Productividad en la Gran Minería del Cobre "La disponibilidad de capital humano es un factor estratégico para la minería, y a futuro lo será aún más con los cambios asociados a la tecnología y automatización. No obstante, se observan brechas importantes en este ámbito, tanto en matrículas de carreras vinculadas a la industria como en la pertinencia de los programas educacionales. Las brechas en competencias que se observan a nivel de industrias extractivas a partir del estudio PIAAC90 llevado a cabo por la OCDE (2012-2014), dan cuenta de un sistemático nivel inferior en competencias lectoras, numéricas, y de resolución de problemas en ambientes tecnológicos de los trabajadores del sector en Chile, inferiores a Canadá, Finlandia, Noruega, Suecia y Estados Unidos. En todos los casos Chile



aparece con los menores puntajes” (Comisión nacional de productividad, 2017, p.261).

De acuerdo al apartado anterior se estima que en el futuro pueda existir una falta de capital humano calificado, que pueda desarrollar de manera efectiva sus labores dentro de la industria minera, esto debido a los siguientes factores (Comisión nacional de productividad, 2017).

- Los perfiles de egreso en la educación técnico profesional no corresponden necesariamente a lo que la industria requiere para implementar y sostener mejoras tecnológicas.
- Existe una tendencia alta a la rotación laboral, lo cual genera reentrenamiento y sobredotación.
- El capital humano existente carece de las competencias necesarias para abordar cambios tecnológicos.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente existe un desafío importante a nivel industrial desde el punto de vista de capital humano, es importante asegurar tanto el desarrollo tecnológico como el desarrollo de las capacidades técnicas humanas que puedan dar sostenibilidad a las innovaciones.

En relación a los antecedentes expuestos, el equipo de liderazgo de BHP en particular Tecnología, ha comenzado un riguroso proceso de identificación de las competencias críticas requeridas por el negocio, con la finalidad de poder capacitar y asegurar la mano de obra capacitada para dar sostenibilidad de los proyectos que se están implementando actualmente y en el futuro.

## 2.4. Descripción de la Organización

BHP es una de las compañías líderes de recursos naturales en el Mundo. Extrae y procesa minerales, petróleo y gas en distintas locaciones alrededor del mundo, cuenta con más de 60,000 empleados y contratistas, principalmente en Australia y América. Los productos de BHP se venden en todo el mundo, con ventas y Marketing dirigido a través de Singapur y Estados Unidos (Houston). La sede mundial de BHP se encuentra ubicada en Australia.

El Objetivo Corporativo de BHP es crear valor para los accionistas a largo plazo mediante el descubrimiento, adquisición, desarrollo y comercialización de recursos naturales. Todo esto se realiza a través de su estrategia: poseer y

operar grandes yacimientos, de larga vida, bajo costo, expandibles, diversificados por productos, geografía y mercado.

BHP se encuentra entre los principales productores a nivel mundial de productos básicos importantes, dentro de estos incluidos el mineral de hierro, carbón metalúrgico y el cobre. Dentro de sus productos también se consideran el petróleo, el gas y la energía del carbón (BHP, 2017)

El plan de BHP para generar valor se alinea con la estrategia y consiste en aumentar el valor de la organización enfocándose en 6 áreas claves

- Eficiencia de costos - centradas en nuevas ganancias
- Capacidad latente - retornos atractivos, con riesgos controlados
- Proyectos mayores – planificados para entregar valor y retornos
- Exploración – Resultados positivos reduce el riesgo futuro
- Tecnología – Mejora la seguridad, reduce costos y genera nuevas oportunidades
- Combustibles fósiles terrestres - valor y flexibilidad

#### 2.4.1. Estrategia Tecnológica BHP

Con la finalidad de poder asegurar el éxito en la implementación de nuevas tecnologías, BHP ha generado una estructura organizacional, con una estrategia clara y una visión a largo plazo.

Esta Función Mundial de tecnología es integrada, conectada y colaborativa, impulsada por la innovación y una cultura de aprendizaje. Existe una visión clara del futuro y acerca del camino que se deberá recorrer para lograrlo, la visión del área de tecnología es ser al año 2025 una compañía totalmente integrada y altamente automatizada, desde los recursos hasta el mercado. Para lograr esta visión, BHP se enfocó en fortalecer en 3 aspectos claves:

- Hacer lo básico bien – Contribuir a que las operaciones marchen de manera eficiente y confiable.
- Impulsar el valor de negocios – ayudar a que los activos que conforman la organización cumplan de mejor manera los compromisos
- Crear opciones para el futuro – mediante la generación de oportunidades para que las distintas áreas impulsen el valor de negocios y maximizar de esta manera el potencial de la compañía.

La estrategia de la compañía es generar ganancias a través de la innovación y productividad usando la tecnología a lo largo de la cadena de abastecimiento. Esta estrategia mantiene a las operaciones al centro de todo, y al mismo tiempo, da beneficios para reducir los riesgos significativos de negocio, acelerar la productividad y mejorar la eficiencia.

#### 2.4.2. Gestión de Proyectos en BHP

El actual modelo de administración de proyectos en BHP tanto para el área de tecnología como para el área de proyectos menores y mayores, sigue la metodología tradicional tipo cascada, de acuerdo a las siguientes fases:

OA: Opportunity Assessment

IPS: Identification Phase Study

SPS: Selection Phase Study

DPS: Definition Phase Study

EXE: Execution Phase

OA: El objetivo de la Fase OA es poder identificar la necesidad de la operación, en esta fase se genera un compromiso por parte de la operación y por el área de proyecto para facilitar y realizar un estudio que permita evaluar factibilidad de ejecutar el proyecto.

Las áreas de Análisis y Mejoramiento de la operación son actores cruciales en un buen levantamiento de la oportunidad, debido a que es necesario contar con información sólida y analizada, para de esta forma poder incorporar un proyecto que genere el valor esperado.

IPS: El objetivo esta fase es poder identificar las alternativas estratégicas que entreguen mayor valor a la oportunidad identificada en el OA, El término de esta fase está definido en el momento en que se selecciona de la mejor alternativa los riesgos, considerando en todo momento los beneficios, riesgos y las inversiones requeridas.

SPS: Una vez seleccionada la mejor alternativa en la etapa de IPS, en la etapa de SPS se debe profundizar esta alternativa, generando los estudios que puedan asegurar una información más detallada en cuantos a los costos y fechas de entrega, asociados a implementación del proyecto. Se espera en esta fase contar con información para una estimación entre un -15%-+25% de error. El término de esta etapa está caracterizado por la generación de un

caso de negocios que es presentado al comité de capitales para solicitar los montos para continuar en las fases de DPS/EXE.

DPS: El objetivo de la etapa de DPS es realizar lograr una ingeniería de detalle con la alternativa seleccionada, realizando los estudios necesarios para poder asegurar una estimación de costos y fechas con un error entre un -10%+15%.

EXE: En la etapa de Ejecución se ejecuta el proyecto Capital de acuerdo a lo estudiado en las etapas anteriores, asegurando en todo momento cumplir con los acuerdos establecidos.

### Gestión de proyectos en Tecnología BHP

La siguiente figura representa los criterios de selección de la metodología de administración de los proyectos de tecnología actualmente.

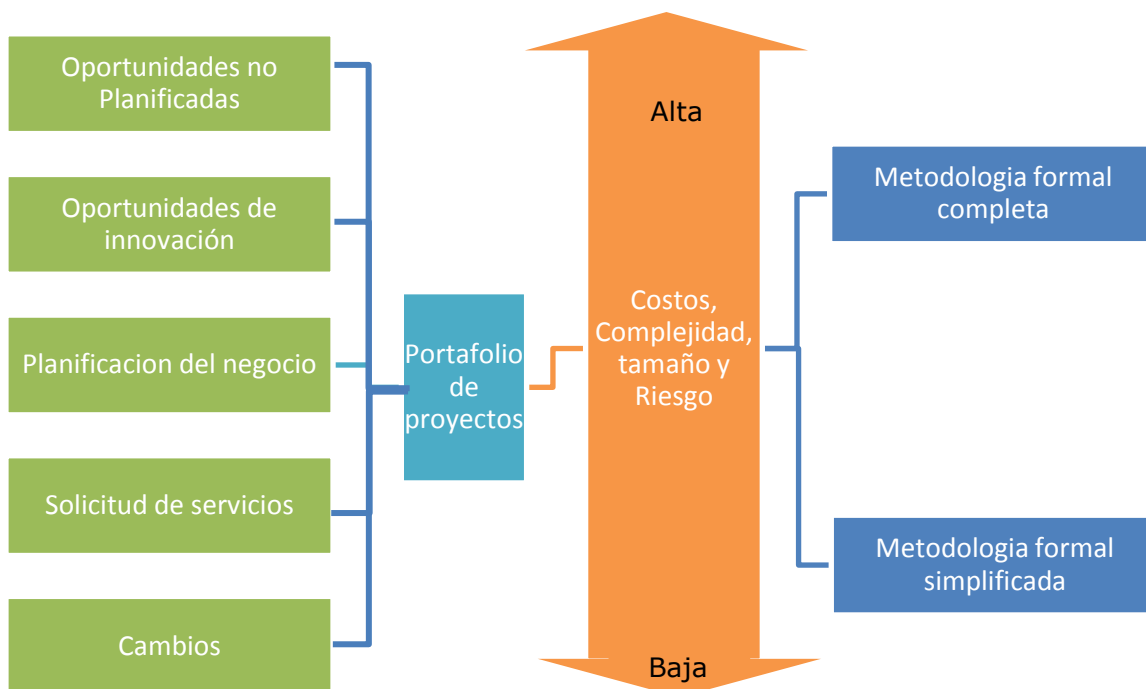


Figura 1 Criterios actuales de selección de la metodología de administración de los proyectos de tecnología

## Metodología formal completa (cascada)

La metodología formal en su versión completa utilizada para asegurar la ejecución de proyectos en donde la complejidad (costos >0.350MUS) requiere un sistema de gestión de proyectos formal.

## Metodología formal simplificada (cascada)

Esta metodología es frecuentemente utilizada en la industria cuando los proyectos tienen una menor complejidad (inversión baja) y no requieren de un sistema de gestión formal, es por esto que los proyectos tienen una menor carga administrativa

## Financiamientos de fases

Los financiamientos para etapas de IPS y SPS generalmente es mediante OPEX (Operación expense). Para el caso de las fases de DPS y EXE, el financiamiento es mediante CAPEX ya que en estas fases las inversiones de capital ya se considera que generan beneficios para la compañía.

En la industria es común el financiamiento de proyectos bajo ambos tipos de financiamiento (Opex y Capex) específicamente en la industria de software, cuando se aplica metodología de cascada el tratamiento es financiar con OPEX hasta el diseño y desde la implementación hasta la entrega existe la posibilidad de capitalización.

La solicitud de financiamiento para estos tipos de proyectos se realiza en la transición de las etapas de SPS a DPS, mediante la presentación formal de un caso de negocios al comité de capitales.

El caso de negocio de cada proyecto se debe basar en la optimización de al menos aspecto que genera valor al negocio, como son los siguientes:

- Seguridad
- Cultura
- Volumen
- Costos

La aprobación o rechazo de las iniciativas presentadas tiene directa relación a su caso de negocio, siendo priorizadas las iniciativas relacionadas a Seguridad, de esta forma existe una consecuencia respecto a los lineamientos organizacionales, poniendo la seguridad de las personas como prioridad número 1.

### Capitalización de activos

Los gastos de capital se incurren cuando una empresa gasta dinero en adquirir activos fijos y en algunos casos activos intangibles o para aumentar el valor de activos fijos existentes con una vida útil que se extiende más allá del año contable.

Un activo capitalizable crea beneficios futuros para la organización y permite a la compañía distribuir el costo del gasto a lo largo de la vida útil del activo adquirido mediante la depreciación o amortización de este. Un elemento de propiedad y equipo que clasifica para activo capitalizable debe tener asociado un costo de mantención que incluya los costos necesarios para mantener este activo en condiciones de trabajo necesarias para asegurar el uso previsto de este, además estos costos deben ser directamente atribuibles al activo.

Para que un activo sea declarado como capitalizable, el activo debe comprobar que genera beneficios económicos posteriores para la empresa. Para los casos de un proyecto (activo fijo) y se encuentra en las fases de proyecto de identificación/selección y en la fase de investigación en el caso de un activo de software intangible, se deben financiar mediante gastos (OPEX). En las fases de definición y ejecución en donde ya existe un detalle e ingeniería concreta de los resultados que se obtendrán con la implementación del proyecto, estos gastos pueden capitalizarse (CAPEX) al igual que en la etapa de desarrollo en el caso de un software intangible.

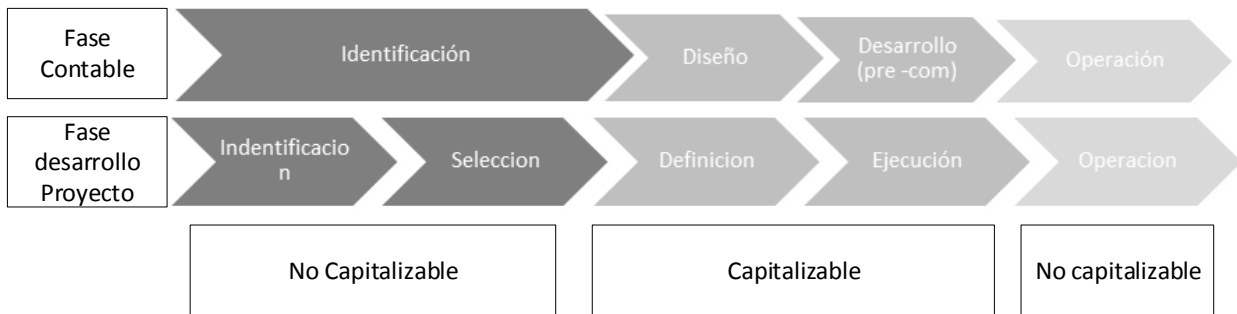


Figura 2 Fases de proyectos desde una mirada financiera y de desarrollo de proyecto, elaboración propia

### Capitalización de activos fijos

Las fases de definición y ejecución para crear un activo fijo pueden ser capitalizadas si cumplen con el criterio de clasificación como activo. El costo de un elemento de propiedad, planta y equipo incluye

- Su precio de compra, incluidos los aranceles de importación y los impuestos de compra reembolsables
- Cualquier costo directamente atribuible a llevar el activo a la ubicación y condiciones necesarias para que pueda operar correctamente
- La estimación inicial de costos de desmantelamiento y eliminación del artículo y la restauración del sitio en que se encuentra en donde la empresa tiene la obligación de realizarlo.

### Capitalización de activos intangibles (software)

Los costos incurridos internamente para crear un software para su uso dentro o fuera de BHP deben dividirse en las fases de investigación y fases de desarrollo.

Todos los gastos incluidos en la fase de investigación deben ser incluidos como gastos y no pueden ser capitalizados. Para el caso de las fases de desarrollo se pueden capitalizar tanto el software requerido para operar el equipo como el software relacionado con la aplicación (en el que se escriben los programas para procesar la información), para actividades tales como:

- Diseño y configuración de software
- Instalación y codificación
- Licencias
- Pruebas y procesamiento paralelo.

## Capítulo 3

### 3.1. Marco teórico

Existen distintas definiciones de proyecto de acuerdo a sus autores. La definición de la PMI define a *“Un proyecto es una actividad grupal temporal para producir un producto, servicio, o resultado, que es único. Es temporal dado que tiene un comienzo y un fin definido, y por lo tanto tiene un alcance y recursos definidos. Es único ya que no es una operación rutinaria, sino un conjunto específico de operaciones diseñadas para lograr una meta particular”*.

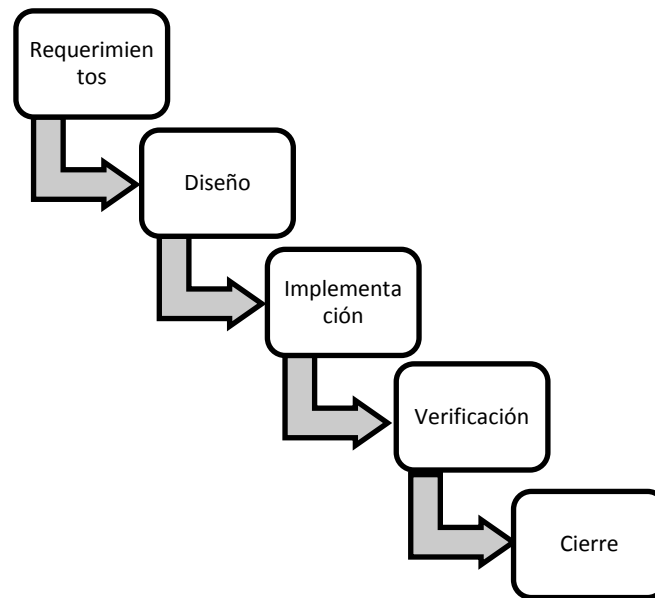
En consecuencia, para generar la propuesta metodológica se debe entender los beneficios e implicancias de utilizar las distintas metodologías y su aplicabilidad en los procesos de desarrollo de proyectos de tecnología, en los siguientes puntos se describen las metodologías seleccionadas para el presente trabajo de tesis.

- Metodología Tradicional de Cascada
- Metodologías con enfoque Agiles
- Metodologías Híbridas

### 3.2. Metodología Tradicional de Cascada

El modelo de cascada fue descrito por primera vez por Dr. Winston Roice en 1970, este método es conocido por ser el método clásico de gestión de proyectos, esta metodología consiste en el desarrollo secuencial de distintas fases que se ejecutan con la finalidad de obtener un resultado (producto) en la última etapa del proyecto. Para poder avanzar a la siguiente fase del proyecto es necesario haber concluido de manera íntegra la fase anterior. Esta metodología exige terminar cada una de las fases para poder continuar con la fase siguiente.





*Figura 3 Desarrollo de proyectos bajo metodologías tradicional de cascada*

Las primeras etapas del proceso, previos a la implementación, usualmente toman un tiempo extenso, esto es debido a que se debe asegurar definir de manera suficiente los requerimientos, asegurándose de esta forma cumplir todas las expectativas del cliente en el diseño de la implementación.

Como puede observarse, esta metodología se destaca gracias a su rigidez, y para el desarrollo de un proyecto bajo esta metodología existe una secuencia lógica de actividades o etapas que abarca principalmente

- Análisis
- Diseño
- Implementación
- Integración

Las ventajas de utilizar esta metodología son las siguientes

- Proceso organizado con fases independientes. ES decir, que para avanzar a la siguiente fase, la anterior debe estar cerrada y documentada.
- El seguimiento de las actividades resulta expedito, debido a que existe documentación y validación de cada una de las actividades realizadas

Las desventajas de esta metodología

- No permite adecuarse a los cambios de manera rápida, esto debido a que en etapas tempranas se establecen los alcances del proyecto y se genera una planificación documental asociada al alcance definido, esto

quiere decir que el producto tiene gran dependencia de los requerimientos iniciales. Esta falta de flexibilidad de este modelo tradicional es considerado como una de sus mayores desventajas

- Cantidad excesiva de documentación, la documentación facilita la trazabilidad, sin embargo el exceso de documentación esta extiende tiempos de revisión y cierre de documentación final.
- Metodología poco atractiva para proyectos que buscan resultados rápidos, una metodología de cascada entrega el valor al final de todas las etapas y cada una de esta se debe cerrar con la documentación y tiempos necesarios.
- La intersección del producto con el usuario es en etapas finales del proyecto, lo cual dificulta realizar modificaciones que no comprometan plazos de entrega
- Esta metodología no genera entregables concretos hasta etapas finales del proyecto.

El seguir fases rígidas de análisis, diseño e implementación, no permite adaptarse a cambios. En proyectos donde la incertidumbre de los requerimientos es alta, esto puede provocar que no se capture el máximo valor de la solución. Esto es el punto fundamental del nacimiento de loas metodologías ágiles, donde proyectos de 2 años o más, el producto final ya no entrega valor

Resulta oportuno mencionar que la metodología tradicional de cascada es una metodología solida desde el punto de vista de estructura, permite una alta trazabilidad y posibilidad de detectar errores en las ingenierías en etapas tempranas, evitando de esta manera sobrepasar fechas y costos establecidos en etapas tempranas del proyecto. En este mismo sentido la metodología de cascada se enfoca fuertemente en la consolidación de documentos que sustenten los desarrollos a implementar, lo cual es de gran utilidad para transferir conocimientos permitiendo a los nuevos integrantes del proyecto entender el proyecto más fácilmente. No obstante las bondades de las metodologías de cascada son débiles en la integración de las distintas disciplinas de las distintas fases del proyecto, como son los programadores, diseñadores y el cliente final.

### 3.3. Metodologías con enfoques Agiles

Se define Agile no como una metodología de gestión de proyectos, sino más bien como un enfoque de gestión de proyectos. El enfoque ágil evoluciona a partir de varios métodos, en 1930 con el ciclo PDCA de Walter Shewpart, luego en 1940 con Kanban y más adelante con una serie de eventos que fueron definiendo lo que ya en el año 2001 se definió a través del manifiesto Ágil como enfoque Agile. En donde Bob Martin reúne a otros 16 líderes del movimiento ágil para escribir un manifiesto que defina las principales características de este movimiento.

El manifiesto Agile (Manifiesto for Agile Software Development, 2011) se basa en 4 valores:

- Individuos e Interacciones, sobre procesos y herramientas
- Software que funcionen, sobre documentación.
- Colaboración del cliente, sobre negociación de contratos
- Responder al cambio, sobre seguir un plan.

Dentro de agile existen principios fundamentales que gobiernan esta metodología, los cuales se indican a continuación.

1. *Nuestra más alta prioridad es satisfacer al cliente a través de la entrega de productos de manera continua y temprana.*
2. *Bienvenidos sean los cambios de requerimientos, incluso en etapas tardías de desarrollo.*
3. *Entregar productos que agreguen valor de manera frecuente, desde un par de semanas a un par de meses, preferencialmente en corto plazo.*
4. *El negocio y los desarrolladores deben trabajar diariamente de manera conjunta a través de todo el desarrollo del proyecto.*
5. *Construir proyectos a través de integrantes del equipo que estén motivados.*
6. *La manera más eficiente y efectiva generar ideas y unir información en la fase de desarrollo es mediante las reuniones cara a cara del equipo.*
7. *Productos funcionales es la primera medida de progreso*
8. *Los procesos agiles promueven el desarrollo sostenible*
9. *La atención constante a la excelencia técnica y el bueno diseño de soluciones prueba la agilidad.*
10. *Simplicidad(es considerado el arte de la maximización del tiempo perdido) es esencial.*

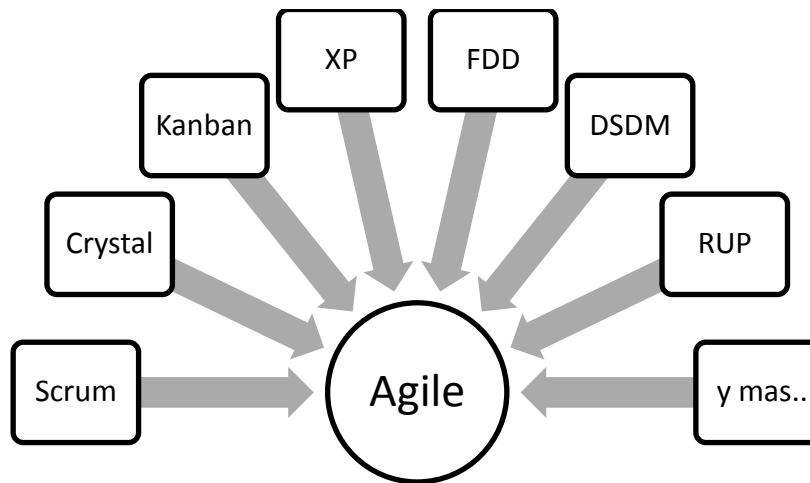
11. *Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños nacen de equipos auto gestionados.*
12. *En intervalos regulares, el adquiere el conocimiento de cómo ser más efectivos, luego afina y ajusta sus comportamientos.*

El enfoque Agile realiza una división de un proyecto grande, en partes pequeñas y manejables, llamadas iteraciones. Al final de cada iteración se entrega un producto con valor para el negocio el cual debe ser entregado a los clientes para obtener retroalimentación, a diferencia de la gestión tradicional de cascada, la cual es estrictamente secuenciada, y no se comienza el diseño del producto hasta que la investigación no está completa y no comienzas el desarrollo hasta que se validen los diseños, la metodología ágil integra en un trabajo conjunto tanto a desarrolladores como clientes finales y diseñadores, para que entreguen de esta forma y de manera temprana productos ya validados y que puedan empezar a entregar valor.

Los principios fundamentales en que se basan las metodologías con enfoques ágiles es que buscan entregar productos de manera rápida y continua en etapas tempranas del proyecto, lo cual maximiza la experiencia final de usuario, logrando obtener retroalimentación en etapas tempranas del proyecto.

Ágil es un enfoque de gestión de proyectos, el cual está compuesto por distintas metodologías con distintas características y aplicaciones, pero con un enfoque en común, entregar productos de manera rápida, probada y validada.

Si bien las metodologías ágiles de gestión de proyectos se pueden aplicar a proyectos con diversas componentes o especialidades, su uso común ha sido mayormente en proyectos orientados al desarrollo de software. Muchas empresas de desarrollo de software utilizan metodologías ágiles en relación a los beneficios obtenidos por su uso, debido en términos de velocidad de desarrollo y calidad de productos (Korkhonen, 2012).,



*Figura 4 Metodologías de gestión de proyectos bajo enfoque agile*

Dentro de las metodologías ágiles existen distintas orientaciones, desde metodologías más prescriptivas las cuales cuentan con una mayor cantidad de reglas, hasta unas metodologías que son más adaptativas con pocas reglas a seguir.

Para el caso de este análisis se ha escogido la Metodología SCRUM debido a que es una de las metodologías más simples, pero con suficiente "artefactos" o herramientas que entregar un cambio en la gestión de proyectos. A lo largo de los desarrollos ágiles en la industria ha sido la metodología más utilizada. Las ventajas comparativas asociadas a la utilización de una metodología Agile son las siguientes:

- Son adaptativas a los cambios de requerimientos iniciales
- Requieren menor cantidad de personas
- La entrega de productos es continua y frecuente.

No obstante, dentro de las desventajas existentes de la utilización de esta metodología se encuentra:

- Menor predicción de costos
- Menor predicción de fechas

Esto debido a que al realizar un proceso iterativo, una metodología como scrum por sí sola no tendrá una gestión del alcance, costos o programación del proyecto como un todo. Sin un planificación a alto nivel, y ya que el

alcance va a ir cambiando en base al product owner, los costos y la fecha de finalización del proyecto pueden no cumplirse.

Las metodologías ágiles dentro de su estructura consideran procesos de mejoramiento continuo, ya que se retroalimentan de los aprendizajes de cada uno de los Sprint (iteraciones), entregando en la fase siguiente un resultado mejorado con respecto al anterior.

En el orden de las ideas anteriores este método permite la facilidad de comenzar a generar pequeñas soluciones las cuales son útiles para el usuario final desde etapas tempranas.

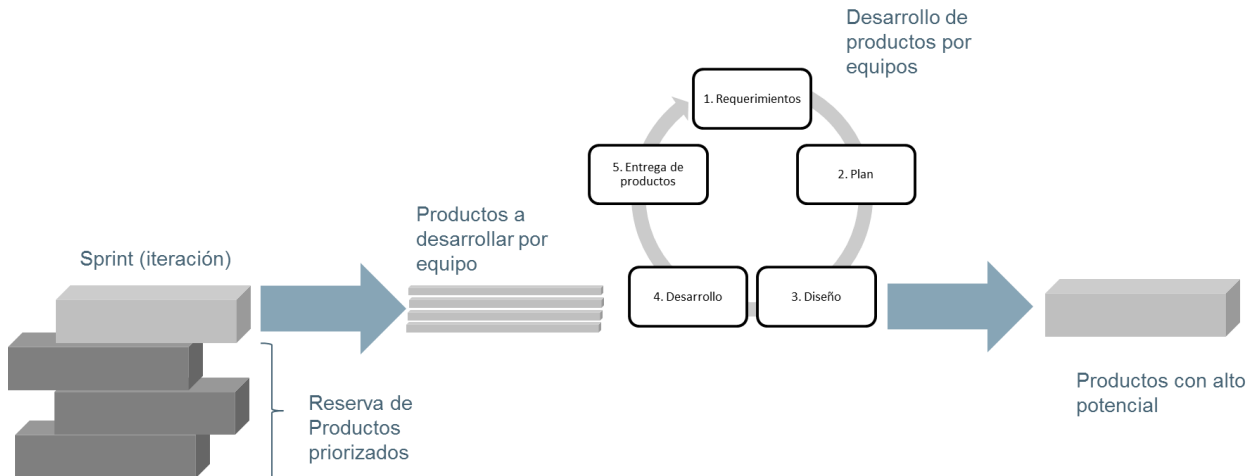


Figura 5 Descripción grafica de iteraciones en metodología Scrum

### Usos de Metodologías con componentes Agiles en distintas Industrias.

Como se ha analizado anteriormente, el uso de metodologías ágiles en la industria de la tecnología y software es común, dentro de las empresas que su desarrollo de proyectos se realiza por metodologías ágiles se encuentran

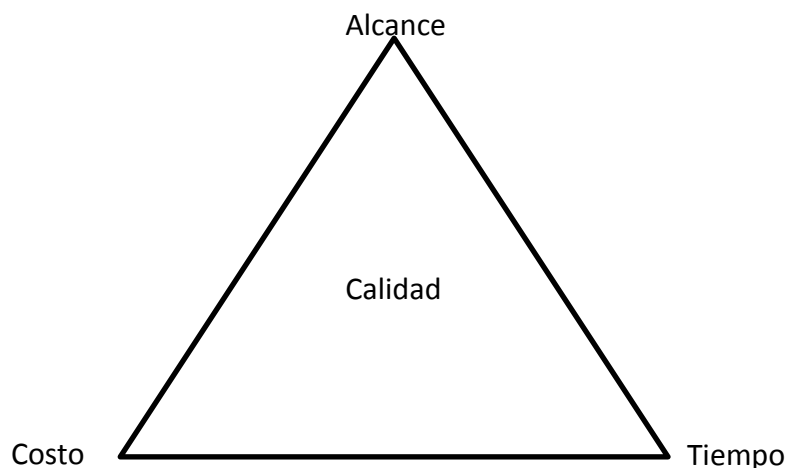
- European Bank
- Primavera
- Microsoft
- ING
- Google
- Vodafone
- GE
- UOL
- Schneider
- Adobe
- BBC
- Netflix
- YAHoo
- Intel
- FBI
- Etc.

### 3.4. Metodologías Híbridas

Para el caso de este estudio se consideraran como metodologías híbridas aquellas metodologías que contengan dentro de ella componentes de gestión tradicional de cascada y componentes de gestión agile de manera combinada. Esto puede aplicarse en el caso por ejemplo en la implementación en la implementación de un sistema de tele-comando en donde la construcción de la infraestructura (cámaras, sensores, soportes, cableado, canalizaciones, trabajos en salas eléctricas y servidores, etc.) puede desarrollarse bajo una metodología tradicional de cascada, sin embargo la programación de las lógicas de control podrían gestionarse bajo un enfoque agile.

### 3.5. Criterios de éxito en proyectos

Tradicionalmente se han utilizado 3 aspectos fundamentales para medir el éxito de un proyecto, conocido como triangulo de hierro, tiempo de entrega, cumplimiento de costos y cumplimiento de alcance (triangulo de hierro). En relación a lo mencionado anteriormente un proyecto se considera como exitoso, si termina en el tiempo planificado, gastando los montos definidos en un comienzo y sobre todo si cumple las expectativas definidas en su alcance.



*Figura 6 Triangulo de Hierro, considera los 3 aspectos fundamentales de éxito para proyectos*

De acuerdo al Estudio realizado por Standish Group (CHAOS 2014) un estudio desarrollado en 2015 en donde se realizó un análisis del éxito de los proyectos relacionados con software a empresas grandes, medianas y pequeñas, de distintos segmentos de la industria, bancaria, aseguradoras, manufactureras, retail, cuidado de la salud, servicios, instituciones locales, estatales y federales, durante los años 2011 al 2015.

El propósito de este estudio fue clasificar a los proyectos de acuerdo a 3 clasificaciones

- Proyecto exitoso, esta clasificación corresponde a un proyecto que se completa en tiempo, dentro de costos y cumpliendo las especificaciones de los requerimientos iniciales del proyecto.
- Proyecto desafiante, esta clasificación corresponde al proyecto que se termina y está operativo, sin embargo excede el presupuesto inicialmente estimado, además ofrece algunas de las especificaciones de los requerimientos iniciales del proyecto.
- Proyecto fallido, esta clasificación corresponde al proyecto que es cancelado durante su desarrollo.

Los resultados de este estudio arrojo que los siguientes resultados, como se puede ver en la tabla, indica la evolución de éxito de los proyectos desde el año 2011 al 2015, considerando los 3 indicadores claves como se mencionó anteriormente, costo, alcance y tiempo.

<b>Clasificación</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<i>Exitoso</i>	29%	27%	31%	28%	29%
<i>Desafiante</i>	49%	56%	50%	55%	52%
<i>Fallido</i>	22%	17%	19%	17%	19%

*Tabla 1 Resultados de éxito de proyectos considerados en estudio dentro del 2011-2015*

Con la implementación de enfoques ágiles en el desarrollo de proyectos durante los últimos años, es posible comparar los resultados de éxito entre los proyectos desarrollados bajo metodologías ágiles y tradicionales en cascada. A los largo de los distintos tamaños de proyectos se puede observar como los



proyectos realizados bajo enfoques ágiles han sido más exitosos y menos fallidos, como se muestra en la tabla

<b>Tamaño</b>	<b>Metodología</b>	<b>Éxito</b>	<b>Desafiantes</b>	<b>Fallido</b>
<i>Total</i>	Ágil	39%	52%	9%
	Cascada	11%	60%	29%
<i>Proyectos Grandes</i>	Ágil	18%	59%	23%
	Cascada	3%	55%	42%
<i>Proyectos medianos</i>	Ágil	27%	62%	11%
	Cascada	7%	68%	25%
<i>Proyectos Pequeños</i>	Ágil	58%	38%	4%
	Cascada	44%	45%	11%

Tabla 2 Resultados del estudio de CHAOS segmentado por enfoque ágil o metodología cascada.

### 3.6. Proceso de Gestión de cambio en proyectos

Con la finalidad de poder relacionar el proceso de gestión de cambio y su contribución al éxito de los proyectos, se ha incorporado dentro de este estudio un análisis realizado por PROSCI®, organización líder en el mundo en investigación, desarrollo y publicación de Gestión de Cambio, con sus estudios longitudinales de las mejores prácticas a nivel mundial, publicados durante los últimos 20 años, son el mayor marco de conocimiento en Gestión de Cambio. Dentro de las contribuciones más significativas de Prosci radica en demostrar la significativa relación entre Gestión de Cambio, y el retorno de la inversión (ROI) de los proyectos de cambio. Esta investigación pionera posicionó a Gestión de Cambio, como un factor clave en la obtención de beneficios de negocio.

Además, destaca dentro de los 10 principales contribuidores de éxito de un proyecto:

- Patrocinio activo y visible.
- Compromiso e integración con Gestión de Proyectos (Project Management).
- Compromiso y participación de los empleados,
- comunicación frecuente y abierta acerca del cambio.
- Compromiso y soporte de mandos medios

Todos estos factores deben ser gestionados en la etapa inicial de un proyecto, donde existe una correlación directa entre esfuerzos tempranos y el éxito del proyecto (cumplimiento de objetivos en tiempo y presupuesto, y con un retorno de la inversión).

Para el caso de la gestión del cambio en metodologías con enfoques ágiles uno de sus principales atributos es involucramiento cliente y los stakeholders en etapas tempranas del proyecto, favoreciendo y reforzando el proceso de gestión de cambio durante todo el desarrollo del proyecto, esto viene a fundamentar por qué los proyectos que se desarrollan bajo metodologías ágiles tienen mayores tasas de éxito que los proyectos bajo metodologías tradicionales (Tabla 2).

Si bien es cierto existen metodologías de administración de proyectos que pueden favorecer el desarrollo de un proyecto con componentes particulares, es fundamental que independiente la metodología seleccionada el proceso de gestión e cambio exista, como parte necesaria del desarrollo de un proyecto contribuyendo de esta forma en el éxito del proyecto.

## Capítulo 4

### 4.1. Situación Actual

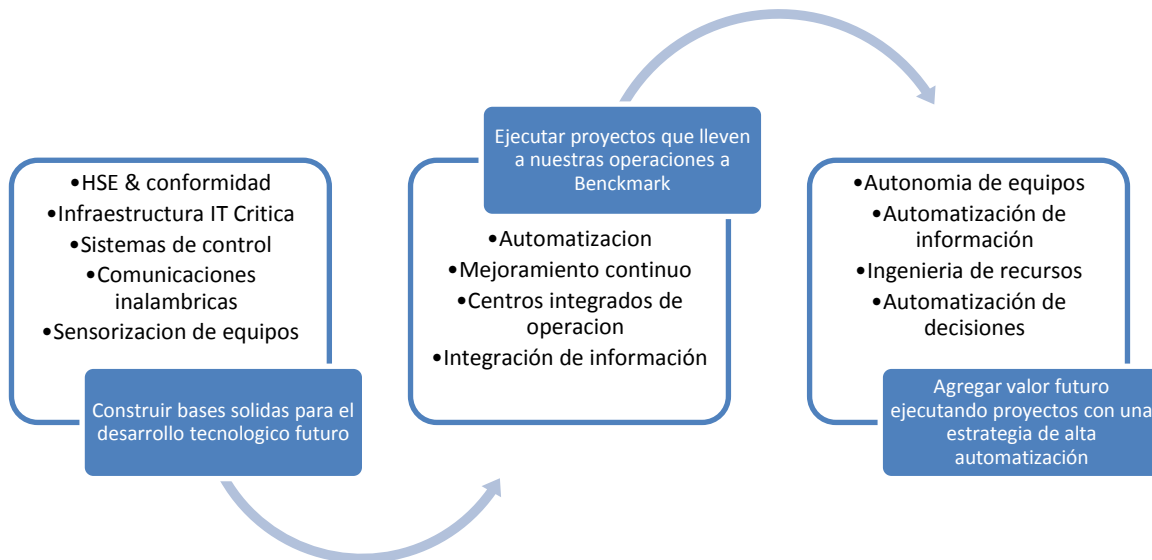
Considerando el contexto del mercado y los lineamientos de BHP de incorporar proyectos que sean consistentes con su estrategia, se ha creado un portafolio de proyectos de Tecnología con una visión de largo plazo

Las áreas de enfoque del equipo de tecnología son:

- HSE y Cultura – Mantener a nuestros equipos de trabajo seguros y comprometidos.
- Estabilidad y entrega de proyectos –Asegurando el soporte operativo y entregando a tiempo nuestros proyectos del portafolio.
- Funciones de clase mundial – Llevando nuestras áreas a un estado futuro.
- Ser una operación Completamente integrada y altamente automatizada al año 2025

#### 4.1.1. Portafolio de Proyectos de Tecnología

La creación del portafolio de tecnología se ha enfocado en asegurar contar con bases sólidas, para de esta forma poder desarrollar proyectos de innovación, vanguardistas que nos lleven a un desempeño tipo benchmark y en un futuro altamente automatizado.



*Figura 7 Roadmap de Portafolio de proyectos de Tecnología, BHP Technology 2018*

Como se puede observar en la figura 3, el portafolio de proyectos de tecnología tiene 3 etapas claves:

- Asegurar los cimientos básicos para futuras tecnologías.
- Ejecutar proyectos que nos lleven a nivel de benchmarking de la industria.
- Llevar los actuales procesos a niveles superiores de automatización.

Para la ejecución de correcta de este portafolio se ha definido una estructura organizacional que pueda asegurar un correcto estudio e implementación de los distintos proyectos, considerando que existen diferentes disciplinas tecnológicas dentro de este mismo portafolio, dentro de estas se encuentran:

- **Infraestructura:** Lidera las actividades relacionadas con los servicios de infraestructura tecnológica para entregar sistemas confiables y productivos a la compañía.
- **Sistemas de empresa:** Cuyo foco es trabajar junto con las funciones globales y diseñar, desarrollar e implementar softwares empresariales y de negocios, además de plataformas de trabajo que den soluciones efectivas y eficientes.

- **Sistemas de producción:** Elaboran e implementan proyectos relacionados a producción de las operaciones, dando soluciones tecnológicas efectivas y eficientes, que integran y automatizan procesos.

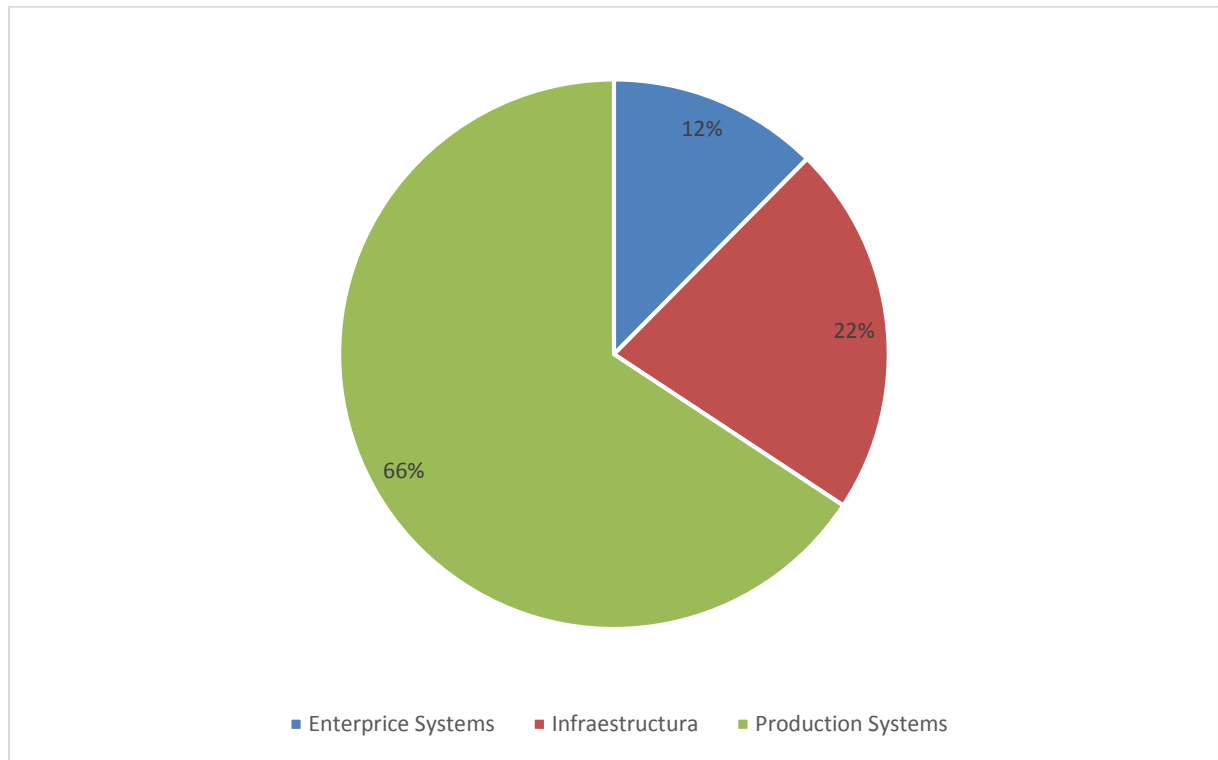


Gráfico 6 Relación de distribución de proyectos respecto a montos de inversión, BHP Technology 2018

Como se puede observar en el gráfico número 7, los proyectos relacionados a sistemas de producción corresponden a más de un 66% del total de proyectos de tecnología, esto en base al portafolio correspondiente al periodo 2019-2023.

La tendencia actual de inversión en proyectos ha ido evolucionando y continuará de esta misma manera en el futuro, avanzando desde proyectos netamente de infraestructura, como son proyectos de aumento de capacidad, ampliaciones y sostenibilidad de procesos, hacia proyectos con mayores componentes tecnológicos y software, tales como proyectos de remotización, automatización de procesos, en donde el componente de las personas desde el punto de vista interacción usuario final es factor de alta relevancia. Esta evolución en los tipos de proyectos que se ejecutarán, se debe principalmente a la oportunidad de disminución de costos que significa un proceso altamente automatizado y estandarizado.

## 4.2. Definición del Problema

En el caso de BHP una parte no despreciable de su portafolio de proyectos con inversión capital, está migrando desde proyectos con altas componentes de infraestructura a proyectos con componentes más tecnológicas. Si bien en la actualidad la magnitud de las inversiones de infraestructura son elevadas y mayores a las inversiones correspondientes a proyectos tecnológicos, correspondiendo a más del 90% del total de las inversiones capitales, los proyectos con componentes tecnológicas han ido ganando espacio dentro del portafolio de BHP, desde un <3% en el año 2017 hasta un ~10% para el año 2021 en adelante.

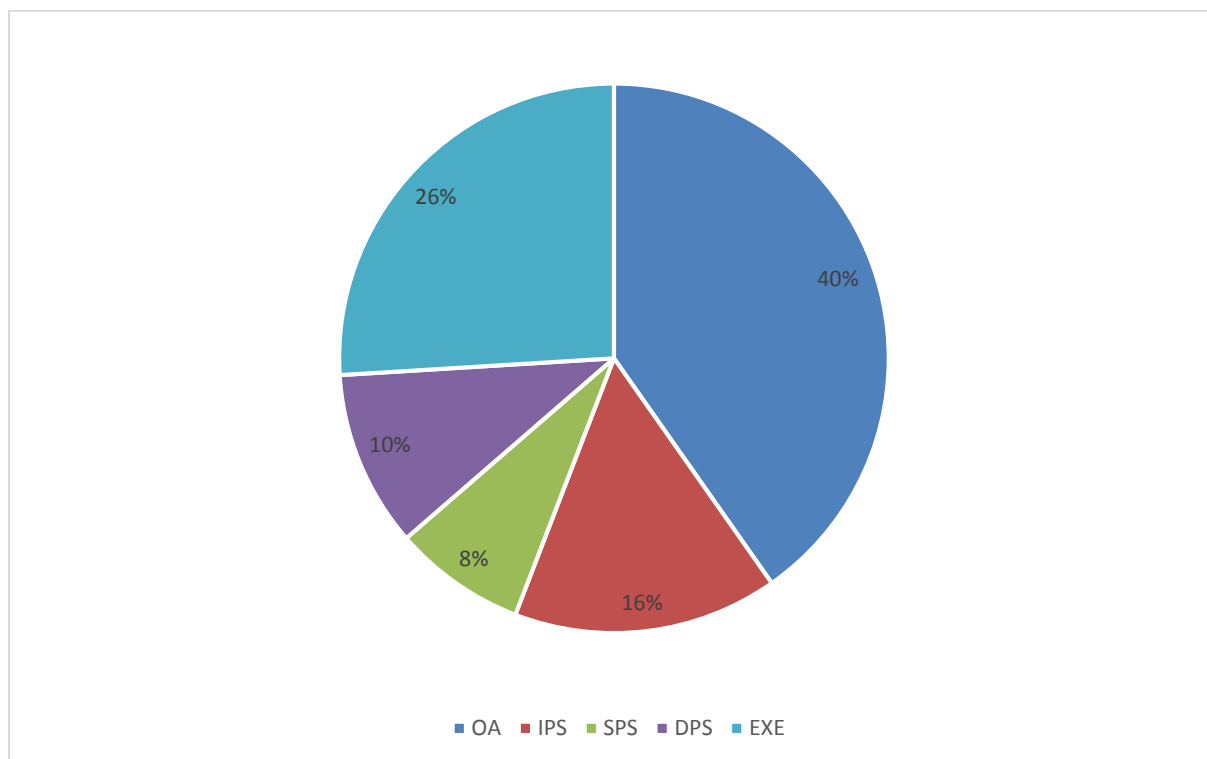


Gráfico 7 Etapas del Portafolio de Proyectos Tecnología Minerals América 2018

La gráfica número 7 indica proporción en de las fases dos actuales proyectos dentro del portafolio o previos al ingreso (OA), se puede observar que más del 50% de las iniciativas o de los proyectos se encuentran en fases tempranas.

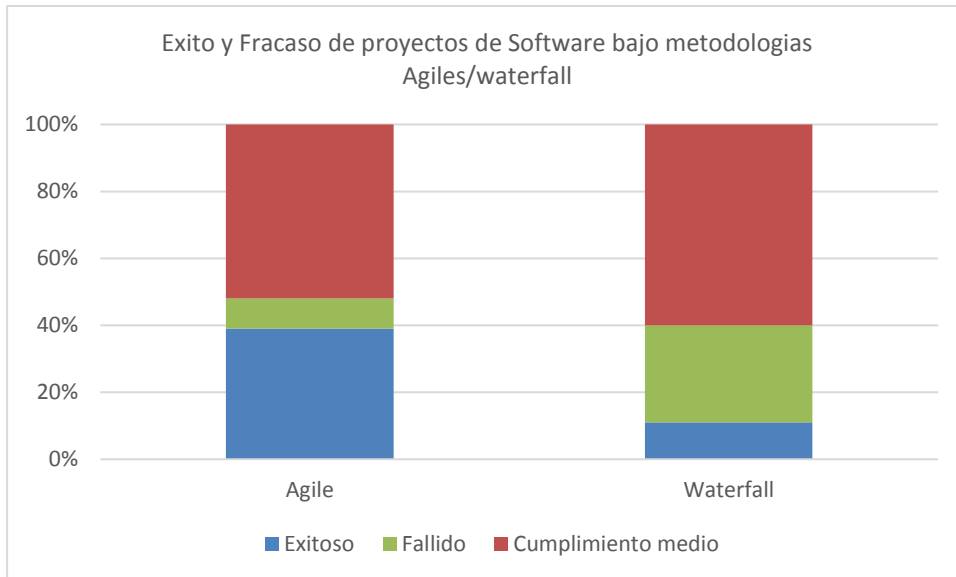


Gráfico 8 Estudio de CHAOS segmentado por enfoque agile o metodología cascada, en proyectos de software

Como lo muestra el gráfico 8 la correcta selección de metodología de gestión de cada proyecto es fundamental, el estudio de CHAOS indica que la tasa de éxitos para proyectos de software gestionados bajo metodologías de cascada es baja, esto debido principalmente en que una metodología rígida como la metodología cascada utilizada en proyectos de software no es capaz de adaptarse a los cambios que acontecen durante el desarrollo del proyecto, ya que esta metodología requiere una alta adherencia al plan y al alcance establecido inicialmente. En el caso particular de BHP sus proyectos han sido principalmente de infraestructura gestionados por metodologías de cascada, por lo tanto no existe cuantificación de la tasa de éxitos o de fracasos relacionados a la implementación de proyectos bajo otras metodologías. Si bien no existe data cuantificable de la tasa de éxitos o fracasos de proyectos dentro de BHP, se estima que la tendencia es la misma que en las distintas industrias (Gráfico 8)

Luego de analizar las gráficas 6, 7 y 8 en conjunto podemos establecer las siguientes conclusiones

- Existe un portafolio de proyectos en el cual es significativo el componente tecnológicos y de software, que serán ejecutados dentro de los próximos años.
- Este portafolio esta en etapas tempranas de identificación o estudio mayormente, estando a tiempo de poder definir la metodología de gestión de proyectos adecuada.

- Una mala selección de la metodología de administración de un proyecto conlleva a un alto índice de fracaso de este.

En definitiva y de acuerdo a lo mencionado anteriormente en BHP existe la necesidad y prioridad de implementar proyectos con distintas componentes, ya no solamente de infraestructura, sino más bien, con componentes tecnológicos y de software, por lo tanto es necesario evaluar metodologías alternativas de gestión de proyectos que aseguren el éxito de los proyectos.

Cuando revisamos la historia de BHP en desarrollo de proyectos la tasa de éxito ha sido alta, esto considerando un alto cumplimiento en costos, alcances y tiempos, sin embargo esta experiencia se basa principalmente en proyectos netamente de infraestructura, caracterizados por ser proyectos con alcances muy bien definidos en etapas ingenierías de detalle, en donde el diseño se congela y el equipo de proyecto tiene muy poca flexibilidad en cambiar las especificaciones. Por tal motivo su experiencia en gestión de proyectos se basa en la utilización de metodología de cascada como única herramienta de gestión de proyectos. Es por esto que es necesario asegurar una correcta selección de la metodología que se adecue mejor a la característica de cada proyecto, pudiendo de esta forma potenciar el éxito y correcto desarrollo de este

### 4.3. Casos de Análisis

Con la finalidad de ejemplificar problemas reales que ha ocurrido en la implementación de proyectos con altos componentes tecnológicos administrados bajo metodologías tradicionales evaluaremos 2 casos en este estudio.

#### Caso 1 Proyecto de asistente de corte en Rotopala (2015) (<2MUS\$)

En el caso de Spence si bien la Rotopala (equipo que retira el material ya procesado desde las pilas de lixiviación) es un equipo con un grado alto de automatización, con sistemas de control avanzados y sofisticados, la operación en el día a día tiene un alto componente de operación manual, esto ya que por motivos propios de la operación, tales como humedad del material, granulometría, etc., la experiencia de los operadores ha podido entregar en el corto plazo mejores resultados que mediante la operación en modo automático. Es por este motivo, que la operación de este equipo ha sido



encomendada a operadores con alta experiencia y trayectoria en la industria, lo cual genera problemas administrativos y de gestión de personas en cuando a una limitada posibilidad de rotación de personal involucrado, específicamente al operador de la Rotopala. Habiendo mencionado lo anterior, si bien la experiencia ocupa un rol muy importante en el desempeño de este equipo, existe una alta diferenciación en la forma de operar entre cada operador, lo cual genera el problema en la estandarización de la operación.

Como en todo proceso de mejoramiento una de las principales aristas para lograr un buen desempeño es la estandarización de los procesos, se ha identificado una oportunidad importante de optimizar el proceso de ripios mediante la incorporación de un sistema que logre asistir en gran manera lo que actualmente realiza el operador de este equipo. Para poder lograr lo mencionado anteriormente se ha desarrollado un proyecto que mediante la incorporación de sensores y lógicas de control avanzada puedan identificar la totalidad de las advertencias que lograban percibir los operadores y además incorporar lógicas de control avanzado que permitan tomar acción sobre la información proveniente de estos sensores.

Para la ejecución de este proyecto en el año 2015, se consideró la realización bajo una metodología tradicional de cascada, lo que significó generar fases tempranas de identificación, selección, hasta etapas más avanzadas de definición y ejecución, tal como lo establece el actual modelo de administración de proyectos para BHP.

Como mencionamos anteriormente este proyecto consta de 2 grandes componentes, el primero de infraestructura, que comprende la instalación de sensores, cableado y conexiones con el actual sistema de energización y control, por otro lado tiene componentes tecnológicos y de software, como es la programación en las lógicas de control ya existentes. La implementación de las lógicas de control para este proyecto son parte fundamental del éxito, ya que estas lógicas deben tomar decisiones como si las tomara el operador, además de maximizar el resultado integro en el desempeño del equipo.

Después de 10 meses de ejecución del proyecto y posterior entrega, el proyecto tuvo las siguientes características

- El proyecto no tuvo la aceptación requerida por el cliente.
- El proyecto se excedió en tiempos de entrega y en costos.
- El proyecto no entregó los resultados esperados ni comprometidos.

Luego de un tiempo de entregado este proyecto, se realizó un análisis de las causas por las cuales este proyecto tuvo este desenlace, dentro de las causas se obtuvieron las siguientes consideraciones

- No existió una gran colaboración entre cliente y proveedor, el desarrollo del proyecto fue entregado en gran manera a la empresa proveedora, y no existió un trabajo coordinado en equipo entre cliente y proveedor. Esta brecha con una metodología ágil hubiese quedado cubierta, al involucrar y hacer parte del equipo al usuario/cliente en el desarrollo de la solución.
- Uno de los principales focos establecidos por el equipo de proyecto fue asegurar cumplimiento de plan, sin considerar que existieron cambios durante el proceso, y estos cambios no fueron abordados. Este aspecto hubiese quedado cubierto con una metodología ágil, ya las metodologías ágiles se enfocan en entregar un producto, adaptándose a los cambios, que puedan surgir en el desarrollo del proyecto, más que cumplir un programa.

## Caso 2 Proyecto de Administración de información de procesos (>2MUS)

Para el segundo caso analizaremos un proyecto que se definió en el año 2010 el cual buscó asegurar una correcta toma de decisión en tiempo real a partir de la visualización de indicadores previamente definidos y seleccionados por el cliente. Para lograr este correcto monitoreo se debió asegurar contar con información en línea y confiable de indicadores clave como son los siguientes:

- Informes de operaciones integradas
- Gestión de neumáticos para el proceso en Mina
- Manejo del proceso de perforación y tronadura
- Optimización del agua en planta concentradora
- Caracterización de inventarios de cátodos
- Caracterización de Inventarios Puerto

El resultado de este proyecto consideró entregar una aplicación web y una aplicación de telefonía móvil en tiempo real, que asegurara confiabilidad en la información entregada útil para una correcta toma de decisión.

Si bien se entregaron los resultados comprometidos, el tiempo fue excesivo en el cual se entregó este proyecto excedió el tiempo comprometido

inicialmente, además de esto se generaron dificultades importantes en el desarrollo del proyecto como las consideradas a continuación.

Gran dificultad en la interacción entre el cliente y el equipo de proyecto, lo que provocó que al momento de entregar el proyecto, este no entregara los resultados esperados por el cliente. Mediante la utilización de una metodología Ágil, esto no hubiese ocurrido, ya que fortalece mucho la interrelación entre cliente y proveedor, formado un equipo de proyecto. Si bien durante la ejecución del proyecto se detectaron una serie de oportunidades beneficiosas para el cliente, muchas de estas no pudieron ser incorporadas por estar fuera del alcance inicial del proyecto. Una metodología ágil se adecua a los cambios que puedan existir durante este proyecto, ya que se enfoca en entregar resultados que entreguen valor., La relación final con los clientes se quebró al finalizar el proyecto, ya que se sintió que el equipo no podía responder a los cambios sugeridos.

Los casos expuestos anteriormente son muestras de proyectos que fueron abordados por una metodología estándar, en este caso metodología de cascada, y estos proyectos no tuvieron los resultados esperados, por razones similares, que se resumen a continuación.

- Existieron cambios de alcance durante el desarrollo del proyecto, las cuales no fueron consideradas por el proyecto ya que significaban cambios de plan de trabajo definido. Una metodología ágil se hubiese adaptado al cambio, entregando una solución que considere los cambios ocurridos.
- No existió un trabajo colaborativo y en conjunto entre cliente y proveedor durante el desarrollo del proyecto, por tal motivo el resultado final entregado al cliente se alejó de las expectativas de este. Una metodología ágil hubiese integrado al cliente en el desarrollo del producto.

Estos factores en común, que en conjunto desencadenaron resultados no satisfactorios del proyecto, podrían haber sido evitados si se hubiese seleccionado una metodología más acorde para estos tipos de proyectos, como es una metodología ágil o híbrida.

Evaluándose los resultados obtenidos por estos proyectos, y considerando los factores de fracaso, ambos proyectos se desarrollaron en una segunda etapa. En esta segunda etapa, previo a comenzar la ejecución del proyecto se

identificaron que componentes del proyecto podrían ser administrados bajo la metodologías que mejor se adecuara a su particularidad, como son las componentes de infraestructura por metodologías cascada y las componentes relacionados a tecnología, como son el desarrollo de software o programación se desarrollaron bajo metodologías ágiles. Lo anterior generó un robusto desarrollo ambos proyectos, disminuyó el riesgo en la ejecución del proyecto y aseguró un involucramiento del cliente en fases tempranas, además de entregar los resultados esperados por el cliente, dentro de costos y tiempos de ejecución.

Los casos revisados anteriormente ratifican que una correcta o incorrecta selección de la metodología de gestión de cada proyecto puede asegurar el éxito o el fracaso de un proyecto respectivamente, generando la necesidad de contar con criterios de selección de la correcta metodología de gestión de proyectos.

## Capítulo 5

### 5.1. Solución Propuesta

Según se ha visto en el desarrollo de este estudio, en la actualidad para el desarrollo de proyectos mineros no existe un criterio de selección de metodología de gestión de proyectos que facilite el desarrollo de proyectos con componentes tecnológicos, debido a esto es necesario desarrollar un criterio de selección de metodología que permita entregar el máximo valor de cada proyecto, asegurando la sostenibilidad del proyecto en el tiempo.

Dicho lo anterior para lograr utilizar la metodología óptima para el desarrollo de cada proyecto, es necesario poder evaluar las componentes o características de cada proyecto, ya sean de infraestructura, de tecnología, etc. Para esto se proponen los siguientes criterios de selección para definir de manera correcta la metodología de administración de proyectos, los cuales se han definido por considerarse los aspectos más relevantes en la definición de una metodología.

Para esto se han clasificado en 2 grandes dimensiones

- Complejidad del proyecto
- Impacto en el negocio

Sobre la base de las consideraciones anteriores, cada grupo contiene una serie de aspectos que permitirían identificar una posible amenaza de utilizar alguna metodología en particular, a continuación se detallaran cada una de estos aspectos

#### Complejidad del Proyecto

*Experiencia Usuaría:* Se considera evaluar la criticidad para el proyecto de la interfaz con el equipo-usuario, para poder determinar el nivel de involucramiento debe tener el usuario final con el desarrollo del producto (interfaz). Un proyecto en donde la experiencia usuaria sea alta requiere una serie de iteraciones en etapas tempranas del proyecto con la finalidad de poder realizar una entrega de un producto final acorde a los requerimientos del usuario final. Un proyecto con una alta componente de experiencia usuaria, desarrollada bajo una metodología tradicional, podría extenderse en tiempo en etapas de estudio con la finalidad de satisfacer los requerimientos mínimos del usuario final.

*Definición del producto:* Este aspecto busca poder identificar si es que el producto final ya está definido claramente o depende del criterio de la aceptación del usuario final. La determinación del criterio de aceptación es clave, ya que si la solución no está determinada en etapas tempranas, la selección de la alternativa podría generar que esta fase del proyecto sea extenso.

*Tecnología:* Se busca identificar si el proyecto contiene aspectos tecnológicos importantes en su estructura y si la tecnología que se utilizar para el desarrollo de este proyecto tiene un nivel de maduración alta o baja, se utilizará método de "Technology readiness levels" (Mankins, 1995).

*Monto de Inversión:* El monto de inversión busca poder determinar el nivel de aprobación y además de clasificar el tipo de gasto de la inversión

*Software:* En este caso se requiere determinar la existencia o no de software además de la magnitud de este componente en el proyecto, esto debido a que en la industria de software existen metodologías de administración de proyectos que son ampliamente utilizadas, lo cual facilita la identificación de la metodología que se propondrá en este caso.

*Infraestructura:* La magnitud del componente de infraestructura es fundamental, ya que la metodología clásica de administración de proyectos, es ampliamente utilizada para este tipo de proyectos exitosos.

### Impacto en el Negocio

*Plazos de entrega:* Los plazos de entrega del proyecto son fundamentales para poder definir la metodología, ya que una metodología tradicional tiene tiempos definidos y rígidos, y entregan valor solo en la etapa final del proyecto, en el caso de metodologías ágiles, es posible capturar valor (MVP) desde etapas tempranas del proyecto.

*Stakeholders:* El apoyo de los stakeholders es fundamental, para una buena selección de alternativa, ya que las metodologías no tradicionales requieren mayor involucramiento de los stakeholders durante todo en el desarrollo del proyecto.

Cada uno de estos aspectos es ponderado y evaluado a través de una matriz (ANEXO 1), que genera una recomendación en relación a la metodología de gestión de proyecto a utilizar.

INSTRUCCIONES		1	2	3	4	5	Score
Evaluar cada pregunta con una nota entre 1-5							
<b>Complejidad del Proyecto</b>							
<b>Experiencia Usaria</b>							
1	Existe interfaz usuario	Minima	Razonable	Significativa	Considerable	Mayor	5
2	Grado de interaccion con el usuario	Minima	Razonable	Significativa	Considerable	Mayor	5
3	Cantidad de usuarios impactados	<5	5 a 10	10 a 20	20-50	>50	5
Promedio							5
<b>Definicion de Producto</b>							
1	Existe claridad en el entregable final del proyecto	Mayor	Considerable	Significativa	Razonable	Minima	5
Promedio							5
<b>Tecnologia</b>							
1	Cual es la madurez de la tecnologia	La tecnologia propuesta es conocida y probada	La tecnologia propuesta es conocida y probada, existen componentes menores que son nuevos	La tecnologia propuesta es nueva para los proveedores, pero no nueva en la indutria	La tecnologia propuesta es vanguardista	La tecnologia es nueva y no tiene preceentes	2
Promedio							2
<b>Ingenieria</b>							
1	Presupuesto en ingenieria	> \$5m	\$2.5m a \$5m	\$300k a \$2.5m	\$100k a \$300k	<\$100k	5
2	Tiempo estimado en desarrollo de ingenieria	> 10 meses	6 a 10 meses	4 a 6 meses	2 a 4 meses	< 2 meses	5
Promedio							5
<b>Inversión</b>							
1	Los montos de Inversión	<\$100k	\$100k a \$300k	\$300k a \$2.5m	\$2.5m a \$5m	> \$5m	2
Promedio							2
<b>Software</b>							
1	Cual es la cantidad de software que utiliza el proyecto	<10%	10% a 20 %	20% a 40%	40% a 75%	>75%	5
Promedio							5
<b>Infraestructura</b>							
1	Presupuesto en Construccion	> \$5m	\$2.5m a \$5m	\$300k a \$2.5m	\$100k a \$300k	<\$100k	5
2	Cantidad de infraestructura del proyecto	>75%	40% a 75%	20% a 40%	10% a 20 %	<10%	5
3	Estimación de tiempo en construcción	> 10 meses	6 a 10 meses	4 a 6 meses	2 a 4 meses	< 2 meses	5
Promedio							5
<b>Negocio</b>							
<b>Plazos</b>							
Los plazos requeridos por el negocio para entregar el proyecto		> 10 meses	6 a 10 meses	4 a 6 meses	2 a 4 meses	< 2 meses	2
Promedio							2
<b>Stakeholders</b>							
Existe apoyo de los stakeholders en el desarrollo del proyecto		Minimo	Razonablemente	Significativo	Considerable	Mayor	2
Promedio							2

Figura 8 Matriz de Selección de metodología de gestión de proyectos

El resultado genera un gráfico que pondera cada uno de los aspectos críticos de la metodología. Como se muestra a modo de ejemplo la figura N°9.

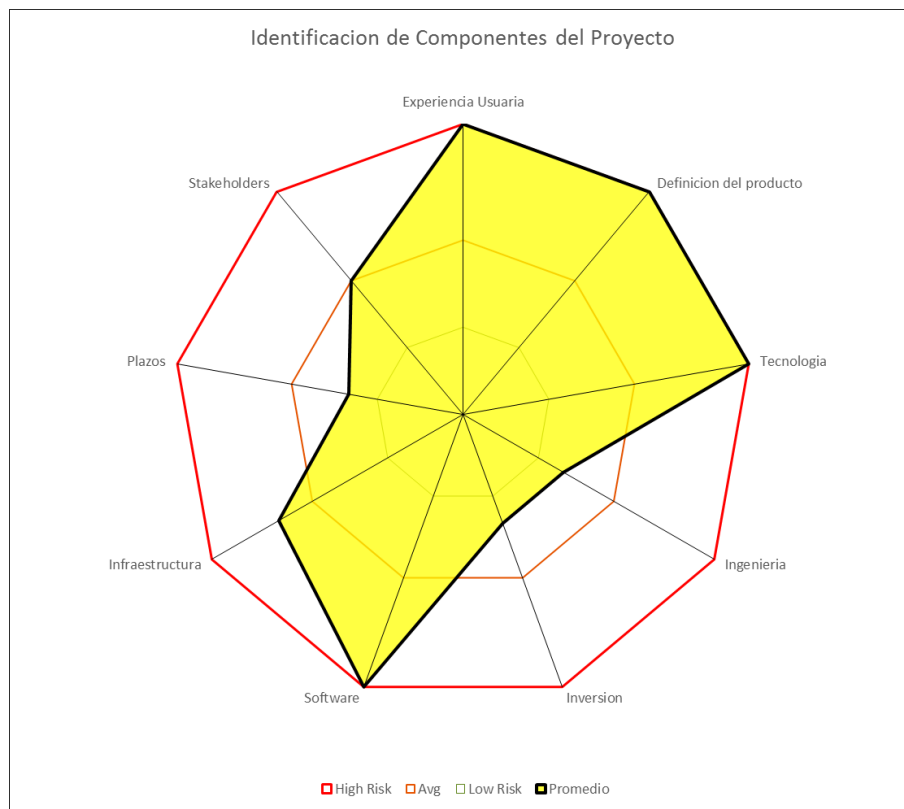


Figura 9 Resultados de matriz de selección de metodología de gestión de proyectos

La combinación de criticidad de los distintos aspectos del proyecto entregará una recomendación de metodología.

La matriz de clasificación de metodologías entrega información cuantitativa para poder de esta forma seleccionar la metodología que mejor se adapta a los componentes de cada proyecto.

#### Interpretación de resultados de la Matriz

La Matriz propuesta (Figura 10), indica un puntaje máximo de 45 puntos, el cual corresponde a una ponderación de 100%, lo cual corresponde netamente Ágil, el menos puntaje es de 9 que corresponde a una ponderación de 20% y corresponde a un proyecto netamente de infraestructura con pocos o nulos componentes de gestión Ágil.

Con la finalidad de poder establecer los límites correctos y ponderaciones adecuadas para definir la metodología a utilizar, se realizaron iteraciones con los distintos Project Managers de cada proyecto del portafolio a la Matriz de selección de metodologías de gestión de proyecto. El resultado de estas



iteraciones refleja los límites o ponderaciones para utilizar las distintas tecnologías (Tabla 3)

Metodología	Ponderación
Cascada	<40%
Hibrida	40%-75%
Agile	>75%

Tabla 3 Límites y ponderaciones para selección de las distintas metodologías.

## 5.2. Criterios de Selección

A continuación se graficarán de acuerdo a los resultados obtenidos de la matriz de clasificación de metodologías las distintas alternativas.

### 5.2.1. Selección de Metodología Cascada

La selección de una metodología de tipo cascada se realizará para proyectos en donde tengan las siguientes componentes y una ponderación <40 % entregada por la matriz de selección.

#### Alta componente

- Infraestructura
- Ingeniería
- Inversión
- Plazos

#### Bajo Componente

- Experiencia Usuaría
- Tecnología
- Definición de Producto

El financiamiento se realizará mediante gastos no capitalizables para las fases de identificación y selección y para fases las fases siguientes de Definición y ejecución será posible capitalizar el activo.

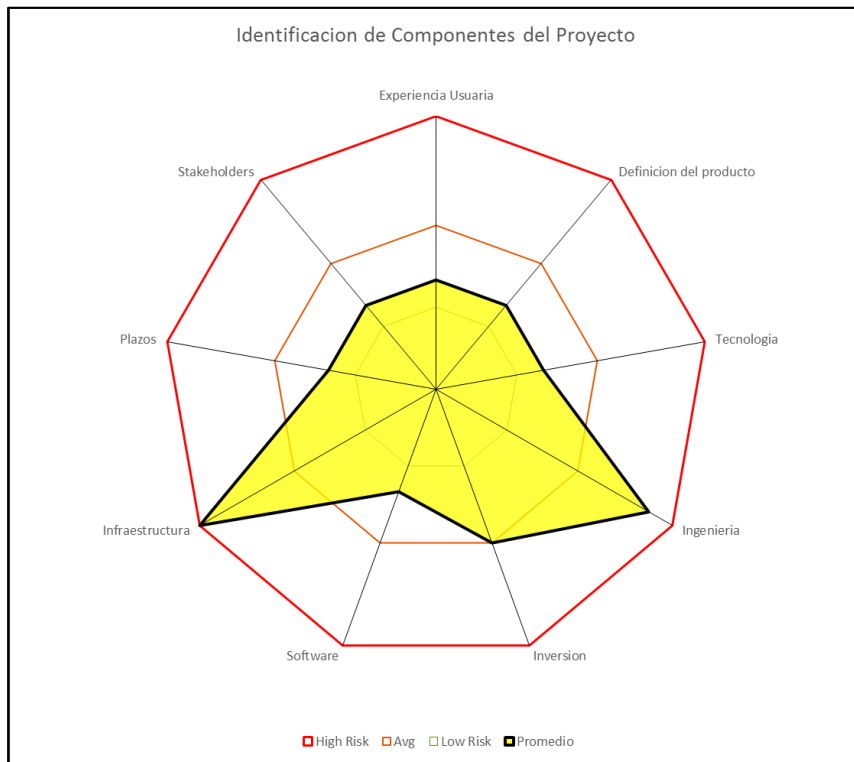


Figura 10 Resultado para proyecto con calificación metodología cascada

### 5.2.2. Selección de Metodología con enfoque Agile

La selección de una metodología de tipo cascada se realizará para proyectos en donde tengan las siguientes componentes y una ponderación >60 % la matriz de selección

#### Alta componente

- Tecnología
- Software
- Experiencia Usuario
- Definición de Producto
- Stakeholders

#### Bajo Componente

- Infraestructura
- Ingeniería

- Plazos
- Inversión

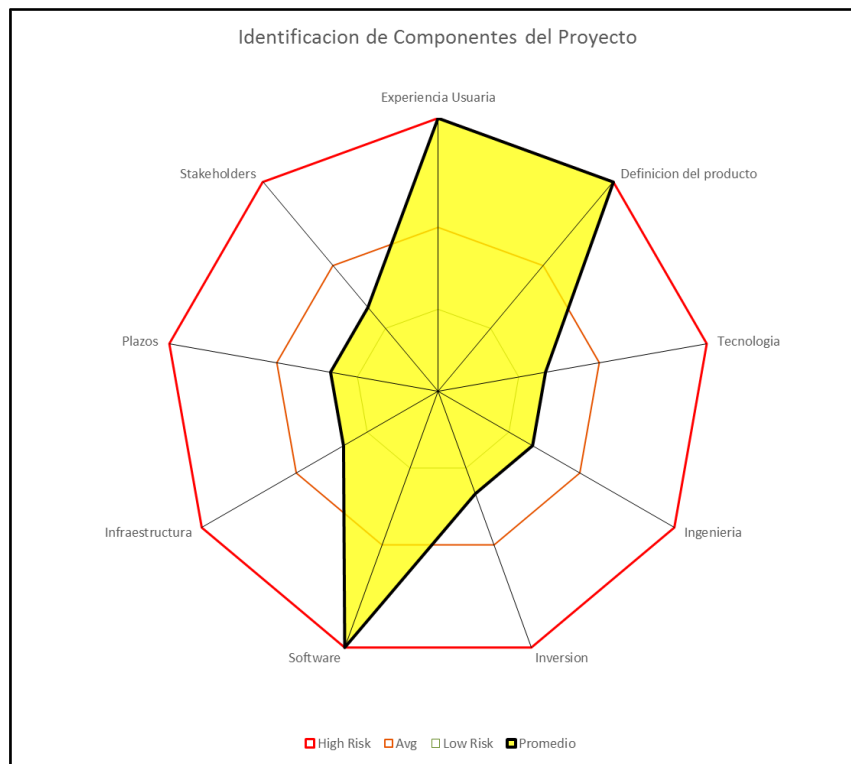


Figura 11 Resultado para proyecto con calificación Agile

El financiamiento para metodologías ágiles, se realizará de acuerdo la modalidad de capitalización de software utilizada en la industria, que define como gastos (OPEX) todos los gastos asociados a evaluar la factibilidad del desarrollo, y como gasto capitalizable (CAPEX) a todos los costos asociados al desarrollo de la propuesta ya validada, que puede incluir el diseño detallado de la solución.

Cabe agregar que para el desarrollo de un proyecto bajo metodología Agiles se considera generar 2 etapas, clasificadas principalmente para favorecer el proceso financiero de asignaciones de gastos (CAPEX-OPEX), de acuerdo a lo siguiente.

Fase de investigación, en esta etapa se consideran los siguientes aspectos (No capitalizable)

- Formulación conceptual de alternativas, incluida la decisión de desarrollar un nuevo sistema.
- Determinación de la existencia de tecnología necesaria
- Evaluación de tecnología, viabilidad técnica
- Selección de alternativas, incluida la selección de proveedores o consultores
- Análisis de casos de negocio, la gestión y planificación de funciones para el proyecto
- Desarrollo de estándares y diseños de arquitectura.

#### Fase de desarrollo (capitalizable)

- Análisis detallado de los requisitos del usuario
- Diseño detallado y especificación
- Configuración de desarrollo de software e interfaces
- Codificación
- Instalación de software
- Costos de conversión de datos asociados con software que permiten acceso o conversión de datos antiguos al nuevo sistema.
- Pruebas que incluyen el procesamiento de datos.
- Implementación de software

#### 5.2.3. Selección de Metodología Híbrida

Los proyectos en donde los componentes clásicos de proyectos bajo administración tradicional sean identificados en conjunto con componentes de proyectos de metodologías ágiles y una ponderación entre 30% - 60% en la matriz de ponderación.

La metodología híbrida busca poder asegurar capturar el valor de cada metodología de gestión de proyecto en la etapa que corresponda. Para poder lograr esto es fundamental realizar una correcta estructura de desglose del trabajo (EDT), con la finalidad de tratar cada producto con la metodología que mejor aplique, de esta forma avanzar de manera paralela productos bajo distintas metodologías, disminuyendo el tiempo global de entrega del producto.

Considera utilizar combinación de metodologías de cascada para todos los componentes de infraestructura del proyecto, y metodologías ágiles para los componentes que consideren software/ interfaz o requieran experiencia usuaria.

## Altas componente

- Tecnología
- Software
- Experiencia Usuaría
- Infraestructura
- Inversión.

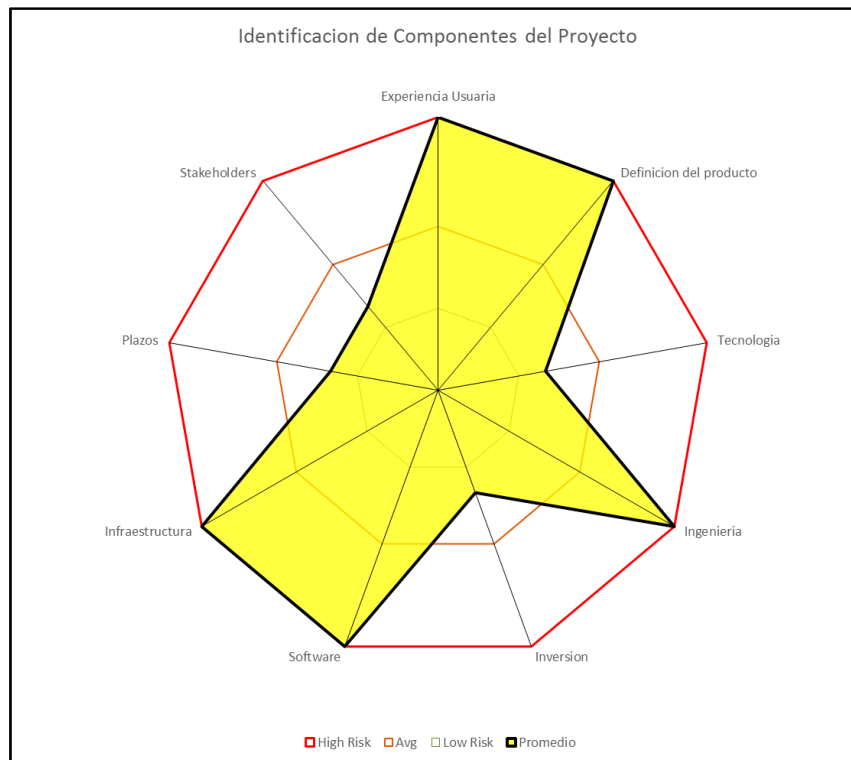


Figura 12 Resultado para proyecto con calificación metodología Híbrida

Para las componentes gestionadas bajo metodología tradicional cascada el financiamiento será bajo sistema clásico de capitalización de activos fijos, de acuerdo a lo mencionado en el apartado Capitalización de activos fijos en donde las fases de identificación y selección serán financiadas mediante gastos y las etapas de definición y ejecución mediante gastos capitalizables, y para los componentes que sean gestionadas bajo metodología agile se realizará financiamiento bajo la modalidad de activos intangibles mencionado anteriormente.

Es fundamental para la correcta asignación de gastos una correcta planificación y determinación de las componentes tratadas de manera ágil y de manera de cascada.

En este propósito se define un punto de inflexión que marca el paso de una etapa a otra y es la generación del producto mínimo viable (MVP *Mínimum Viable Product*). Un producto mínimo viable es la versión de un nuevo producto que permite al equipo recopilar la mayor cantidad de aprendizaje validado con los clientes utilizando el mínimo esfuerzo. (Ries, 2011). Este MVP se utiliza como base ya validada por el cliente para continuar el desarrollo y mejoramiento para la siguiente etapa.



*Figura 13 Descripción ilustrativa de MVP (minimum viable product)*

### 5.3. Resultados obtenidos en pruebas

Con la finalidad de asegurar la correcta selección de los criterios seleccionados (tabla 3) y de esta forma poder definir el uso de una metodología u otra, se realizaron pruebas a distintos proyectos del portafolio de tecnología, logrando de esta forma asegurar una correcta ponderación a los límites y ponderaciones para selección de las distintas metodologías.

#### Caso de Prueba

Durante el desarrollo de este tesis se desarrolló la ejecución de la segunda fase del proyecto mencionado en el Capítulo 4 "Caso 1 Proyecto de asistente de corte en Rotopala (2015) (<2MUS\$)", lo cual permitió poner en prueba los criterios de selección propuestos en esta tesis.

Este segundo proyecto busco el mismo objetivo y alcance que en el proyecto de la Rotopala intervenida en el año 2015, sin embargo esta segunda fase tuvo resultados positivos, principalmente por el modelo de gestión, en donde se utilizó una metodología hibrida de gestión (evaluado por Matriz de Selección), en donde los componentes de infraestructura (soportes, canalizaciones, cableado, sensores, adquisición de equipos, etc.) tenían una relevancia alta como también los componentes de software, experiencia usuaria y definición de producto. Para el desarrollo de este proyecto toda la programación de lógicas de control necesarias para asegurar el éxito del proyecto se realizó baja

una metodología de componentes ágiles (Scrum) en donde se trabajó directamente y en equipo con los usuarios finales (operadores e Ingenieros DCS), para el caso de las componentes de infraestructura se trabajó bajo una metodología de cascada. Cuando revisamos los resultados comprometidos a inicio del proyecto frente a los resultados obtenidos podemos observar lo siguiente.

Beneficios comprometidos:

- Operación asistida y altamente automática.
- Eliminación de eventos de sobre-tonelaje.
- Estandarización en la operación, entre distintos turnos

Beneficios logrados:

- Operación asistida y altamente automática.
- Eliminación de eventos de sobre-tonelaje.
- Estandarización en la operación, entre distintos turnos.
- Aumento de utilización por automatización
- Disminución de detenciones por fallas mecánicas
- Aumento de Rendimiento
- Disminución de atollos.

Los beneficios obtenidos en este proyecto fueron siendo obtenidos durante el desarrollo del proyecto y no fue necesario esperar hasta finalizar el proyecto, lo que generó un aumento en el involucramiento del equipo de trabajo, pudiendo incorporar oportunidades que fueron apareciendo en el desarrollo del proyecto.

## 6. Conclusión

Chile como país minero ha crecido exponencialmente, principalmente y gracias a la naturaleza de sus recursos mineros presentes en su territorio, sin embargo la extracción de estos recursos resulta cada vez más costosa. Esto es debido a que la gran mayoría de los yacimientos que se encuentran en producción en la actualidad, son yacimientos que dejaron de ser "jóvenes", esto quiere decir que las mejores leyes ya fueron explotadas y las zonas de explotación de fácil acceso también, es por esto que la calidad de los yacimientos mineros es cada vez menos favorable, además, esto sumado a que los procesos, en algunos casos, han tenido poca intervención tecnológica, resultan procesos cada vez más costosos y difíciles de explotar. Por tal motivo, la incorporación de proyectos que disminuyan los costos operativos, sin necesidad de aumentar necesariamente las capacidades de producción, sino más bien proyectos que busquen productividad y eficiencia de procesos pueden generar una optimización de los recursos y procesos. Dicho lo anterior, la incorporación de proyectos tecnológicos disminuyan riesgos operacionales, reduzcan costos de los es fundamental para el crecimiento de la industria minera y por qué no decirlo de la economía nacional.

Para lograr asegurar capturar el mayor valor a través de incorporación de innovación y tecnología se deben implementar proyectos de manera rápida y efectiva asegurando el éxito en el desarrollo del proyecto y en el funcionamiento de este.

Las metodologías tradicionalmente utilizadas en implementación de proyectos mineros (metodologías de cascada) han facilitan la gestión de proyectos tradicionalmente complejos y de gran envergadura como son proyectos de construcción, infraestructura y proyectos altos requerimientos de ingeniería, sin embargo, proyectos con altas componentes de software y/o proyectos con alta dependencia de usuario final no logran alcanzar su máximo potencial utilizando estas metodologías de gestión (CHAOS 2014), es por esto que las nuevas tendencias de administración de proyectos con componentes de software recomiendan el uso de metodologías con componentes ágiles.

El desarrollo de esta tesis propone implementar en etapas tempranas del proyecto una herramienta de selección de la metodología de gestión de este, que mejor se adecue a las componentes propias de cada proyecto, asegurando capturar el máximo valor de este, asegurando el éxito y satisfacción cliente.

Durante el desarrollo de esta tesis se realizaron pruebas en base a la "matriz de selección de metodología de gestión" a los distintos proyectos dentro del portafolio de tecnología, logrando identificar que se logra capturar el máximo



beneficio del proyecto asegurando una buena metodología de gestión, por tal motivo si bien existen metodologías con conceptos ágiles que son beneficiosas para proyectos de software y metodologías de cascada con buenos resultados para implementaciones de infraestructura, la dificultad se encuentra en los proyectos que contienen ambas componentes (como en los ejemplos tratados en esta tesis) en donde poder identificar en etapas tempranas del proyecto que componentes son administradas bajo cual metodología es crucial. Por tal motivo el involucramiento de los clientes y equipo de proyecto en la determinación de la metodología de gestión es clave.

A pesar de que exista una correcta selección metodología de gestión de proyectos, es fundamental el asegurar una correcto involucramiento del cliente y usuarios durante todo el desarrollo del proyecto considerando tanto fases iniciales como finales. Para asegurar lo anterior, es fundamental un correcto proceso de gestión del cambio para asegurar un mapeo de clientes y de stakeholders. Esto toma relevancia en un mundo en donde el cambio y el dinamismo existen y son continuos.

## 7. Bibliografía

- Comisión Nacional de Productividad, Productividad en la Gran Minería del Cobre, 2017.
- PMI, *A Guide to the Project Management of knowledge*, An American National Standard, ANSI/PMI 99-001-2010
- SCRUM IMSTITUTE, *Scrum Revealed*, International Scrum Institute
- M Campero LF Alarcon , *Administración de proyectos civiles*, 2008
- Leah Olszewski /Stephen C. Wingreen, *The FBI Sentinel Project*, 2011.
- Cochilco, *Competitividad de la minería Chilena del Cobre*, 2017, Comisión Chilena del Cobre, Dirección de Estudios
- Patricio Meller, *La viga Maestra y el Sueldo de Chile*, 2013
- Jorge Cantallops, *Innovación en grandes empresas proveedoras de la minería*, Cochilco 2017.
- The Standish group report, CHAOS, 2014.
- William Lee, *the Evolution of the Networking Skills Gap in Asia /Pacific*, 2013.
- John C Mankins, *Technology Readiness Levels*, 1995.
- Korhonen, K. *Software Qual J* (2013) 21: 599. <https://doi.org/10.1007/s11219-012-9189-4>
- Project Management Institute – PMI <http://www.pmi.org>
- Marcelo Abad, *La innovación y productividad como aporte al desarrollo económico de américa latina*, 2015.
- BHP, *Global level document, Organizational Design*, 2017
- BHP, 2018, <https://www.bhp.com/our-approach/our-company/about-us> [Consulta 12 de Enero]
- Authors, *Best Practices in Change Management*, PROSCI Inc, 2016.
- Authors, *The Agile Manifesto* <http://agilemanifesto.org/authors.html>, 2001
- BHP, *Project Services Requirement*, 2017
- BHP, *Major Capital Projects*, 2017
- BHP, *Financial – Accounting interpretations*, 2017.
- BHP, *Technology Roadmap*