



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

**PLAN DE NEGOCIOS SUPPLY CHAIN CON TECNOLOGÍA 4.0 DE MINERÍA  
DIGITAL DE MANUFACTURA AVANZADA PARA MANTENIMIENTO MINERO DE LA  
REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

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

**ALEXIS ARSENIO ASTUDILLO ZEPEDA**

**PROFESOR GUÍA:  
ENRIQUE JOFRÉ ROJAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
GERARDO DÍAZ RODENAS  
ENRIQUE SILVA RAMOS**

**SANTIAGO DE CHILE  
2021**

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE:  
Magíster en Gestión y Dirección de Empresas  
POR: Alexis Astudillo Zepeda  
FECHA: agosto de 2021  
PROFESOR GUÍA: Enrique Jofré Rojas

## **PLAN DE NEGOCIOS “SUPPLY CHAIN” CON TECNOLOGÍA 4.0 DE MINERÍA DIGITAL DE MANUFACTURA AVANZADA PARA MANTENIMIENTO MINERO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

El presente plan de negocio introduce en la industria minera la tecnología de manufactura avanzada reemplazando el proceso convencional de fabricación de productos, por uno de menor costo y flexibilidad de elaboración. Adoptando una economía circular, recuperando y restaurando los productos fabricados, caracterizándose por tener un enfoque organizado del desarrollo económico, sobre todo el ciclo de vida de los productos además genera en el mercado una cadena de valor más eficiente, reduciendo costos de fabricación tradicional, por un sistema más ajustado a las necesidades del mercado, con diseños adaptados al cliente, aplicando tecnologías que impulsan a ser más competitivo.

Actualmente el uso eficiente de los recursos es un factor clave para mejorar la productividad y costos de la industria minera, con ello las exigencias medioambientales convocan al mercado a mejorar la gestión de materiales durante su fabricación. La impresión 3D permite reformular el diseño de una gran variedad de productos fabricados en la actualidad, mejorando los existentes y probarlos con mejor facilidad. Se facilitará la reparación, lo que podría permitir a los mercados mineros reducir considerablemente los costos en la línea de suministro.

La fabricación aditiva revolucionará la producción industrial del futuro al ofrecer varias ventajas en comparación con la convencional, como la producción de pequeñas cantidades con geometría compleja, libertad de diseño y reducción de los tiempos de desarrollo, imprimir una pieza o en un día y no en varios meses de existencias. Junto con los parámetros de procesamiento y postratamiento óptimos, las propiedades mecánicas de manufactura aditiva resultantes son comparables o incluso mejores que los métodos de producción convencionales.

Introduciendo el plan en tan solo el 0,2% del presupuesto anual, para repuestos e insumos para el mantenimiento de las grandes mineras de la región, se obtiene en los principales resultados financieros un VAN positivo de MM\$ 1.752 CLP con un horizonte estimado de 10 años, una TIR de un 34%, con una tasa de descuento de 12% y un periodo de recuperación de la inversión de 36 meses, con esta posición el plan presentado es atractivo económicamente. Con una inversión inicial de MM\$ 596 CLP.

Generando sinergias con los proveedores de materias primas mejorando la calidad, reducción de costos, respetando las mantenciones preventivas y confiabilidad de las impresoras 3D, y una buena gestión de los inventarios de las materias primas, serán claves para el éxito de este plan. Los buenos resultados de la evaluación financiera económica se recomienda la ejecución de este plan de negocios.

## **DEDICATORIA**

A toda mi familia, mi esposa e hijo, a mi queridísima madre, hermanos y sobrinos por su comprensión e infinito apoyo en esta etapa importante de mi vida. Es difícil describir el incondicional soporte que me entregaron.

A mis compañeros quienes siempre estuvieron a la altura de este gran desafío, motivando siempre a obtener los mejores conocimientos y experiencia a lo largo de este valioso proceso.

A mis profesores de la prestigiosa Universidad de Chile, especialmente a mis maestros guías por su paciencia y encaminar este proyecto académico. Muchas gracias por la disciplina y constancia que me han enseñado, además de despertar la creatividad y conocimiento adquiridos en estos dos arduos años.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivo General .....	3
1.2. Objetivos Específicos .....	3
1.3. Metodología .....	3
1.4. Resultados Esperados .....	4
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE NEGOCIO</b> .....	<b>4</b>
2.1. Identificación del Problema .....	5
2.2. Solución del Problema .....	6
2.3. Desarrollo de la Implementación .....	7
2.4. Impacto en el Mercado .....	8
<b>3. ANÁLISIS ESTRATEGICO DEL ENTORNO</b> .....	<b>10</b>
3.1. Análisis PESTA.....	10
3.1.1. Entorno Político .....	10
3.1.2. Entorno Económico .....	10
3.1.3. Entorno Social.....	14
3.1.4. Entorno Tecnológico.....	15
3.1.5. Entorno Ambiental .....	15
3.2. Las Fuerzas de Porter .....	17
<b>4. ANÁLISIS DE DEMANDA</b> .....	<b>19</b>
4.1. Mercado Total .....	20
4.2. Mercado Potencial .....	21
4.3. Mercado Objetivo.....	22
<b>5. ANÁLISIS DE LA OFERTA</b> .....	<b>23</b>
5.1. Identificar Competidores.....	23
5.2. Ventajas Competitivas.....	24
<b>6. MODELO DE NEGOCIO LEAN CANVAS</b> .....	<b>25</b>
6.1. Problema .....	25
6.2. Solución .....	26
6.3. Segmento de Clientes.....	27
6.4. Propuesta de Valor .....	29
6.5. Ventaja Única .....	29
6.6. Canales .....	31
6.7. Estructuras de Costos .....	32
6.8. Flujo de Ingresos.....	32

6.9.	Métricas Claves .....	33
<b>7.</b>	<b>DESPLIEGUE DEL PLAN DE NEGOCIO.....</b>	<b>35</b>
7.1.	Plan o Estrategia Comercial (4P).....	35
7.2.	Plan Operacional .....	40
7.3.	Plan Organizacional .....	45
<b>8.</b>	<b>PLAN ECONÓMICO – FINANCIERO.....</b>	<b>48</b>
8.1.	Demanda de servicios.....	48
8.2.	Inversión.....	49
8.3.	Costos operacionales.....	49
8.4.	Ingresos .....	50
8.5.	Determinación de capital de trabajo .....	51
8.6.	Determinación de tasa de descuento .....	52
8.7.	Resumen de Flujo de caja – 10 años.....	52
<b>9.</b>	<b>ANÁLISIS DE RIESGOS .....</b>	<b>53</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>55</b>
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>57</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>61</b>
12.1.	Anexo A: Análisis PESTA .....	61
12.2.	Anexo B: Fuerzas de Porter .....	67
12.3.	Anexo C: Especificaciones técnicas de equipos .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción por mina de la región de Antofagasta.....	12
Tabla 2: Resumen de análisis PESTA.....	16
Tabla 3: Gastos de operación por insumos año 2017.....	20
Tabla 4: Importaciones de insumos y equipos mineros. ....	21
Tabla 5: Principales proveedores de partes, piezas de maquinarias y equipos. ....	24
Tabla 6: Variables competitivas de proveedores.....	24
Tabla 7: Tabla de Segmentación de clientes.....	28
Tabla 8: Especificaciones técnicas impresora 3D Fiber™ Printer.....	41
Tabla 9: Especificaciones técnicas impresora 3D Desktop Metal Production System. ....	42
Tabla 10: % penetración en cada minera con manufactura avanzada .....	48
Tabla 11: Demanda en cm <sup>3</sup> de materiales según manufactura avanzada .....	49
Tabla 12: Resumen de Inversiones de activos (\$ CLP) .....	49
Tabla 13: Costos operacionales del plan a 10 años (M\$ CLP) .....	50
Tabla 14: Precios de los productos (\$ CLP/cm <sup>3</sup> ) .....	50
Tabla 15: Ingresos estimados del plan a 10 años (M\$ CLP) .....	51
Tabla 16: Determinación de capital de trabajo .....	52
Tabla 17: Resumen de flujo de caja a 10 años (M\$ CLP) .....	52
Tabla 18: Evaluación económica en M\$ CLP.....	53
Tabla 19: Análisis de sensibilidad de VAN, variables ingreso / costo (M\$ CLP) .....	53
Tabla 20: Análisis de sensibilidad de TIR, variables ingreso / costo (%).....	54
Tabla 22: Tipos de acciones contenciosas más frecuentes en Chile. ....	62
Tabla 23: Cantidad de acciones contenciosas por año en Chile. ....	63
Tabla 24: Principales proveedores de la muestra.....	70

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Supply chain (cadena de suministro).....	2
Ilustración 2: Desktop metal production printer .....	2
Ilustración 3: Beneficio tiempo de la impresión 3D comparada con la tecnología convencional. ....	8
Ilustración 4: Las cinco fuerzas de la competencia en la industria. Michael E. Porter.....	18
Ilustración 5: Lienzo Lean Canvas.....	34
Ilustración 6: Piezas metálicas fabricadas por Metal Injection Molding (MIM).....	36
Ilustración 7: Piezas fabricadas con impresoras 3D.....	36
Ilustración 8: Componentes de la estrategia de las IMC .....	39
Ilustración 9: Diagrama de procesos .....	43
Ilustración 10: Estrategias para mejorar y mantener las relaciones con los clientes .....	45
Ilustración 11: Estructura organizacional orientada al mercado .....	47
Ilustración 12: Principales mineras de la región de Antofagasta.....	62
Ilustración 13: Impresora 3D Fiber™ Printer. ....	72
Ilustración 14: Impresora 3D Desktop Metal Production System.....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comportamiento del precio del Cobre (Jan/2018-Feb2020) .....	1
Gráfico 2: Producción chilena de Cobre (miles TM cobre fino) .....	11
Gráfico 3: Evolución Cash Cost Chile 2000 vs 2018 (cUSD/lb Cu) .....	11
Gráfico 4: Variación Cash Cost de Chile (cUSD/lb).....	13
Gráfico 5: Costo Operacional Gran Minería del Cobre 2019 .....	13
Gráfico 6: Cantidad de expedientes de fiscalización publicados por región (2013-2020) .....	15
Gráfico 7: Producción Región Antofagasta de Cobre (miles TM cobre fino) .....	19
Gráfico 8: Gráfico de Segmentación de clientes.....	29
Gráfico 9: Porcentajes por tipo de ventas. ....	31
Gráfico 10: Desglose de los costos totales de distribución.....	38
Gráfico 11: Frecuencia de acciones tendenciosas por habitante en regiones de Chile .....	63
Gráfico 12: Cantidad de expedientes de fiscalización por Categorías (2013-2020).....	65
Gráfico 13: Cantidad de medidas provisionales por regiones en Chile (2013-2020) .....	66

# 1. INTRODUCCIÓN

El precio del cobre se ha estado negociando en los mercados bursátiles con tendencia sostenida a la baja (Cochilco, 2020), lo que ha impulsado a implementar estrictas medidas de control de los activos con impactos a nivel mundial, esto para lograr una reducción de costos. Durante 2019 el precio registró un ajuste de nivel desde US\$ 2,83 la libra hasta el valor anual promedio de US\$ 2,54 atribuida a la problemática comercial entre Estados Unidos y China y la amenaza inminente de la pandemia CoVid-19 a nivel global.

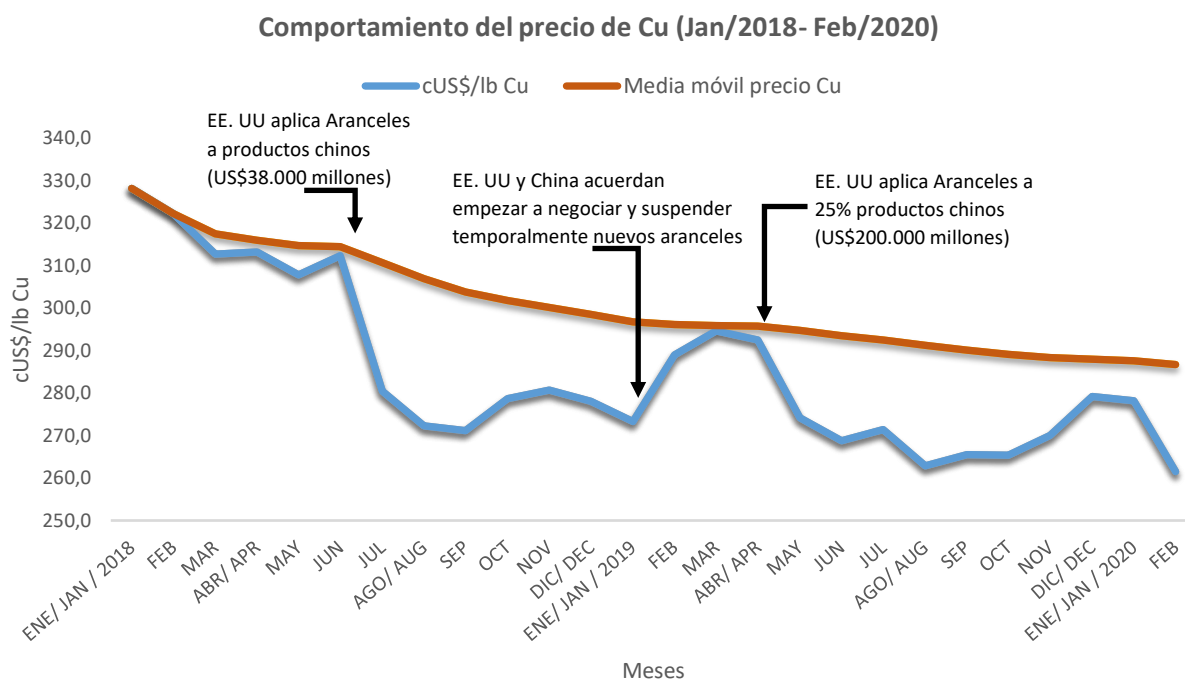


Gráfico 1: Comportamiento del precio del Cobre (Jan/2018-Feb2020)<sup>1</sup>

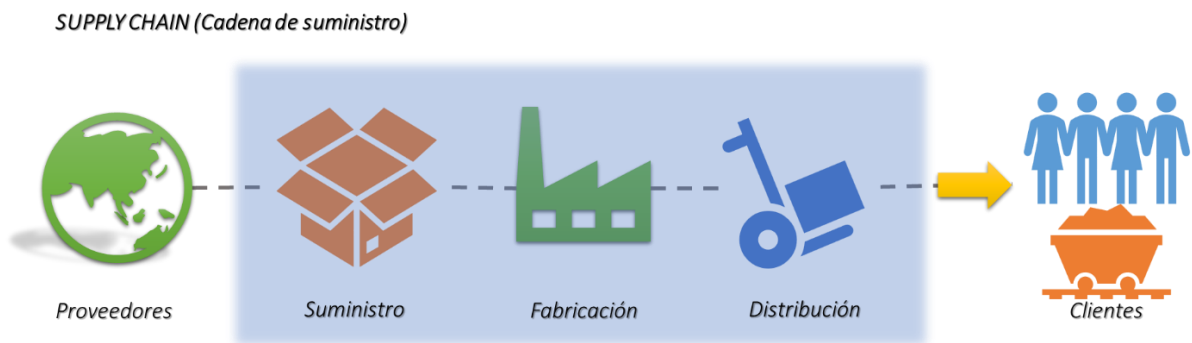
En el Gráfico 1, se puede observar el comportamiento del precio del cobre desde el año 2018 a feb 2020; y como la guerra comercial entre las dos mayores potencias económicas del mundo impactaron en el precio del metal rojo. Se presenta una directa relación en el precio, cada vez que Estados Unidos aplicó aranceles económicos a productos chinos, el commodity bajó su precio en el mercado; por su parte cada vez que hubo conversaciones entre ellos para negociar acuerdos el precio del cobre se cotizó al alza en la BML.

Con este contexto, este trabajo tratará un plan de negocio Supply Chain (cadena de suministro) que consta de tres partes: el suministro, la fabricación y la distribución. Es complejo para las empresas mineras pronosticar las demandas en los mantenimientos correctivos. Hay factores internos y externos que provocan desgaste y deterioro de los materiales. Estos efectos generan una reducción en la vida útil de los equipos productivos, incluso afectando la productividad en las operaciones. La incertidumbre de

<sup>1</sup> Fuente: <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Precio-de-los-Metales.aspx>



cuándo habrá fallas en los equipos, las cantidades y falta de pronósticos predictivos, abre la oportunidad importante de crear un plan de negocio capaz de cubrir ese problema.



*Ilustración 1: Supply chain (cadena de suministro)<sup>2</sup>*

En el escenario actual, la preocupación de los clientes mineros no está resuelta y presenta vulnerabilidades de carácter crítico. Ante el potencial aumento de la tecnología de la minería 4.0, las innovaciones podrán obtenerse logísticamente más cerca del cluster minero en Chile. El plan de negocio buscará optimizar los costos a través de la gestión de inventarios, con la implementación de impresoras 3D con capacidades industriales que cumplan la función de imprimir piezas de acero y otros materiales, localizadas en un sector estratégico de la región de Antofagasta.



*Ilustración 2: Desktop metal production printer<sup>3</sup>*

<sup>2</sup> Imagen propia

<sup>3</sup> Fuente: Desktop Metal. [https://www.desktopmetal.com/industries/heavy\\_industry](https://www.desktopmetal.com/industries/heavy_industry)

Con esta propuesta, se busca cubrir la necesidad de reducir el aumento de inversiones en inventarios, reducir o eliminar los elevados rangos de obsolescencia de los materiales e insumos mineros, el escaso espacio de bodegaje de altos costos logísticos, y además de los frecuentes reclamos “claims” generados entre clientes propios y externos.

### **1.1. Objetivo General**

Diseñar un plan de negocios “supply chain” con tecnología 4.0 de minería digital de manufactura avanzada para mantenimiento minero de la región de Antofagasta. Implementando impresoras 3D industriales capaces de crear piezas de acero y otros materiales necesarios para el mantenimiento minero. Ubicado en la región de Antofagasta.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Estimar la demanda de producción de insumos para mantenimiento minero.
- Estudio de los presupuestos mineros de insumos y materiales para mantenimientos.
- Formulación de los planes funcionales del plan de negocio.
- Evaluación técnico – económica de la implementación del plan.

### **1.3. Metodología**

La metodología utilizada será con estructura base de un Plan de Negocios: mediante la propuesta de “preocupación de clientes no resuelta o mal resuelta”. Análisis estratégico del entorno e interno mediante PESTA y Porter. Obtener una definición estratégica genérica focalizada en diferenciación de producción de insumos y materiales para la minería.

- Análisis de demanda: mercado total, potencial y objetivo (segmentación).
- Análisis de oferta: identificar competidores y sus variables competitivas.
- Plan de negocios: estructura de generación de flujos y sus componentes principales en especial la propuesta de valor mediante modelo Lean Canvas.

Además de desplegar un plan de marketing o estrategia comercial utilizando metodologías 4P. Planes o estrategia operacional: procesos, tecnología, instalaciones, layout y localización. Plan o estrategia organizacional: equipo directivo, organigrama, dotación, perfiles de cargo, estructura de remuneraciones.

Plan económico-financieros acorde con el Plan de Negocios, flujos de Ingreso respectivos. Flujo de inversiones (CAPEX): costo de instalaciones, equipos, puesta en marcha, capital de trabajo. Flujo de costos de operaciones (OPEX): mano de obra, insumos, gastos generales. Flujo de financiamiento. Análisis de Riesgos, identificando los aspectos claves del negocio y sensibilizar la viabilidad económica. Obteniendo la solidez del Plan de Negocio.

#### **1.4. Resultados Esperados**

Un plan de negocios que cubra la necesidad de las empresas, referente a la demanda de insumos y materiales para el mantenimiento de equipos mineros. Con importancia de reducir costos por la gestión de inventarios en las mineras de la zona. Incorporando la implementación de impresoras 3D de aceros y otros materiales, ubicados en un sector estratégico de la región de Antofagasta. Generar una estimación de los ingresos con un horizonte de 10 años.

«En el futuro, la competencia no se dará de empresa a empresa, sino más bien de cadena de suministros a cadena de suministros.» Michael E. Porter, Ph.D., Harvard University.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE NEGOCIO**

La industria minera está evolucionando y pide fomentar la innovación desarrolladas por empresas proveedoras de la cadena de valor minera. La inversión anual que Chile hace en I+D corresponde al 0,35% (US\$814 millones) de su PIB en el 2013, lejos de Israel, por ejemplo, cuya inversión es de un 4,11% en relación con su PIB (US\$10.800 millones) o con el promedio de la OCDE que ese mismo año representaba 2,38% de su PIB. Durante 2013, específicamente la inversión de la industria minera en I+D representó 6,19% (US\$50,4 millones) del gasto total de Chile.

Esta realidad dista mucho de lo que se vive en otro país minero, Australia, donde en total se invirtió en 2014 un 2,3% del PIB (US\$23.400 millones) y de este gasto la industria minera representó 9,1% (US\$2.100 millones).

Con estos antecedentes podemos diagnosticar como uno de los principales motivos de pérdida de competitividad en el mercado minero del país y el mundo, dada la baja inversión. El alza en los costos de producción, deterioro de las leyes mineras, la mayor profundización de los pit que está directamente relacionado con la dureza del mineral, necesidad de transportar más material a una mayor distancia y de mejoras tecnológicas para amortiguar el efecto del incremento de costos. Es imperante para las grandes mineras lograr mejorar sus indicadores a fin de mantenerse competitivos en la

industria de los commodities, factores relevantes para obtener estos resultados son mejorando la productividad, reduciendo los costos de operación o ambos. Esto conlleva necesariamente a implementar nuevas tecnologías proviniendo de empresas proveedoras con colaboración de las grandes empresas mineras.

Desde este contexto el presente plan de negocio busca introducir en la industria la integración de una nueva tecnología que tenga impacto en el mercado minero, donde se identifica un problema y analiza su estrategia para conseguir un resultado eficiente para los clientes.

## 2.1. Identificación del Problema

El problema identificado está asociado al desafío para desarrollar mejoras orientadas a estrechar la comunicación y el soporte de información entre las diversas áreas operativas y la cadena de abastecimiento, para optimizar la gestión de reposición de materiales utilizados en las distintas etapas del proceso productivo: la cantidad de operaciones mineras, el gran volumen de información y requerimientos de procesos continuos durante los 365 días del año hacen que la minería requiera de recursos de manera rápida y oportuna. Por lo que este desafío busca mejoras para la comunicación y soporte de las operaciones mineras principalmente en la cadena de abastecimiento y áreas de operación.<sup>4</sup>

Entre las mayores fallas tecnológicas observadas en la minería chilena en el último quinquenio destaca la de uno de los molinos semiautógenos de Escondida en 2008, el que causó la reducción del 15% en la producción de concentrados en dicho año<sup>5</sup>, y la falla de uno de los molinos semiautógenos de Collahuasi en años anteriores, con una pérdida similar. Estas fallas podrían atribuirse a defectos tecnológicos no previsibles, es decir, la gestión de la minera no habría tenido responsabilidad en ellas. En 2011 fallas en el sistema de chancado habrían causado, de acuerdo con la memoria de la empresa, una reducción de producción de hasta un tercio de los concentrados.<sup>6</sup>

Otro problema detectado está asociado a los proveedores, ya que cada vez que baja la demanda por insumos aumentan sus costos por inventarios directamente relacionado a la inmovilidad de los activos. Durante los ciclos de precios altos del cobre las mineras tienden a aumentar sus inversiones, esta alza de precio viene asociada al aumento de consumo general de la población (países), aumentan los costos de los materiales y los salarios. Sin embargo, cuando ocurre el descenso del precio del cobre ya sea por sobre oferta del metal u otros factores gubernamentales, las compañías mineras reducen sus inversiones, ya sea, en las exploraciones (greenfield) y expansiones

---

<sup>4</sup> <https://chilecientifico.com/desafio-mineria-chile-diez-problemas-busca-de-solucion/>

<sup>5</sup> Producción de Escondida año 2007: 1.483,9 miles TM Cu\_fino / año 2008: 1254,0 miles TM Cu\_fino (Fuente: Cochilco)

<sup>6</sup> [http://www.gustavolagos.cl/uploads/1/2/4/2/12428079/clase\\_ejecutiva\\_2014-03\\_-\\_columna\\_el\\_mercurio\\_-\\_riesgos\\_en\\_las\\_operaciones\\_mineras\\_g.lagos.pdf](http://www.gustavolagos.cl/uploads/1/2/4/2/12428079/clase_ejecutiva_2014-03_-_columna_el_mercurio_-_riesgos_en_las_operaciones_mineras_g.lagos.pdf)

(brownfield) provocando un deterioro económico en los proveedores mineros. Una gran variedad de insumos o materiales de uso minero son exclusivos de la actividad y no pueden ser distribuidos a otros mercados, por lo que genera altos costos por aumento en sus stocks de inventarios.<sup>7</sup>

A fin de que los activos de las compañías estén disponibles y en óptimo funcionamiento, una correcta gestión del mantenimiento con tendencia a la prevención puede aumentar indicadores como la productividad, y disminuir escenarios que pongan en riesgo a los trabajadores. Estos procesos comprenden, además, una parte importante en la estructura de costos de las empresas y son responsables del 30% al 40% de los gastos operacionales de una faena minera.<sup>8</sup>

## 2.2. Solución del Problema

La irrupción de nuevas tecnologías como la impresión 3D e Internet of Things (IoT), están acelerando la transición hacia una economía circular basada en capacidades locales de diseño y manufactura, que se ajustan a la medida de las necesidades de cada cliente. Al mismo tiempo, la minería no ha estado ajena a los nuevos planes de negocio basados en el concepto de Sharing Economy o economía colaborativa que han impactado transversalmente a todas las industrias, transformando los modelos de negocio convencionales -basados en la venta de productos y servicios post-venta- en nuevos modelos de Product as-a-Service (Paas)<sup>i</sup> o producto como servicio.<sup>9</sup>

Value chain más eficiente. A través de la reducción de costos por las etapas de fabricación en la industria, ensamblaje, distribución y puesta en bodega de las empresas, por un sistema más ajustado a las necesidades del mercado, con diseños adaptados al cliente y con residuos inferiores al 3% llegando incluso al 1%. Un caso para seguir es que el desarrollador identifica una impresora 3D en la ubicación final del producto, por ejemplo, el área de suministros de piezas y partes de una compañía e imprime directamente el producto, reduciendo significativamente los costos logísticos y de transporte que presentan algunas piezas de alto valor para el desarrollador.

En la actualidad, los plásticos de ácido poliláctico han adoptado la mayor parte de la atención de los desarrolladores, sin embargo, son los metales los que han tenido un rápido crecimiento en la categoría de impresión 3D. Ya se está utilizando tecnología para la producción de níquel, aleaciones de níquel, y otros metales de alto valor. Dada la creciente necesidad de metal productores para diferenciarse a través de sus estructuras de costos, el rendimiento de la cadena de suministro, o productos, se cree que es sólo

---

<sup>7</sup> <https://www.mch.cl/2014/12/22/proveedores-de-la-gran-mineria-revelan-problemas-que-enfrentan/>

<sup>8</sup> Víctor Babarovich, director del Programa del Congreso Internacional de Mantenimiento Minero (Mapla-Mantemin) 2019. DF Suplementos. Mantenimiento y Confiabilidad en la Minería. 09.10.2019.

<sup>9</sup> Roadmap Tecnológico. Desde el cobre a la innovación. Pág. 191

cuestión de tiempo antes de que la tecnología se convierta en una fuerza transformadora en la industria. A medida que la tecnología madura los costos caen, con esto se tiene el potencial no sólo de revolucionar el producto sino de mejorar el mercado minero, además de crear nuevos ecosistemas de innovación y emprendimiento. Esta tecnología se está utilizando en la salud y la industria aeroespacial para obtener precisión, bajo peso y los tiempos requeridos por los clientes.

Si bien algunas empresas mineras tienen enormes inventarios, por lo que podrán imprimir una pieza o repuesto en un día y no necesitarán varios meses de existencias lo podría hacer una ventaja competitiva. Incluso se podría imprimir piezas bajo demanda, o alternativamente pueden tener un stock mínimo a mano y luego simplemente imprimir piezas de repuesto.

### **2.3. Desarrollo de la Implementación**

La creación de productos mediante la impresión 3D se necesitan por lo general sólo tres etapas. La primera etapa consiste en producir el metal en sí, utilizando procesos convencionales de fundición y proceso detallado, punto 1 de Ilustración 3.

El segundo paso es la producción de la materia prima para la impresora, que adopta la forma de polvo (atomización) o alambre, entre el punto 1 y punto 2 de la Ilustración 3. La impresora 3D imprime el componente metálico mediante la fusión del polvo o alambre para crear la forma deseada, con algunos pasos finales a menudo requeridos después.

La última etapa de producción en el proceso convencional, entre el punto 2 y punto 3 de la Ilustración 3, como laminación en caliente, laminación en frío, corte, flexión, soldadura y montaje se vuelve, en gran medida obsoleto. En consecuencia, hay poca necesidad para métodos de inventario estándar, logística compleja y cadenas de suministro largas. Sin embargo, con el proceso 3D siempre que haya es una impresora disponible, la producción puede comenzar inmediatamente.

La tecnología penetrará primero en los mercados donde los plazos cortos son críticos, como los equipos de los procesos productivos de la industria minera, mina - concentradora. A continuación, la tecnología se infiltrará en la producción de piezas pequeñas, menos de 30 cm<sup>3</sup> de tamaño, producidas de material más costoso porque puede reducir significativamente la cantidad de material necesario. Más allá de esos silos, la adopción dependerá de la velocidad con la que la impresión 3D se vuelva competitiva en cuanto a las alternativas existentes, se espera que los productos de bajo valor y mercado masivo se encuentran entre los últimos afectados. Mientras la impresión 3D ya ha sido aceptada por las industrias aeroespacial y de dispositivos médicos, en tres años

se espera que la tecnología penetre en todas las industrias donde la velocidad de entrega es crítica, como el petróleo y el gas o la minería.<sup>10</sup>

### Plan de desarrollo del producto

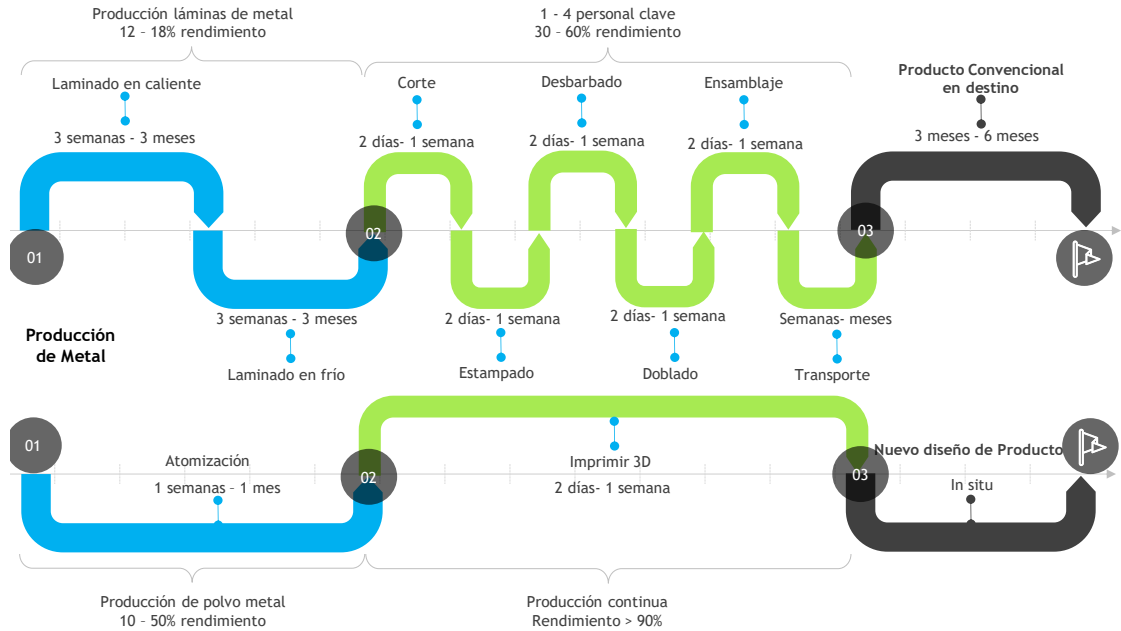


Ilustración 3: Beneficio tiempo de la impresión 3D comparada con la tecnología convencional.

Para las industrias mineras es importante desarrollar las capacidades de comprender la innovación, generar las confianzas recíprocas, tomar la experiencia y conocimientos de los clientes directamente. Darles soluciones simples, intervenir lo menos posible los sistemas y procesos ya implementados.

Se debe analizar los ámbitos del negocio, la comercialización, la valorización y la colocación en el mercado. Muchas empresas proveedoras de la minería el escalamiento es casi tan desafiante como el desarrollo de la propia solución tecnológica. Algunas de las empresas reconocidas han construido negocios exitosos en torno a sus innovaciones y hoy en día están explorando otras industrias y mercados y, a la vez, realizando adaptaciones internas para soportar tal crecimiento.

## 2.4. Impacto en el Mercado

Mientras algunas industrias ejecutan pilotos para ver cómo la impresión 3D puede contribuir a sus operaciones otros experimentan con la impresión 3D de prototipos y piezas de repuesto, pueden probar la tecnología con poco riesgo, al tiempo que reducen los costos de almacenamiento y los retrasos de tiempo de pedido de piezas de repuesto externamente. Desarrolladores están haciendo grandes apuestas a la fabricación con la

<sup>10</sup> How 3-D printing will transform the metals industry. Metal and Mining. Febrero 2017

confianza de emerger como líderes en esta naciente era tecnológica. Alcoa invirtió recientemente USD 60 millones en materiales y procesos avanzados de impresión 3D, y abrió una planta de polvo de metal en Pittsburgh que producirá volúmenes industriales de polvos de aluminio, níquel y titanio para clientes de impresión 3D. La empresa también está invirtiendo en I+D para desarrollar nuevos polvos y mejorar las velocidades de impresión y reducir costes.<sup>11</sup>

Mientras la impresión 3D de metales se desarrolle, probablemente genere una disrupción en la industria minera de manera significativa en varias etapas de la cadena de valor presente. Se espera que el cambio sea considerable ya sea la impresión 3D resultará ser la mejor alternativa y, provoque mayores y mejores preferencias a través de la industria, como lo hicieron los smartphones que dejan obsoletos a la mayoría de los otros aparatos de telecomunicaciones; o no cumplirá su promesa y seguirá siendo un nicho estrecho. Sin embargo, la tecnología de impresión 3D se adapta a la cadena de suministros y supera esos retos, por lo tanto, es la esperanza que las ventajas competitivas y estructurales de este método de producción la conviertan en la opción indiscutible para la mayoría de los fabricantes de metales.

Esta innovación tendrá impactos reales en los términos de aumento de productividad y/o reducción de costos. La continuidad operacional de los equipos productivos, reducir costos por gestión logística, eliminar elementos por inventarios obsoletos, aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos productivos, mejoramiento en seguridad de los trabajadores, menores tasas de fallas por mantenimientos preventivos o correctivos, eficiencia energética, entre otras. Se generarán alianzas estratégicas o de inversión directas para aportar la innovación y mantener competente la industria en el mercado. Romper paradigmas con trabajos serios de mejoramiento industrial a través del I+D+i. Las empresas pueden centrarse en la producción de productos finales a través de la impresión 3D, el mantenimiento de configuraciones de impresoras o el desarrollo y la venta de impresoras 3D. En Chile se podría abrir los campos de desarrollo de polvos de impresión de alto rendimiento para los productores de metales para esta tecnología y probablemente ingresen al mercado a desarrolladores e inversionistas especializados emerger en esta área. Por ejemplo, empresas chilenas productoras de cobre que exportan cátodos, podrían atomizar el cobre y venderlo con características ideales para impresión 3D así se evitaría refundir el cobre metálico para crear piezas o partes. Las piezas diseñadas específicamente por este proceso tienden a ser más exitosas que aquellas en las que la fabricación tradicional, especialmente porque rediseñar las piezas para usar menos material puede traer beneficios funcionales adicionales y ahorros de costos.

---

<sup>11</sup> *How 3-D printing will transform the metals industry. Metal and Mining. Febrero 2017*



### **3. ANALISIS ESTRATEGICO DEL ENTORNO**

#### **3.1. Análisis PESTA**

Con el análisis PESTA se puede intentar predecir cómo sus productos o servicios resonarán en el mercado. Sin embargo, siempre habrá factores fuera de su control que afecten el funcionamiento de su empresa u organización. Un método para descubrir y cuantificar esos factores es el análisis PEST.<sup>12</sup>

PEST es un acrónimo de político, económico, social y tecnológico; la letra A corresponde a ambiental. Es una forma de comprender cómo las fuerzas externas impactan en su negocio. Fue creado por el profesor de Harvard, Francis Aguilar en 1967. Debe incluirse en cada plan de negocios, ya que es parte de la gestión de riesgos y el diseño de estrategias.

##### **3.1.1. Entorno Político**

La Ley 18.248 del código minero, rige todos los códigos y reglamentos vigentes de la industria minera en Chile.<sup>13</sup>

El Decreto 132, Reglamento de Seguridad de Minería el principal enunciado está en Capítulo Primero, Art.1. a) Proteger la vida e integridad física de las personas que se desempeñan en dicha Industria y de aquellas que bajo circunstancias específicas y definidas están ligadas a ella.

##### **3.1.2. Entorno Económico**

El precio del cobre depende de las condiciones del mercado internacional, y tiende a subir cuando la demanda es más fuerte. Las amenazas para el cobre en los mercados internacionales surgen por el uso de materiales sustitutos como el plástico, por el desarrollo tecnológico que conlleva la miniaturización y la llegada de nuevas aplicaciones como las comunicaciones inalámbricas, y por presiones ambientales y de salud. Sin embargo, el cobre tiene el potencial para superar estos escollos pues su uso es fundamental para la evolución de la sociedad industrial y para el desarrollo tecnológico.

En el Gráfico 2Gráfico 2, se observa la importancia de la región de Antofagasta en la minería de Chile, ya que representa un 49% del total de la producción total nacional, datos obtenidos entre los años 2015 a 2019. Es por esto, que el proyecto se enfoca principalmente en esta región.

---

<sup>12</sup> <https://www.businessnewsdaily.com/5512-pest-analysis-definition-examples-templates.html>.

<sup>13</sup> <https://www.sernageomin.cl/mineria/>

Debido a que los gastos en mantenimiento representan entre el 15% al 20% de los costos de producción en las industrias.<sup>14</sup>

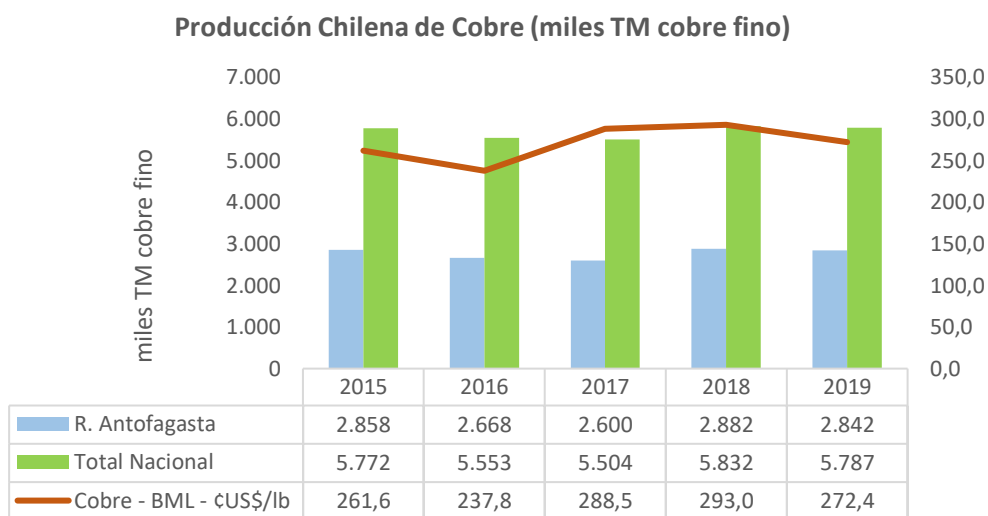


Gráfico 2: Producción chilena de Cobre (miles TM cobre fino)<sup>15</sup>

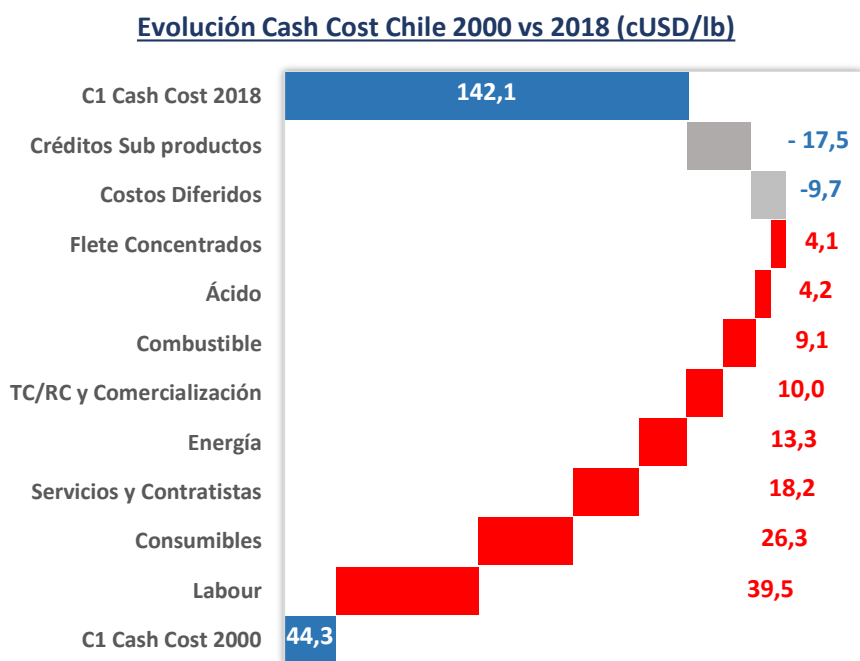


Gráfico 3: Evolución Cash Cost Chile 2000 vs 2018 (cUSD/lb Cu)<sup>16</sup>

<sup>14</sup> <https://www.portalminero.com/display/NOT/2014/01/10/El+valor+del+mantenimiento+en+la+industria+chilena>

<sup>15</sup> Fuente: <http://www.cochilco.cl:4040/boletin-web/pages/tabla16/buscar.jsf>

<sup>16</sup> Fuente: Cantallopts, Jorge. "El control de costos en momentos de incertidumbre del mercado del cobre". Cochilco. 2019.

El Gráfico 3, presenta valores estimados tras el seguimiento del Cash Cost Cochilco, que considera 21 operaciones mineras del cobre, abarcando un 92,6% de la producción mina del año entre los años 2000 al 2018.

Las consideraciones monetarias influyeron en promedio un 100% en las remuneraciones, 70% en servicios de terceros y 30% en materiales.

<b>Producción por mina de región de Antofagasta (miles TM cobre fino)</b>					
<b>Mina</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<i>Div. Gabriela Mistral</i>	125	122	123	107	104
<i>Div. CH-RT-DMH</i>	863	857	865	849	804
<i>Escondida</i>	1.153	1.002	925	1.243	1.188
<i>Zaldívar</i>	103	103	103	95	116
<i>El Abra</i>	147	100	78	91	82
<i>EL Tesoro</i>	76	56	65	93	81
<i>Lomas Bayas</i>	71	80	78	73	79
<i>Esperanza</i>	145	180	164	155	196
<i>Spence</i>	176	167	199	176	193
<b>Total, Antofagasta</b>	<b>2.858</b>	<b>2.668</b>	<b>2.600</b>	<b>2.882</b>	<b>2.842</b>
<b>Total, Nacional</b>	<b>5.772</b>	<b>5.553</b>	<b>5.504</b>	<b>5.832</b>	<b>5.787</b>

Tabla 1: Producción por mina de la región de Antofagasta.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Fuente: <http://www.cochilco.cl:4040/boletin-web/pages/tabla16/buscar.jsf>

**Variación Cash Cost Chile 2019 vs 2018 (cUS/lb)**

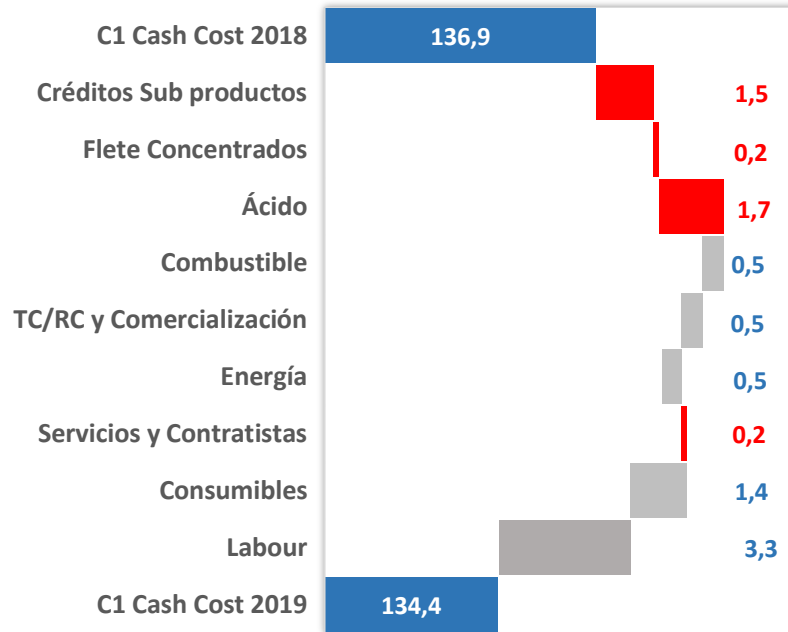


Gráfico 4: Variación Cash Cost de Chile (cUSD/lb)<sup>18</sup>

**Costo operacional gran minería del Cobre 2019**

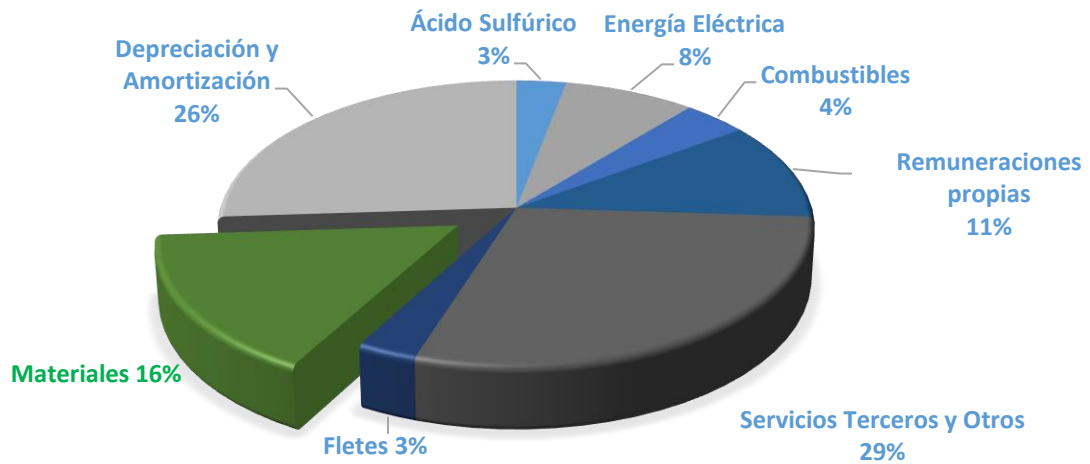


Gráfico 5: Costo Operacional Gran Minería del Cobre 2019<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Fuente: Observatorio de Costos Cash Cost Cochilco 2019 vs 2018. Mayo 2020.

<sup>19</sup> Fuente: Observatorio de Costos Cash Cost Cochilco 2019 vs 2018. Mayo 2020.

Considerando los antecedentes antes expuestos, de acuerdo con la siguiente fórmula podemos estimar valores en Consumo en materiales de las empresas mineras de la región de Antofagasta del año 2019:

Ecuación 1: 
$$Cm (kUSD) = P (kton) * T1 * (G * M) * T2$$

donde:

- Cm = consumo de materiales, año 2019
- P = producción anual de minas región de Antofagasta, año 2019 (kton)
- T1 = transformación de unidades de lb a ton
- G = costo operacional, año 2019 (cUSD/lb)
- M = % de costo operacional, correspondiente a materiales 2019 (%)
- T2 = transformación de unidades de cUSD a USD

reemplazamos,

$$Cm (kUSD) = 2.842 \text{ kton} * \frac{2204,6 \text{ lb}}{\text{ton}} * \left( \frac{134,4 \text{ cUSD}}{\text{lb}} * 16\% \right) * \frac{\text{USD}}{100\text{cUSD}}$$

por lo tanto,

$$\text{Consumo en materiales, año 2019} = 1.347.327 \text{ kUSD}$$

### 3.1.3. Entorno Social

El renovado auge de los movimientos sociales y la percepción pública de un aumento de la conflictividad en Chile han hecho necesaria la creación de un dispositivo riguroso de levantamiento de información para el análisis de la compleja dinámica de los eventos de protesta. En consecuencia, el COES ha implementado el Observatorio de Conflictos, que realiza un exhaustivo análisis de medios de prensa, incluyendo cinco nacionales y trece regionales, identificando los reportes relevantes para el estudio de fenómenos contenciosos, y sistematizándolos en una base de datos disponible para investigaciones en este ámbito. El informe propone diversas perspectivas de análisis de la conflictividad en Chile, fundadas en una base de datos elaborada desde el inicio del Observatorio en el año 2016, que registra 11.518 acciones de protesta ocurridas entre los años 2012 y 2017 en todo el territorio de Chile. La base amplía la perspectiva inicial de dos años presentada en el primer Informe del Observatorio de Conflictos (2017) con información referente a seis años de movilización contenciosa, lo que permite profundizar la interpretación de estos datos.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Garretón, M., Joignant, A., Somma, N. & Campos, T. (2018). Nota COES de Política Pública N°17: Informe Anual Observatorio de Conflictos, noviembre. ISSN: 0719-8795. Santiago, Chile: COES. Recuperado de: <http://146.66.69.139/~coes9219/>

### 3.1.4. Entorno Tecnológico

Hoy en día, la fabricación convencional sigue siendo la opción preferida para la mayoría de los productos metálicos producidos en masa, ya que es más rentable y está mejor adaptada a la producción de gran volumen. La tecnología de impresión 3D actual también tiene algunas limitaciones importantes. Las piezas de dimensiones superiores a 30 cm<sup>3</sup> son difíciles de producir utilizando impresoras 3D existentes, y la mayoría de las impresoras no pueden mezclar materiales dentro de un elemento. Algunos fabricantes de impresoras 3D han anunciado experimentos exitosos en la mezcla de materiales durante la impresión. Naturalmente, todas estas deficiencias son el foco de una intensa investigación en todos los niveles de la cadena de valor.

### 3.1.5. Entorno Ambiental

La primera es que la impresión 3D es muy eficiente energéticamente, utiliza menos energía que los procesos de fabricación tradicionales. Tomar polvo y convertirlo en una parte toma menos energía.

La otra cara, es si hace que los componentes sean ligeros, lo que es posible utilizando tecnologías de impresión 3D, hay otras ventajas. Algunas de las cosas en la industria aeroespacial, por ejemplo, han demostrado que, si se puede hacer que una parte de un avión pierda un kilo, entonces ahorra una enorme cantidad de combustible a lo largo de su vida útil. Lo mismo se aplica a las piezas de automóviles y otras formas de transporte, por lo que la fabricación de componentes ligeros también es económica y ambientalmente una cosa muy buena de hecho.

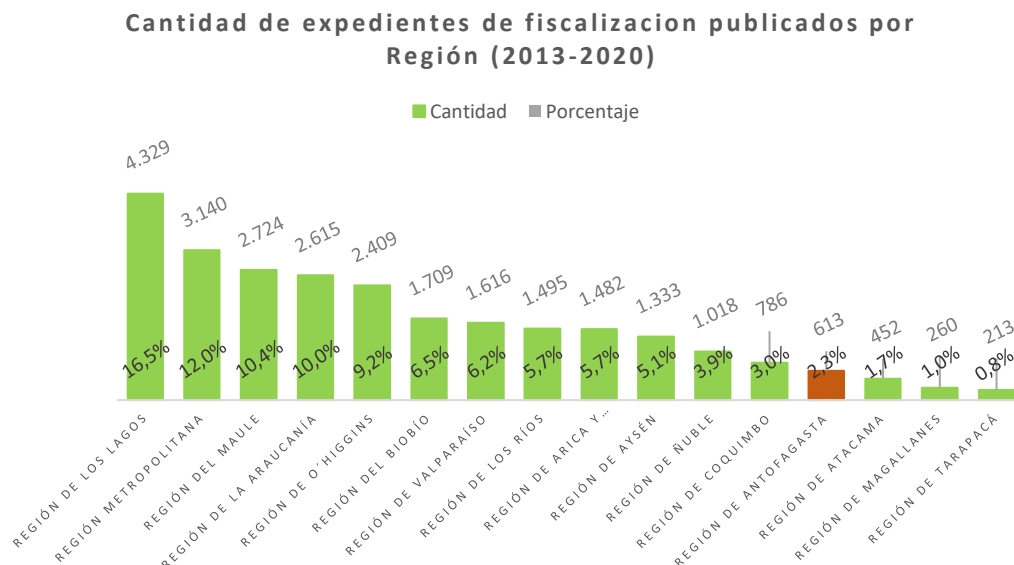


Gráfico 6: Cantidad de expedientes de fiscalización publicados por región (2013-2020)<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Fuente: <https://snifa.sma.gob.cl/Estadisticas/Resultado/1>

### Resumen de Matriz PESTA

<b>Entorno</b>	<b>Principales Observaciones</b>	<b>Impacto en el Negocio</b>
<b>Político</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Las legislaciones nacionales vigentes y no existe riesgo.</li> <li>✓ Política internacional, Chile mantiene veintinueve acuerdos comerciales con sesenta y cinco mercados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Oportunidad: legislación minera es sólida respaldada por el Estado y los gobiernos de turno.</li> <li>✓ Oportunidad: solidez en los TLC vigentes más relevantes para el país.</li> </ul>
<b>Económico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La industria minera representó el año 2019 un 9,3% del PIB.</li> <li>✓ Países aumentan uso de cobre en medida avancen en desarrollo social y económico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Oportunidad: solidez en los TLC vigentes más relevantes para el país.</li> <li>✓ Oportunidad: genera nuevos escenarios para emprendedores de acuerdo con el crecimiento global.</li> </ul>
<b>Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Huelgas</li> <li>✓ Acciones contenciosas</li> <li>✓ En la región de Antofagasta predominan las movilizaciones laborales y territoriales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Amenaza: movimientos sociales y la percepción pública de un aumento de la conflictividad en Chile.</li> <li>✗ Amenaza: Exigencias de trabajadores de empresas relacionadas a la minería.</li> </ul>
<b>Tecnológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La fabricación convencional es la opción preferida para la mayoría de los productos metálicos producidos en masa.</li> <li>✓ Necesidad de metales para impresoras 3D, esto para diferenciarse a través de sus estructuras de costos, el rendimiento de la cadena de suministro, o productos.</li> <li>✓ Algunas empresas mineras tienen enormes inventarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Amenaza: la tecnología de impresión 3D tiene algunas limitaciones importantes.</li> <li>✓ Oportunidad: es sólo cuestión de tiempo antes de que la tecnología se convierta en una fuerza transformadora en la industria.</li> <li>✓ Oportunidad: imprimir piezas bajo demanda, o alternativa de tener un stock mínimo a mano para luego simplemente imprimir piezas de repuesto.</li> </ul>
<b>Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La primera es que la impresión 3D es muy eficiente energéticamente.</li> <li>✓ Los componentes son ligeros, lo que es posible utilizando tecnologías de impresión 3D.</li> <li>✓ Se aplica a las piezas de automóviles y otras formas de transporte, por lo que la fabricación de componentes ligeros también es económica y ambientalmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Oportunidad: utiliza menos energía que los procesos de fabricación tradicionales. Tomar polvo y convertirlo en una parte toma menos energía.</li> <li>✓ Oportunidad: si se puede hacer que una parte de un avión pierda un kilo, entonces ahorra una enorme cantidad de combustible a lo largo de su vida útil.</li> </ul>

Tabla 2: Resumen de análisis PESTA

### 3.2. Las Fuerzas de Porter

Michael Porter señala “Awareness of the five forces can help a company understand the structure of its industry and stake out a position that is more profitable and less vulnerable to attack”.<sup>22</sup>

Las fuerzas competitivas revelan los impulsos de la competencia de la industria. Un ejecutivo o inversionista que entienda que la competencia se extiende mucho más allá de los rivales existentes detectará amenazas competitivas más amplias y estará mejor preparado para abordarlas. Al mismo tiempo, pensar integralmente sobre la estructura de una industria puede descubrir oportunidades: diferencias en clientes, proveedores, sustitutos, posibles participantes y rivales que pueden convertirse en la base de estrategias distintas que producen un rendimiento superior. Con la globalización las competencias son más abiertas y de cambios implacables, es más importante que nunca pensar estructuralmente en la competencia.

Comprender la estructura de la industria es igualmente importante para los inversores como para los ejecutivos. Las fuerzas competitivas revelan si una industria es realmente atractiva, y ayudan a inversores a anticipar cambios positivos o negativos en la estructura de la industria antes de que sean obvios. Las empresas cuyas estrategias tienen un potencial transformador de la industria se vuelven mucho más claras. Este pensamiento más profundo sobre la competencia es una manera más poderosa de lograr un éxito de inversión original en las proyecciones financieras y la extrapolación de tendencias que dominan el análisis de inversión actual.

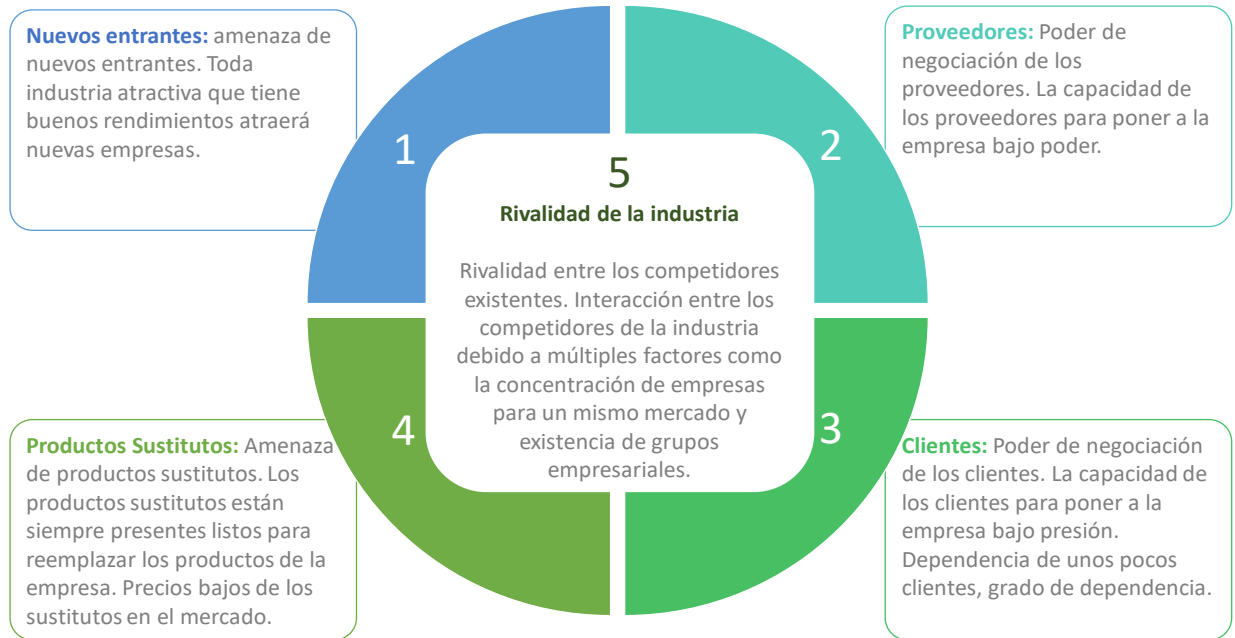
Si los ejecutivos e inversionistas miraran la competencia de esta manera, los mercados de capitales serían una fuerza mucho más eficaz para el éxito de la empresa y la prosperidad económica. Tanto los ejecutivos como los inversionistas se centrarían en los mismos fundamentos que impulsan la rentabilidad sostenida.

En la Ilustración 4 se esquematiza las cinco fuerzas que dan forma a la competencia de la industria de Michael Porter, las cuales serán descritas a continuación.

---

<sup>22</sup> *The five competitive forces that shape strategy. Harvard Business Review by Michael E. Porter. January 2008*





*Ilustración 4: Las cinco fuerzas de la competencia en la industria. Michael E. Porter.*

#### 4. ANÁLISIS DE DEMANDA

La demanda por insumos o productos, para este estudio, está relacionado con los materiales consumibles por la industria minera durante la actividad de mantenimiento.

El consumo de materiales está directamente relacionado con la producción de las compañías mineras, representando este ítem un 19% aproximadamente del costo operacional en el año 2019. La tendencia es optimista, el Gráfico 7 muestra esta aseveración. Apresar que los años 2016 y 2017 presentan una notoria baja producción en la región marcada por Minera Escondida; el año 2016 “tal como se esperaba, la producción récord de cátodos y el récord de material minado, junto con la operación a plena capacidad de OGP1 en el trimestre abril-junio 2016, fue más que contrarrestado por la caída del 28% en la ley del mineral. Luego de este fuerte desempeño operacional, esperamos que los costos unitarios de Escondida se ubiquen ligeramente por debajo de la estimación de US\$1,21 por libra para el año fiscal 2016” indica un informe de PortalMinero.<sup>23</sup> El 2017 Escondida baja su producción en 21% tras extensas huelgas de principio de año, entre los meses de febrero y marzo de ese año, resultó ser la huelga más extensa de la historia de la minería chilena.<sup>24</sup>

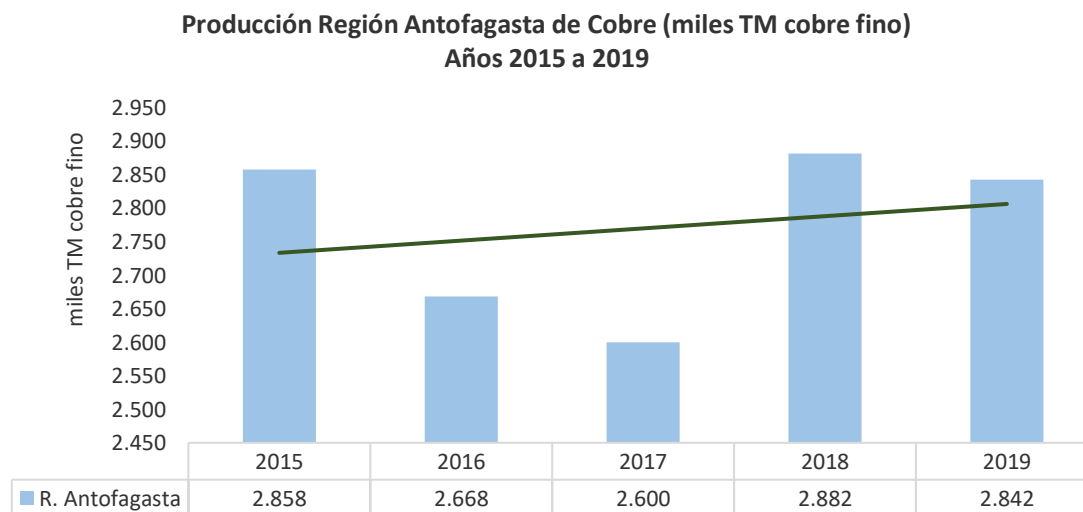


Gráfico 7: Producción Región Antofagasta de Cobre (miles TM cobre fino)

<sup>23</sup> <https://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=112926444>

<sup>24</sup> <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2017/12/escondida-baja-su-produccion-en-21-tras-extensas-huelgas-de-principios-de-ano>

#### 4.1. Mercado Total

El mercado total por consumo de materiales e insumos para mantenimiento minero en la región de Antofagasta está analizado por la Ecuación 1 vista anteriormente, *el monto es de 1.366.290 kUSD* que corresponde al consumo en materiales para el año 2019.

En la Tabla 3, podemos observar los gastos de operación por insumos del año 2017, para el mercado total se incluye en este punto: *compra de insumos, equipos, maquinaria y sus partes y piezas, repuestos y materiales*. Los ítems que no incluye este análisis son las categorías de consumo o gastos de las compañías mineras en: energía y combustibles, arriendos, servicios externos de mantenimiento y reparación, servicios externos de transporte, servicios externos varios ni construcción y montajes.

<b>Gastos de operación por insumos, año 2017</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Ítem</b>	<b>Total, Gasto Operación MMUS\$</b>	<b>%</b>
Compas Directas	<i>Explosivos</i>	381,2	3,7%
	<i>Neumáticos</i>	202,8	2,0%
	<i>Bolas y barras de molienda</i>	322,4	3,1%
	<i>Cal</i>	99,0	1,0%
	<i>Reactivos químicos flotación (colectores, espumantes, floculantes)</i>	83,6	0,8%
	<i>Ácido Sulfúrico</i>	218,7	2,1%
	<i>Grasas, aceites y lubricantes</i>	104,3	1,0%
	<b><i>Partes, piezas de maquinarias y equipos (incluye repuestos)</i></b>	<b>1.839,9</b>	<b>17,7%</b>
	<i>Otras compras directas de productos</i>	101,2	1,0%

Tabla 3: Gastos de operación por insumos año 2017.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Fuente: Encuesta de participación de empresas proveedoras en las operaciones y proyectos mineros. Gasto de Proveedores 2018. Cochilco DEPP17/2018.

## 4.2. Mercado Potencial

Para estimar el mercado potencial, se considera una estructura de categorización de bienes utilizada desde el año 2016 y cuyo objetivo es obtener la información sobre el gasto en los bienes relevantes para una operación minera e identificar los principales proveedores. Una encuesta solicitó a las empresas ajustar sus gastos 2017 de bienes y servicios de acuerdo con la siguiente categorización de su OPEX, donde consideró en las compras directas la compra de insumos, equipos, maquinaria y sus partes y piezas, repuestos y materiales. La segregación de los productos y materiales dado que están incluidos insumos, equipos, maquinaria y sus partes y piezas, repuestos y materiales, por lo tanto, en este análisis se descartan los equipos mineros tales como *camiones de extracción, palas de carguío y perforadoras*.

<b>Importaciones de Insumos y Equipos Mineros</b>					
<b>Importaciones (millones US\$ CIF)</b>	<b>2005- 2010</b>	<b>2011- 2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<i>Cal</i>	163,8	275,5	91,6	74,0	74,5
<i>Bolas de Molienda</i>	164,6	522,0	163,5	157,8	186,1
<i>Neumáticos OTR</i>	887,2	1.621,2	193,4	250,3	262,4
<b>CAEX</b>	<b>1.380,5</b>	<b>1.823,8</b>	<b>59,6</b>	<b>129,3</b>	<b>198,8</b>
<b><i>Palas de carguío</i></b>	<b>594,6</b>	<b>866,6</b>	<b>39,4</b>	<b>65,9</b>	<b>51,4</b>
<b><i>Perforadoras</i></b>	<b>321,1</b>	<b>549,0</b>	<b>20,8</b>	<b>29,5</b>	<b>46,2</b>
<i>Floculantes</i>	36,7	53,4	8,5	2,3	6,8
<i>Extractantes SX</i>	239,9	230,7	36,2	30,8	35,6
<b>Total</b>	<b>3.788,5</b>	<b>5.942,6</b>	<b>613,0</b>	<b>739,9</b>	<b>861,8</b>

Tabla 4: Importaciones de insumos y equipos mineros.<sup>26</sup>

Si consideramos los valores de la Tabla 3 y la integramos con la Tabla 4, nos arrojaría el volumen máximo de consumo potencial que podría alcanzar un insumo o repuesto en línea de producto en un periodo de tiempo determinado, de forma que todos los compradores potenciales se convirtieran en compradores efectivos con una tasa de consumo individual adecuada. Este límite teórico muy difícil de alcanzar suele hablarse de demanda potencial total como aquel nivel de demanda que podría alcanzarse por el conjunto de empresas existentes en el mercado bajo determinadas condiciones.

<sup>26</sup> Fuente: Análisis del mercado de insumos críticos en la minería del cobre (2018) DEPP 04/2019

Ecuación 2

$$MP (MMUSD) = PPR (MMUSD) - IEM (MMUSD)$$

donde:

- MP = materiales y partes en MMUSD. Estimado anual.
- PPR = partes, piezas de maquinarias y equipos, incluye repuestos en MMUSD. (Tabla 3)
- IEM = importación equipos mineros: CAEX, Palas, Perforadoras en MMUSD. (Tabla 4)

reemplazamos,

$$MP (MMUSD) = 1.839,9 MMUSD - 296,4 MMUSD$$

por lo tanto,

$$\text{Materiales y Partes, estimado anual} = 1.543,5 MMUSD$$

En la actualidad, hay impresoras 3D que generan una producción más rápida, que pueden construir aproximadamente medio metro cúbico por pieza, por lo que miden aproximadamente 450x450x450 mm. En el corto plazo ingresará al mercado, una versión mejorada más grande, que podrá construir aproximadamente 2,5x1,5m, por lo que es un área de construcción bastante grande.<sup>27</sup>

### 4.3. Mercado Objetivo

Se debe considerar, la posición en la cadena de valor y los mercados finales a los que se dirigen los productos. La tecnología ingresará primero en las máquinas, herramientas y repuestos donde los plazos cortos son críticos (como las palas de carguío, camiones de extracción y perforadoras. Luego de eso, la tecnología se penetrará en la producción de piezas pequeñas de tamaño máximo 450x450x450 mm. producidas de material valioso, ya que puede reducir significativamente la cantidad de material necesario. Más allá de esos nichos, la adopción dependerá de la velocidad con la que la impresión 3D se vuelva competitiva en cuanto a las alternativas existentes, se espera que los productos de bajo valor y mercado masivo se encuentran entre los últimos afectados.<sup>28</sup>

El mercado objetivo está focalizado, de acuerdo con los antecedentes analizados a piezas, materiales y repuestos de dimensiones no superiores a 450x450x450mm, que sean necesarios para los equipos mineros durante los mantenimientos, sean estos preventivos o correctivos. Para las industrias mineras localizadas geográficamente en la región de Antofagasta.

---

<sup>27</sup> Budge, Dave. CEO of Aurora Labs. <https://www.mining-technology.com/features/3d-printed-mining-parts/>.

<sup>28</sup> How 3-D printing will transform the metals industry. Metal and Mining. Febrero 2017

## 5. ANÁLISIS DE LA OFERTA

El alcance del análisis de la oferta, en esta tesis, establece las condiciones y cantidades de un bien o producto que se pretenden ofrecer en el mercado. La oferta es la cantidad de productos que se colocan a disposición del consumidor, en este caso el mercado minero en cantidades, precios, tiempos y lugares definidos.

Este análisis permite considerar las fortalezas y debilidades e implementar estrategias para mejorar la ventaja competitiva. Posterior a ello, se debe efectuar una revisión histórica, actual y futura de la oferta para establecer cuántos bienes han entregado los competidores, cuántos están entregando y cuántos podrán ofrecer al mercado, identificado sus potencialidades y conociendo sus estrategias en el mercado.

También deben analizarse las condiciones con las que se maneja dicha oferta, para disponer así de los elementos mínimos necesarios para establecer las posibilidades que tendrá el bien del proyecto, en función de la competencia existente.

### 5.1. Identificar Competidores

Aproximadamente un 5% de los proveedores mineros tiene una participación relevante en los gastos de las empresas mineras participantes, teniendo en consideración que fueron analizadas 274 de un total de 6.000 proveedores (o más), que existirían en el país. Estos son los principales competidores en la industria de suministros de bienes para mantenimiento de equipos mineros.

Los ítems “partes y piezas” y “otras compras directas” agrupan a sinnúmero de ítems donde algunas operaciones declaran recurrir por sobre los 300 proveedores, en el caso de partes y piezas. En la Tabla 5, podemos identificar las principales empresas proveedoras de partes piezas de maquinarias y equipos de la minería en Chile.

<b>Principales proveedores de partes, piezas de maquinarias y equipos (incluye repuestos)</b>		
<b><i>Proveedor</i></b>	<b><i>N° de mineras mencionan al proveedor (18 total)</i></b>	<b><i>Suma de participaciones mineras</i></b>
<i>Aceros Chile S.A.</i>	1	1,4%
<i>Caterpillar</i>	1	31,5%
<i>Epiroc Chile S.A.C.</i>	2	0,5%
<i>Finning Chile S.A.</i>	8	33,5%
<i>Flowvalve Sist. e Ing. Ltda.</i>	1	0,0%
<i>FLSmidth S.A.</i>	2	23,3%
<i>Fundición Talleres Ltda.</i>	1	6,5%

<i>Joy Global (Chile) S.A.</i>	4	11,1%
<i>Komatsu Chile S.A.</i>	6	49,1%
<i>Outotec Chile S.A.</i>	3	4,1%
<i>Riegosistemas Netafim Ltda.</i>	1	0,0%
<i>Sandvik Chile S.A.</i>	2	2,0%
<i>Vulco S.A.</i>	3	13,6%

Tabla 5: Principales proveedores de partes, piezas de maquinarias y equipos.<sup>29</sup>

## 5.2. Ventajas Competitivas

Las principales ventajas competitivas, se focalizan en las tres principales empresas proveedoras de piezas y partes de maquinarias y equipos, descritas en la Tabla 6. Se menciona tres empresas, ya que el jueves 06 de abril de 2017, Komatsu informó que ha completado la adquisición de Joy Global Inc. comenzará a llamarse Komatsu Mining Corp.

<b>Variables Competitivas de Proveedores</b>			
<b>Proveedor</b>	<b>Precios</b>	<b>Imagen</b>	<b>Nivel Servicio</b>
<i>Aceros Chile S.A.</i>	<i>Medio</i>	<i>Baja</i>	<i>Medio</i>
<i>Caterpillar</i>	<i>Alto</i>	<i>Alta</i>	<i>Alto</i>
<i>Epiroc Chile S.A.C.</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>
<i>Finning Chile S.A.</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>
<i>Flowvalve Sist. e Ing. Ltda.</i>	--	--	--
<i>FLSmidth S.A.</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>
<i>Fundición Talleres Ltda.</i>			
<i>Joy Global (Chile) S.A.</i>	--	--	--
<i>Komatsu Chile S.A.</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
<i>Outotec Chile S.A.</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
<i>Riegosistemas Netafim Ltda.</i>	--	--	--
<i>Sandvik Chile S.A.</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alta</i>	<i>Medio</i>
<i>Vulco S.A.</i>	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>

Tabla 6: Variables competitivas de proveedores

<sup>29</sup> Fuente: Encuesta de participación de empresas proveedoras en las operaciones y proyectos mineros. Gasto de Proveedores 2018. Cochilco DEPP17/2018.

## **6. MODELO DE NEGOCIO LEAN CANVAS**

El Lean Canvas es una herramienta que plasma elementos del Business Model Canvas, en una parte y componentes del método Lean Startup, por otro. Ash Maurya fue quien integró ambas metodologías generando un lienzo de modelos de negocio ligero, con capacidades de acción y reacción, ideal para reducir las incertidumbres del entorno de un emprendimiento con potencial escalamiento.

El Business Model Canvas, ideado por Alex Osterwalder es una herramienta visible, apta para analizar organizaciones empresariales establecidas, con capacidades de plantear escenarios más eficientes. Es un instrumento útil para valorar las empresas que ya tienen una estructura de funcionamiento en proceso, pero no es tan efectivo en el caso de análisis para nuevos emprendimientos o empresas que empiezan disrumpiendo el mercado actual. Debido a la variación en sus respectivos elementos de análisis, varios de los bloques de análisis del Business Model Canvas, no aparecen en la fase startup de una empresa.

Maurya creó Lean Canvas ideal para emprendimientos que comienzan idealmente disrumpiendo el mercado actual, potenciando al Business Model Canvas de un enfoque “lean”, simplificando varios bloques de análisis y mejorando para adecuarlos a empresas en fase de emprendimiento. El plan de negocio del lienzo consta de 9 elementos claves, comunes para la representación visible de un negocio. Estos se analizan a continuación:

### **6.1. Problema**

Se puede diagnosticar en la actualidad diversas razones para identificar una oportunidad de negocio; factores como la pérdida de competitividad de la industria minera en el mercado minero del país y el mundo, el alza de costos de producción, deterioro de las leyes de mineral, mayor profundización de los pits directamente relacionado con la dureza mineral, estas características mencionadas invitan a emprender e innovar en nuevas tecnologías. Se han detectado tres principales problemas para abordar con esta tesis planteada:

- i. Inconvenientes orientados en la comunicación y el soporte de información entre las diversas áreas operativas y la cadena de abastecimiento, con dificultades en la gestión de reposición de materiales utilizados en las distintas etapas del proceso productivo.
- ii. Aumento de costos asociados a proveedores de insumos, ya que cada vez que baja la demanda por insumos aumentan los inventarios directamente relacionados a la inmovilidad de los activos.



- iii. La gran variedad de insumos o materiales de uso minero son exclusivos de la actividad y no pueden ser distribuidos a otros mercados, por lo que genera altos costos por aumento en sus stocks de inventarios.<sup>30</sup>

## 6.2. Solución

La solución viene del uso eficiente de los recursos, para transitar hacia una Economía Circular (EC), regenerativa y restaurativa, caracterizada por tener un enfoque sistémico del desarrollo económico, sobre la cadena de valor y todo el ciclo de vida. La EC se sustenta en tres principios: diseñar de forma tal que no se generen desechos y contaminación; mantener los productos y materiales en uso, y regenerar los sistemas naturales. Esto se logra a través del replanteamiento y rediseño de productos, procesos y servicios, donde los residuos son considerados un error de diseño, por lo que se busca mantener el valor y utilidad de los materiales en su mayor nivel en todo momento, para disminuir los impactos sobre el medio ambiente y ser un aporte a la comunidad, posicionando el concepto de Valor Compartido.<sup>31</sup>

La tecnología utilizada para dar solución al problema es la impresión 3D, acelerando la transición hacia una economía circular basada en capacidades locales de diseño y manufactura, que se ajustan a la medida de las necesidades de cada cliente. Al mismo tiempo, la minería no ha estado ajena a los nuevos modelos de negocio basados en el concepto de sharing economy o economía colaborativa que han impactado transversalmente a todas las industrias, transformando los modelos de negocio convencionales - basados en la venta de productos y servicios post-venta - en nuevos modelos de Product as-a-Service (Paas) o producto como servicio.<sup>32</sup>

Value chain más eficiente. A través de la reducción de costos por las etapas de fabricación en la industria, ensamblaje, distribución y puesta en bodega de las empresas, por un sistema más ajustado a las necesidades del mercado, con diseños adaptados al cliente y con residuos inferiores al 3% llegando incluso al 1%. Un caso para seguir es que el desarrollador identifica una impresora 3D en la ubicación final del producto, por ejemplo, el área de suministros de piezas y partes de una compañía e imprime directamente el producto, reduciendo significativamente los costos logísticos y de transporte que presentan algunas piezas de alto valor para el desarrollador.<sup>33</sup>

---

<sup>30</sup> <https://www.mch.cl/2014/12/22/proveedores-de-la-gran-mineria-revelan-problemas-que-enfrentan/>

<sup>31</sup> Pensamiento Lean y Economía circular en la minería

<https://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=154535350>

<sup>32</sup> Solución del Problema

<sup>33</sup> Solución del Problema

Si bien algunas empresas mineras tienen enormes inventarios, por lo que podrán imprimir una pieza o repuesto en un día y no necesitarán varios meses de existencias lo podría hacer una ventaja competitiva. Incluso se podría imprimir piezas bajo demanda, o alternativamente pueden tener un stock mínimo a mano y luego simplemente imprimir piezas de repuesto.<sup>34</sup>

### 6.3. Segmento de Clientes

La tecnología penetrará primero en los mercados donde los plazos cortos son críticos, como los equipos de los procesos productivos de la industria minera, mina - concentradora. A continuación, la tecnología se infiltrará en la producción de piezas pequeñas, menos de 30 cm<sup>2</sup> de tamaño, producidas de material más costoso porque puede reducir significativamente la cantidad de material necesario. Más allá de esos silos, la adopción dependerá de la velocidad con la que la impresión 3D se vuelva competitiva en cuanto a las alternativas existentes, se espera que los productos de bajo valor y mercado masivo se encuentran entre los últimos afectados. Mientras la impresión 3D ya ha sido aceptada por las industrias aeroespacial y de dispositivos médicos, en tres años se espera que la tecnología penetre en todas las industrias donde la velocidad de entrega es crítica, como el petróleo y el gas o la minería.<sup>35</sup>

Este plan se enfoca en el segmento de mercado específico y especializado. La proposición de valor, los canales de distribución y las relaciones con los clientes todas se diseñan para los requerimientos específicos del mercado minero de la segunda región de Chile.

Los usuarios de los productos fabricados pertenecen a las áreas de unidades productivas de las industrias mineras, donde la continuidad operacional es crucial en la cadena de valor de la organización. A su vez, los clientes son los ejecutivos responsables del presupuesto de sus respectivas gerencias operativas dentro de la organización. Por lo general, las empresas mineras tienen protocolos estructurados y establecidos para las asignaciones de montos para contratar bienes y servicios. Las cuales son un conjunto de herramientas de gestión que está compuesto por una serie de documentos que definen el marco y los principios básicos del sistema de aprobación y autorización de los negocios en las empresas. En varias empresas mineras el área usuaria realiza una presentación ante una comisión aprobadora de montos, que se enmarque en el presupuesto predefinido del área solicitante y considerando preferentemente el alcance y plazos de requerimientos o necesidad solicitada. Las prioridades de los gerentes de áreas operativas están enfocadas en la seguridad de las personas, productividad, reducción de costos, continuidad operacional, sustentabilidad y cuidado del medio ambiente.

Los clientes ideales son los ejecutivos y gerentes mineros capaces de hacer las actividades disruptivas, alineada con conocimiento, que tenga las confianzas. Con alto nivel de sofisticación de la innovación y alto nivel de vinculación con proveedores.

---

<sup>34</sup> Solución del Problema

<sup>35</sup> *How 3-D printing will transform the metals industry. Metal and Mining. Febrero 2017*

Dispuestos a generar soluciones simples, que interrumpan lo menos posible los sistemas ya implementados; y, finalmente, que la innovación tenga un impacto real en términos de aumento de productividad y/o reducción de costos, esa es la exigencia de los clientes. Los usuarios exigen inmediatez en los insumos evitando las burocracias propias de las transparencias de las organizaciones mineras, darles solución just in time. Para ello, habrá cercanías con el usuario. Por lo tanto, en un principio el mercado no es masivo, sino más bien selectivo.

En la Tabla 7 y Gráfico 8, se observa los segmentos de clientes estimados para el proyecto de tesis. El segmento A tiene un precio 1,00 equivalente al valor estándar de un producto, donde la característica principal está asociada a los valores vinculados a contratos establecidos con los clientes, además de canal principal de ventas. Se estima un 50% de participación en las ventas de los productos y con plazos de acuerdo con lo pactado. Los segmentos B y C tendrán un precio mayor al estándar, utilizado como estrategia de captación de clientes en menor proporción con aproximadamente un 10% cada uno de estos segmentos, lo caracterizan su inmediatez en la entrega de los productos terminados, siendo en segmento B más costoso ya que le agrega el valor de despacho a dependencias del cliente. Los segmentos D y E de menos valor estándar, también asociado a la estrategia de captación de clientes, con una estimación de participación de 10% cada uno, se caracterizarán por los plazos de entrega de los productos los cuales variarán en mediano y largo plazo. La estrategia está sostenida por la técnica de gestión tipo *revenue management* utilizando las propiedades de vender productos adecuados al cliente adecuado, en el momento adecuado (*plazos*), precio correcto (*diferenciación de precios*) y canal correcto (*contrato y despacho*). Aplicando dos características que se requieren para esta técnica, la primera será la posibilidad de venta anticipada, la cual señala que los productos se pueden reservar y/o dar cumplimiento con lo contratado y la segunda es la segmentación de mercado donde diferentes clientes tendrán diferentes necesidades que cubrir.<sup>36</sup>

Segmento	Precio	Característica Principal	Participación	Plazo
<b>A</b>	<b>1,00</b>	<i>Contrato Directo</i>	50%	<i>Contrato</i>
<b>B</b>	<b>1,50</b>	<i>Inmediatez y Despacho</i>	10%	<i>1-2 días</i>
<b>C</b>	<b>1,25</b>	<i>Inmediatez</i>	10%	<i>2-3 días</i>
<b>D</b>	<b>0,75</b>	<i>Mediano Plazo</i>	10%	<i>7 días</i>
<b>E</b>	<b>0,50</b>	<i>Largo Plazo</i>	10%	<i>30 días</i>
Total			90%	

Tabla 7: Tabla de Segmentación de clientes

<sup>36</sup> Estrategia de Operaciones. Prof. Marcelo Olivares. MBA Minero Universidad de Chile. Diciembre 2020.

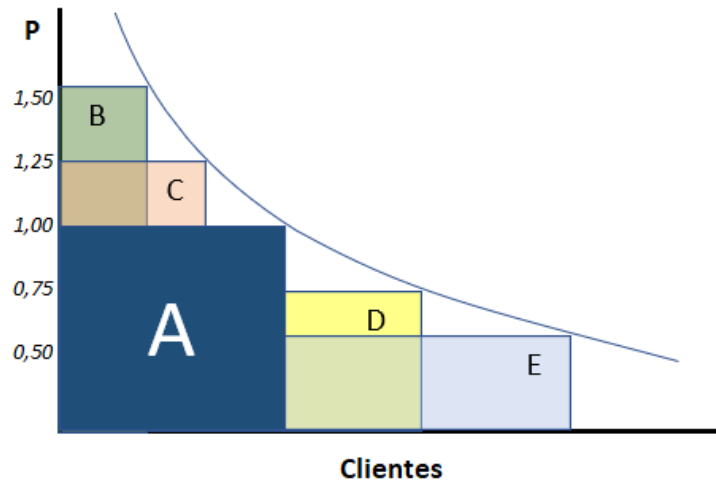


Gráfico 8: Gráfico de Segmentación de clientes

#### 6.4. Propuesta de Valor

La impresión 3D de metales permite una industria con mejor gestión de los materiales de fabricación, desarrollo que está alineado con las políticas medioambientales exigentes actualmente.

La fabricación aditiva permite reformular el diseño una gran variedad de productos fabricados en la actualidad, probarlos más fácilmente o mejorar los existentes. Se facilitará la reparación, lo que podría permitir a los mercados mineros reducir considerablemente los desperdicios de fabricación.

Hacia una economía circular, regenerativa y restaurativa, caracterizada por tener un enfoque sistémico del desarrollo económico, sobre la cadena de valor y todo el ciclo de vida. Para transitar por el uso eficiente de los recursos.

#### 6.5. Ventaja Única

Las impresoras 3D son una tecnología muy específica, que utiliza elementos patentados, se pueden desarrollar componentes exclusivos y donde la principal barrera de entrada la enorme cantidad de datos que utilizar en minería para mejorar los procesos. En esta ocasión serán shorter value chain, low waste, greater desing freedom y cost effectiveness at small scale.

**Shorter value chain.** La impresión 3D generalmente requiere sólo tres pasos. La primera es producir el metal en sí utilizando procesos convencionales de fundición y proceso estético. El segundo paso es la producción de la materia prima para la impresora, que adopta la forma de alambre. La impresora 3D imprime el componente metálico mediante la fusión del polvo o alambre para crear la forma deseada, con algunos pasos finales a menudo requeridos después. Etapas de producción convencionales como laminación en caliente, laminación en frío, corte, flexión, soldadura y montaje se vuelve, en gran medida, obsoleto. En consecuencia, hay poca necesidad de métodos de inventario estándar, logística compleja y cadenas de suministro largas. Siempre que haya una impresora disponible, la producción puede comenzar inmediatamente.

**Low Waste.** El proceso convencional de fresado, estampación y procesamiento de otra manera grandes láminas de metal causan un amplio desperdicio de material. Por el contrario, las impresoras 3D se derriten sólo el polvo o alambre necesario para construir el esqueleto del componente y la capa de estructura por capa. Los fabricantes pueden eliminar cualquier exceso de polvo de la impresora y reutilizar eso. En consecuencia, las tasas de chatarra para la impresión 3D son sólo del 1% al 3%, y se espera que finalmente se acerque a 0%. El proceso también es menos laborioso y tiene un impacto ambiental mucho menor gracias a su eliminación de la fabricación y transporte tradicionales a través de la cadena de suministro.

**Greater design freedom.** La capacidad de eludir muchas restricciones de diseño y fabricación es una de las mayores ventajas de las impresoras 3D. Los fabricantes pueden imprimir en 3D formas complejas con propiedades a menudo mejoradas. La calidad de la mayoría de las piezas impresas en 3D se acerca rápidamente a la de sus contrapartes hechas. En el caso de los artículos forjados, la calidad ya es comparable a los productos fabricados a través de métodos tradicionales. En los objetos fresados, la impresión 3D se está acercando, pero a veces todavía requiere procesamiento adicional, como tratamiento térmico o endurecimiento, para lograr las propiedades físicas necesarias. Para superaleaciones altamente resistentes al calor, tales como los utilizados en la fabricación de motores a reacción, la impresión 3D está ganando aceptación debido al ahorro de tiempo y costes con respecto al mecanizado convencional. Además de abrir nuevas posibilidades de diseño, la impresión 3D también permite una producción rápida e iteración de prototipos. Si las pruebas identifican la necesidad de mejoras en el diseño, la implementación de tales cambios no requiere nada más que cargar un nuevo diseño en la impresora.

**Cost effectiveness at small scale.** Hoy en día, la mayoría de las instalaciones de fabricación de metales para la producción a gran escala, y existen pocas soluciones eficientes para lotes pequeños o productos. Considere un resorte, de sólo unos pocos centímetros de tamaño, que libere la inflación del airbag de los vehículos mineros. El lote de producción típico para el metal en la fabricación convencional supera las 200 toneladas, mucho más que la demanda anual de esta pequeña parte en cualquier tipo de airbag. Para lotes de producción tan pequeños, la impresión 3D es generalmente mucho más asequible. Además, un sitio de impresión 3D se puede configurar rápidamente y a menudo con menos una instalación de producción de metales convencional, que podría requerir la construcción de centrales eléctricas, carreteras, y puentes. Para la impresión

3D, la principal inversión es la propia impresora, precios para los cuales a unos pocos miles de dólares (aunque pueden llegar hasta 2 millones de dólares). No hay necesidad para construir costosas capacidades de fresado y refinamiento, y las impresoras 3D se pueden acercar al destino final de los productos o ser transportado a una nueva ubicación cuando sea necesario. La capacidad de establecer rápidamente una producción “just in time” hace que la impresión 3D apelando a aquellos que fabrican pequeños lotes de piezas altamente personalizadas que quieren escalar esa producción según sea necesario. En teoría, cada pieza producida se puede personalizar completamente a un costo adicional poco aparte del incurrido durante el post procesamiento.

### 6.6. Canales

De acuerdo, a informe del 2019 de *expande* – ruta del emprendimiento en minería, de las empresas encuestadas, el 75 por ciento tuvo una facturación menor a \$65 millones en el primer año, la que fue creciendo en los últimos tres años ubicándose por sobre los \$134 millones para el 55 por ciento de los emprendimientos.

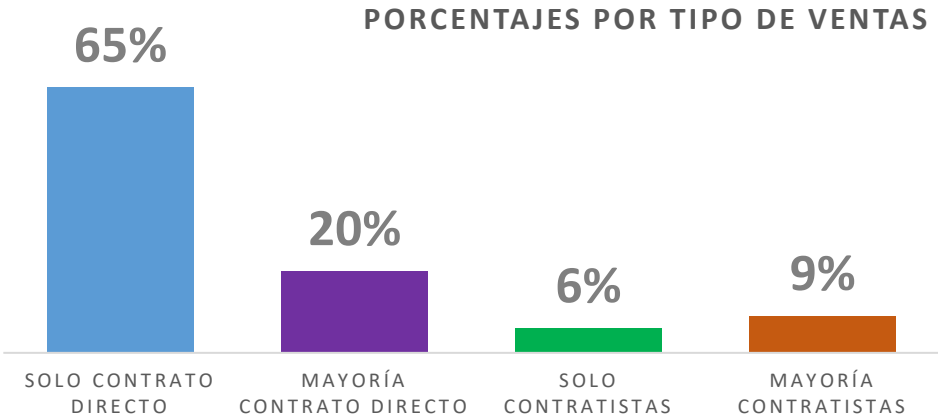


Gráfico 9: Porcentajes por tipo de ventas.<sup>37</sup>

Los canales de ventas serán a través de *contratos directos* con las empresas mineras. Es la tendencia predominante y más confiable, donde los insumos o productos lleguen directamente a la empresa minera sin la necesidad de intermediarios de ningún tipo. Al considerar esta tesis como emprendimiento, no se descarta que una vez en la etapa de escalada, haya que tomar otras consideraciones de canal de ventas para abarcar el mercado demandante.

Estos canales también consideran el canal comunicacional con los clientes, mejorando la customer experience. Para ello, el canal genera un vínculo a través de e-commerce y trato directo en las dependencias de las empresas mineras. El potencial del

<sup>37</sup> Fuente: Informe *expande*. Ruta del emprendimiento en minería. 2019

e-commerce en la tecnología de fabricación aditiva es aprovechar la conexión en línea con el cliente, con oportunidades de personalización adecuada a cada segmento de clientes, previniendo todas las contingencias posibles, gestionando la comunicación como un bien en cadena de valor para mantener la comunicación. Con una atención de carácter inmediato, hasta hace unos años atrás el tiempo de respuesta prudente era de 24 horas, hoy en día las respuestas deben ser antes de una hora para mantener atento al cliente; que sea transversal, es decir, no limitarse sólo a los emails sino aplicar las redes informáticas de comunicación enfocado en los clientes a sus problemas reales y que sea resolutiva, resolver el problema lo antes posible y no tardar.

## **6.7. Estructuras de Costos**

La estructura de costos está conformada por costos de implementación del proyecto y puesta en marcha inicialmente, como las impresoras 3D, materiales, herramientas informáticas y físicas, mobiliario. Además, incorporar los costos de operación que incluye remuneración del personal, materiales para la operación y de oficina, servicios básicos mínimos, mantenimiento de equipos y tecnologías. Cuantificando la inversión para sostener el plan de negocio, comprobando la viabilidad económica y su rentabilidad. Se identifica los costos directos e indirectos y como se relacionan con la propuesta de valor. Buscando estrategias para minimizar los costos en todas las líneas de proceso con la finalidad de rentabilizar el proyecto.

## **6.8. Flujo de Ingresos**

El flujo de ingreso del proyecto se obtendrá de los mismos servicios prestados por la empresa, ya sea la impresión de objetos en 3D o del diseño de estos para su posterior impresión. Para esto se basará en un plan de cobro por tiempo utilizado de la impresora 3D, el tipo de material y cantidad utilizado de este para la impresión del pedido, fundamentado en los precios de la competencia.

Actualmente las empresas mandantes mineras pagan por bienes materiales que tengan un stock de seguridad confiable en sus bodegas, sin embargo, estas prácticas son demasiados costosas tanto para la empresa mandante como para el proveedor. Para el primero en sentido de mantener activos sin movimientos para generar valor y para el segundo porque asume costos logísticos y bodegaje de insumos o materiales sobreofertando sus activos, devaluando el bien.

Se debe tener presente que las principales empresas mineras facturan a sus proveedores de bienes de acuerdo con los contratos pactados. Las fechas de pagos de estos contratos fluctúan entre los 30 a 60 días posteriores a la entrega de la compra. Diversas empresas de menor envergadura sus plazos de pagos bordean los 30 días. Las empresas mandantes preferirían pagar cuando se utilice el bien o insumos comprado y no antes, mejorando de esta forma su relación inventario/patrimonio. Como se describe

en el punto 6.3 el porcentaje de ingreso respecto a los ingresos totales está definido en la Tabla 7: Tabla de Segmentación de clientes.

## **6.9. Métricas Claves**

Los indicadores de desempeño de seguimiento y control están los siguientes:

- i. Disponibilidad de los recursos físicos e intelectuales claves. El enlace sinérgico de la organización está dado por las disponibilidades de los equipos físicos, como las impresoras 3D, materiales e insumos respectivos y los recursos intelectuales correspondiente al equipo creativo que lo componen los diseñadores e ingenieros. La disponibilidad de los equipos se mide en porcentaje, por lo general lo óptimo es sobre el 90%. A su vez, los recursos intelectuales se miden por unidad disponible de equipos, es decir, siempre debe estar cubierta con personal las disponibilidades de los equipos.
- ii. Rendimiento de las actividades claves de logística y captación de clientes. La logística de suministros y de entrega de los productos serán medidas por indicadores porcentuales, apuntado en ambos casos sobre el 90% considerando excepciones para las actividades críticas los cuales se deben cumplir en 100%. Respecto a la captación de clientes los indicadores deben ser medidos por ratios ingreso/clientes de orden ascendente.
- iii. Satisfacción de los clientes y socios claves especialmente los de contratos. Mantener conforme y satisfecho al cliente, también a los socios claves dando cumplimiento con lo contractado. Estos indicadores deben ser de los más importantes, será de las bases para sostener los resultados. Generando un ambiente de confianza entre la empresa sus clientes y socios claves.





Ilustración 5: Lienzo Lean Canvas.

## 7. DESPLIEGUE DEL PLAN DE NEGOCIO

Se refiere a la combinación estratégica de los cuatro elementos básicos de la mezcla de marketing: producto, precio, distribución y promoción. Tiene como resultado una oferta completa que consiste en una serie de atributos físicos (tangibles), de servicio (intangibles), y simbólicos (perceptuales) diseñados para satisfacer las necesidades y los deseos del cliente. Se esfuerza por superar la mercantilización mediante la mejora del servicio y los elementos simbólicos de la oferta.

### 7.1. Plan o Estrategia Comercial (4P)

¿Qué se puede hacer para que este plan de negocios sea importante y viable en este mercado? Se responde esta pregunta y se pone atención al programa de marketing planteado a través de los siguientes cuatro elementos 4P:

i) **Productos.** Se trata de la entrega de beneficios que mejoran la situación o resuelven los problemas de los usuarios o clientes. Estos entran en la categoría de productos de negocio, y en la subcategoría de partes de componentes dado que se destinan a la reventa, la fabricación de otros productos o el uso en las operaciones de una empresa. Se compete en un mercado de productos altamente especializado en minería. También podríamos mencionarlos como productos terminados que forman parte de un producto terminado más grande. Se compran con base en especificaciones o estándares de la industria. Los productos fabricados mediante tecnología de impresión 3D son similares a los producidos por los proveedores originales y estos productos serán los mismos sin importar donde se adquieran. Sin embargo, los productos creados mediante la tecnología 3D tienen una ventaja en el mercado de productos especializados, una de ellas y tal vez la más importante es la fabricación in situ, con las características únicas que requiere el usuario. Por otro lado, se ofrece una selección muy amplia de productos que van desde artículos elaborados con materiales de PLA (plásticos) hasta crear materiales fabricados con metales. En cambio, los proveedores originales cuentan con una diversidad bastante más limitada de insumos o materiales. Los usuarios y clientes consumidores de insumos mineros independiente del mecanismo de fabricación están igualados en términos de competitividad del producto final, debido a las características y beneficios que ofrece el insumo. Las ventajas competitivas entre ambos mecanismos de fabricación son principalmente las mencionadas, luego de eso desaparecen rápidamente otras competencias.

La línea de productos que se ofrecerá será tan amplia como también de gran variedad en la mezcla de productos. Al ofrecer esta estrategia de productos, el plan de negocio puede diversificar su riesgo por medio de una cartera de ofertas de productos específicos de la minería. Además, es posible utilizar un amplio espectro de productos para capitalizar la fortaleza y la reputación del plan de negocio planteado.

Designed around the chemistry and powder supply chain of  
**metal injection molding (MIM)**



Ilustración 6: Piezas metálicas fabricadas por Metal Injection Molding (MIM).<sup>38</sup>

En la Ilustración 6, se muestran piezas que parten del concepto de MIM, que es una tecnología de varias décadas. Funciona mezclando el metal con un polímero aglomerante formando pellets o polvo que se utiliza como materia prima en moldes para dar diseño final y finalmente se solidifica en horno, entregando el producto final.



Ilustración 7: Piezas fabricadas con impresoras 3D.<sup>39</sup>

En cambio, Ilustración 7 el pellets o polvo de materia prima tiene una forma de filamento ya preparado, y se incorpora a la impresora 3D que hace todo el trabajo hasta entregar el producto finalizado.

ii) **Precio.** Dada la estructura específica del mercado minero, el precio es un aspecto lógico para competir contra los actuales grandes proveedores. Sin embargo, existe poca diferenciación de precios en el mercado de los insumos para el mantenimiento de los equipos. Esto es especialmente cierto respecto a los insumos básicos y de fácil acceso, cuyos precios son más o menos los mismos en los múltiples competidores.

Cabe destacar que para esta tesis la penetración de mercado es la principal estrategia de entrada, y con ello instaurar que los insumos o productos creados a través de manufactura aditiva es alternativa sustentable para el negocio minero. Es importante también que a través de los productos haya una gran diversificación de precios, esto con el objetivo de competir con bases a los precios de los proveedores existentes y la industria en general.

<sup>38</sup> Fuente: *Presentación en primicia Desktop Metal, impresoras 3D en metal. Amadeo Corrius.*

<sup>39</sup> Fuente: *SmartTech Analysis, <https://www.3dnatives.com/es/fabricacion-aditiva-de-metal-en-la-produccion-111220192/>*

Tanto la empresa como sus clientes se preocupan por el valor percibido. El valor para los clientes es muy variable y van desde una alta calidad del producto, mientras que otros lo perciben solo como un precio bajo para reducir costos operacionales. Este plan de negocios definirá el valor como la apreciación subjetiva del cliente minero de los beneficios con relación de los costos, determinando el valor de la oferta de productos de una empresa a través de impresión 3D o manufactura aditiva con referencia a otras ofertas de productos de proveedores actuales. Una fórmula simple para el valor podría ser:

$$\text{Valor percibido}^{40} = \frac{\text{Beneficios para el cliente}}{\text{Costos para el cliente}}$$

*Ecuación 3: Valor percibido*

Los *beneficios para el cliente*, en este caso, las empresas mineras incluyen todo lo que esté en la oferta de productos, como la calidad, la satisfacción, el prestigio/la imagen y la solución de un problema. Los *costos para los clientes* mineros son todo aquello a lo que debe renunciar como dinero, tiempo, esfuerzo y todas las alternativas no seleccionadas (costos de oportunidad). Cabe destacar que el costo más aferrado a las grandes empresas en la confianza y tiempos contractuales que ligan al mandante con las empresas proveedoras multinacionales. A pesar de que el valor es un componente clave en el establecimiento de una estrategia de precios viables, el valor depende de mucho más que los precios.

La descripción de los objetivos comunes de la fijación de precios para este plan de negocios se focaliza en la coincidencia competitiva, diseñado para igualar o mejorar los precios de los competidores. El objetivo es mantener la percepción de mayor valor en relación con la competencia.<sup>41</sup>

iii) **Plaza (Distribución).** Los grandes proveedores mineros de la actualidad han invertido muchos recursos en su sistema de distribución. Sin embargo, este plan de negocios hará competencia optimizando la gestión de la cadena de suministro. Un área donde se obtiene una clara ventaja es la ubicación de las instalaciones, la cual estará en la ruta minera que va desde el sector La Negra en la ciudad de Antofagasta hasta el sector Puerto Seco de la ciudad de Calama. Este plan operará con una instalación inicial la ciudad de Antofagasta, al servicio de mil doscientos de usuarios y doscientos clientes, dispuestos en alrededor de diez empresas mineras de la región. La stampa física que pretende dejar este plan de negocio, respecto a la distribución de sus productos, viene asociada a la cadena logística de los insumos, tal como se presentó en los capítulos

---

<sup>40</sup> Los beneficios para el cliente incluyen todo lo que este de la oferta de productos, como la calidad, la satisfacción, el prestigio/la imagen y la solución de un problema. Los costos para los clientes son todo aquello a lo que el cliente debe renunciar como dinero, tiempo, esfuerzo y todas las alternativas no seleccionadas (costos de oportunidad). A pesar de que el valor es un componente clave en el establecimiento de una estrategia de precios viables, el valor depende de mucho más que los precios. De hecho, está íntimamente ligado a todos los elementos en el programa de marketing y es un factor clave en la satisfacción y la retención de clientes.

<sup>41</sup> Estrategia de marketing, sexta edición. O.C. Ferrell, Michael D. Hartline. CENGAGE Learning. Pág. 167.

anteriores, en la *Ilustración 3: Beneficio tiempo de la impresión 3D comparada con la tecnología convencional*. Es importante mencionar que los usuarios y clientes mineros son verdaderos amantes de los proveedores actuales, algo muy difícil de copiar, sin embargo, las políticas actuales y nuevas formas de sustentar el negocio, hace relevantes utilizar las tecnologías 4.0 especialmente la fabricación aditiva.

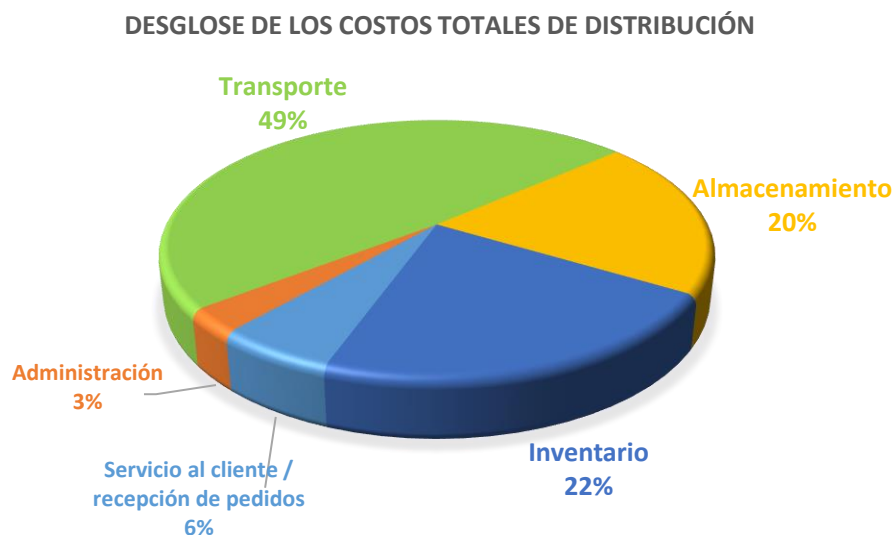


Gráfico 10: Desglose de los costos totales de distribución<sup>42</sup>

El Gráfico 10, se desglosan los costos totales de distribución dedicados a las actividades claves. Se debe considerar que el 42% de estos gastos están directamente relacionados con el almacenamiento e inventarios factores claves para asegurar la disponibilidad de los productos o insumos a los usuarios. Para gestionar estos costos de manera eficaz, la estrategia de distribución debe equilibrar las necesidades de los clientes con las de la empresa.

La estructura del canal de distribución habrá de carácter exclusivo para las empresas que apliquen la estrategia de este plan de negocio con derechos preferenciales de productos en una región geográfica definida, en este caso la región de Antofagasta. Esta distribución se asocia comúnmente a productos de equipos industriales importantes, segmentados en un mercado único y bien definido. También habrá una estructura distributiva más selectiva para aquellas empresas donde los usuarios necesiten la oportunidad de comparar precios y requieran un servicio de postventa más importantes. De momento, no está en estudio una distribución intensiva.

iv) **Promoción.** Es muy difícil construir una ventaja competitiva con base en la promoción por sí sola, ninguna empresa es capaz de lograrlo per se. Los grandes proveedores actuales de las mineras de la región de Antofagasta tienen un

<sup>42</sup> Fuente: De "Proportion Cost of Each Distribution Function as a Percentage of Total Distribution Costs". *Estrategia de marketing, sexta edición*. O.C. Ferrell, Michael D. Hartline. CENGAGE Learning. Pág. 172. Figura 6.7.

posicionamiento fuerte y muy conocidos en el mercado, a su vez, las más pequeñas poseen una estrategia de promoción más bien presencial y provenientes en su mayoría con productos estándares, y de fácil acceso.

En cierto modo, las compañías compiten con diferentes paradigmas. A pesar de los desafíos, otra cosa que este plan de negocios tiene a su favor es la profunda transformación que los proveedores actuales deben considerar respecto a la Ley n° 20.920, llamada Ley de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (REP), que tiene como objetivo principal establecer una industria que se responsabilice por sus productos a través de la prevención de generación de residuos y de su recuperación y reciclaje, que la consideran una gran amenaza. Este hecho llevará a las grandes marcas proveedoras de la minería invertir millones de dólares a cambio de aproximadamente los porcentajes que actualmente dominan de sus negocios mineros. En cambio, este plan de negocios convertirá sus negocios en una nueva virtud de los mercados emergentes y sustentables. Para las empresas mandantes de la gran minería de la región de Antofagasta, tener el acceso a una gran oportunidad digital es fundamental para el lanzamiento la transformación de fabricación aditiva con impresoras 3D.



Ilustración 8: Componentes de la estrategia de las IMC<sup>43</sup>

<sup>43</sup> IMC (Integrated Marketing Communications) se refiere al uso estratégico y coordinado de la promoción para garantizar el impacto a los clientes potenciales de la empresa.

## 7.2. Plan Operacional

Este plan de negocios considera los procesos de inversión y su funcionamiento, divididos en tres etapas principalmente: suministro, fabricación y distribución, de acuerdo con Ilustración 1: Supply chain (cadena de suministro), en conjunto con sus respectivos requerimientos técnicos, de personal y capital. Se fundamenta en enfocarnos en el suministro, fabricación de piezas y distribución de los productos. En todo el ciclo de supply chain el servicio, atención y trabajo con el cliente son muy importantes, la calidad de los productos y la información obtenida de la satisfacción de los clientes. De esta forma se puede traspasar el valor agregado que la compañía genera.

Las etapas específicas para esta función consideran:

### I. Suministros

La fibra de carbono *Fiber™* se utiliza para reforzar otros materiales, generalmente termoplásticos. Su objetivo principal es hacer piezas más fuertes y ligeras, ambas propiedades demostrando ser muy atractivas para aplicaciones de ingeniería en una amplia gama de industrias. Sin embargo, y este será nuestro enfoque principal aquí, la impresión 3D de fibra de carbono continua proporciona mucha más fuerza y posibilidades de refuerzo. Básicamente, la impresora pone una hebra continua de fibra de carbono en una pieza mientras se imprime en 3D. En este método, largas y continuas hebras de fibra de carbono se mezclan con material base termoplástico durante el proceso de impresión 3D. El material base, también llamado material de matriz, puede ser PLA, ABS, Nylon, PETG, PEEK, o casi cualquier otro termoplástico. Este método de impresión 3D de fibra continua ofrece piezas extremadamente fuertes y ligeras, más que la impresión 3D de filamento de carbono con una gran distribución de carga en toda la pieza fabricada.

El costo de este material bordea los USD75/Kg, la velocidad de operación es de 45 mm/s, con capas de 0,15mm. Su resistencia es de 55 MPa en los ejes X e Y, en el eje Z su resistencia es de 18 MPa.

Los materiales disponibles para impresoras 3D de metal son: aluminio, titanio, níquel, cobre, bronce, cobalto, cobalto – cromo, acero y metales preciosos como oro, plata y platino. Se encuentran en diferentes formatos dependiendo del método de operación tales como polvo, cable o filamento. El costo de cada material depende de sus composición y estructura molecular, y volumen utilizado en cada producto.

El costo de fabricación de una pieza de inyección de aglutinante y de tinta de un solo paso, el Production System™ P-50 es de aproximadamente USD1,000 - USD2,000 (incluyendo acabado). Sin embargo, todavía es pronto para evaluar el costo operativo total de estos sistemas.

## Impresoras

Con la finalidad de cubrir los requerimientos de clientes objetivos y potenciales otros usuarios que necesiten los servicios de impresión 3D se ha seleccionado dos tipos de impresoras de diferentes características de velocidad, definición y versatilidad. Las características se muestran a continuación:

### i) Especificaciones de Fiber™ Printer

<i>Especificaciones técnicas impresora 3D Fiber™ Printer.</i>		
<b>Technology</b>	Print technology	Micro Automated Fiber Placement (μAFP™) Fused Filament Fabrication (FFF)
	Print system	CoreXY with robotic tool change
<b>Performance</b>	Max build rate	20 cm <sup>3</sup> /hr (1.2 in <sup>3</sup> /hr)
	Layer height	130 μm – 250 μm
<b>Physical</b>	External dimension	586 x 620 x 939 mm (23.1 x 24.4 x 37.0 in)
	Weigth	60 kg (132 lbs.)
	Build envelope	FFF: 310 x 240 x 270 mm (12.2 x 9.4 x 10.6 in) μAFP™: 230 x 230 x 270 mm (9.0 x 9.0 x 10.6 in)
	Build plate	Heated up to 149 °C (300 °F)
	Print Sheet	Magnetically coupled, flexible spring steel sheet, double-sided, reusable
	Nozzle diameter	0.40 mm
	Onboard controls	7-inch touchscreen display
	<b>Electrical</b>	Power requirement
<b>Media</b>	FFF build media	Thermoplastic filament + chopped fiber Diameter: 1.75 mm (0.07 in)
	μAFP™ build media	Thermoplastic μAFP™ prepreg tape + continuous fiber Width: 3 mm (0.12 in)
	Compatible material systems: Fiber™ LT	Nylon (PA6) + Carbon Fiber Nylon (PA6) + Fiberglass
	Compatible material systems: Fiber™ HT	Nylon (PA6) + Carbon Fiber Nylon (PA6) + Fiberglass PEEK + Carbon Fiber PEKK + Carbon Fiber

Tabla 8: Especificaciones técnicas impresora 3D Fiber™ Printer.



ii) Especificaciones de Desktop Metal Production System

La tecnología de inyección de aglutinante y de tinta de un solo paso, el Production System™ P-50 está diseñado para ser la forma más rápida de imprimir piezas metálicas 3D a escala.

<i>Especificaciones técnicas impresora 3D Desktop Metal Production System.</i>		
<b>Technology</b>	Print technology	Single Pass Jetting™
<b>Performance</b>	Max build rate	12.000 cm <sup>3</sup> /hr (732 in <sup>3</sup> /hr)
	Layer thickness	30 μm – 200 μm
<b>Physical</b>	External dimension	1,900 x 5,000 x 1,900 mm (74.8 x 196.9 x 74.8 in)
	Weigth	4,751 kg (10,476 lbs.)
	Build box envelope	490 x 380 x 260 mm (19.2 x 15.0 x 10.2 in)
	Onboard controls	7-inch touchscreen display
<b>Electrical</b>	Power requirement	380 – 480 V, 50/60 Hz, 3-phase, 4 wire 60 Amp
<b>Powders</b>	Material platform	Open platform (third party MIM powders)

Tabla 9: Especificaciones técnicas impresora 3D Desktop Metal Production System.

### Ordenadores

Para un trabajo óptimo en terreno de adquirirían dos computadores Macbook Pro13” Intel Core i5 16GB RAM 1TB SSD. Estos equipos cuentan con gran capacidad comunicacional y accesibilidad a softwares actualizados. Tienen una vida útil por sobre otras marcas que ofrece el mercado sobre los 5 años efectivos. Mejorando la depreciación del equipo durante la etapa de inversiones. La capacidad de almacenamiento no es impedimento para su óptimo rendimiento, ya que hoy en día, el sistema cloud (nube) es infinitamente más económico que los discos de almacenamiento masivo dispuesto en los equipos portátiles. El precio unitario bordea los \$2.000.000.-. El total de la inversión en ordenadores será de \$4.000.000.- Estos equipos tienen una excelente aceptabilidad entre los usuarios y excelentes calificaciones en relación precio/calidad.

## Software 3D Printer

Diseñar el archivo 3D de las piezas para fabricación en formatos compatibles con los equipos seleccionados, sería SolidWorks porque es un software eficiente, práctico en uso, además la empresa ofrece servicios en línea de capacitación y asistencia técnica. Los requisitos básicos para este software es tener para eDrawings para Mac el sistema operativo actualizado con macOS Catalina (10.15), MS Office 2016 - 2019 (64 bits), procesador 3,3 GHz o superior, RAM de 16GB, se recomienda unidades de estado sólido para obtener un rendimiento óptimo.<sup>44</sup>

Existen otros softwares disponibles como: 3DprinterOS, Astroprint, BuildBee, MarketFleet y otros. Sus precios varían entre USD9.90/mes hasta USD50.00/mes y más.

Esta etapa del proceso la realizará un sólo programador, en un principio, de acuerdo con la demanda estudiada. Sin embargo, habrá mínimo dos programadores disponibles para reemplazo. Es fundamental la gestión de cola lineal de impresión, el tiempo estimado y consumo de materiales e insumos con el objetivo de optimizar los recursos asignados, maximizando el rendimiento de las impresoras y el número de piezas por impresión, asegurando calidad y viabilidad del proyecto. Se considera además un software que brinde servicios de optimización para gestionar de mejor manera la cadena de valor.

## II. Fabricación

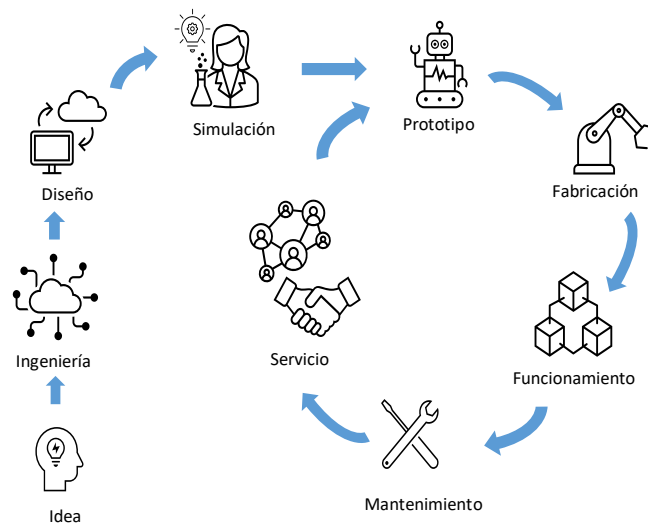


Ilustración 9: Diagrama de procesos

<sup>44</sup> Fuente: <https://www.solidworks.com/es/support/system-requirements>

De acuerdo con la Ilustración 9: Diagrama de procesos, el alma de la cadena de valor es el prototipo, el cual tiene dos canales de entrada. Por una parte, la proveniente de una idea, para luego desarrollar la ingeniería de la idea o innovación, posterior a ello diseñar las piezas con el software de impresión 3D en los computadores, el equipo experto comenzará con las simulaciones para su óptima calidad. Aprobadas todas las etapas antes mencionadas se llega al alma del proceso que es el prototipo. El otro canal de entrada es el proveniente del ciclo virtuoso del proceso productivo de la fabricación aditiva que lo componen, principalmente, el servicio donde se obtiene el requerimiento o necesidad de los productos para satisfacer del cliente o usuario (características técnicas del producto), alcanzado este ítem se procede a la fabricación aditiva en impresora 3D del producto. Luego se debe analizar el funcionamiento del proceso, mejoras, posibles desviaciones y cumplimiento de objetivos. Con los datos recopilados se deben programar los mantenimientos preventivos (soporte técnico) de los equipos para evitar posibles fallas fuera de programa y alteren el óptimo comportamiento del ciclo. Para completar el ciclo, se debe medir el nivel de satisfacción de los resultados internos en la organización y externos para los usuarios.

### III. Distribución

Producto que la ubicación física de las instalaciones de fábrica de este plan de negocios es la región de Antofagasta, el medio de transporte elegido es el terrestre. El volumen de cada uno de los productos es pequeño, sin embargo, habrá distintas características técnicas económicas que genera una diferenciación en su transporte. Para los productos exclusivos habrá un transporte personalizado y dirigido internamente por la organización. En cambio, cuando haya productos de fabricación masiva y estándar se utilizará un servicio de transporte externo, con destino a las bodegas de los clientes. Complementado con ítem anterior Plan o Estrategia Comercial (4P) punto plaza (distribución).

#### Clientes

Utilizando el potencial de internet para conectarse con los clientes, poniendo un esfuerzo adicional en crear una visión integral de 360 grados de cada uno. Se almacena en una base de datos información de ellos en todas las aristas donde se comunica con el cliente: ventas, programas de lealtad, encuestas, publicidad por correo directo, promociones de ventas y programas de afiliación. Crear comunicaciones personalizadas con productos para cada uno de clientes de la base de datos.

Para desarrollar aún más las relaciones con los clientes, se ampliará la gama de productos más allá de los productos básicos o estándares que se fabricarán. Para fortalecer los vínculos sociales con los clientes, se deberán desarrollar aplicaciones para smartphones de diferentes sistemas operativos y e-commerce a través de páginas web o redes sociales como LinkedIn.

Otra virtud que se obtendrá mediante esta estrategia es la capacidad para integrar y aprovechar la gran cantidad de datos que recopilará de los clientes. Sin embargo, no se debe perder el enfoque de la vieja escuela para entender las reales necesidades de los clientes, trabajar socialmente comprendiendo la importancia de las relaciones sólidas.

Este plan de negocio expresa lo siguiente: “Mientras la competencia se centra en las ventas, nosotros en la sustentabilidad del mercado de nuestros clientes. Los apoyamos a formar una alianza de economía circular, regenerativa y restaurativa, caracterizada por tener un enfoque sistémico del desarrollo económico, sobre la cadena de valor y todo el ciclo de vida. Para transitar por el uso eficiente de los recursos. Creando una industria con mejor gestión de materiales de fabricación y desarrollo, alineado con las exigentes políticas medioambientales. Reformulando diseños con una gran variedad de productos mejorando los existentes. Permitir a los mercados mineros reducir considerablemente los desperdicios de fabricación. Ese es el mérito”.

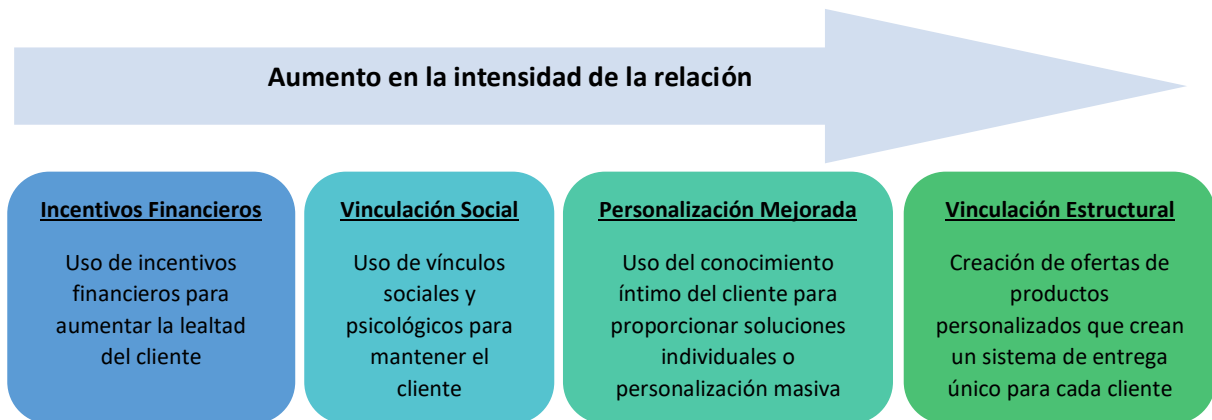


Ilustración 10: Estrategias para mejorar y mantener las relaciones con los clientes

### 7.3. Plan Organizacional

La estrategia organizacional estará orientada hacia el mercado, donde cada nivel de la organización se enfoca en servir a las necesidades del cliente. Cada nivel sirve a los niveles superiores e inferiores al realizar cualquier acción necesaria para garantizar que cada uno ejecute correctamente su función. Para este plan, la función de la dirección ejecutiva es garantizar que los trabajadores tengan todo lo necesario para realizar su labor. Esta filosofía laboral de servicio se incorpora a todos los niveles de la organización, incluyendo los clientes. Por lo tanto, el trabajo de un gerente es garantizar hasta la primera línea operativa sean capaces y eficientes en desarrollar sus funciones. El resultado final del diseño orientado hacia el mercado es enfocarse por completo en las necesidades del cliente. Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

El soporte básico integral que tendrá la organización se alinea con el desempeño de cada nivel del organigrama. La estrategia organizacional de este plan de negocios

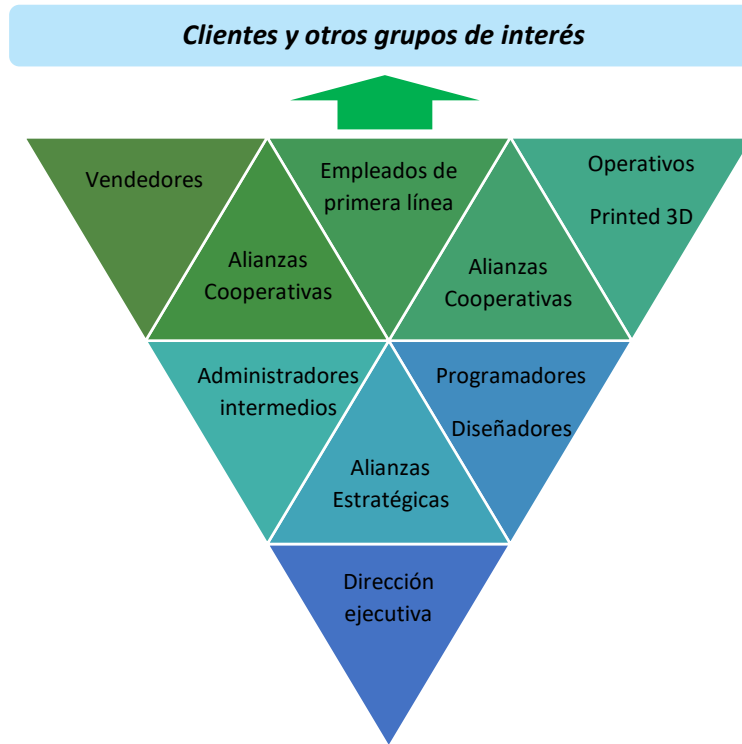
estará soportada por un marco organizacional con la estructura de Cuadro de Mando Integral<sup>45</sup> y contará con tres niveles: el primer nivel está enfocado a los trabajadores de primera línea, compuestos por vendedores de trato directo y los operativos de apoyo en la impresión de piezas en las impresoras 3D, este nivel desarrolla estrategias de alianzas cooperativas entre ellos, dando soporte a la organización para entregar la mejor satisfacción al cliente; el segundo nivel se encuentra con alianzas de tipo estratégicas, es el nexo entre la alta dirección y la primera línea operativa, responsables entregar todos los recursos necesarios a los trabajadores para que ejecuten sus funciones adecuadamente. En este nivel se encuentran profesionales como los programadores, diseñadores, administradores intermedios de carácter técnicos y económicos. El último nivel es la dirección ejecutiva, equipo que debe centrar sus esfuerzos en la estrategia organizacional de índole financiero, clientes, procesos internos y del aprendizaje, asegurando la sustentabilidad del crecimiento de la organización.

Cinco principios que utilizará este plan de negocios, con base en el cuadro de mando integral de Kaplan & Norton están adheridos a:

1. Traducir la estrategia en términos operativos. La estrategia organizacional estará ilustrada con relaciones causa y efecto, donde se muestre la manera en la que los activos intangibles sean tan valiosos que se transformen en valor para los clientes. Esto dentro de un marco común de referencia para todos los trabajadores. *Estrategia y Visión.*
2. Alinear la organización con la estrategia. Vincular las diferentes áreas funcionales a través con las prioridades y objetivos comunes. Creando sinergia en la organización, que garantice que todos los esfuerzos estén coordinados.
3. Hacer de la sinergia el trabajo diario de todos. Trasladando la estrategia de la plana ejecutiva a la primera línea de la organización. Hacerlo por medio de la comunicación, la educación y respeto permitiendo a los trabajadores establecer objetivos personales y vincular los incentivos con el cuadro de mando integral.
4. Hacer de la estrategia un proceso continuo. Realizando reuniones periódicamente para revisar el desempeño de la estrategia con los KPIs propuestos. También establecer procesos mediante el cual la empresa puede aprender y adaptarse conforme la estrategia evoluciona de acuerdo con mercado competitivo.
5. Movilizan el cambio a través del liderazgo ejecutivo. Liderar enérgicamente los compromisos, quienes conducen la estrategia y el cuadro de mando integral. Garantizando que la estrategia mantengo el impulso. Los líderes también deben hacer esfuerzos para mantener la estrategia para el futuro progreso de la organización.

---

<sup>45</sup> Robert S. Norton Kaplan y David P. Norton. "Using the balanced scorecard as a Strategic Manangment System". Harvard Business Review (2005).



*Ilustración 11: Estructura organizacional orientada al mercado*

## 8. PLAN ECONÓMICO – FINANCIERO

El plan económico - financiero viene dada por el conjunto integral de la demanda, costos, ingresos e inversiones que permitirán medir la rentabilidad y analizar la viabilidad económica del plan de negocio planteado. Con las estimaciones analizadas será posible determinar si el proyecto es económicamente viable y sustentable.

### 8.1. Demanda de servicios

Como se muestra en la Tabla 10, el presente plan de negocios considera penetrar en el 0,2% de la demanda total anual de materiales consideradas por cada gran minera de la región de Antofagasta. La demanda estimada se cubre mediante dos equipos de manufactura avanzada como la impresión 3D en metales, correspondiente a la tecnología minera 4.0. Utilizando materias de fabricación en un equipo con productos de fibra de carbono; en tanto, en el otro equipo se fabricarán materiales con aleaciones de acero titanio y acero cromo.

Producción por mina de región de Antofagasta (miles TM cobre fino)				kUSD (Plan)	% Penetración
<i>Mina</i>	<i>2019</i>	<i>% Producción</i>	<i>kUSD Materiales</i>		
<i>Div. Gabriela Mistral</i>	104	4%	49.304	92	0,2%
<i>Div. CH-RT-DMH</i>	804	28%	381.158	712	0,2%
<i>Escondida</i>	1.188	42%	563.204	1.051	0,2%
<i>Zaldívar</i>	116	4%	54.993	103	0,2%
<i>El Abra</i>	82	3%	38.874	73	0,2%
<i>EL Tesoro</i>	81	3%	38.400	72	0,2%
<i>Lomas Bayas</i>	79	3%	37.452	70	0,2%
<i>Esperanza</i>	196	7%	92.919	173	0,2%
<i>Spence</i>	193	7%	91.497	171	0,2%
<b>Total, Antofagasta</b>	<b>2.842</b>	<b>100%</b>	<b>1.347.327</b>	<b>2.515</b>	<b>0,2%</b>
<b>Total, Nacional</b>	<b>5.787</b>				
Consumos materiales (2019)		kUSD	1.347.327		

Tabla 10: % penetración en cada minera con manufactura avanzada

En la Tabla 11 se muestran los volúmenes de materiales requeridos para satisfacer la demanda estimada, los cuales serán cubiertas con los equipos anteriormente descritos. Cabe mencionar para el equipo Metal Production se estiman incrementos de 2% anual en la demanda, a partir del tercer año productivo en adelante; en línea con el promedio de crecimiento país.

Demanda	Unid.	Años									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fiber Print (FP)	kcm <sup>3</sup>	24	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Metal Production MP (Ti)	kcm <sup>3</sup>	1.015	2.091	2.133	2.175	2.219	2.263	2.309	2.355	2.402	2.450
Metal Production MP (Cr)	kcm <sup>3</sup>	1.421	2.927	2.986	3.046	3.107	3.169	3.232	3.297	3.363	3.430

Tabla 11: Demanda en cm<sup>3</sup> de materiales según manufactura avanzada

## 8.2. Inversión

La inversión está dividida en dos categorías: en activos tangibles que corresponden a los equipos tecnológicos tales como las impresoras 3D, equipos computacionales, softwares; y los activos intangibles necesarios en las inversiones tales como los costos para iniciar actividades y las capacitaciones correspondientes tanto para operadores de los equipos como los mantenedores. Los montos asociados a la inversión están figurados en la Tabla 12, que se presenta a continuación:

Item	Año 0
<b>Inversiones</b>	
<b>Activos tangibles</b>	\$ CLP
Terreno	0
Equipos Tecnológicos	541.507.500
Infraestructura	10.000.000
Equipamiento	18.000.000
Materiales	17.026.509
<b>Activos intangibles</b>	
Inicio Actividades	4.000.000
Capacitación	6.000.000
<b>Totales Inversiones</b>	<b>596.534.009</b>

Tabla 12: Resumen de Inversiones de activos (\$ CLP)

## 8.3. Costos operacionales

Los costos operacionales de este plan de negocios vienen dados por dos variables, el primero son los costos fijos que se mantienen en corto y mediano plazo del plan y no dependen de la demanda; y los costos variables que son aquellos dependientes de la demanda, varían de acuerdo con la producción, ambos están definidos y costeados en la Tabla 13.



- **Costos fijos:** corresponden a la categoría de remuneraciones con un 60% de los costos fijos totales; el otro 40% se distribuye en arriendo del taller, equipos de protección personal, viajes de negocios, publicidad y promoción de los productos, telefonía e internet, mantenimiento de transporte, mantenimiento de equipos y los gastos generales.
- **Costos variables:** corresponden a la categoría de materiales necesarios para producir insumos o productos a través de la manufactura avanzada, éstos son tres: material de fibra de carbono para fiber print y de aleación de acero con titanio y acero con cromo para el equipo metal production system.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Costos Operacionales</b>										
<b>Costos Fijos (M\$ CLP)</b>										
Remuneraciones	-274.800	-283.044	-291.535	-300.281	-309.290	-318.569	-328.126	-337.969	-348.108	-358.552
Arriendo Taller	-48.000	-49.440	-50.923	-52.451	-54.024	-55.645	-57.315	-59.034	-60.805	-62.629
EPP	-16.800	-17.304	-17.823	-18.358	-18.909	-19.476	-20.060	-20.662	-21.282	-21.920
Viajes	-12.000	-12.360	-12.731	-13.113	-13.506	-13.911	-14.329	-14.758	-15.201	-15.657
Publicidad y Promoción	-24.000	-24.720	-25.462	-26.225	-27.012	-27.823	-28.657	-29.517	-30.402	-31.315
Telefonía e Internet	-42.000	-43.260	-44.558	-45.895	-47.271	-48.690	-50.150	-51.655	-53.204	-54.800
Mantenimiento Transporte	-960	-989	-1.018	-1.049	-1.080	-1.113	-1.146	-1.181	-1.216	-1.253
Mantenimiento Equipos	-24.000	-24.720	-25.462	-26.225	-27.012	-27.823	-28.657	-29.517	-30.402	-31.315
Gastos generales	-12.000	-12.360	-12.731	-13.113	-13.506	-13.911	-14.329	-14.758	-15.201	-15.657
<b>Costos Variables (M\$ CLP)</b>										
Material Fiber Print	-21.955	-45.241	-45.241	-45.241	-45.241	-45.241	-45.241	-45.241	-45.241	-45.241
Material Metal Production System (Ti)	-322.594	-664.738	-678.033	-691.594	-705.425	-719.534	-733.925	-748.603	-763.575	-778.847
Material Metal Production System (Cr)	-76.857	-221.722	-226.156	-230.680	-235.293	-239.999	-244.799	-249.695	-254.689	-259.783
<b>Totales Costos Operacionales (M\$ CLP)</b>	<b>-875.966</b>	<b>-1.399.898</b>	<b>-1.431.673</b>	<b>-1.464.224</b>	<b>-1.497.571</b>	<b>-1.531.734</b>	<b>-1.566.733</b>	<b>-1.602.591</b>	<b>-1.639.328</b>	<b>-1.676.968</b>

Tabla 13: Costos operacionales del plan a 10 años (M\$ CLP)

## 8.4. Ingresos

Determinada la demanda de servicios, se procedió a definir la inversión inicial del proyecto, posteriormente calcular los costos operacionales asociados al plan. La estimación de los precios de los productos está presentada en la Tabla 14. Los productos de FC quieren decir fibra de carbono fabricados por el equipo Fiber Print; en cambio, los productos Ac-Ti y Ac-Cr son aleaciones de acero con titanio y acero con cromo, ambos al 14% de proporción fabricados con el equipo Metal Production System.

Precios	\$ CLP / cm <sup>3</sup>
Producto de FC	1.653
Producto de Ac-Ti	583
Producto de Ac-Cr	139

Tabla 14: Precios de los productos (\$ CLP/cm<sup>3</sup>)

Con los precios y la demanda estimadas se procede a construir la Tabla 15, donde se muestran las ventas o ingresos con un horizonte de tiempo 10 años. Cabe destacar que estos precios corresponden a segmentación de clientes tramo A definidas anteriormente en la Tabla 7: Tabla de Segmentación de clientes.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Ingreso (M\$CLP)</b>										
Fiber Print	40.251	82.942	82.942	82.942	82.942	82.942	82.942	82.942	82.942	82.942
Metal Production System (Ti)	591.421	1.218.687	1.280.352	1.305.959	1.332.078	1.358.720	1.385.894	1.413.612	1.441.885	1.470.722
Metal Production System (Cr)	197.267	406.490	427.059	435.600	444.312	453.198	462.262	471.507	480.938	490.556
<b>Totales Ingresos (M\$ CLP)</b>	<b>828.940</b>	<b>1.708.119</b>	<b>1.740.622</b>	<b>1.773.776</b>	<b>1.807.593</b>	<b>1.842.086</b>	<b>1.877.268</b>	<b>1.913.155</b>	<b>1.949.759</b>	<b>1.987.096</b>

Tabla 15: Ingresos estimados del plan a 10 años (M\$ CLP)

## 8.5. Determinación de capital de trabajo

Para la determinación del capital de trabajo, se construyó un flujo operacional mensualizado de un plazo de un año, se estima con los ingresos por ventas y los costos fijos del flujo de caja. Luego se calcula la diferencia entre ingreso y costo fijo acumulado. El capital de trabajo estará determinado por la diferencia acumulada menor (más negativa), equivalente a \$ 42.267.477 CLP identificada el segundo mes del primer año de operación.

Inputs	Año 1 (M\$ CLP)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Demanda</b>												
Fiber Print (FP)	-	984	1.230	1.476	1.722	1.968	2.214	2.460	2.706	2.952	3.198	3.444
Metal Production MP (Ti)	-	41.000	51.250	61.500	71.750	82.000	92.250	102.500	112.750	123.000	133.250	143.500
Metal Production MP (Cr)	-	57.400	71.750	86.100	100.450	114.800	129.150	143.500	157.850	172.200	186.550	200.900
<b>Precios</b>												
Precio (FP)	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653	\$1.653
Precio (Ti)	\$583	\$583	\$583	\$583	\$583	\$583	\$583	\$583	\$583	\$583	\$583	\$583
Precio (Cr)	\$139	\$139	\$139	\$139	\$139	\$139	\$139	\$139	\$139	\$139	\$139	\$139
<b>Ingresos (M\$ CLP)</b>												
Venta por FP	-	1.626	2.033	2.439	2.846	3.253	3.659	4.066	4.472	4.879	5.285	5.692
Venta por MP (Ti)	-	23.896	29.870	35.844	41.818	47.792	53.766	59.740	65.713	71.687	77.661	83.635
Venta por MP (Cr)	-	7.970	9.963	11.956	13.948	15.941	17.933	19.926	21.919	23.911	25.904	27.896
<b>Totales Ingresos</b>	<b>-</b>	<b>33.493</b>	<b>41.866</b>	<b>50.239</b>	<b>58.612</b>	<b>66.985</b>	<b>75.358</b>	<b>83.731</b>	<b>92.104</b>	<b>100.478</b>	<b>108.851</b>	<b>117.224</b>
<b>Costos Fijos (M\$ CLP)</b>												
Remuneraciones	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900	-22.900
Arriendo Taller	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000	-4.000
EPP	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400	-1.400
Viajes	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
Publicidad y Promoción	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000
Telefonía e Internet	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500	-3.500
Mantenimiento Transporte	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
Mantenimiento Equipos	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	-2.000
Gastos generales	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
<b>Totales Costos Fijos</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>	<b>-37.880</b>

Flujo Operacional (M\$ CLP)	-37.880	-4.387	3.986	12.359	20.732	29.105	37.478	45.851	54.224	62.598	70.971	79.344
Totales acumulado	-37.880	-42.267	-38.282	-25.923	-5.191	23.914	61.392	107.243	161.468	224.065	295.036	374.380
Capital de Trabajo	-42.267											

Tabla 16: Determinación de capital de trabajo

## 8.6. Determinación de tasa de descuento

Para la determinación de la tasa de descuento a utilizar se recomienda el 12% que es un valor altamente utilizado en los proyectos de carácter minero. Es un valor que absorbe la tasa libre de riesgo, del riesgo país, del riesgo del activo subyacente y riesgo de producción de cobre como es el caso de este plan de negocios. Por su parte Chile presenta un riesgo país muy bajo.

## 8.7. Resumen de Flujo de caja – 10 años

Para la evaluación del flujo de caja anual para un periodo de 10 años, se utiliza una tasa de descuento de 12%, financiamiento del 100% a través de patrimonio, una inversión inicial de MM\$ 597 CLP y un capital de trabajo aproximado de MM \$ 42 CLP. La Tabla 17, presenta el resumen de flujo de caja resumido a 10 años.

Inputs	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Ingresos</b>											
<b>Totales Ingresos</b>	-	828.940	1.708.119	1.790.353	1.824.501	1.859.332	1.894.860	1.931.098	1.968.061	2.005.764	2.044.220
<b>Totales Costos Operacionales</b>	-	875.966	1.399.898	1.431.673	1.464.224	1.497.571	1.531.734	1.566.733	1.602.591	1.639.328	1.676.968
Depreciación	-	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	74.036
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>	-	110.305	268.235	254.189	239.722	224.820	209.472	193.663	177.380	160.608	206.612
Pérdidas ejercicio anterior	-	-	103.977	-	-	-	-	-	-	-	-
Impuesto	-	-	36.823	75.432	75.832	76.203	76.544	76.854	77.130	77.371	73.304
<b>Utilidad después de Impuesto</b>	-	103.977	214.447	226.297	227.495	228.608	229.632	230.561	231.390	232.114	219.912
Depreciación	-	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	56.951	74.036
<b>Flujo Operacional</b>	-	47.026	271.397	283.247	284.445	285.559	286.582	287.512	288.341	289.064	293.948
<b>Inversión</b>	-596.534	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Totales Inversiones</b>	-596.534	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital de trabajo	-42.267	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recuperación Capital Trabajo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.267
Valor Residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.928.915
<b>Flujo de caja</b>	-638.801	-55.846	271.397	283.247	284.445	285.559	286.582	287.512	288.341	289.064	2.265.130

Tabla 17: Resumen de flujo de caja a 10 años (M\$ CLP)

Tasa de descuento	12%
VAN (M\$ CLP)	\$1.752.522
TIR	34%

Tabla 18: Evaluación económica en M\$ CLP

La Tabla 18, indica los resultados del plan entrega un VAN positivo de M\$ 1.752.522 CLP, una TIR de un 34% y un periodo de recuperación de la inversión de 36 meses, desde esta perspectiva el plan presentado es rentable.

## 9. ANÁLISIS DE RIESGOS

Identificando las principales variables que afectan el valor del proyecto utilizando el plan presente en esta tesis, y que pueden estar fuera de control o pudieran ser estimadas con márgenes no considerados y así determinar valores que hacen si el proyecto sea o no viable económicamente.

Para el siguiente análisis se realizan en dos sensibilizaciones. Se modela las fluctuaciones que podrían presentarse ante cambios en los ingresos obtenidos, como también en los costos causados durante la vida del proyecto. La variabilidad de los valores obtenidos en la tabla está estimada con base al VAN del proyecto; un ingreso con margen de 60% señala reducir los ingresos obtenidos durante toda la vida del proyecto en un 40%, en cambio, un ingreso de un 120% indica aumentar los ingresos obtenidos en un 20%. En el otro eje, significa que el costo del 90% representa una reducción de los costos del proyecto a lo largo de la vida en un 10% y un costo de un 120% corresponde a aumentar los costos del proyecto en un 20%.

La Tabla 19, señala las variaciones de VAN presentadas ante las sensibilidades de ingreso con relación a los costos en 42 escenarios diferentes. La tabla se presenta con colores identificatorios, las áreas verdes corresponden a las combinaciones que entregan mejores escenarios para el VAN. Por el contrario, las áreas rojas representan un VAN, negativo donde el proyecto ya no es rentable.

VAN		Ingreso						
		40%	60%	80%	90%	100%	110%	120%
Costos	80%	\$-1.093.711	\$202.315	\$1.498.342	\$2.146.355	\$2.794.369	\$3.442.382	\$4.090.395
	90%	\$-1.614.635	\$-318.608	\$977.418	\$1.625.432	\$2.273.445	\$2.921.458	\$3.569.472
	100%	\$-2.135.558	\$-839.532	\$456.495	\$1.104.508	\$1.752.522	\$2.400.535	\$3.048.548
	110%	\$-2.656.482	\$-1.360.455	\$-64.429	\$583.585	\$1.231.598	\$1.879.611	\$2.527.625
	120%	\$-3.177.406	\$-1.881.379	\$-585.352	\$62.661	\$710.674	\$1.358.688	\$2.006.701
	130%	\$-3.698.329	\$-2.402.303	\$-1.106.276	\$-458.263	\$189.751	\$837.764	\$1.485.777

Tabla 19: Análisis de sensibilidad de VAN, variables ingreso / costo (M\$ CLP)

En la Tabla 20, se presentan los mismos criterios antes señalados para determinar la sensibilidad a cambios del VAN, para los escenarios presentados ante efectos cambiantes para el caso de la TIR.

TIR		Ingreso						
		40%	60%	80%	90%	100%	110%	120%
Costos	80%	-	8%	30%	40%	49%	58%	66%
	90%	-	-	21%	32%	42%	51%	60%
	100%	-	-	12%	23%	34%	44%	53%
	110%	-	-	3%	14%	25%	36%	46%
	120%	-	-	-	5%	17%	28%	38%
	130%	-	-	-	-	7%	19%	30%

Tabla 20: Análisis de sensibilidad de TIR, variables ingreso / costo (%)

Adicionalmente, es posible encontrar los puntos de críticos, para los cuales el VAN presenta valor cero. Esto se cumple para un ingreso crítico del 73% para un costo del 100%. Desde el punto de vista inverso, para un costo crítico de 133% para un ingreso del 100%.

## 10. CONCLUSION

Los resultados obtenidos de la tesis presentan la factibilidad de un diseño del plan de negocios aplicando tecnología 4.0, de minería digital de manufactura avanzada para mantenimiento minero en la región de Antofagasta. Con la utilización de impresoras 3D con capacidades industriales de fabricación para crear piezas de acero esencialmente necesarios para el mantenimiento minero.

La demanda estimada en esta tesis indica una penetración de 0,2% respecto al presupuesto anual asignado para insumos para el mantenimiento minero de los principales yacimientos de la zona, equivalentes aproximadamente a USD 2.515.000 en la etapa madura del proyecto. El estudio de los presupuestos mineros para insumos está evaluado en 16% de los costos operacionales de la industria en la zona. Esta demanda será cubierta con dos impresoras; utilizando materias primas de fabricación en un equipo con productos de fibra de carbono y en el otro equipo se fabricarán materiales con aleaciones de acero. Los resultados de la formulación de los planes funcionales del plan de negocio indican una eficiente sinergia entre la dirección de la organización, sus recursos humanos, línea de producción, áreas de finanzas y marketing. Estas áreas muestran el gran potencial del proyecto con sólidos análisis de fuentes plenamente actualizadas a los desafíos de la industria minera actual y futura.

Con la implementación de manufactura avanzada estudiada en esta tesis, se logra mejorar el soporte de las operaciones mineras principalmente en la cadena de abastecimiento y áreas de operación. La mayoría de las empresas mineras tienen enormes inventarios, por lo que podrán imprimir una pieza o repuesto en un día y no necesitarán varios meses de existencias lo podría hacer una ventaja competitiva. Incluso se podría imprimir piezas bajo demanda, o alternativamente pueden tener un stock mínimo a mano y luego simplemente imprimir piezas de repuesto. La capacidad de establecer rápidamente una producción just-in-time hace que la manufactura avanzada resuelva problemas de aquellos que fabrican pequeños lotes de piezas altamente personalizadas que quieren escalar esa producción según sea necesario. Las tasas de desechos por la manufactura avanzada con impresoras 3D son sólo del 1% al 3%, y se espera que finalmente se acerque a 0%. El proceso también es de menos etapas de proceso y tiene un impacto ambiental menor producto a la eliminación del fabricación y transporte tradicionales a través de la cadena de suministro.

Gubernamentalmente, las legislaciones nacionales ofrecen un sólido respaldo a la industria minera y sus proveedores e internacionalmente con diversos tratados de libre comercio lo que genera un nicho de oportunidades para las nuevas tecnologías aplicadas a la minería. Económicamente se crean oportunidades de nuevos escenarios para emprendedores con carácter globalizado. Socialmente se destacan los movimientos sociales en el país y con ello exigencias de trabajadores ligados a la minería. Las piezas fabricadas con manufactura avanzada del punto de vista medioambiental están respaldadas por las organizaciones empresariales debido a su menor consumo de energía que los procesos convencionales y se aprovecha la versatilidad para crear piezas más livianas que lo largo de la vida útil de un producto acabado mejora su rendimiento. Las impresoras 3D siguen siendo máquinas de producción que requieren energía

convencional, sin embargo, con el avance de la tecnología estos podrán operar con energías renovables de gran avance en Chile y la región de Antofagasta.

Se destaca además la rivalidad de la industria, ya que los existen competidores que interactúan con múltiples factores como la concentración de empresas para un mismo mercado y existencia de grupos empresariales multinacionales. Se puede mejorar revisando los procesos internos de abastecimiento, a modo de agregar a estos un canal especial de contratación para aquellos proveedores que están emprendiendo y cuya oferta de valor esté basada en una innovación tecnológica que mejora la operación, con esto resolver necesidad para la economía circular.

El horizonte de análisis económico financiero a 10 años de ejecución indica que los resultados del plan entregan un VAN positivo de M\$ 1.752.522 CLP, una TIR de un 34%, con una tasa de descuento de 12% y un periodo de recuperación de la inversión de 36 meses, desde esta perspectiva el plan presentado es rentable. La inversión inicial asciende a M\$ 596.534 CLP, los equipos tecnológicos representan un 91% de la inversión. Respecto a los costos operacionales son los variables que representan en promedio un 64% de estos, concluyendo que se cubre la mayor parte de los costos fijos con las estimaciones presentadas, generando un buen potencial para seguir disminuyendo los costos fijos. Adicionalmente, es posible encontrar los puntos de críticos, para los cuales el VAN presenta valor cero, esto se ocurre cuando el ingreso crítico disminuye un 27% y manteniendo el costo en 100%, desde el punto de vista inverso, al mantener un ingreso de 100% y aumentando en el costo crítico en un 33% sobre lo presupuestado.

Se recomienda generar sinergias con empresas proveedoras de las materias primas dando énfasis en mejorar la calidad y reducción de costos; a su vez, con los clientes ya que es muy importante conocer anticipadamente las características de los productos a fabricar. La esencia de este plan es que los productos fabricados con impresión 3D sean idénticos o mejores que los otorgados por el fabricante original, deficiencias en los productos fabricados conducirá indudablemente a la falta de credibilidad del plan. Con relación a este riesgo un oportuno y apropiado producto con características fisicoquímicas idénticas a un menor costo a los originales serán claves para el éxito del proyecto.

Otros factores no menos importantes son las mantenciones preventivas y confiabilidad de las impresoras 3D, y stock de las materias primas. El primer punto, se gestiona con los fabricantes manteniendo línea constante y directa, con monitoreo online evitando mantenciones correctivas de los equipos y respetando los programas de mantenimiento. El segundo punto, se aborda realizando análisis de oferta y demanda de productos, poniendo énfasis en la sustentabilidad y sostenibilidad de la industria minera, enfocado en las nuevas formas de hacer minería, aplicando sofisticación tecnológica de tiempos modernos.

Este plan de negocios simboliza un importante cambio en la gestión de generación de materiales, mediante la fabricación aditiva con tecnológica 4.0 de la minería moderna, cambio que se adapta eficientemente a la economía circular. Los buenos resultados de la evaluación financiera económica se recomienda la ejecución de este plan de negocios.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Cochilco, Chile (consulta online, julio 2020)  
<https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Precio-de-los-Metales.aspx>
- 2) Desktop Metal (consulta online, julio 2020).  
[https://www.desktopmetal.com/industries/heavy\\_industry](https://www.desktopmetal.com/industries/heavy_industry)
- 3) Chile científico (consulta online, julio 2020). <https://chilecientifico.com/desafio-mineria-chile-diez-problemas-busca-de-solucion/>
- 4) Cochilco, Chile. Producción de Escondida año 2007.
- 5) Pagina online de Prof. Gustavo Lagos. Pontificia Universidad Católica de Chile.  
[http://www.gustavolagos.cl/uploads/1/2/4/2/12428079/clase\\_ejecutiva\\_2014-03\\_-\\_columna\\_el\\_mercurio\\_-\\_riesgos\\_en\\_las\\_operaciones\\_mineras\\_g.lagos.pdf](http://www.gustavolagos.cl/uploads/1/2/4/2/12428079/clase_ejecutiva_2014-03_-_columna_el_mercurio_-_riesgos_en_las_operaciones_mineras_g.lagos.pdf)
- 6) Minería Chilena (consulta online, agosto 2020).  
<https://www.mch.cl/2014/12/22/proveedores-de-la-gran-mineria-revelan-problemas-que-enfrentan/>
- 7) Víctor Babarovich, director del Programa del Congreso Internacional de Mantenimiento Minero (Mapla-Mantemin) 2019. DF Suplementos. Mantenimiento y Confiabilidad en la Minería. 09.10.2019.
- 8) Roadmap Tecnológico. Desde el cobre a la innovación. Pág. 191
- 9) How 3-D printing will transform the metals industry. Metal and Mining. Febrero 2017
- 10) Revista de negocios (consulta online, agosto 2020).  
<https://www.businessnewsdaily.com/5512-pest-analysis-definition-examples-templates.html>.
- 11) Sernageomin, Chile (consulta online, agosto 2020).  
<https://www.sernageomin.cl/mineria/>
- 12) Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales (consulta online, septiembre 2020). <https://www.subrei.gob.cl/2017/06/tratado-de-libre-comercio-chile-china/>
- 13) Codelco Chile (consulta online, septiembre 2020).  
<https://www.codelco.com/comercio-mercado-del-cobre/>
- 14) Cochilco, Chile (consulta online, septiembre 2020)  
<http://www.cochilco.cl:4040/boletin-web/pages/tabla16/buscar.jsf>



- 15) Portal minero, Chile (consulta online, octubre 2020) <https://www.portalminero.com/display/NOT/2014/01/10/EI+valor+del+mantenimiento+en+la+industria+chilena>
- 16) Cantallopis, Jorge. "El control de costos en momentos de incertidumbre del mercado del cobre". Cochilco.2019.
- 17) Cochilco, Chile (consulta online, octubre 2020). <http://www.cochilco.cl:4040/boletin-web/pages/tabla16/buscar.jsf>
- 18) The five competitive forces that shape strategy. Harvard Business Review by Michael E. Porter. January 2008.
- 19) Fundación Chile (consulta online, noviembre 2020). <https://fch.cl/agenda/lanzamiento-del-roadmap-digitalizacion-para-una-mineria-4-0>
- 20) Encuesta Gasto de Proveedores 2017. Cochilco DEPP 17/2018.
- 21) Portal minero, Chile. (consulta online, noviembre 2020). <https://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pagelId=112926444>
- 22) Reporte minero, Chile (consulta online, noviembre 2020). <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2017/12/escondida-baja-su-produccion-en-21-tras-extensas-huelgas-de-principios-de-ano>
- 23) Observatorio de Costos Cash Cost Cochilco 2019 vs 2018. Mayo 2020.
- 24) Garretón, M., Joignant, A., Somma, N. & Campos, T. (2018). Nota COES de Política Pública N°17: Informe Anual Observatorio de Conflictos, noviembre. ISSN: 0719-8795. Santiago, Chile: COES. Recuperado de: <http://146.66.69.139/~coes9219/>
- 25) Medel, Rodrigo (2018). Nota COES de Política Pública N°17: Informe Anual Observatorio de Conflictos, noviembre. ISSN: 0719-8795. Santiago, Chile: COES. Recuperado de: <http://146.66.69.139/~coes9219/>
- 26) Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (consulta online, diciembre 2020). <https://snifa.sma.gob.cl/Estadisticas/Resultado/2>
- 27) Encuesta de participación de empresas proveedoras en las operaciones y proyectos mineros. Gasto de Proveedores 2018. Cochilco DEPP17/2018.
- 28) Análisis del mercado de insumos críticos en la minería del cobre (2018) DEPP 04/2019.
- 29) Budge, Dave. CEO of Aurora Labs. <https://www.mining-technology.com/features/3d-printed-mining-parts/>

- 30) How 3-D printing will transform the metals industry. Metal and Mining. Febrero 2017.
- 31) Tesis: Análisis de expansión internacional de Komatsu Reman Center Chile con su modelo Electromechanical Shop (EMS). Evaluación de Estrategia de ingreso al mercado australiano en modalidad: Alianza Estratégica. Daniela Palacios Rozas. Prof. Enrique Jofré Rojas.
- 32) Asociación de Proveedores Industriales de la Minería (consulta online, diciembre 2020). <http://aprimin.cl/site/asociados/mayor-rendimiento-y-productividad-la-ventaja-competitiva-de-finning-cat/>
- 33) Minería chilena (consulta online, diciembre 2020). <https://www.mch.cl/entrevistas/george-robles-de-flsmidth-tenemos-que-estar-viendo-hacia-el-futuro/>
- 34) Minería chilena (consulta online, diciembre 2020). <https://www.mch.cl/2014/12/22/proveedores-de-la-gran-mineria-revelan-problemas-que-enfrentan/>
- 35) Pensamiento Lean y Economía circular en la minería <https://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageld=154535350>
- 36) Estrategia de Operaciones. Prof. Marcelo Olivares. MBA Minero Universidad de Chile. Diciembre 2020.
- 37) Informe expande. Ruta del emprendimiento en minería. 2019.
- 38) Presentación en primicia Desktop Metal, impresoras 3D en metal. Amadeo Corrius.
- 39) Fuente: SmartTech Analysis, <https://www.3dnatives.com/es/fabricacion-aditiva-de-metal-en-la-produccion-111220192/>
- 40) Estrategia de marketing, sexta edición. O.C. Ferrell, Michael D. Hartline. CENGAGE Learning. Pág. 167.
- 41) “Proportion Cost of Each Distribution Function as a Percentage of Total Distribution Costs”. Estrategia de marketing, sexta edición. O.C. Ferrell, Michael D. Hartline. CENGAGE Learning. Pág. 172. Figura 6.7.
- 42) Página de información de equipos de manufactura avanzada aditiva (consulta online, enero 2021). <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/3d-printers/carbon-fiber-3d-printers/>
- 43) Página de información de equipos de manufactura avanzada aditiva (consulta online, enero 2021). <https://www.solidworks.com/es/support/system-requirements>

44) Robert S. Norton Kaplan y David P. Norton. "Using the balanced scorecard as a Strategic Manangement System". Harvard Business Review (2005).

## 12. ANEXOS

### 12.1. Anexo A: Análisis PESTA

#### ***Entorno Político***

La industria minera representó el año 2019 un 9,3% del PIB, lo que soporta las legislaciones nacionales vigentes y no existe riesgo para mantener en observación. La legislación minera es sólida estando respaldada por el Estado y los gobiernos de turno.

Política internacional, Chile mantiene veintinueve acuerdos comerciales con sesenta y cinco mercados, que representan el 67% de la población mundial y el 88% del PIB global. Los TLC más importantes es con China, Estados Unidos y Unión Europea. El año 2019 entra en vigor el Protocolo de Modernización del TLC con China.<sup>46</sup> Esto demuestra la solidez del TLC vigente más relevante para el país.

#### ***Entorno Económico***

En cuanto a la apertura de nuevas oportunidades de mercado, una de las de mayor interés es la exploración de focos de demanda emergentes en economías en desarrollo que experimentan una fuerte expansión, como las de China e India. También se espera que otros países aumenten su consumo de cobre en la medida que avancen en sus niveles de desarrollo social y económico. El consumo per cápita de un país desarrollado, de entre 10 y 20 kilos al año, es diez veces mayor que el de los países en vías de desarrollo. ¿Será necesario el cobre en el futuro? La respuesta a esa pregunta es que será indispensable, en especial por las tendencias de una civilización que avanza hacia un mayor consumo de energía, un mayor uso de las tecnologías de la información y la comunicación, una mayor necesidad de confort y seguridad, y una mayor preocupación por el medio ambiente y la salud.<sup>47</sup>

#### ***Entorno Social***

Las tendencias reportadas en la Tabla 21, corresponden a regresiones del número de acciones contenciosas por semana, de cada tipo de demanda, respecto al tiempo medido en semanas en el periodo 2012-2017. Los valores r y p corresponden al coeficiente de regresión y a su significancia.

---

<sup>46</sup> <https://www.subrei.gob.cl/2017/06/tratado-de-libre-comercio-chile-china/>

<sup>47</sup> <https://www.codelco.com/comercio-mercado-del-cobre/>

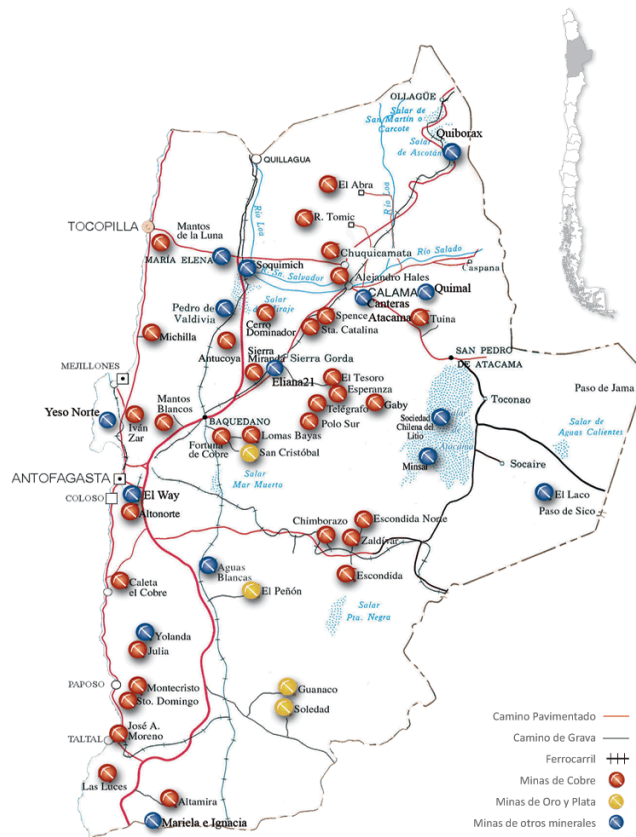


Ilustración 12: Principales mineras de la región de Antofagasta

### Tipos de Acciones contenciosas más frecuentes en Chile

<b>Tipo de Demanda</b>	<b>N° de Acciones</b>	<b>Tendencia (r)</b>	<b>Significancia (p)</b>
Laborales	3365	0.012	0.005
Bienestar	1361	-0.005	0.156
Educación	1248	0.010	0.171
Política	1288	0.008	0.000
Territorial	1113	0.004	0.423
Pueblos originarios	572	0.003	0.503
Otros	2571	-0.008	0.003
<b>Total</b>	<b>11518</b>	<b>0.024</b>	<b>0.089</b>

Tabla 21: Tipos de acciones contenciosas más frecuentes en Chile.

Se pone en cuestión la tesis sobre la debilidad organizacional de los trabajadores en Chile (Informe del Observatorio de Huelgas Laborales, 2017-2018), lo que no implica que estemos ante una resurrección de la clase obrera como agente principal de cambio

social, sino que parece manifestar una tensión estructural entre capital y trabajo en una sociedad neoliberal.<sup>48</sup>

Cantidad de Acciones contenciosas por año en Chile			
Año	N° de Acciones	Promedio	Gobierno
2012	1586	1858	S.Piñera
2013	2129		
2014	2018		
2015	1556	1951	M.Bachelet
2016	2440		
2017	1789		

Tabla 22: Cantidad de acciones contenciosas por año en Chile.

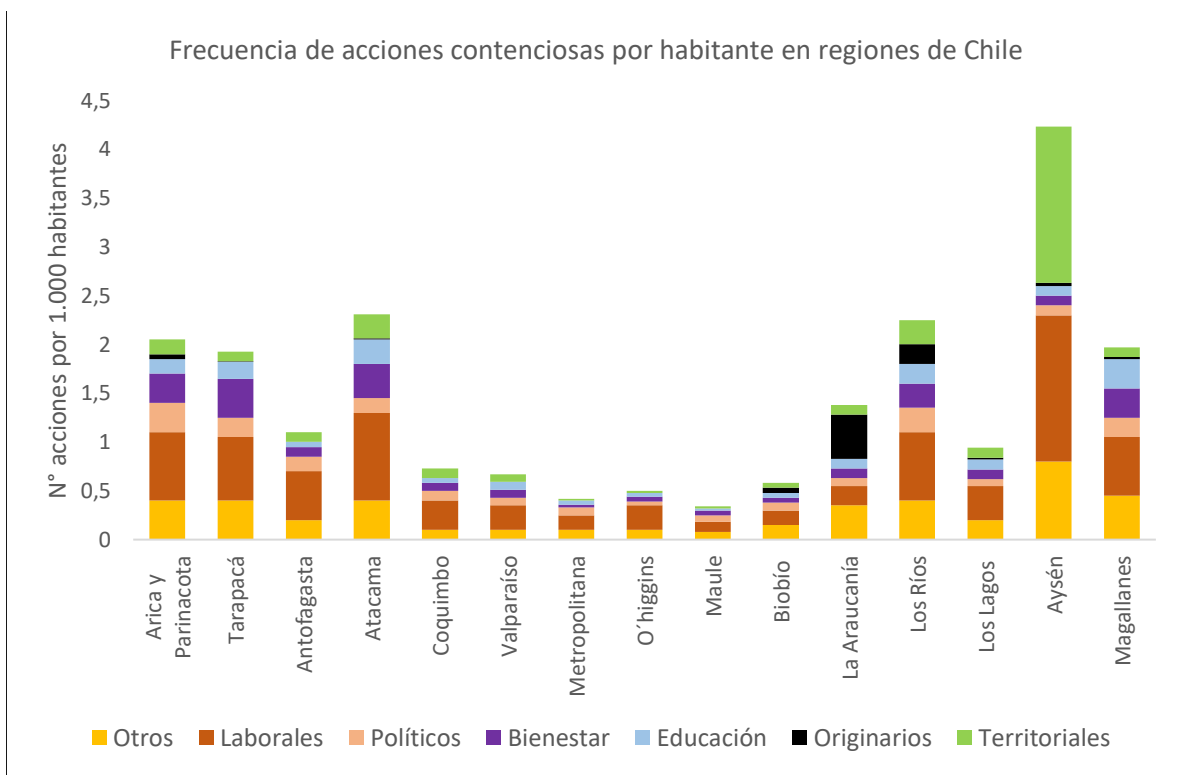


Gráfico 11: Frecuencia de acciones tendenciosas por habitante en regiones de Chile

En el Gráfico 11, podemos destacar que las regiones de los extremos de Chile son las que presentan las mayores frecuencias de acciones contenciosas. La región de

<sup>48</sup> Medel, Rodrigo (2018). Nota COES de Política Pública N°17: Informe Anual Observatorio de Conflictos, noviembre. ISSN: 0719-8795. Santiago, Chile: COES. Recuperado de: <http://146.66.69.139/~coes9219/>

Antofagasta predomina las movilizaciones de carácter laboral, seguida por los conflictos territoriales. En términos generales con manifestaciones de 1,1 acciones por cada mil habitantes entre los periodos 2012-2017.

### **Entorno Tecnológico**

Debido al aumento de la necesidad producir metales para impresoras 3D, esto para diferenciarse a través de sus estructuras de costos, el rendimiento de la cadena de suministro, o productos, se estima que es sólo cuestión de tiempo antes de que la tecnología se convierta en una fuerza transformadora en la industria. Tiene el potencial no sólo de revolucionar el producto crear nuevos ecosistemas de innovación y emprendimiento. Para el sector minero, se trata de piezas de repuestos y hay dos componentes para eso. Con la tecnología se busca tener una máquina en el mercado en el futuro que potencialmente podría crear hasta una tonelada al día de piezas. Si puede imprimir una pieza, en lugar de tener que esperar en cualquier lugar desde un par de semanas hasta potencialmente 12 a 18 meses para que una pieza sea entregada, entonces eso cambiaría enormemente sus requisitos de inventario.

Algunas empresas mineras tienen enormes inventarios, por lo que si pueden imprimir una pieza en un día y no necesitan 12 meses de existencias podría hacer una gran diferencia. De repente se puede imprimir piezas bajo demanda, o alternativamente pueden tener un stock mínimo a mano y luego simplemente imprimir piezas de repuesto.<sup>49</sup>

### **Entorno Ambiental**

El Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, SNIFA, es un sitio web de acceso público, desarrollado por la Superintendencia del Medio Ambiente, de acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica de la SMA (artículos 31, 32 y 33) y en el Reglamento de SNIFA (Decreto 31 de 2013 del Ministerio del Medio Ambiente). El sitio proporciona información a la ciudadanía sobre los procesos de fiscalización y sancionatorios realizados por la SMA, bajo un enfoque territorial, junto a dictámenes, sentencias y resoluciones de autoridades, relacionadas con materias ambientales. Además, incluye acceso a los registros públicos de instrumentos de carácter ambiental y de sanciones.

La región de Antofagasta presenta solamente 613 casos de fiscalizaciones ambientales entre los años 2013-2020, lo que representa un 2% a nivel nacional.

A continuación, en el Gráfico 12, con 1.047 casos de expedientes de fiscalización ambiental la categoría *minería* que es el caso de estudio, representa solamente un 4% a nivel nacional. Dominando este ítem la pesca y acuicultura.

---

<sup>49</sup> Budge, Dave. CEO of Aurora Labs. <https://www.mining-technology.com/features/3d-printed-mining-parts/>.

### Cantidad de expedientes de fiscalización publicados por Categorías (2013-2020)

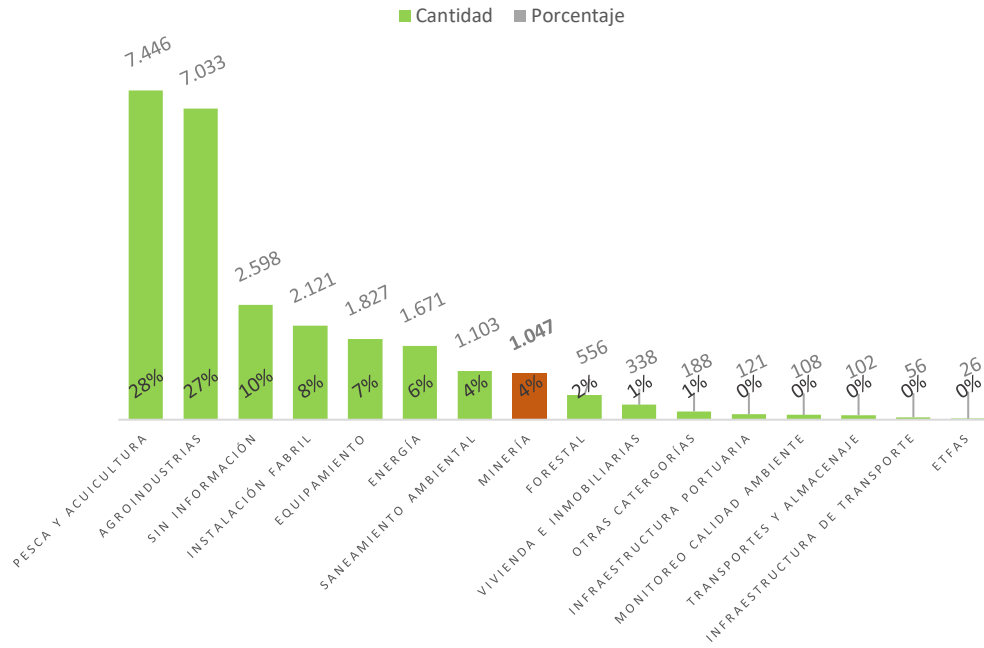
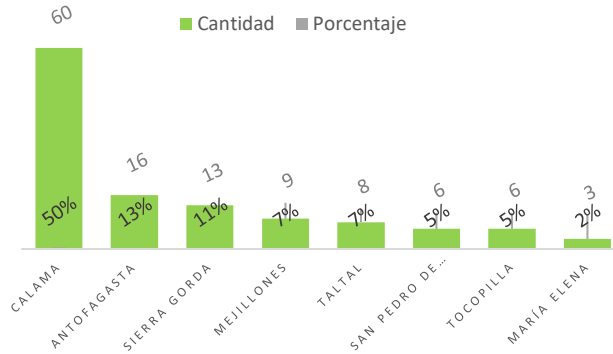


Gráfico 12: Cantidad de expedientes de fiscalización por Categorías (2013-2020)<sup>50</sup>

### Comunas con mayor cantidad de expedientes (2013-2020)



<sup>50</sup> Fuente: <https://snifa.sma.gob.cl/Estadisticas/Resultado/1>



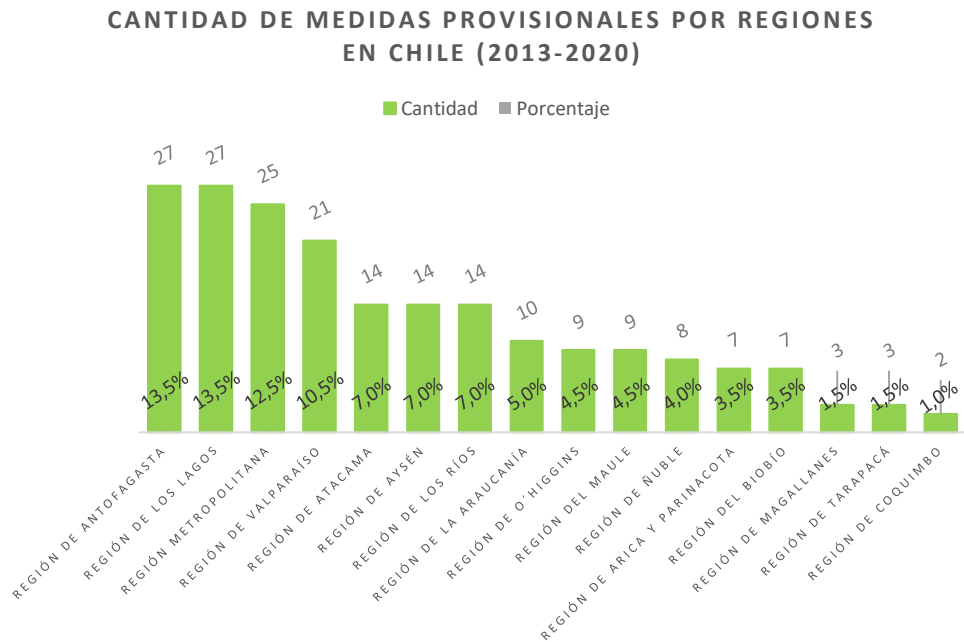
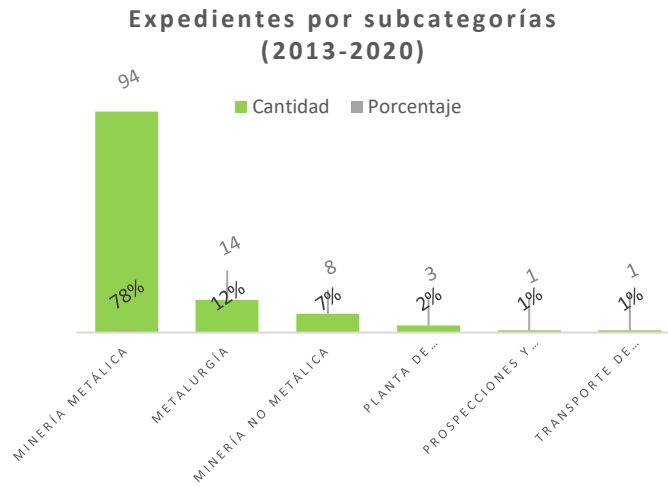


Gráfico 13: Cantidad de medidas provisionales por regiones en Chile (2013-2020)<sup>51</sup>

<sup>51</sup> Fuente: <https://snifa.sma.gob.cl/Estadisticas/Resultado/2>

## 12.2. Anexo B: Fuerzas de Porter

### *Primera Fuerza: Nuevos Entrantes*

Las barreras de entrada para nuevos desarrolladores al mercado minero son muy potentes, debido a las especificaciones técnicas de los productos que se utilizan en la industria. Sus características físicas de envergadura, dimensiones, costos y materiales de fabricación, genera que los insumos y materiales consumidos por la minería sean muy específicos para los equipos y maquinarias que se utilizan en la mina y plantas.

La economía de escala es un punto destacado en esta fuerza. Para los nuevos entrantes es una estrategia que se debe aprovechar, los actuales proveedores utilizan sus grandes volúmenes de producción para aprovechar el costo marginal. Sin embargo, esta tesis probará generar productos solamente necesarios, reduciendo los costos por aumento de inventarios o productos no requeridos quedando obsoletos en el tiempo. Esta actividad genera pérdidas a los proveedores que se traducen en el valor final de otros productos consumidos.

Hay beneficios conocidos como efectos de red, que surge cuando una compañía tiene confianza en las grandes empresas proveedoras y solicitan a los nuevos entrantes del mercado que sus productos hayan sido probados en otras compañías de similares magnitudes para acceder a su uso. La estrategia sería entrar con los productos en empresas que sean asertivas al riesgo de costo beneficio y en operaciones que no impacten necesariamente en la cadena de valor de la compañía. Así adquirir la red de confianza para continuar proveyendo de suministros a dicha compañía en mejores y eficientes contratos.

Existe costos fijos que las compañías mineras enfrentan asociados los cambios de proveedores. Modificar una estructura o proceso con un producto, requeriría necesariamente volver a capacitar a los trabajadores, cambiar estándares o sistemas de información para usar esta nueva situación. En este punto no se detecta incidencia significativa, ya que se reemplazará un producto por otro de iguales características físicas.

El requerimiento de capital si es un punto significativo y particularmente grande. Las empresas entrantes a un mercado necesitan capital para las instalaciones, también para el crédito de los clientes, generar inventarios y financiar los costos de iniciación. Las actuales compañías existentes tienen los recursos financieros para reforzar sus barreras de entrada y limitan el grupo a varios entrantes impidiendo que les quiten participación de mercado.

Una barrera de entrada difícil de proteger por los actuales participantes es la ventaja de prevalencia independiente. Como se mencionó anteriormente, se puede obtener ventajas competitivas con tecnologías patentadas, generando redes con mejores fuentes de materias primas, preferencia de ubicación geográfica más favorable, identidad local a la sociedad y producciones más eficientes.

Desde el punto de vista de los canales de distribución, en la región existen una gran variedad de transportistas con los cuales se debería hacer alianzas. Actualmente los grandes proveedores de la minería tienen sus propios canales de distribución como estrategia para no afectar las cadenas de valor ante eventualidades externas a la empresa.

Finalmente, la última barrera de entrada para analizar son las políticas gubernamentales existentes. En este caso, las regulaciones legales para la minería son ampliamente sostenidas por el gobierno, pues impulsa la inversión e innovación en la industria de explotación de recursos naturales. La implementación que se presenta en esta tesis está en línea con los compromisos adquiridos en el Roadmap: Digitalización para una Minería 4.0, que busca orientar e identificar aquellos ámbitos donde las nuevas tecnologías pueden agregar más valor en el sector en los próximos 15 años, donde estuvo presentando el Sr. Baldo Prokurica - Ministro de Minería de Chile, Carlos Urenda - Gerente General de Consejo Minero, Joaquín Villarino – Presidente Ejecutivo de Consejo Minero, entre otros.<sup>52</sup>

### ***Segunda Fuerza: Proveedores***

Los proveedores poderosos capturan más valor por sí mismos al cobrar precios más altos, limitar la calidad o los servicios, o trasladar los costos a los desarrolladores de la industria de impresoras 3D. Los proveedores de materias primas para fabricar productos con esta tecnología están marcados por 3 niveles: materias primas básicas, medias y altas. Las materias primas básicas son principalmente de PLA y sus derivados donde el proveedor no tiene margen de negociación, ya que existen diferentes oferentes por lo que su poder de negociación es bajo. Para el segundo nivel, van disminuyendo la cantidad de oferentes y corresponderían los materiales fabricados con bases de polímeros técnicos, siendo los más conocidos de PC (policarbonatos) utilizados en ingeniería, aeroespacial o electrónica y los de fibras de carbono o fibras de vidrio. Estos materiales le brindan al producto final mayor rigidez mejoramiento de adhesión entre capas y eficiente resistencia mecánica. Por último, están los proveedores de mejor nivel, muy escasos con alto poder de negociación. Son aquellos que ofrecen materiales de última tecnología para impresoras 3D específicamente materias primas para procesar productos finales con base de acero o grafeno. En este nivel se podrían incluir los

---

<sup>52</sup> <https://fch.cl/agenda/lanzamiento-del-roadmap-digitalizacion-para-una-mineria-4-0>

proveedores de materias primas para impresoras 3D con base a nanopartículas de minerales.

### ***Tercera Fuerza: Clientes***

El poder de negociación de los clientes es alto, debido al nivel de control sobre los productos y oferentes que existen el mercado minero. Existe una brecha detectada en la necesidad de productos en los clientes y que pierden cierto poder de negociación es cuando presentan fallas no programadas que afecten directamente a la producción. Este evento genera enormes pérdidas económicas a la compañía minera, más aún si el repuesto necesario para la reparación o mantenimiento correctivo no está en bodega disponible o bien se debe traer desde fuera del país. Esta brecha detectada podría reducir el impacto negativo en la compañía minera si tuviera la red con este proyecto y poder obtener sus componentes con más confiabilidad y prontitud de tiempo que es crucial en este tipo de mercado.

### ***Cuarta Fuerza: Productos Sustitutos***

Como productos sustitutos para esta tesis podría surgir la idea de instalar industrias proveedoras de materiales e insumos para minería ya existentes en otros lugares e implementarlos en la región. Con este antecedente es sabido que no rentable instalar enormes industrias productoras debido a la baja competitividad que tendrían en el mercado. Por lo tanto, no se visualiza amenaza cercana bajo esta perspectiva, considerando el contexto que la ventaja competitiva de la tesis es reducir el proceso de fabricación de productos y optimizar el supply chain del mercado minero.

### ***Quinta Fuerza: Rivalidad de la Industria***

Existe una alta concentración de proveedores de materiales para la industria minera. Se observa la existencia de concentración de mercado por parte de los proveedores (pocos proveedores) y donde unos pocos capturan un importante porcentaje del gasto de la compañía minera. Por otro lado, hay partidas (servicios principalmente), donde los proveedores a lo más se relacionan con dos empresas mineras y no se observa la existencia de un proveedor que “domine” el mercado en su rubro. Aproximadamente un 5% de los proveedores mineros tiene una participación importante en los gastos de las empresas mineras, teniendo en consideración que son 274 proveedores en el año 2019 relevantes de un total de aproximadamente 6.000 que existirían en el país.

Los 10 proveedores de la minería con mayor presencia en cuanto a importancia en los gastos de las empresas mineras participantes son: Komatsu Chile S.A. (equipos

de transporte, maquinaria y equipo, partes y piezas); Empresa Nacional de Energía Enx S.A. (diésel, grasas, aceites, lubricantes, Enap 6, reactivos químicos); Finning Chile S.A. (equipos de transporte, maquinaria y equipo, partes y piezas); Enaex Servicios S.A. (explosivos y servicios de tronadura); Empresa Eléctrica Angamos S.A. (energía eléctrica); Cía. de Petróleos Chile Copec S.A. (diésel, grasas, aceites, lubricantes, enap 6, reactivos químicos); Engie Energía Chile S.A. (energía eléctrica); Moly-Cop Chile S.A. (bolas y barras de molienda y reactivos químicos flotación); Tamakaya Energía Spa (energía eléctrica) y Empresa Eléctrica Cochrane Spa (energía eléctrica).

La alta concentración del gasto es un aspecto característico del mercado de proveedores de la gran minería. Los 10 principales proveedores de la minería concentran el 45% del gasto en los ítems analizados de un total de 274 proveedores identificados como “principales”.<sup>53</sup>

Respecto a partes, piezas de maquinarias y equipos (incluye repuestos) las principales empresas que compiten actualmente son: Caterpillar, Finning Chile S.A., FLSmith S.A., Joy Global (Chile) S.A., Komatsu Chile S.A., y Vulco S.A. Los rivales están muy comprometidos con el negocio y tienen aspiraciones de liderazgo, especialmente porque tienen objetivos que van más allá del desempeño económico en la industria en particular.

## Ventajas Competitivas

<b>Principales proveedores de la muestra de Operaciones Mineras, 2017</b>		
<b>Proveedor</b>	<b>Ítem</b>	<b>N° de mineras mencionan al proveedor como relevante en sus gastos</b>
<i>Komatsu Chile S.A.</i>	<i>Partes y piezas de maquinarias y equipos (incluye repuestos)</i>	6
<i>Finning Chile S.A.</i>	<i>Partes y piezas de maquinarias y equipos (incluye repuestos)</i>	8
<i>FLSmith S.A.</i>	<i>Partes y piezas de maquinarias y equipos (incluye repuestos)</i>	2
<i>Joy Global (Chile) S.A.</i>	<i>Partes y piezas de maquinarias y equipos (incluye repuestos)</i>	4

Tabla 23: Principales proveedores de la muestra

<sup>53</sup> Encuesta Gasto de Proveedores 2017. Cochilco DEPP 17/2018.

**Komatsu:** busca establecer relaciones con proveedores que predicen una sólida cultura de seguridad, que trabajan de manera confiable, que ofrecen bienes y servicios de calidad, que tienen precios competitivos, que demuestran destrezas afianzadas de gestión de costos, soluciones comerciales innovadoras, y un firme enfoque en el cliente. Evalúan a los proveedores potenciales basándose en el nivel de riesgo de factores como cumplimiento, finanzas, condición, medioambiente y seguridad, capacidad y protección de la información. Colaboración con los socios comerciales, Compromiso con la calidad y confiabilidad, y Orientación al Cliente.<sup>54</sup>

**Caterpillar:** mayor Rendimiento y Productividad, la ventaja competitiva de Finning CAT. El Gerente de Soporte Minería y Desempeño de Equipos Ultra Class Finning, quien destacó las grandes oportunidades que entrega el camión 797F y el proceso “Winning Together”, una de las apuestas más importantes de Finning en la industria minera. “Presentamos cuales son nuestras ofertas de valor, los elementos que estamos manejando para que los clientes tengan una plataforma de soporte que asegure una mayor productividad en sus operaciones”, indicó el Gerente de Minería Subterránea de Finning Sudamérica.<sup>55</sup>

**FLSmidth:** resalta que hoy los clientes mineros buscan la innovación. Tenemos nuestros laboratorios y centros de tecnología en Estados Unidos, en Salt Lake City. Estamos invirtiendo mucho desde los últimos tres años en un sistema nuevo de lixiviación, creemos que este tipo de tecnología, si puede recuperar el cobre de la calcopirita y sulfuros, cambiaría cómo se procesa el cobre, y eso es bueno para las bajas leyes en las nuevas minas que se están desarrollando. Las nuevas tecnologías son para este tipo de yacimientos, para poder hacerlos competitivos.<sup>56</sup>

### 12.3. Anexo C: Especificaciones técnicas de equipos

#### **Especificaciones Fiber™**

Fiber™ es la única impresora 3D para usar Micro Automated Fiber Placement (μAFP™) - desintegrando la resistencia excepcional de la pieza compuesta para utilizar en una impresora de escritorio. Con control de calor de circuito cerrado, el μAFP™ construye un refuerzo de fibra continua de alta densidad mientras el cabezal de impresión FFF permite una carcasa exterior de alta resolución. Utilizando cintas con fibras de

---

<sup>54</sup> Tesis: *Análisis de expansión internacional de Komatsu Reman Center Chile con su modelo Electromechanical Shop (EMS). Evaluación de Estrategia de ingreso al mercado australiano en modalidad: Alianza Estratégica. Daniela Palacios Rozas. Prof. Enrique Jofré Rojas.*

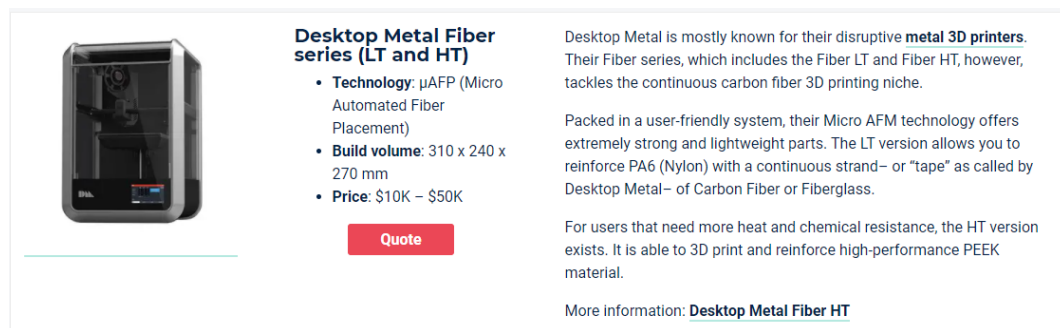
<sup>55</sup> Fuente: <http://aprimin.cl/site/asociados/mayor-rendimiento-y-productividad-la-ventaja-competitiva-de-finning-cat/>

<sup>56</sup> Fuente: <https://www.mch.cl/entrevistas/george-robles-de-flsmidth-tenemos-que-estar-viendo-hacia-el-futuro/>

carbono de remolque módulos estándar de 12k, hasta 60% de fracción de volumen de fibra e impregnación de resina excepcional, Fiber™ es capaz de lograr un refuerzo continuo de fibra con menos del 1% porosidad, entregando piezas con hasta dos veces la resistencia del acero a la mitad el peso del aluminio.

Esta impresora tiene una tasa de capacidad de construcción máxima de 20 cm<sup>3</sup>/hr. La altura por capas está en rangos de 130 µm – 250 µm, utilizando la tecnología de impresión con dos modalidades: con colocación de fibra microautomatizada (µAFP™) y fabricación de filamentos fundidos (FFF). Las dimensiones volumétricas de construcción límite en FFF de 310 x 240 x 270 mm y en µAFP de 230 x 230 x 270 mm.

El costo de adquirir la impresora fluctúa entre USD 10.000 a USD 50.000 (\$7.500.000 a \$37.500.000.-) además del costo de instalación insitu.



**Desktop Metal Fiber series (LT and HT)**

- **Technology:** µAFP (Micro Automated Fiber Placement)
- **Build volume:** 310 x 240 x 270 mm
- **Price:** \$10K – \$50K

[Quote](#)

Desktop Metal is mostly known for their disruptive **metal 3D printers**. Their Fiber series, which includes the Fiber LT and Fiber HT, however, tackles the continuous carbon fiber 3D printing niche.

Packed in a user-friendly system, their Micro AFM technology offers extremely strong and lightweight parts. The LT version allows you to reinforce PA6 (Nylon) with a continuous strand– or “tape” as called by Desktop Metal– of Carbon Fiber or Fiberglass.

For users that need more heat and chemical resistance, the HT version exists. It is able to 3D print and reinforce high-performance PEEK material.

More information: [Desktop Metal Fiber HT](#)

Ilustración 13: Impresora 3D Fiber™ Printer.<sup>57</sup>

## **Especificaciones Metal Production System**

El Production System™ P-50 Printer aprovecha la patente de Desktop Metal de tecnología Single Pass Jetting™ para lograr velocidades de impresión de hasta 12.000 cm<sup>3</sup>/hr, produciendo piezas a costes competitivos con las técnicas convencionales de producción en masa. Diseñado con un entorno inerte para procesar polvos MIM de bajo costo en metales no reactivos y reactivos, el Production System™ P-50 ofrece la fiabilidad y consistencia necesarias para aplicaciones de alto volumen y uso final.


### **Beneficios**

- Patente de la tecnología Single Pass Jetting™
- La impresión bidireccional permite velocidades de hasta 12.000 cm<sup>3</sup>/hr.

<sup>57</sup> Fuente: <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/3d-printers/carbon-fiber-3d-printers/>

- La inyección constante de ondas mejora la uniformidad y densidad del cuerpo de impresión
- La tecnología antibalística patentada impulsa la vida útil del cabezal de impresión y la calidad de las piezas
- La tecnología anti-bandas mejora la fiabilidad a través de la redundancia del cabezal de impresión
- La cámara de construcción inerte proporciona soporte metálico reactivo y consistencia de polvo
- Inspección óptica de la cámara de proceso en tiempo real
- Plataforma de material abierto

El costo de adquirir la impresora, de acuerdo con una página especialista en la materia, es de USD 420.000 (\$315.000.000.-) además del costo de instalación insitu.



### Desktop Metal Production System

- **Build volume:** 330 x 330 x 330 mm
- **Technology:** Single Pass Jetting™
- **Country:** United States
- **Price:** \$420,000

Quote

The Production System by Desktop Metal was designed for mass production. It is advertised by Desktop Metal as being a fast, cost-effective metal additive manufacturing solution, with a cost per part up to 20 times lower than with other metal 3D printing systems.

This Desktop Metal 3D printer is equipped with over 16,000 nozzles that are mounted onto a "print bar" that recoats the build plate with powder at the same time, hence explaining the technology's name: Single Pass Jetting™.

More information: [Desktop Metal Production System](#)

Ilustración 14: Impresora 3D Desktop Metal Production System.<sup>58</sup>

---

<sup>i</sup> En este plan, el usuario no debe comprar los productos, dejando la responsabilidad de disponibilidad, confiabilidad y eficiencia al proveedor. El fabricante del producto es su dueño y, por lo tanto, puede disponer del mismo a través del diseño, uso, mantención, reutilización, reciclaje y remanufactura durante todo el ciclo de vida, ofreciéndole al usuario final un servicio a cambio de una tarifa periódica. Así, el fabricante queda a cargo de la reducción de consumo de energía, uso de materias primas y desecho. Esto permite tener acceso a productos sustentables y de mejor calidad.

---

<sup>58</sup> Fuente: <https://www.aniwaa.com/product/3d-printers/desktop-metal-production/>