

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS



**IMPACTO DE LA CALIDAD DE LOS
PRODUCTOS EN LA EFICIENCIA DE LA
CADENA DE SUMINISTRO: ESTRATEGIAS
PARA LA OPTIMIZACIÓN OPERACIONAL EN
CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL

AUTOR

FABIAN JARPA

PROFESOR GUÍA

EDWARD JOHNS

PROFESOR CORREFERENTE

NICOLÁS MANCILLA

SANTIAGO, 07 DE MAYO, 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción):

☒ Memoria o trabajo de título

☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Impacto de la calidad de los productos en la eficiencia de la cadena de suministro: Estrategias para la optimización operacional en Chile.

Nombre del candidato(a): Fabian Jarpa Carrera / Grado:

Ingeniería Civil Industrial Campus: Vitacura Departamento:

Industrial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Edward Johns, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por (marcar una opción):

☐ 6 meses

☐ 12 meses

☐ 2 años

☐ 3 años

☐ 5 años

☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 25/08/2026

Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 25/08/2026

Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Agradecimientos

Quiero agradecer primero a mis padres, que fueron siempre el centro de todo, siempre me han inculcado valores y demostrado que trabajando y esforzándose se puede salir adelante, muchas gracias por todo lo que hicieron por mí.

Luego a mi hermana y cuñado, que siempre me enseñaron mucho, tanto educativamente como de la vida, admiro a ambos, y decirle a mi cuñado que siempre ha sido como un hermano mayor para mí.

Agradecer a mis sobrinos, Gabriel y Rafa mis dos pilares en la vida, los amo con toda mi alma, sin duda siempre me he esforzado para que ellos tengan un buen modelo a seguir, los amo con todo mi corazón.

Agradecer también a mi abuela María, mi tía ely y mi tío ale, a pesar de que no son de nuestro círculo familiar cercano siempre han estado ahí, los amo mucho y me gustaría que siempre fuese así.

Agradecer a mis amigos Luis, Benjamín y Vannia, que desde el colegio son amigos y me han demostrado ser unas grandes amistades, siempre estarán en mi corazón.

Agradecer también a Lara, Jere, Isa y Nico que se volvieron en grandes amigos en la universidad, me apoyaron mucho e hicieron mucho más ameno la universidad, sin ellos ni hubiese sido igual, espero que sigamos siendo amigos por muchos años más.

Por último, agradecer al amor de mi vida, Mathilda Cuellar, siempre me he esforzado por ella, la he admirado siempre y por eso siempre he seguido adelante, mi sueño es casarme y formar una familia con ella, muchas gracias por tu apoyo a pesar de todo, eres el amor de mi vida y esta tesis está dedicada en gran parte a ti.

Índice general

1. Problema de investigación	7
2. Objetivos	9
2.1. Objetivo General	9
2.2. Objetivos Específicos	9
3. Marco teórico	10
3.1. Antecedentes	10
3.2. Materia Prima.....	11
3.2.1. Materia Prima en Chile	12
3.2.2. Problemas con la exportación en Chile.....	12
3.3. Producción y Proveedores	16
3.3.1. Producción en la minería	17
3.3.2. Producción en la Agroindustria	18
3.4. Proveedores en Chile	18
3.5. Transporte Logístico (Primera Etapa).....	19
3.5.1. Transporte Logístico en Chile	19
3.6. Centro de Distribución y Almacén.....	21
3.6.1. Costo de Distribución y Almacén	21
3.7. Transporte Logístico (Segunda Etapa)	22
3.7.1. Transporte Logístico (Segunda Etapa) en Chile	22
3.7.2. Retail y Alimentación.....	23
3.8. Cliente final y Consumidores	23
3.8.1. Cliente final y Consumidores en Chile	24
3.9. Evolución y fundamentos de la gestión de calidad	24

3.10. Metodologías de gestión de calidad	25
3.10.1. Normas ISO	26
3.10.2. Lean Manufacturing	27
3.10.3. Six Sigma	27
3.10.4. TQM	28
3.10.5. Kaizen.....	29
3.10.6. Benchmarking.....	29
3.10.7. 5S.....	29
3.10.8. Business Process Management(BPM).....	30
3.10.9. Comparación y complementariedad de metodologías	30
3.10.10.Importancia estratégica para Chile.....	31
3.10.11.Metodologías y herramientas complementarias de gestión de calidad	31
3.11. Modelos de gestión y costos de calidad	32
3.11.1. Componentes PEFI.....	32
3.11.2. Modelo económico	32
3.11.3. Heurística práctica para el óptimo.....	33
3.11.4. Asignación PEFI por proceso.....	33
3.12. Competitividad y sostenibilidad en Chile	36
3.12.1. Minería del cobre: más allá de la ley de mineral	38
3.12.2. Agroindustria: Inocuidad, cadena de frío y requisitos de mercado	40
3.12.3. Manufactura y servicios intensivos en logística	41
3.12.4. Responsabilidad social y legitimidad	43
3.13. Gestión de la Cadena de Suministro (SCM)	45
3.14. Mejores prácticas en la gestión moderna	47
3.15. Tendencias actuales en la gestión de la calidad y la industria.....	50
3.16. Transformación digital y calidad	52
3.16.1. Sensórica e Internet de las cosas (IoT)	53
3.16.2. Analítica avanzada y visión computacional.....	53

3.16.3. Arquitectura de datos y gobierno	54
3.17. Estrategias de Optimización Operacional.....	55
3.17.1. Mejora de Procesos y Control de Calidad.....	56
3.17.2. Razones para la optimización operacional en Chile.....	56
3.18. Metodologías de Análisis y Control.....	58
3.18.1. La importancia de los KPI en la gestión de calidad.....	58
3.18.2. Indicadores clave de desempeño en calidad y logística.....	59
3.18.3. Herramientas de apoyo: el costeo basado en actividades (ABC).....	60
3.18.4. Hacia un sistema integral de análisis y control	61
3.19. Barreras y Desafíos en Chile.....	61
3.19.1. Resistencia cultural.....	62
3.19.2. Fragmentación organizacional.....	62
3.19.3. Brecha tecnológica.....	63
3.19.4. Limitaciones en el capital humano.....	63
3.19.5. Estrategias para superar las barreras.....	64
3.19.6. Impactos esperados de superar las barreras	64
3.20. Implementación de Estrategias en la Práctica.....	65
3.20.1. Casos de Éxito en la Implementación de Calidad	65
3.20.2. Casos de Éxito en Chile.....	66
3.20.3. Capacitación y Formación para Adoptar la Mejora Continua en Chile	80
3.20.4. Cambio Cultural dentro de las Organizaciones para la Implementación de Calidad	80
3.20.5. Ejemplos de Éxito como el Sistema de Producción Toyota (TPS)	81
3.21. Impacto de la Calidad en la Eficiencia de la Cadena de Suministro.....	82
3.21.1. Impacto de la Calidad en la Rentabilidad de la Empresa en Chile	83
3.21.2. Cómo la Calidad Mejora la Satisfacción del Cliente y la Eficiencia Operativa.....	84
3.22. Evolución y fundamentos de la gestión de calidad.....	86

4. Metodología del estudio	88
5. Resultados	90
5.1. Justificación y Resultados de la Minería	90
5.2. Justificación y Resultados de la Agroindustria	96
5.3. Justificación y Resultados de la Manufactura	100
5.4. Justificación y Resultados de las Metodologías en Minería	104
5.5. Justificación y Resultados de las Metodologías en Agroindustria.....	111
5.6. Justificación y Resultados de las Metodologías en Manufactureras.....	118
6. Conclusión	125
7. Referencias	128
8. Anexos	135

Capítulo 1

Problema de investigación

La eficiencia de la cadena de suministro se ha transformado en un factor estratégico para la competitividad de las organizaciones modernas. En este contexto, la calidad de los productos se presenta como un elemento fundamental, ya que impacta de forma directa en aspectos críticos como los costos operacionales, tiempos de entrega y la satisfacción del cliente. Diversos estudios realizados señalan que una baja calidad puede generar un efecto cascada en los procesos logísticos, que genera devoluciones, reprocesos, desperdicio de recursos y fallas en la distribución, todo esto afecta negativamente la eficiencia global del sistema (Anderson & Reynolds, 2017; Montgomery, 2012; Garvin 1984). Estos estudios establecen que la calidad es un factor crítico no solo para la satisfacción del cliente, sino también para la reducción de costos, ya sea por minimizar la tasa de devoluciones, reprocesos y tiempo.

Los actores claves incluyen proveedores, operadores logísticos, fabricantes, distribuidores y clientes finales, cada uno de estos influye directamente en los procesos de calidad y, por ende, en la eficiencia operativa de la cadena. Un ejemplo es que los proveedores son responsables de entregar productos dentro de estándares de calidad que permitan cumplir con los plazos y reducir los costos operativos.

La falta de integración entre los sistemas de gestión de calidad y la planificación logística es una de las principales debilidades que enfrentan muchas organizaciones. Si bien se han desarrollado algunas metodologías orientadas a mejorar la confiabilidad operativa, como la optimización basada en confiabilidad, estas aún no se aplican de manera transversal en los distintos sectores industriales (Pecht & Siadat, 2018). Esto deja en evidencia una brecha relevante en la capacidad de las empresas para anticipar fallas, reducir riesgos y tomar decisiones estratégicas basadas en datos confiables.

En este escenario, se configura una problemática que impacta no solo en los aspectos operativos de las organizaciones, sino que también repercute en la formulación de estrategias empresariales y en la percepción que los clientes tienen del servicio recibido. A pesar de que existen múltiples estudios y experiencias exitosas documentadas, gran parte de las compañías continúan enfrentando dificultades como altos costos, dificultades en sus operaciones y deterioro de su imagen, que repercute en una gestión de calidad poco eficiente. Demostrando la urgencia de incorporar una mirada integral que permite vincular de forma efectiva los sistemas de control de calidad con herramientas de análisis de confiabilidad e indicadores claves del desempeño logístico (Flynn, Schroeder, & Sakakibara, 1994).

La relevancia de esta investigación radica en su capacidad para aportar mejoras sustantivas en los procesos logísticos, especialmente en organizaciones manufactureras y de servicios que presentan limitaciones para aplicar mecanismos sistemáticos de aseguramiento de calidad (Feigenbaum, 1991). Una diversidad de actores se ven afectados como productores, operadores logísticos, proveedores, clientes finales y responsables de la gestión de operacional, todos directamente expuestos a las consecuencias que genera una supervisión insuficiente en los estándares de calidad.

En función a lo anterior, se plantean las siguientes preguntas de investigación que guiarán el desarrollo del estudio: ¿De qué forma la calidad de los productos inciden en la eficiencia y en los costos asociados a la cadena de suministro? ¿Qué enfoques o metodologías pueden implementarse para elevar la confiabilidad operativa y disminuir los riesgos derivados de fallas en la calidad? ¿Cuál es el efecto económico, tanto directo como indirecto, que generan los errores de calidad en los procesos logísticos y productivos? ¿Qué buenas prácticas han sido aplicadas de forma exitosa en otros sectores para integrar de manera efectiva la gestión de calidad en las operaciones logísticas?

Esta investigación tiene como fin identificar, analizar y proponer estrategias de optimización operacional basadas en la gestión de calidad, con el objetivo de mejorar la eficiencia de la cadena de suministro. Para ello, se tendrán en cuenta diferentes variables como tasa de reproceso, devoluciones, tanto fallas internas como externas, a la vez que costos, esperando generar una disminución de todas estas variables, esto se llevará a cabo a través de una revisión de literatura, un análisis de casos y el diseño de una propuesta metodológica que sea aplicable al contexto chileno y adaptable a distintas industrias.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta metodológica que integre estrategias de gestión de calidad en la cadena de suministro de las industrias minera, agroindustrial y manufacturera en Chile, con el fin de optimizar la eficiencia operacional y reducir los costos asociados a reprocesos, devoluciones y fallas en la calidad de los productos

2.2. Objetivos Específicos

Analizar la relación entre la calidad de los productos y la eficiencia operacional de la cadena de suministro, para identificar los principales factores que inciden en los costos de reprocesos, devoluciones y fallas de calidad.

Evaluar las metodologías de gestión de calidad y optimización operativa utilizadas en las industrias minera, agroindustrial y manufacturera en Chile, con el propósito de determinar su efectividad en la reducción de costos logísticos.

Identificar los riesgos operacionales derivados de deficiencias en la calidad de los productos, para proponer soluciones que mitiguen su impacto en los indicadores clave de desempeño logístico.

Comparar casos de éxito nacionales e internacionales en la implementación de estrategias de calidad en la cadena de suministro, con el fin de extraer aprendizajes aplicables al contexto chileno.

Capítulo 3

Marco teórico

3.1. Antecedentes

El sistema de cadena de suministro dentro de una organización comprende un conjunto de procesos interrelacionados que abarcan desde la adquisición de insumos hasta la entrega final del producto al consumidor (Flynn, Schroeder, & Sakakibara, 1994). Este sistema influye directamente en la eficiencia operativa, ya que las decisiones adoptadas en cada una de sus etapas impactan en los tiempos de producción, los costos operativos, la calidad del producto y, en última instancia, en la satisfacción del cliente. Por ello, una gestión adecuada de la cadena de suministro es crucial para aquellas empresas que buscan optimizar sus recursos y fortalecer su competitividad en el mercado (Ver Figura 1).

Uno de los factores determinantes para lograr dicha optimización es asegurar la calidad de los productos a lo largo de toda la cadena. Cualquier defecto en la calidad no solo afecta la fase de producción, sino que también genera costos adicionales relacionados con almacenamiento, transporte e incluso devoluciones. Estas deficiencias, aunque puedan originarse durante la manufactura, repercuten en todo el sistema logístico, comprometiendo su eficiencia global.

La estructura de la cadena de suministro comienza con la obtención de materias primas, es decir, los recursos básicos extraídos de la naturaleza que se emplean como insumos en la producción. Posteriormente, estas materias primas ingresan a la fase de transformación, donde proveedores y procesos productivos las convierten en productos terminados mediante actividades de manufactura o ensamblaje. Una vez finalizados, los productos son trasladados en una primera etapa de transporte logístico hacia los centros de distribución o almacenes, donde permanecen de forma temporal hasta que se requiera

su despacho.

A continuación, se lleva a cabo una segunda fase de transporte, en la que los productos se distribuyen desde los almacenes hasta los puntos de venta o tiendas. En estos establecimientos, los bienes quedan a disposición del consumidor final, quien completa el ciclo al adquirir y utilizar el producto. Este proceso asegura un flujo eficiente de los productos desde su origen hasta su consumo final, permitiendo satisfacer las necesidades del mercado de forma oportuna y eficaz.



Figura 1: Esquema de cadena de suministro

Nota: Tomado de trafimar, MX.

3.2. Materia Prima

Las materias primas representan el pilar fundamental de cualquier proceso productivo, constituyendo el primer eslabón dentro de la cadena de suministro. En esta etapa inicial, los recursos naturales o materiales básicos son transformados en productos semi-acabados o en componentes listos para su posterior procesamiento. La naturaleza de las materias primas varía según la industria: pueden ser orgánicas, minerales o sintéticas. Por ejemplo, en el sector alimentario, estas provienen principalmente de la agricultura, como es el caso del trigo, el maíz, las frutas y los vegetales. En contraste, en industrias como la construcción o la automotriz, las materias primas suelen ser de mayor peso y complejidad, incluyendo acero, plásticos y componentes electrónicos.

El manejo adecuado de las materias primas es un factor crítico, ya que su calidad, disponibilidad y costo inciden de forma directa en el precio final del producto. Además, los gastos asociados a su adquisición y transporte están sujetos a variables de carácter global, como las fluctuaciones de los mercados internacionales y los costos relacionados

con su extracción o producción. Por esta razón, implementar una gestión eficiente en el abastecimiento de materias primas no solo permite reducir costos, sino que también asegura la continuidad de las operaciones productivas, evitando interrupciones por demoras o escasez de insumos clave.

3.2.1. Materia Prima en Chile

En Chile, las materias primas desempeñan un rol estratégico en el desarrollo de diversas industrias, con especial protagonismo en los sectores minero, agroindustrial y pesquero. El país se destaca como el principal productor de cobre a nivel mundial, actividad que representa cerca del 50 % de sus exportaciones. En 2020, la producción nacional de cobre alcanzó aproximadamente 5,6 millones de toneladas, lo que equivale a cerca del 28 % de la producción global de este mineral. En el ámbito agrícola, Chile ocupa la cuarta posición mundial en exportaciones de fruta fresca, superando los 2,6 millones de toneladas anuales, con productos como la uva, el arándano y la cereza liderando las ventas internacionales (Banco Central de Chile, 2020).

La competitividad de Chile en los mercados globales depende en gran medida de la disponibilidad y calidad de estas materias primas. Además, los precios de estos recursos son altamente sensibles a las variaciones del mercado internacional y a factores externos, como las políticas económicas de otros países y los acuerdos comerciales vigentes. Un claro ejemplo de esta dinámica se observó en 2021, cuando el precio promedio del cobre alcanzó los 4,20 dólares por libra, registrando un incremento considerable en comparación con los años anteriores, lo que resultó especialmente beneficioso para las empresas exportadoras chilenas (Banco Central de Chile, 2020).

No obstante, el país enfrenta importantes desafíos en términos de logística y geografía. Regiones remotas, como el norte grande o la Patagonia, presentan dificultades de acceso a recursos clave, lo que repercute en mayores costos asociados al transporte y la gestión de materiales, afectando la competitividad de ciertas actividades productivas en estas zonas.

3.2.2. Problemas con la exportación en Chile

En Chile, la exportación de materias primas es una de las principales fuentes de ingresos del país. Sin embargo, esta estrategia presenta diversas desventajas a largo plazo. A continuación, se presentan algunos argumentos en contra de la exportación de materias

primas y a favor de su uso dentro del territorio nacional:

1. Dependencia de la exportación y vulnerabilidad económica: La economía chilena está altamente dependiente de las exportaciones de materias primas, especialmente del cobre, el litio, y los productos agrícolas. Esta dependencia expone al país a la volatilidad de los precios internacionales. Como afirma Eduardo (Bitrán, 2019), “la exportación de materias primas expone a Chile a los ciclos de precios de los commodities, lo que puede generar fluctuaciones económicas incontrolables”. Las caídas en los precios de estas materias pueden desencadenar crisis económicas internas, como ocurrió en la crisis financiera de 2008, donde el precio del cobre se desplomó afectando profundamente la economía chilena (Ver Figura 2).
2. Desarrollo de la industria nacional: La exportación de materias primas limita el desarrollo de industrias de valor agregado dentro del país. Si Chile exporta principalmente productos sin procesar, pierde la oportunidad de transformar esos recursos en productos manufacturados con mayor valor. El director de CEPAL (Antonio Prado, 2017), “al exportar materias primas, se desperdician las oportunidades de agregar valor en el país, lo que limita la creación de empleo y la mejora de las capacidades tecnológicas nacionales”. De hecho, Chile tiene un bajo nivel de industria manufacturera en relación con sus recursos naturales, lo que impide la diversificación de la economía (Ver Figura 3).
3. Creación de empleos de bajo valor agregado: La exportación de materias primas generalmente implica la creación de empleos en el sector primario, que son de bajo valor agregado, en comparación con los empleos generados por industrias de manufactura o tecnología. Al no aprovechar completamente los recursos, Chile se ve restringido a la creación de empleos mal remunerados y poco especializados. En palabras de (Alejandro Foxley, 2018), ex ministro de Hacienda de Chile, “el sector minero y la exportación de recursos naturales, si no se transforman en valor agregado, perpetúan una estructura de empleos de bajo nivel, limitando el potencial de crecimiento inclusivo”.
4. Desarrollo de infraestructura y tecnología: La exportación masiva de materias primas dificulta el desarrollo de infraestructura avanzada y la innovación tecnológica en Chile. El país ha sido tradicionalmente muy centrado en la minería, pero ha mostrado una falta de inversión en sectores más tecnológicos que permitirían transformar los recursos naturales en productos de mayor valor. Según (Cecilia Orellana, 2019), una experta en políticas públicas, Chile necesita fomentar una infraestructura que apunte

a la innovación y el procesamiento de materias primas dentro del territorio, para así evitar la desventaja competitiva que genera depender de recursos no renovables y de industrias de bajo nivel de complejidad".

5. Impacto ambiental: La explotación de materias primas, especialmente en sectores como la minería, tiene un impacto ambiental significativo. La extracción de cobre y litio, por ejemplo, consume grandes cantidades de agua y energía, lo que afecta los ecosistemas locales. El uso de estos recursos para exportación masiva puede agravar problemas ambientales a largo plazo. Como señala el informe del Banco Mundial (2020), "la minería en Chile es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumo de agua en regiones áridas".
6. Autosuficiencia y seguridad económica: El uso de las materias primas en el propio territorio también podría fortalecer la autosuficiencia de Chile. Al procesar los recursos dentro del país, el país podría reducir su dependencia de las fluctuaciones del mercado global y fomentar la seguridad económica interna. Como sostiene un economista de la U. de Chile (José Luis Daza, 2019), "si Chile procesa y utiliza sus materias primas en lugar de exportarlas, sería más resiliente frente a crisis internacionales, ya que no dependería completamente de los mercados globales para el crecimiento económico".

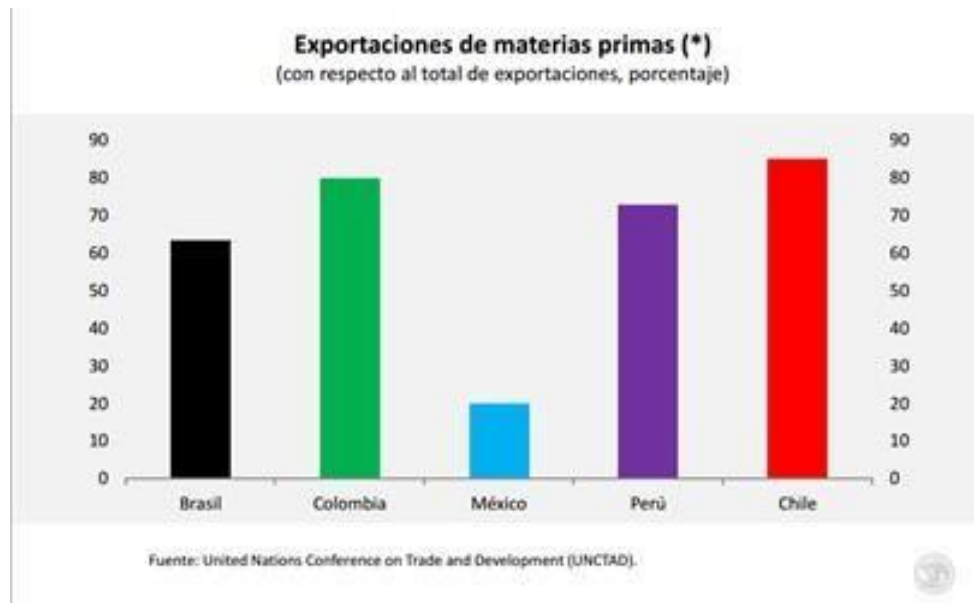


Figura 2: Exportaciones de materias primas.

Nota: Tomado de elmostrador.

Se puede observar que no es necesario tener un gran nivel de exportaciones para poseer una mejor economía, ya que Brasil y México económicamente están mejores posicionados que Chile.

También podemos observar que las exportaciones de los países posicionados con mejor PIB en el mundo son diversas, ya que no se puede correr el riesgo de depender en su mayoría de un solo recurso.



Figura 3: Exportaciones de Chile en 2022

Nota: Tomado de Banco Central, 2023.

Por lo anterior se puede observar que Chile centra la mayoría de sus exportaciones en el sector minero, esto genera dependencia de este sector, significando un gran problema si este sector o los recursos de estos sufren problemas o agotamiento.

3.3. Producción y Proveedores

Una vez asegurada la disponibilidad de las materias primas, el proceso continúa con su transformación en productos terminados, etapa que corresponde a la fase de producción. En esta instancia se aplican distintos métodos de manufactura, como el mecanizado, la fundición, el ensamblaje, entre otros, dependiendo de la naturaleza del producto final. La eficiencia de esta fase depende de diversos factores, entre ellos, la capacidad instalada de las plantas productivas, el nivel de tecnología implementado y la experiencia del personal a cargo. Asimismo, la producción debe ajustarse de forma constante a las variaciones en

la demanda del mercado, garantizando que los productos se fabriquen en las cantidades requeridas, con la calidad esperada y en el menor plazo posible.

Dentro de este proceso, los proveedores desempeñan un rol fundamental, ya que son los responsables de abastecer tanto las materias primas como los componentes necesarios para la fabricación. La relación con los proveedores debe sustentarse en criterios como la fiabilidad, la calidad de los insumos y los costos asociados. Por esta razón, muchas empresas optan por establecer acuerdos comerciales, ya sean de corto o largo plazo, que les permitan asegurar condiciones favorables en términos de precios y plazos de entrega. La elección de los proveedores no solo considera la calidad de los productos ofrecidos, sino también su capacidad para cumplir con los tiempos de entrega acordados, aspecto clave para evitar interrupciones en la continuidad de la producción.

3.3.1. Producción en la minería

En Chile, la minería es un pilar fundamental de la economía. La producción de cobre es de suma importancia, y en 2020, la industria minera chilena contribuyó con aproximadamente el 13,7 % del Producto Interno Bruto (PIB) del país (Banco Central de Chile, 2020). Chile, como principal productor mundial de cobre, enfrenta un escenario en el que la eficiencia operativa y el uso de tecnologías avanzadas son esenciales para mantener su liderazgo global en el mercado. Empresas chilenas, como Codelco, la mayor productora mundial de cobre, se han destacado por la implementación de tecnologías de punta y procesos de optimización, como la automatización en las minas, que no solo incrementan los niveles de producción, sino que también permiten una reducción en los costos operativos.

El uso de maquinaria de última tecnología y el monitoreo en tiempo real de las operaciones, a través de sistemas de control remoto e inteligencia artificial, ha permitido incrementar la eficiencia de las minas chilenas. La optimización de los procesos mineros mediante la automatización reduce los costos asociados con el personal y aumenta la seguridad, lo que contribuye al crecimiento económico del país y lo mantiene competitivo en un sector donde los márgenes de ganancia pueden verse fácilmente afectados por las fluctuaciones en los precios internacionales.

3.3.2. Producción en la Agroindustria

La agroindustria en Chile es otro sector crucial que ha experimentado una expansión significativa, especialmente en la producción de frutas. En los últimos años, la producción agrícola chilena ha sido clave para posicionar al país como un gran exportador de productos frescos, con más de 50.000 hectáreas de uvas cultivadas, generando ingresos anuales cercanos a los 1.200 millones de dólares (ODEPA, 2020) solo por la exportación de uvas. Además, la industria del vino en Chile, que es mundialmente conocida por su calidad, representa un mercado global de más de 2.000 millones de litros exportados anualmente, con un valor aproximado de 1.300 millones de dólares (ODEPA, 2020). Estos logros han sido posibles gracias a la adopción de tecnologías agrícolas avanzadas, como sistemas de riego eficiente y técnicas de manejo integrado de plagas, lo que ha asegurado la competitividad de los productos chilenos en los mercados internacionales.

Sin embargo, el desafío de este sector está en mantener una producción sostenible que minimice el uso de recursos y la huella ambiental, a la vez que garantice un alto nivel de calidad. Para ello, es fundamental la implementación de estrategias de optimización operacional, tales como la mejora de la eficiencia en el uso del agua y la reducción de residuos en los procesos productivos. En este contexto, la tecnología en la agroindustria chilena, particularmente en el sector frutal, juega un papel crucial, al permitir tanto la mejora continua de los procesos agrícolas como la optimización del uso de insumos, lo que se traduce en una mayor competitividad para los productores nacionales.

3.4. Proveedores en Chile

Chile depende en gran medida de proveedores internacionales para diversos productos y equipos, especialmente en sectores como la minería y la agroindustria. En el caso de la minería, en 2020, las importaciones de equipos y maquinaria alcanzaron más de 1.5 mil millones de dólares (Codelco, 2020). La minería chilena, al ser una de las principales fuentes de ingreso del país, requiere equipos y tecnologías especializadas que en su mayoría provienen del extranjero. Los proveedores internacionales de equipos de perforación, sistemas de control automatizados y reactivos químicos son fundamentales para asegurar la eficiencia de las operaciones mineras y reducir los costos de producción, lo que permite a las empresas chilenas competir en un mercado global altamente competitivo.

En el sector agroindustrial, Chile también depende de proveedores internacionales para insumos clave, como fertilizantes y semillas, así como para maquinaria agrícola espe-

cializada. En 2019, Chile importó más de 700.000 toneladas de fertilizantes por un valor superior a los 300 millones de dólares, lo que refleja la dependencia del mercado internacional para asegurar la calidad y cantidad de la producción agrícola (ODEPA, 2020). Esta dependencia plantea un desafío para las empresas chilenas, que deben gestionar eficientemente la relación con los proveedores y, en muchos casos, diversificar sus fuentes para evitar interrupciones en el suministro de insumos.

3.5. Transporte Logístico (Primera Etapa)

El transporte logístico es un eslabón crucial de la cadena de suministro, ya que se encarga de mover las materias primas y productos terminados entre los distintos puntos de la cadena. En la primera etapa, el transporte se realiza desde los centros de producción o fábricas hacia los centros de distribución o almacenes. Esta fase incluye el uso de diversos medios de transporte, tales como camiones, trenes, aviones o barcos, dependiendo de la ubicación geográfica de los puntos de origen y destino.

El reto de esta fase radica en optimizar los costos y tiempos de transporte, así como en garantizar que los productos lleguen en condiciones adecuadas. Las empresas deben tomar decisiones sobre el tipo de transporte a utilizar, considerando factores como el costo, la distancia, el tiempo de tránsito y la fragilidad del producto. Además, el uso de tecnologías de seguimiento y control en tiempo real permite mejorar la visibilidad y coordinación del transporte, lo que facilita la gestión de los tiempos de entrega y la reducción de los costos operacionales.

3.5.1. Transporte Logístico en Chile

El transporte logístico en Chile enfrenta desafíos importantes debido a su geografía singular, caracterizada por su extensa longitud de más de 4.300 kilómetros y un ancho promedio de apenas 177 kilómetros (Cámara de Comercio de Santiago, 2021). Esta particularidad obliga a diseñar rutas de transporte complejas, tanto en el ámbito terrestre como marítimo, incrementando los costos logísticos y los tiempos de traslado. Además, las zonas extremas del país, como el norte grande (Iquique, Antofagasta) y la Patagonia, presentan condiciones climáticas adversas y limitaciones de infraestructura que dificultan aún más el transporte eficiente de mercancías.

Según la Corporación Nacional del Cobre, el costo de transporte para la industria minera, que incluye tanto el transporte terrestre como el marítimo, representa alrededor

del 20 % de los costos totales de operación (Codelco, 2020). Esta cifra cobra especial relevancia si se considera que la minería es uno de los principales motores de la economía chilena. El país depende en gran medida de sus puertos marítimos para la exportación de productos, siendo Valparaíso, San Antonio e Iquique algunos de los más relevantes. Estos puertos son puntos estratégicos no solo para las exportaciones de minerales, sino también para productos agrícolas, pesqueros e industriales.

El puerto de Valparaíso, por ejemplo, maneja más de 2.5 millones de TEUs (contenedores) al año y es uno de los principales puntos de exportación de productos como cobre, frutas, vinos y productos del mar. San Antonio, por su parte, ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, posicionándose como el puerto con mayor movimiento de carga del país. Sin embargo, ambos puertos presentan limitaciones de capacidad que han generado congestión en los periodos de mayor demanda, lo que ha impulsado la discusión sobre la necesidad de modernizar la infraestructura portuaria y ampliar la capacidad de carga.

La logística de última milla también ha cobrado gran relevancia en los últimos años, especialmente en el contexto de la pandemia de COVID-19, que aceleró de forma exponencial la expansión del comercio electrónico. Según datos de la Cámara de Comercio de Santiago, las ventas online en Chile aumentaron un 80 % en 2020 (Cámara de Comercio de Santiago, 2021), lo que obligó a las empresas a rediseñar sus sistemas logísticos para satisfacer la creciente demanda de entregas rápidas y eficientes. Esto trajo consigo la necesidad de implementar tecnologías avanzadas de gestión de flotas, optimización de rutas y monitoreo en tiempo real, para mejorar la trazabilidad de los envíos y garantizar la satisfacción de los clientes.

Por otro lado, el transporte aéreo, aunque limitado en volumen, cumple un rol estratégico en la distribución de productos perecederos, como frutas, pescados y mariscos, destinados a mercados internacionales de alto valor. Si bien el costo de enviar productos por vía aérea puede ser hasta 5 veces más alto que por transporte marítimo, la rapidez en la entrega es un factor clave para mantener la competitividad de los productos frescos en mercados como Estados Unidos, Europa y Asia. El Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez, en Santiago, concentra la mayor parte de estas exportaciones, siendo un nodo logístico fundamental para la salida de productos de alto valor y alta rotación.

Finalmente, es importante destacar que la eficiencia del transporte logístico en esta primera etapa no solo depende de la infraestructura, sino también de la adopción de políticas públicas que fomenten la inversión en carreteras, corredores bioceánicos y mejoras portuarias. La colaboración entre el sector público y privado será clave para superar las

barreras logísticas y asegurar que Chile pueda seguir compitiendo de manera eficiente en los mercados internacionales.

3.6. Centro de Distribución y Almacén

El centro de distribución o almacén es un punto intermedio fundamental en la cadena de suministro. En esta etapa, los productos almacenados se organizan y gestionan hasta que estén listos para su distribución a los puntos de venta o a los consumidores finales. La gestión eficiente de los almacenes es clave para evitar el exceso de inventarios o la falta de productos, lo que podría interrumpir el flujo de ventas. Para lograrlo, las empresas utilizan sistemas avanzados de gestión de inventarios (WMS) que permiten un control preciso de las existencias y optimizan el espacio de almacenamiento.

Además, los almacenes deben estar estratégicamente ubicados para facilitar el acceso a las rutas de distribución, lo que reduce los tiempos de transporte y mejora la eficiencia. Es importante señalar que la gestión de inventarios también involucra la correcta previsión de la demanda, de modo que los productos estén disponibles cuando los clientes los necesiten sin que se acumule inventario innecesario que incremente los costos de almacenamiento.

3.6.1. Costo de Distribución y Almacén

El costo de distribución y almacenamiento en Chile varía según la ubicación geográfica y el tipo de producto. En zonas urbanas, como Santiago, los costos de almacenaje pueden ser elevados debido a la alta demanda de espacios industriales y comerciales, lo que impacta directamente en los márgenes de ganancia de las empresas. El costo anual de mantener una unidad en inventario suele fluctuar entre el 20 % y el 40 % del valor de dicha unidad (Feigenbaum, 1991).

Además, el costo de distribución se ve afectado por las tarifas de transporte, el costo del combustible y el uso de vehículos especializados para ciertos productos. Las empresas deben optimizar sus rutas de transporte y gestión de inventarios para reducir los costos logísticos. El uso de tecnologías de optimización de rutas y sistemas de gestión de inventarios permite a las empresas chilenas gestionar de manera más eficiente tanto el almacenamiento como el transporte, mejorando los tiempos de entrega y reduciendo los costos asociados.

3.7. Transporte Logístico (Segunda Etapa)

La segunda etapa del transporte logístico es la que lleva los productos desde los centros de distribución hasta los puntos de venta o directamente a los consumidores. Esta fase implica una logística más orientada a la distribución local, ya que los productos ya se encuentran en el almacén y deben llegar de forma eficiente al mercado. En este caso, el transporte puede realizarse por medio de flotas de camiones de menor capacidad, furgonetas o incluso mediante entregas a través de sistemas de mensajería, dependiendo del tipo de producto y su destino final.

La optimización de las rutas es esencial en esta etapa para reducir costos y mejorar los tiempos de entrega. Las empresas recurren a tecnologías avanzadas, como sistemas de planificación de rutas y seguimiento en tiempo real, para asegurar que las entregas se realicen de manera puntual y sin contratiempos. Un factor importante es la correcta gestión del flujo de productos, de modo que los más demandados estén disponibles en los puntos de venta de forma constante.

3.7.1. Transporte Logístico (Segunda Etapa) en Chile

El transporte logístico en la segunda etapa, que se refiere a la distribución desde los centros de almacenamiento a los puntos de venta o consumidores finales, es igualmente crucial en Chile. Esta fase incluye el transporte de última milla, que implica llevar los productos desde los almacenes hasta las tiendas minoristas o consumidores finales. En este contexto, las empresas de comercio electrónico han tenido que adaptarse rápidamente a las demandas de entrega rápida, optimizando sus flotas de vehículos y mejorando la planificación de las rutas urbanas.

Las empresas en Chile han comenzado a adoptar tecnologías de seguimiento en tiempo real para gestionar el flujo de productos desde los almacenes hasta los puntos de venta. Estas tecnologías permiten un monitoreo constante de las entregas, lo que asegura que los productos lleguen a tiempo y sin contratiempos.

El punto de venta representa la etapa final en la cadena de suministro, donde los productos llegan directamente al consumidor. Según el tipo de negocio, este puede materializarse en tiendas físicas, supermercados, comercios especializados o a través de plataformas de venta en línea. La estrategia en esta fase debe enfocarse en ofrecer una experiencia de compra eficiente, agradable y conveniente, factores que inciden directamente en la decisión de compra del cliente. Aspectos como la accesibilidad, la disponibilidad de

productos, la calidad en la atención al cliente y la comodidad del entorno son determinantes para asegurar una experiencia positiva.

En la actualidad, más allá de los tradicionales puntos de venta físicos, las plataformas de comercio electrónico se han consolidado como un canal fundamental para la distribución de productos. El crecimiento sostenido de las compras en línea ha llevado a las empresas a modernizar sus sistemas logísticos y de gestión de inventarios, con el fin de responder de manera eficaz a la creciente demanda digital. Esto implica mantener actualizados los niveles de stock, ofrecer servicios de entrega a domicilio eficientes y establecer políticas de devolución flexibles que fortalezcan la confianza del consumidor.

3.7.2. Retail y Alimentación

En Chile, los puntos de venta desempeñan un papel fundamental, particularmente en sectores como el retail y la industria alimentaria. Grandes cadenas de supermercados y comercios, como Cencosud y Sodimac, cuentan con una fuerte presencia a lo largo del país, apoyándose en centros de distribución estratégicamente ubicados para optimizar sus operaciones logísticas y reducir costos. El mercado chileno se mantiene como líder en ventas minoristas en América Latina, registrando un crecimiento anual cercano al 4,5 % en las ventas de productos no alimentarios (Cámara de Comercio de Santiago, 2021). Este dinamismo ha sido impulsado tanto por el auge del comercio electrónico como por la continuidad de las compras en tiendas físicas.

El comercio en línea, en particular, ha experimentado un notable avance en los últimos años, especialmente tras la pandemia, que aceleró la adopción de las plataformas digitales. Sitios como MercadoLibre y Falabella han fortalecido sus modelos logísticos para ofrecer entregas más rápidas y seguras, respondiendo a las nuevas expectativas de los consumidores. En este contexto, las empresas deben garantizar que sus puntos de venta ya sean físicos o virtuales proporcionen una experiencia de compra fluida y satisfactoria, lo que implica facilitar el proceso de adquisición, ofrecer sistemas de pago ágiles y disponer de servicios postventa confiables que fortalezcan la relación con sus clientes.

3.8. Cliente final y Consumidores

El cliente final es la última etapa en la cadena de suministro. Este es el consumidor que compra el producto para su uso personal, ya sea a través de un punto de venta tradicional o en línea. La satisfacción del cliente es clave en este punto, ya que influye

en la fidelidad y en las futuras compras. Para ello, las empresas deben no solo ofrecer productos de alta calidad, sino también un servicio al cliente excepcional, una entrega puntual y políticas de garantía claras.

El comportamiento del consumidor está influenciado por múltiples factores, como la calidad del producto, el precio, la marca y las experiencias previas con la empresa. En la actualidad, los consumidores valoran aspectos como la sostenibilidad, la ética en la producción y el impacto ambiental de los productos que adquieren. Además, las recomendaciones de otros consumidores, las reseñas en línea y la presencia en redes sociales juegan un papel crucial en la decisión de compra.

3.8.1. Cliente final y Consumidores en Chile

El consumidor final en Chile es muy exigente y tiene acceso a una gran cantidad de información sobre los productos que compra. Según la Encuesta de Consumo del Instituto Nacional de Estadísticas, el 85 % de los chilenos realiza sus compras en línea de manera habitual, lo que refleja la creciente preferencia por la conveniencia de las compras digitales. La calidad del producto, el precio, la sostenibilidad y el servicio al cliente son aspectos clave que los consumidores consideran al momento de tomar decisiones de compra (Instituto Nacional de Estadísticas, 2021).

Además, los consumidores en Chile están cada vez más interesados en productos que sean socialmente responsables y que tengan un bajo impacto ambiental. Esto ha llevado a las empresas a adaptarse a las demandas de los consumidores, no solo mejorando la calidad de sus productos, sino también implementando prácticas sostenibles a lo largo de su cadena de suministro.

3.9. Evolución y fundamentos de la gestión de calidad

La gestión de calidad, como disciplina, no es un fenómeno aislado ni reciente. Sus orígenes se remontan a las primeras décadas del siglo XX, cuando la producción en serie impulsada por Henry Ford puso de manifiesto la necesidad de controlar de manera más rigurosa la uniformidad de los productos. En esa etapa, el énfasis estaba puesto en la inspección: los productos se revisaban al final de la línea de producción para identificar y separar los defectuosos. Este enfoque correctivo resultaba costoso e ineficiente, pero representó el primer paso hacia una visión más integral.

Posteriormente, durante y después de la Segunda Guerra Mundial, surgieron los aportes de Deming, Juran y Crosby, quienes transformaron la manera de concebir la calidad. Deming impulsó el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), la cual es una metodología de gestión que subraya la importancia de la mejora continua, la participación de todos los niveles de la organización y aplicada a los distintos ámbitos, ya sea producción, logística, servicios, salud, educación, entre otros. Juran, con su trilogía (planificación, control y mejora), consolidó la idea de que la calidad debía gestionarse de forma sistémica, integrando tanto al diseño como a la producción. Crosby, por su parte, popularizó la noción de “cero defectos” y defendió que los costos de prevención siempre serían inferiores a los de corrección.

En paralelo, Kaoru Ishikawa en Japón aportó herramientas prácticas como los círculos de calidad y el diagrama causa-efecto, también conocido como “espinas de pescado”. Estos avances se convirtieron en referentes durante la expansión industrial japonesa de la segunda mitad del siglo XX, cuando empresas como Toyota implementaron el Toyota Production System (TPS), que posteriormente inspiraría metodologías como Lean Manufacturing y Six Sigma.

El salto hacia la globalización y la apertura de mercados en los años 80 y 90 fortalecieron la necesidad de normalización y estandarización. Fue entonces cuando la ISO 9000 se consolidó como el marco internacional de referencia, estableciendo criterios objetivos y verificables para asegurar la calidad en todas las etapas del ciclo de vida de los productos y servicios. En Chile, la adopción de estas normas fue decisiva para abrir mercados en Europa, Norteamérica y Asia, especialmente en industrias de exportación como el cobre, la fruta, el vino y más recientemente, el litio.

3.10. Metodologías de gestión de calidad

La gestión de calidad se ha fortalecido a través de un conjunto de metodologías y estándares reconocidos internacionalmente, que sirven como guías prácticas para mejorar procesos, reducir variabilidad y asegurar la satisfacción de los clientes. Entre las más influyentes se encuentran las normas ISO, Lean Manufacturing y Six Sigma, además de enfoques integradores que combinan sus principios.

3.10.1. Normas ISO

Las normas ISO (International Organization for Standardization) representan uno de los pilares más extendidos en la gestión de calidad. Su objetivo es definir estándares internacionales que aseguren que los productos y servicios cumplen con requisitos mínimos de confiabilidad, seguridad y desempeño.

- ISO 9001 – Sistemas de Gestión de Calidad: Esta norma es la más difundida a nivel mundial. Define los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión de calidad, independientemente del sector o tamaño de la organización. En Chile, cientos de empresas del ámbito minero, agroindustrial y de servicios están certificadas bajo ISO 9001, ya que contar con esta acreditación se ha transformado en un requisito de entrada a mercados internacionales. Un ejemplo de una empresa grande en Chile sería la empresa Codelco, la cual ha certificado procesos clave de sus divisiones bajo esta norma, lo que garantiza consistencia en la producción y control en sus cadenas de suministro.

- ISO 14001 – Gestión Ambiental: Enfocada en el control de los impactos ambientales, esta norma impulsa la eficiencia en el uso de recursos, el manejo de residuos y la reducción de la huella ecológica. En el sector vitivinícola chileno, bodegas como Concha y Toro han certificado sus operaciones bajo ISO 14001, de esta forma la empresa refuerza su compromiso con la sostenibilidad y mejora su imagen frente a consumidores internacionales que valoran prácticas responsables.

- ISO 45001 – Seguridad y Salud en el Trabajo: Diseñada para garantizar condiciones laborales seguras, ha sido adoptada por empresas del sector industrial y minero. En un país como el nuestro que posee un fuerte historial de accidentes en minería, la certificación ISO 45001 no solo cumple un rol preventivo, sino que también fortalece la confianza de las comunidades y autoridades en la operación de las compañías.

- ISO 22000 – Seguridad Alimentaria: Aplica a toda la cadena de suministro de alimentos, desde productores hasta distribuidores. En Chile, la exportación de frutas y productos procesados depende fuertemente de este estándar para acceder a mercados de Estados Unidos, Europa y Asia. Un ejemplo es la industria salmonera, que se ha visto obligada a certificar sus plantas para asegurar la inocuidad del producto en mercados altamente regulados.

En resumen, las normas ISO cumplen la función de homologar procesos y generar confianza en clientes, inversionistas y autoridades. Su implementación no solo facilita el comercio internacional, sino que también impulsa a las organizaciones a sistematizar sus operaciones y reducir la variabilidad.

3.10.2. Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing, originado en el sistema de producción de Toyota en Japón, se centra en la eliminación de desperdicios (mudas) dentro de los procesos productivos. Su principio fundamental es hacer más con menos, eliminando todas aquellas actividades que no agregan valor al cliente.

Los siete desperdicios identificados por Lean incluyen: sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario, exceso de inventario, defectos, movimientos innecesarios y sobreprocesamiento.

- Ejemplo internacional: Toyota, pionera en esta metodología, logró reducir drásticamente los tiempos de producción de vehículos al aplicar el sistema Just in Time, produciendo únicamente lo necesario en el momento justo.

- Ejemplo chileno: en la industria del retail, Falabella ha incorporado principios Lean en la gestión de su logística, ajustando inventarios y optimizando bodegas para reducir costos de almacenamiento y mejorar la velocidad de entrega.

Además, Lean no se limita a la manufactura, debido a que esta a evolucionado con el tiempo, hoy en día se aplica en servicios de salud, educación y sector público. En hospitales chilenos, por ejemplo, se han implementado proyectos Lean para reducir tiempos de espera en urgencias, mejorando la experiencia de los pacientes y aumentando la eficiencia en el uso de camas hospitalarias.

3.10.3. Six Sigma

Six Sigma es una metodología creada en Motorola durante la década de 1980, orientada a reducir la variabilidad de los procesos y minimizar defectos. Su nombre proviene de la estadística: alcanzar un nivel de seis sigmas implica un máximo de 3,4 defectos por cada millón de oportunidades.

La herramienta central de Six Sigma es la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar):

1. Definir el problema y los objetivos.
2. Medir los datos del proceso.
3. Analizar las causas raíz de los problemas.

4. Mejorar el proceso con soluciones innovadoras.

5. Controlar para garantizar que la mejora se mantenga en el tiempo.

- Ejemplo internacional: General Electric implementó Six Sigma en la década de 1990, logrando ahorros anuales superiores a los 12.000 millones de dólares.

- Ejemplo chileno: en la industria minera, empresas proveedoras de insumos han aplicado proyectos Six Sigma para reducir el nivel de defectos en repuestos críticos, evitando paradas no programadas de maquinarias de alto costo.

Six Sigma aporta un enfoque fuertemente cuantitativo, basado en datos y análisis estadístico, que complementa la filosofía Lean orientada al flujo. De hecho, muchas organizaciones han adoptado un enfoque combinado conocido como Lean Six Sigma, que busca tanto la eliminación de desperdicios como la reducción de la variabilidad.

3.10.4. TQM

La Gestión de Calidad Total (TQM) fue una de las primeras metodologías en poner el foco en la cultura organizacional como pilar de la calidad. A diferencia de modelos centrados exclusivamente en inspección o control, TQM busca que la calidad sea responsabilidad de toda la organización, desde la alta gerencia hasta los operarios.

Los principios centrales de TQM son:

1. Enfoque absoluto en el cliente.
2. Liderazgo visible y comprometido.
3. Participación activa de todos los trabajadores.
4. Mejora continua como filosofía permanente.
5. Decisiones basadas en datos y hechos.

Ejemplo internacional: Xerox adoptó TQM en los años 80 para enfrentar la fuerte competencia japonesa. Gracias a este enfoque, logró reducir tiempos de entrega y mejorar su confiabilidad.

Ejemplo chileno: en el ámbito hospitalario, varias instituciones han aplicado programas de TQM para estandarizar procedimientos clínicos y mejorar la seguridad del paciente, colocando la experiencia del usuario como eje central de la gestión.

3.10.5. Kaizen

Kaizen es una metodología japonesa cuyo significado es “cambio para mejorar” o “mejora continua”. Se diferencia de otras herramientas porque privilegia pequeños cambios diarios en lugar de transformaciones radicales. La clave de Kaizen es la participación de los trabajadores, quienes están en la mejor posición para detectar inefficiencias en su trabajo cotidiano.

Principios de Kaizen: disciplina, orden, eliminación de desperdicios, trabajo en equipo y búsqueda constante de eficiencia.

Ejemplo internacional: Toyota implementó círculos de calidad en los que equipos de trabajadores se reúnen periódicamente para discutir problemas y proponer soluciones, generando mejoras continuas.

Ejemplo chileno: En la industria pesquera y manufacturera se han implementado talleres Kaizen en los que los operarios reorganizan puestos de trabajo para reducir movimientos innecesarios y ganar eficiencia en la línea de producción.

3.10.6. Benchmarking

El benchmarking consiste en comparar procesos, productos o servicios con los de empresas líderes en el mercado, para identificar brechas de desempeño y oportunidades de mejora. Estas pueden ser:

- Interno: Entre áreas de una misma organización.
- Competitivo: Frente a rivales directos.
- Funcional: Con empresas de otros sectores que destacan en un proceso particular.

Ejemplo internacional: Southwest Airlines redujo los tiempos de embarque y rotación de aviones inspirándose en los equipos de Fórmula 1 y sus técnicas de pit stop.

Ejemplo chileno: Empresas salmoneras realizan benchmarking con Noruega, líder en acuicultura, para incorporar mejores prácticas en bioseguridad y sostenibilidad ambiental.

3.10.7. 5S

La metodología 5S proviene de Japón y se centra en la organización y disciplina en el lugar de trabajo. Su nombre proviene de cinco palabras japonesas:

- Seiri (Clasificación): separar lo necesario de lo innecesario.
- Seiton (Orden): ubicar los elementos de manera eficiente.
- Seiso (Limpieza): mantener el espacio libre de suciedad.
- Seiketsu (Estandarización): crear normas para mantener orden y limpieza.
- Shitsuke (Disciplina): fomentar hábitos y cultura de respeto a las normas.

Ejemplo internacional: en plantas de Honda y Nissan, 5S se convirtió en la base cultural de la calidad, reduciendo accidentes y mejorando productividad.

Ejemplo chileno: talleres metalúrgicos y manufactureros aplicaron 5S para reducir accidentes laborales y mejorar la moral del personal.

3.10.8. Business Process Management(BPM)

El BPM (Gestión por Procesos de Negocio) plantea que la calidad no puede garantizarse en funciones aisladas, sino en el flujo transversal de actividades que generan valor al cliente. Combina modelada de procesos, indicadores y automatización digital.

Ejemplo internacional: Bancos europeos implementaron BPM para reducir errores en las transacciones con los clientes y así poder mejorar tiempos de atención, con los mismos clientes.

Ejemplo chileno: Aseguradoras y entidades financieras han usado BPM para digitalizar trámites y reducir tiempos de respuesta a reclamos de clientes.

3.10.9. Comparación y complementariedad de metodologías

Aunque cada metodología tiene sus particularidades, en la práctica suelen integrarse:

- ISO 9001 establece un marco general de gestión, asegurando que los procesos estén documentados y controlados.
- Lean Manufacturing aporta herramientas para eliminar actividades que no generan valor y optimizar el flujo de trabajo.
- Six Sigma se concentra en la variabilidad, utilizando análisis estadísticos avanzados para reducir defectos.

En conjunto, estas metodologías refuerzan la eficiencia de las cadenas de suministro.

Por ejemplo, una empresa chilena exportadora de alimentos puede certificar sus procesos bajo ISO 9001 e ISO 22000, aplicar Lean para reducir tiempos de preparación de pedidos y adoptar Six Sigma para minimizar la variabilidad en el envasado. El resultado es una operación más confiable, ágil y competitiva a nivel internacional.

3.10.10. Importancia estratégica para Chile

La implementación de estas metodologías no es solo un asunto técnico, sino una estrategia empresarial de largo plazo. En el contexto chileno, donde la economía depende de sectores intensivos en exportación, la adopción de sistemas de calidad resulta vital para asegurar acceso a mercados exigentes y diferenciarse frente a competidores de países emergentes.

- En minería, la certificación ISO 9001 y la aplicación de Lean Six Sigma han permitido a proveedores locales posicionarse como socios estratégicos de grandes compañías internacionales.
- En la agroindustria, ISO 22000 se ha convertido en un requisito indispensable para la inocuidad alimentaria, mientras Lean ha mejorado la gestión de empaques y distribución.
- En la manufactura, la combinación de ISO y Six Sigma ha fortalecido la confiabilidad de productos industriales, reduciendo costos de garantía y devoluciones.

3.10.11. Metodologías y herramientas complementarias de gestión de calidad

En el ámbito de la gestión de la calidad y la mejora continua existen diversas metodologías y herramientas orientadas a evaluar el desempeño organizacional, monitorear resultados y abordar problemas asociados a la calidad. Entre ellas se encuentran el Modelo EFQM, orientado a la evaluación integral de la gestión y la excelencia organizacional; el Balanced Scorecard (BSC), utilizado para traducir la estrategia organizacional en indicadores de desempeño desde distintas perspectivas; y la metodología 8D, enfocada en la resolución estructurada de problemas y en la identificación de sus causas raíz. Estas herramientas han sido aplicadas en diversos sectores productivos y de servicios; sin embargo, su aplicación no se incorpora en el desarrollo metodológico de la presente investigación, debido a que el estudio se concentra en el análisis de metodologías directamente relacionadas con los escenarios, variables y simulaciones desarrolladas para evaluar el impacto de la ges-

tión de la calidad sobre la eficiencia operacional. En consecuencia, el desarrollo detallado de estas herramientas escapa al alcance definido para las simulaciones de la memoria, por lo que se presentan únicamente como antecedentes complementarios dentro del conjunto de alternativas existentes para la gestión de la calidad, sin intervenir directamente en los análisis y resultados obtenidos.

3.11. Modelos de gestión y costos de calidad

La teoría contemporánea de la calidad trasciende lo técnico y se adentra en lo económico: la calidad cuesta cuando no se gestiona y rinde cuando se invierte con criterio. El enfoque PEFI (Prevención, Evaluación, Fallas Internas y Fallas Externas) ofrece un lenguaje común para visibilizar, medir y optimizar los costos asociados a la calidad a lo largo del ciclo de valor.

3.11.1. Componentes PEFI

- Costos de prevención (P): Inversión deliberada para evitar errores, esto incluye formación, estandarización de procesos, AMEF/FMEA, diseño robusto, calificación de proveedores, mantenimiento preventivo y actualización de procedimientos.
- Costos de evaluación (E): Verificación de conformidad, esto contempla inspecciones, auditorías internas/externas, muestreo estadístico, pruebas de laboratorio y calibración metrológica.
- Costos de fallas internas (FI): Pérdidas antes de llegar al cliente, por ejemplo, procesos, scrap, tiempos muertos, paradas por no conformidad, retrabajos de ingeniería y desperdicios de materiales.
- Costos de fallas externas (FE): el cuadrante más oneroso y el que posee la mayor repercusión de reputación, estas pueden ser devoluciones, garantías, penalidades contractuales, reclamos, pérdida de clientes, crisis de marca y litigios.

3.11.2. Modelo económico

La relación fundamental puede representarse como:

$$CT = CP + CE + CFI + CFE \quad (3.1)$$

donde C_T es el costo total de calidad. En general:

- Incrementar C_P y C_E reduce C_{FI} y C_{FE} (efecto preventivo).
- Existe un óptimo económico (curva en “U”): prevenir “demasiado” encarece sin retorno; prevenir “muy poco” dispara fallas.

3.11.3. Heurística práctica para el óptimo

Objetivo: minimizar C_T sujeto a la tasa de defectos objetivo, nivel de servicio y márgenes.

Indicadores guía: DPMO, First Pass Yield (FPY), Costo de No Calidad (CoNQ) como % ventas, Scrap rate, Lead time y NPS.

Decisión: reasignar gasto desde evaluación tardía hacia prevención temprana (diseño, proveedores, mantenimiento), donde el ROI suele ser superior.

Conclusión del modelo PEFI: El análisis del modelo PEFI permite concluir que la prevención constituye el eje más estratégico dentro de los costos de calidad. Si bien estos costos implican una inversión temprana, ya sea de capacitación, estandarización de procesos, selección de proveedores confiables, mantenimiento preventivo, etc, sus beneficios superan con creces a los gastos asociados a la detección de fallas o a las pérdidas derivadas de devoluciones y reclamos.

Al priorizar la prevención, las organizaciones no solo disminuyen el número de fallas tanto internas como externas, sino que también a la larga mejora su rentabilidad, dado que reducen reprocesos, optimizan tiempos de operación, además de fortalecer la satisfacción del cliente. En este sentido, el hecho de invertir en prevención no debe entenderse como un costo adicional, sino que es una estrategia de eficiencia económica y competitiva.

En contraste, relegar la prevención genera directamente una mayor probabilidad de fallas y expone a las empresas a pérdidas financieras, daños reputacionales y menor fidelización del cliente. Por ello el enfoque preventivo dentro del modelo PEFI es clave para garantizar la competitividad a largo plazo y la sostenibilidad de la calidad.

3.11.4. Asignación PEFI por proceso

El modelo PEFI (Prevención, Evaluación, Fallas Internas y Fallas Externas) se aplica de manera transversal a los distintos procesos que conforman la cadena de valor

de una organización, permitiendo identificar y cuantificar los costos asociados a la calidad en cada etapa. Esta asignación diferenciada por proceso no solo facilita la detección de ineficiencias, sino que también orienta la toma de decisiones hacia una gestión más estratégica de los recursos, priorizando aquellas actividades que generan un mayor retorno en términos de prevención y mejora continua.

En el caso del proceso de abastecimiento, los costos de prevención corresponden a todas aquellas acciones destinadas a garantizar la calidad de los insumos y materias primas antes de su ingreso a la organización. Entre las prácticas más relevantes se encuentra la homologación de proveedores, que implica evaluar su desempeño en términos de cumplimiento de especificaciones, tiempos de entrega y consistencia en la calidad de los productos suministrados. Este control previo reduce la probabilidad de recibir materiales defectuosos o no conformes. En paralelo, los costos de evaluación se asocian a las auditorías de proveedores y controles de recepción, que aseguran que los productos entregados cumplan con los estándares establecidos. Sin embargo, cuando los sistemas preventivos o de evaluación fallan, surgen los costos de fallas internas, que se manifiestan en la detección de ingresos rechazados o materiales defectuosos antes de ser utilizados. Si estos defectos no son detectados a tiempo, se transforman en fallas externas, las cuales pueden provocar interrupciones en la producción, paros operacionales o incumplimientos contractuales con los clientes, generando impactos financieros y reputacionales significativos.

En el proceso de producción, el enfoque PEFI adquiere un papel aún más crítico, dado que la calidad del producto final depende directamente del control de las variables de proceso. Los costos de prevención incluyen la aplicación de metodologías como el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), el sistema SMED para reducción de tiempos de preparación, y la implementación de la filosofía 5S, todas ellas orientadas a eliminar fuentes de variabilidad y garantizar condiciones estables de operación. A su vez, los costos de evaluación se relacionan con la ejecución de controles estadísticos de proceso (SPC) y con inspecciones visuales que permiten verificar la conformidad de los productos en etapas intermedias. En el ámbito de las fallas internas, los principales costos derivan del retrabajo, el desperdicio de materiales (scrap) y los tiempos muertos provocados por no conformidades detectadas antes de la entrega al cliente. Finalmente, las fallas externas se asocian a productos defectuosos que llegan al mercado y generan reclamos o solicitudes de garantía. Estas últimas representan el tipo de falla más costosa, ya que implican no solo reposiciones o compensaciones económicas, sino también una pérdida en la confianza y satisfacción del cliente, lo que afecta directamente la competitividad de la organización.

Por último, dentro del proceso logístico, el modelo PEFI se traduce en una herra-

mienta clave para mantener la integridad de los productos y la eficiencia operativa a lo largo de la cadena de suministro. Los costos de prevención se reflejan en la estandarización del embalaje, la validación de rutas de transporte y la capacitación del personal en buenas prácticas de manipulación y carga. Estas medidas buscan evitar daños, pérdidas o errores en la distribución. Los costos de evaluación se materializan mediante la utilización de listas de verificación (checklists) y sistemas de trazabilidad que permiten monitorear cada etapa del despacho y recepción de los productos. En cuanto a las fallas internas, estas se evidencian cuando se producen errores en la preparación de pedidos, como el picking equivocado o el mal etiquetado de mercancías, generando reprocesos y demoras. Finalmente, las fallas externas se presentan cuando el producto llega en mal estado, se extravía durante el transporte o no cumple con los tiempos acordados, ocasionando reclamos, devoluciones y pérdida de confianza por parte del cliente final.

En síntesis, la asignación del modelo PEFI a los distintos procesos permite comprender cómo la gestión de calidad se entrelaza con las operaciones de abastecimiento, producción y logística. La clave está en equilibrar los esfuerzos entre prevención y evaluación para minimizar los costos derivados de las fallas, tanto internas como externas. Este enfoque integral fomenta una cultura organizacional orientada a la mejora continua, donde la inversión en prevención no se percibe como un gasto, sino como una herramienta estratégica para asegurar la sostenibilidad, la competitividad y la satisfacción del cliente a largo plazo.

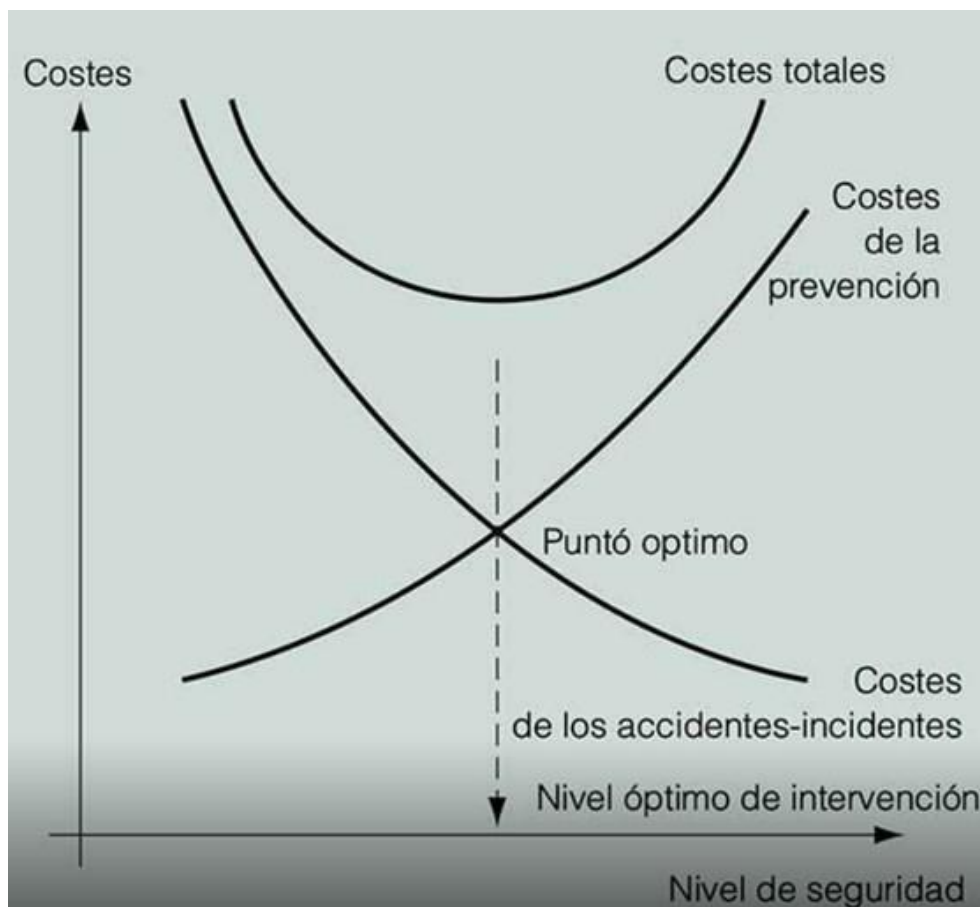


Figura 4: Gráfico coste-beneficio de la prevención

Nota: Tomado de Prevencionar, 2020.

3.12. Competitividad y sostenibilidad en Chile

La calidad, más que una simple herramienta técnica, constituye una capacidad dinámica que permite a las organizaciones adaptarse, diferenciarse y sostener ventajas competitivas en mercados cada vez más exigentes. En el contexto chileno, esta idea cobra especial relevancia, ya que la competitividad nacional se apoya fundamentalmente en sectores exportadores intensivos en recursos naturales, tales como la minería, la agroindustria, la acuicultura y determinadas ramas de la manufactura. En todos estos sectores, la calidad ha pasado de ser un requisito operativo para transformarse en un factor estratégico que articula tres dimensiones esenciales: el desempeño operativo, el cumplimiento regulatorio y la legitimidad social o “licencia para operar”.

En primer lugar, la calidad como desempeño operativo se traduce en la capacidad de las empresas para optimizar sus procesos productivos, reducir la variabilidad y eliminar desperdicios. En industrias como la minería del cobre o la manufactura metalmecánica, la implementación de sistemas de gestión de calidad permite estandarizar procedimientos, aumentar la confiabilidad de los equipos y mejorar la productividad global. Este enfoque operativo de la calidad genera impactos directos sobre la eficiencia, al reducir costos unitarios, disminuir los tiempos de ciclo y aumentar la disponibilidad de los activos productivos. En consecuencia, la calidad deja de ser una preocupación exclusiva del área de control y se convierte en un eje transversal que influye en todas las áreas del negocio.

En segundo término, la calidad como cumplimiento regulatorio adquiere cada vez más relevancia en el contexto chileno e internacional. Los mercados globales imponen exigencias técnicas y normativas que obligan a las empresas a mantener altos estándares de seguridad, trazabilidad e inocuidad. Ejemplo de ello son las certificaciones ISO 9001, ISO 14001, HACCP, GlobalG.A.P. o BRCGS, que hoy constituyen verdaderos pasaportes comerciales para poder acceder y mantenerse en cadenas de valor internacionales. En el caso de la agroindustria chilena, el cumplimiento de estos estándares no solo permite exportar frutas, vinos o salmones, sino que también protege la reputación país, fortaleciendo la percepción de Chile como un productor responsable, confiable y de alta calidad. Este fenómeno demuestra que la gestión de calidad no es únicamente una cuestión técnica, sino también una herramienta de gobernanza y credibilidad frente a los mercados internacionales.

Por último, la calidad también actúa como un instrumento de legitimidad social y sostenibilidad. En un entorno donde los consumidores, inversionistas y comunidades exigen cada vez mayor transparencia y responsabilidad ambiental, la gestión de calidad se extiende más allá de los procesos productivos para abarcar prácticas éticas, sociales y medioambientales. En Chile, esta tendencia se refleja en la presión por reducir la huella de carbono, mejorar la eficiencia hídrica, fortalecer las condiciones laborales y garantizar la seguridad de los trabajadores. Empresas mineras, agrícolas y manufactureras que han incorporado estos criterios dentro de sus sistemas de gestión no solo logran disminuir riesgos operacionales, sino que además consolidan una relación más sólida con su entorno y acceden a mejores oportunidades de financiamiento e inversión responsable.

La conjunción de estas tres dimensiones, eficiencia operativa, cumplimiento normativo y legitimidad social, estas definen el nuevo paradigma de competitividad en Chile. En este modelo, la calidad deja de ser un componente aislado del proceso productivo para convertirse en una estrategia de sostenibilidad integral, capaz de equilibrar los resultados

económicos con la responsabilidad social y el respeto ambiental. Así, las empresas que gestionan la calidad de manera proactiva no solo mejoran sus indicadores de desempeño, sino que también fortalecen su reputación, su resiliencia y su capacidad de adaptación frente a los desafíos globales, posicionándose como actores clave en el desarrollo sostenible del país.

3.12.1. Minería del cobre: más allá de la ley de mineral

La minería del cobre representa uno de los pilares más importantes de la economía chilena y, al mismo tiempo, uno de los sectores donde la gestión de la calidad ha adquirido mayor relevancia en los últimos años. Tradicionalmente, el rendimiento minero se evaluaba en función de la ley del mineral y de los volúmenes de producción alcanzados. Sin embargo, el contexto actual ha transformado radicalmente esta visión. Hoy, la competitividad del sector no depende únicamente de la cantidad de cobre extraído, sino de la capacidad de las empresas para integrar estándares de trazabilidad, eficiencia hídrica y energética, seguridad operacional y reducción de la huella de carbono en todas las etapas del proceso productivo.

Las exigencias internacionales impulsadas por los mercados financieros, los consumidores y las políticas medioambientales han obligado a la minería chilena a evolucionar hacia modelos de gestión más sostenibles y transparentes. Las grandes compañías del sector, como Codelco, Antofagasta Minerals y Collahuasi, han incorporado sistemas de trazabilidad digital que permiten registrar el origen y las condiciones de extracción del mineral, garantizando una cadena de suministro responsable y verificable. Al mismo tiempo, se han implementado tecnologías de monitoreo continuo para optimizar el uso del agua y la energía, dos recursos críticos en la operación minera. La gestión de calidad se convierte así en una herramienta transversal que no solo busca asegurar la eficiencia técnica, sino también el cumplimiento de compromisos ambientales y sociales que condicionan la aceptación del negocio ante la comunidad y los inversionistas.

Desde la perspectiva operativa, la calidad del proceso se ha vuelto determinante para mantener la productividad y la rentabilidad en un entorno de costos crecientes y leyes de mineral decrecientes. La aplicación de herramientas como el Control Estadístico de Procesos (SPC) en las etapas de molienda y flotación ha permitido reducir la variabilidad de los resultados metalúrgicos y mejorar la estabilidad de los concentrados obtenidos. Asimismo, los controles en los procesos de espesamiento y filtrado han incrementado la eficiencia en la recuperación de agua y en la calidad final del concentrado, reduciendo

pérdidas y mejorando el desempeño global de la planta. La confiabilidad en la mantención de equipos también constituye un eje clave: la incorporación de mantenimiento predictivo basado en sensores y análisis de vibraciones ha contribuido a disminuir los tiempos de inactividad, optimizar la utilización de activos y mejorar el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness), que refleja la eficiencia total del sistema productivo.

Además del impacto operativo, la gestión de calidad en la minería del cobre tiene efectos directos en los costos unitarios y en la variabilidad de la producción. Al eliminar reprocesos, controlar las desviaciones y garantizar la estabilidad de los parámetros críticos, las empresas logran reducir el costo por tonelada producida, un indicador esencial para competir en un mercado global dominado por la volatilidad de los precios del cobre. Este enfoque preventivo, apoyado en metodologías estadísticas y en la digitalización de datos, permite tomar decisiones en tiempo real y anticipar desviaciones antes de que generen pérdidas significativas.

La transparencia y la estandarización ambiental se han convertido también en factores estratégicos de competitividad internacional. Las mineras que adoptan estándares rigurosos de sostenibilidad como los lineamientos del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM), el Copper Mark o las certificaciones ISO 14001 y 45001 mejoran su reputación ante los mercados y acceden a mejores condiciones de financiamiento. Los offtakers globales, es decir, los compradores e inversionistas internacionales, priorizan hoy contratos con productores que demuestran trazabilidad, cumplimiento normativo y gestión ambiental responsable. En este sentido, la calidad ya no se limita a los parámetros técnicos del concentrado, sino que abarca todo el ciclo de valor: desde la extracción y procesamiento hasta la relación con las comunidades y el impacto ambiental asociado.

En síntesis, la minería del cobre chilena se enfrenta a un escenario en el que la calidad se redefine como un concepto integral que combina desempeño técnico, eficiencia energética, sustentabilidad ambiental y transparencia operacional. Superar la visión tradicional centrada en la ley del mineral implica comprender que la competitividad futura del sector dependerá de su capacidad para operar bajo estándares de excelencia sostenibles y verificables. La adopción de una gestión de calidad avanzada no solo mejora la rentabilidad y estabilidad del proceso, sino que también consolida la posición de Chile como líder mundial en minería responsable, fortaleciendo su reputación ante los mercados globales y asegurando la continuidad de la industria en el largo plazo.

3.12.2. Agroindustria: Inocuidad, cadena de frío y requisitos de mercado

La agroindustria chilena constituye uno de los sectores más dinámicos y estratégicos del país, al ser una de las principales fuentes de exportación y de generación de empleo, especialmente en las regiones del centro y sur. Chile ha logrado posicionarse como un actor relevante en el comercio internacional de alimentos frescos y procesados, abasteciendo mercados altamente exigentes como Estados Unidos, la Unión Europea y Asia. En este contexto, la gestión de la calidad y la inocuidad alimentaria se ha convertido en un elemento esencial no solo para competir, sino para sobrevivir dentro de los estándares globales. En la práctica, la calidad en la agroindustria equivale a una “licencia de exportar”, ya que sin certificaciones y mecanismos de control robustos las empresas no pueden ingresar ni mantenerse en los mercados internacionales.

Las barreras técnicas al comercio, entre las que destacan los límites máximos de residuos (MRL), los programas de trazabilidad y los sistemas de aseguramiento de calidad como HACCP, GlobalG.A.P. y BRCGS, establecen un marco regulatorio riguroso que obliga a las empresas chilenas a operar bajo los más altos estándares de control. El cumplimiento de estas normativas no solo asegura la inocuidad de los alimentos, sino que también respalda la reputación del país como proveedor confiable y responsable. En este sentido, la calidad deja de ser una ventaja competitiva opcional para transformarse en un requisito mínimo de acceso a los mercados internacionales. Cada producto exportado, desde una caja de uvas hasta un pallet de salmón o una botella de vino, representa el compromiso del país con la seguridad alimentaria y la excelencia operacional.

Una falla en la inocuidad o trazabilidad puede tener consecuencias severas tanto para la empresa como para todo el sector productivo. Un embarque rechazado en destino por contaminación microbiológica, exceso de residuos químicos o incumplimiento en la temperatura de conservación genera pérdidas económicas significativas, costos logísticos elevados y, lo que es más grave, un daño reputacional colectivo. En la agroindustria, un solo error puede afectar la confianza de compradores internacionales en toda una cadena de valor, generando restricciones de ingreso, sanciones comerciales y pérdida de contratos a largo plazo. Por este motivo, la gestión de la calidad en este sector se aborda de manera preventiva y sistémica, articulando controles en cada etapa: desde la producción primaria hasta la distribución final.

Para mitigar estos riesgos, las empresas agroexportadoras chilenas han adoptado un conjunto de buenas prácticas de gestión y control que abarcan toda la cadena productiva.

En la etapa de producción, se monitorean las condiciones del suelo, el uso de agroquímicos y las prácticas de cosecha para garantizar el cumplimiento de los límites de residuos y las exigencias fitosanitarias. En los centros de embalaje y procesamiento, se aplican programas de control de calidad basados en el sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), complementados con auditorías internas y externas que aseguran la correcta manipulación de los productos. El monitoreo de la cadena de frío es otro factor crítico, especialmente en frutas, hortalizas y productos de origen animal, ya que cualquier desviación térmica puede reducir la vida útil y comprometer la inocuidad del producto.

Asimismo, la estandarización de empaques y materiales de embalaje ha permitido mejorar la eficiencia logística y reducir el riesgo de contaminación cruzada o daños durante el transporte. Las auditorías periódicas a predios y plantas de packing se han convertido en un requisito habitual, no solo para cumplir con los programas de certificación, sino también para fortalecer la cultura organizacional en torno a la calidad y la mejora continua. Además, ante cualquier evento o desviación, se activan planes CAPA (Corrective and Pre-ventive Actions) que permiten investigar las causas raíz, implementar medidas correctivas y prevenir la repetición de incidentes, consolidando un ciclo permanente de aprendizaje y perfeccionamiento.

En definitiva, la experiencia de la agroindustria chilena demuestra que la calidad no es un atributo aislado del producto, sino una condición estructural del sistema productivo. Las empresas que invierten en trazabilidad, certificaciones y control de procesos logran no solo reducir pérdidas y rechazos, sino también fortalecer su posición competitiva en los mercados más exigentes. En un entorno global donde los consumidores valoran cada vez más la seguridad, sostenibilidad y transparencia en la producción de alimentos, Chile ha sabido capitalizar su reputación construida sobre la base de la confianza y la excelencia, consolidando así la calidad como un activo estratégico que sostiene el crecimiento y la proyección internacional del sector agroindustrial.

3.12.3. Manufactura y servicios intensivos en logística

El sector manufacturero y los servicios intensivos en logística constituyen un eje esencial para la competitividad de la economía chilena, ya que actúan como enlace entre la producción, la distribución y el consumo, garantizando que los bienes y servicios lleguen a sus destinos con eficiencia, puntualidad y calidad. En un contexto caracterizado por la globalización de las cadenas de suministro y el auge del comercio electrónico, la gestión de la calidad se ha transformado en un elemento decisivo para sostener operaciones ágiles,

confiables y orientadas al cliente. La calidad, entendida como un principio transversal de gestión, permite a las empresas manufactureras y logísticas reducir desperdicios, optimizar procesos y asegurar la coherencia entre la promesa de servicio y la experiencia real del consumidor.

En el ámbito de la manufactura, las empresas chilenas han incorporado de manera creciente sistemas de gestión de calidad basados en la norma ISO 9001, que proporciona un marco estructurado para la estandarización de procesos y la mejora continua. Este enfoque ha permitido reducir la variabilidad de los resultados, disminuir los errores de producción y aumentar la eficiencia global de las operaciones. En paralelo, la implementación de metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma ha impulsado transformaciones significativas en la productividad del sector, mediante la eliminación sistemática de desperdicios (mudas), la reducción de tiempos de ciclo y la optimización de los flujos de trabajo. La integración de estas herramientas no solo mejora el rendimiento operacional, sino que también fomenta una cultura de disciplina, orden y responsabilidad compartida, en la que cada trabajador se convierte en un agente activo de la calidad.

Uno de los efectos más relevantes de la estandarización y la aplicación de metodologías Lean y Six Sigma es la disminución de las mermas, reprocesos y defectos en los procesos productivos. Las empresas que adoptan estos enfoques logran mantener un control estadístico más preciso sobre sus indicadores de desempeño y una mayor estabilidad en los resultados, lo que repercute directamente en la reducción de los costos de no calidad. Este impacto no solo se traduce en ahorros económicos, sino también en una mejora tangible de la confiabilidad del producto final, factor clave para la fidelización de clientes y la consolidación de relaciones comerciales sostenibles en el tiempo.

En los servicios intensivos en logística, como el retail, el comercio electrónico y los operadores 3PL (Third Party Logistics), la gestión de la calidad adquiere una dimensión estratégica, ya que la competitividad depende tanto de la eficiencia de los procesos internos como de la experiencia del cliente final. En estos sectores, la calidad se mide no solo por la ausencia de errores, sino también por la capacidad de cumplir con las expectativas de entrega, precisión y servicio. La aplicación de principios Lean y la automatización de procesos logísticos, mediante sistemas de gestión de almacenes (WMS) y de planificación de recursos empresariales (ERP), han permitido mejorar la trazabilidad, reducir los tiempos de despacho y minimizar los errores en la preparación de pedidos.

La confiabilidad de entrega se ha convertido en uno de los principales indicadores de desempeño en el sector logístico chileno. Las empresas que logran garantizar entregas puntuales, sin daños ni errores de picking, obtienen una ventaja competitiva directa frente

a sus competidores, especialmente en un entorno donde los consumidores valoran la inmediatez y la precisión. En este contexto, la gestión de la calidad no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también se convierte en un motor de diferenciación, al fortalecer la percepción de fiabilidad y profesionalismo por parte del cliente.

Además, la calidad de servicio actúa como un puente entre la operación y la satisfacción del cliente. En el caso del retail y el e-commerce, por ejemplo, una experiencia de compra positiva depende de que el producto llegue en tiempo, forma y condiciones óptimas. Cada interacción desde el embalaje y el transporte hasta la atención postventa forma parte del sistema de calidad percibido por el usuario. Por ello, la integración de sistemas de mejora continua y de monitoreo de indicadores como el nivel de servicio (SL), el índice de entregas perfectas (OTIF) o el Net Promoter Score (NPS) permite alinear los objetivos operativos con la experiencia del cliente final.

En síntesis, tanto la manufactura como los servicios logísticos demuestran que la gestión de la calidad es un factor determinante para la sostenibilidad y la competitividad. La estandarización de procesos bajo normas internacionales, la aplicación disciplinada de metodologías Lean y Six Sigma y la orientación hacia la satisfacción del cliente conforman un modelo integral que no solo reduce costos y tiempos, sino que también eleva la reputación de las organizaciones. En un entorno donde la eficiencia y la confianza son valores fundamentales, las empresas que logran integrar la calidad en toda su cadena de valor no solo mejoran su desempeño operativo, sino que consolidan su posición en el mercado y refuerzan su capacidad de adaptación frente a los desafíos de la economía digital.

3.12.4. Responsabilidad social y legitimidad

En la actualidad, las organizaciones enfrentan un entorno cada vez más exigente, donde la competitividad no se mide únicamente por los resultados financieros o la eficiencia operativa, sino también por la forma en que las empresas se relacionan con su entorno social, ambiental y regulatorio. En este contexto, la responsabilidad social y la legitimidad corporativa se han convertido en pilares fundamentales para garantizar la sostenibilidad y la continuidad de las operaciones, especialmente en sectores productivos de alto impacto como la minería, la agroindustria y la manufactura. La gestión de la calidad, tradicionalmente asociada a los procesos internos y a la satisfacción del cliente, ha evolucionado para incorporar estos nuevos desafíos, consolidando su papel como un instrumento clave para fortalecer la confianza, prevenir conflictos y generar valor compartido.

Un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) robusto no solo estandariza los procesos

productivos, sino que también contribuye a reducir los incidentes HSEC (Health, Safety, Environment and Community), mejorando las condiciones de seguridad, salud y medio ambiente, además de fortalecer la convivencia con las comunidades vecinas. La aplicación disciplinada de procedimientos, auditorías internas, programas de capacitación y controles preventivos minimiza la ocurrencia de accidentes laborales, derrames o incumplimientos ambientales que puedan afectar la reputación de la empresa. A su vez, el compromiso con la calidad fomenta una cultura organizacional positiva, caracterizada por la participación de los trabajadores, la comunicación efectiva y el sentido de responsabilidad compartida frente a los objetivos estratégicos. Un entorno laboral más seguro y colaborativo se traduce en una mayor motivación, menor rotación de personal y mejores niveles de desempeño, lo que repercute directamente en la productividad y la estabilidad de la organización.

La calidad, en su dimensión social, también se manifiesta en la capacidad de las empresas para mantener relaciones transparentes y de confianza con las comunidades locales y los organismos reguladores. Las organizaciones que operan con altos estándares de gestión, auditorías certificadas y comunicación proactiva generan credibilidad, reducen la conflictividad y aseguran su licencia social para operar, un concepto que hoy resulta indispensable para el desarrollo sostenible de cualquier proyecto. En Chile, la experiencia demuestra que aquellas compañías que integran la responsabilidad social dentro de sus sistemas de gestión ya sea mediante reportes de sostenibilidad, políticas de ética corporativa o programas comunitarios logran mayor aceptación pública y menor exposición a riesgos reputacionales o regulatorios.

El vínculo entre calidad y sostenibilidad se ha consolidado como una ventaja competitiva de largo plazo. Cuando una empresa gestiona la calidad de manera integral, no solo garantiza la conformidad técnica de sus productos o servicios, sino que también incorpora criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en su estrategia corporativa. Este enfoque genera valor reputacional, ya que los consumidores, inversionistas y socios comerciales tienden a preferir organizaciones que demuestran responsabilidad y coherencia entre sus valores y sus prácticas. Al mismo tiempo, la gestión de la calidad contribuye a mitigar los riesgos de continuidad operacional, anticipando y corrigiendo desviaciones que podrían derivar en sanciones, conflictos laborales o pérdida de contratos.

En síntesis, la calidad y la responsabilidad social son dimensiones que se retroalimentan mutuamente: una empresa que gestiona sus procesos con excelencia técnica, ética y transparencia no solo cumple con los requisitos normativos, sino que también construye legitimidad ante la sociedad. Este equilibrio entre eficiencia y sostenibilidad es lo que permite a las organizaciones mantenerse vigentes, confiables y competitivas en el largo plazo.

En el contexto chileno, donde la licencia social para operar se ha convertido en un factor determinante, la integración de la calidad como parte de la estrategia de sostenibilidad representa una oportunidad concreta para fortalecer la reputación del país, promover el desarrollo territorial y consolidar una economía más responsable y resiliente.

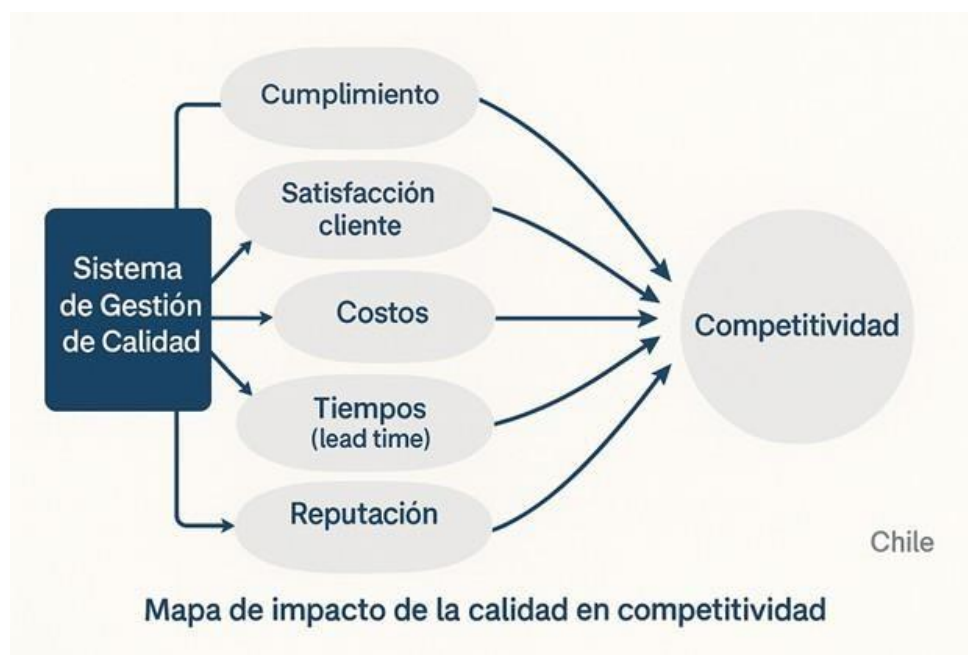


Figura 5: Mapa de impacto de la calidad en competitividad (costos, tiempos, riesgo, reputación)

Nota: Tomado de Instituto Nacional de Normalización, 2023

3.13. Gestión de la Cadena de Suministro (SCM)

Hoy en día, la gestión de la cadena de suministro conocida por sus siglas en inglés como SCM se ha convertido en uno de los pilares más importantes para garantizar la competitividad y la sostenibilidad de las organizaciones. En su versión moderna, la SCM ha dejado atrás la visión limitada al transporte o la logística, para transformarse en una estrategia global que une a proveedores, procesos internos, distribuidores y clientes finales bajo un mismo enfoque de eficiencia, trazabilidad y creación de valor. En el caso chileno, donde gran parte de la economía se sustenta en la minería, la agroindustria y la manufactura exportadora, la calidad con que se gestiona la cadena de suministro define, en buena medida, la capacidad del país para mantenerse competitivo en los mercados

internacionales.

El objetivo esencial de la SCM es integrar de manera coordinada las distintas etapas del proceso productivo desde el aprovisionamiento y la fabricación, hasta el almacenamiento, la distribución y la atención al cliente buscando aprovechar mejor los recursos y ofrecer un servicio más confiable. Su éxito depende tanto de la fluidez en la información como de la confianza entre los actores que la conforman, además de la capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda, las interrupciones logísticas o la variación de los costos. En este sentido, la gestión de la calidad desempeña un papel decisivo dentro de la cadena, pues asegura que los procesos sean consistentes, que la variabilidad se mantenga bajo control y que cada eslabón cumpla con los estándares que garantizan la satisfacción del cliente.

En Chile, numerosas empresas de sectores como la minería, la vitivinicultura, el sector forestal o el retail han dado pasos firmes hacia modelos de gestión de cadena de suministro más colaborativos y digitales. Las compañías mineras, por ejemplo, han desarrollado sistemas de trazabilidad que permiten seguir el recorrido de los materiales en tiempo real, desde su extracción hasta su transporte y procesamiento. En el ámbito agro-exportador, la trazabilidad alimentaria y el control estricto de la cadena de frío se han vuelto condiciones indispensables para cumplir con los protocolos de inocuidad exigidos por los mercados externos. De igual forma, en la manufactura, la incorporación de metodologías como Lean Supply Chain y el uso de indicadores logísticos han permitido reducir tiempos de ciclo, aumentar la confiabilidad de entrega y mejorar la gestión de inventarios.

Sin embargo, uno de los mayores retos que enfrenta la SCM contemporánea es encontrar el equilibrio entre eficiencia y resiliencia. Los últimos años marcados por la pandemia, la crisis del transporte marítimo y la volatilidad de los precios de la energía evidenciaron cuán vulnerables pueden ser las cadenas globales frente a interrupciones inesperadas. En respuesta, muchas empresas chilenas han comenzado a diversificar sus proveedores, establecer inventarios estratégicos y adoptar esquemas de planificación por escenarios para garantizar la continuidad de sus operaciones. Este viraje implica abandonar el enfoque de la eficiencia a cualquier costo, para dar paso a un modelo más flexible, capaz de sostener la estabilidad y la sostenibilidad en el tiempo.

La transformación digital también ha cambiado de forma radical la manera en que se gestiona la cadena de suministro. Herramientas como los sistemas ERP, las plataformas de planificación avanzada (APS) o los entornos colaborativos de gestión han permitido tener una visión integrada de la cadena, reduciendo tiempos improductivos, evitando duplicidades y mejorando la toma de decisiones. La incorporación de tecnologías emergentes como la analítica de datos, la inteligencia artificial o el Internet de las Cosas (IoT) ha

impulsado la aparición de cadenas inteligentes, capaces de prever la demanda, anticipar cuellos de botella y ajustar los niveles de inventario de forma predictiva. Este nuevo paradigma, conocido como Supply Chain 4.0, no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también refuerza la gestión de calidad al ofrecer un monitoreo continuo y en tiempo real de los procesos.

Desde la perspectiva de la calidad, una cadena de suministro madura debe ser capaz de entregar resultados consistentes y mantener la satisfacción del cliente sin importar la complejidad de sus operaciones. Lograrlo exige una coordinación efectiva entre las áreas de compras, producción, logística y servicio posventa, además de una cultura organizacional comprometida con la mejora continua. En este contexto, la adopción de estándares internacionales como ISO 9001 y de metodologías como Six Sigma o Kaizen contribuye a consolidar una cultura basada en la eficiencia, la prevención de errores y la generación de valor agregado en cada fase del proceso.

En definitiva, la gestión de la cadena de suministro se ha transformado en un componente estratégico para la competitividad del país, ya que su desempeño tiene un impacto directo en los costos, los plazos de entrega, el nivel de servicio y la reputación de las empresas. Integrar la SCM con la gestión de calidad no solo permite optimizar los procesos y reducir riesgos, sino que también posiciona a las organizaciones en un nivel superior de madurez, donde la excelencia, la sostenibilidad y la innovación actúan como motores de desarrollo. En un entorno donde las cadenas de valor son cada vez más interdependientes y fiscalizadas, la capacidad de mantener una gestión logística y de abastecimiento confiable se consolida como un activo fundamental para preservar la confianza de los mercados internacionales y fortalecer el prestigio del sello “Hecho en Chile”.

3.14. Mejores prácticas en la gestión moderna

En la actualidad, hablar de mejores prácticas en gestión moderna implica referirse a un conjunto de enfoques, principios y herramientas que permiten a las organizaciones adaptarse y prosperar en contextos cada vez más cambiantes. La excelencia empresarial ya no depende únicamente de tener tecnología avanzada o procesos eficientes; hoy requiere construir una cultura organizacional sólida, orientada a la mejora continua, la innovación, la sostenibilidad y la generación de valor compartido. En otras palabras, las mejores prácticas representan la base sobre la cual las organizaciones desarrollan su capacidad de aprendizaje, resiliencia y competitividad en el largo plazo.

Uno de los pilares más relevantes en este ámbito es la integración de los sistemas de gestión. En lugar de tratar por separado áreas como calidad, medio ambiente, seguridad o responsabilidad social, las empresas líderes han optado por modelos integrados (SGI), sustentados en normas internacionales como ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Este tipo de enfoque permite alinear los objetivos estratégicos con los operativos, eliminar duplicidades y generar una visión más coherente del desempeño organizacional. En Chile, tanto en el sector industrial como en el energético y de servicios, la integración de sistemas se ha consolidado como una práctica efectiva para optimizar recursos, fortalecer la transparencia y aumentar la confianza entre los grupos de interés.

Otra práctica clave está vinculada con la mejora continua y la excelencia operacional, conceptos que, aunque nacieron en la industria manufacturera, hoy atraviesan todos los sectores productivos y de servicios. Metodologías como Lean Management, Kaizen y Six Sigma han cambiado profundamente la forma de administrar los procesos. Lean busca eliminar desperdicios y enfocarse en lo que realmente aporta valor al cliente; Kaizen promueve la participación del personal en la identificación de mejoras cotidianas; y Six Sigma combina estadística y análisis de datos para reducir la variabilidad y los defectos. Estas metodologías no solo mejoran la productividad, sino que además fortalecen la cultura interna, generando un sentido de compromiso con la calidad y la eficiencia que se refleja en todos los niveles de la organización.

El liderazgo transformacional se ha convertido también en un componente esencial dentro de las mejores prácticas contemporáneas. A diferencia de los modelos jerárquicos tradicionales, el liderazgo transformacional se enfoca en inspirar y motivar, fomentando la confianza, el trabajo en equipo y la innovación. Un líder transformacional no solo guía, sino que empodera a las personas, promoviendo que cada integrante se sienta parte activa del propósito organizacional. En el contexto chileno, este tipo de liderazgo ha cobrado relevancia en empresas que buscan fortalecer su identidad corporativa y atraer nuevas generaciones de profesionales, más comprometidas con la sostenibilidad, la inclusión y el impacto social positivo.

Por otro lado, la digitalización de procesos ha dejado de ser una tendencia para transformarse en una necesidad. Automatizar tareas, analizar datos en tiempo real y utilizar inteligencia artificial o sistemas ERP son hoy prácticas comunes en las organizaciones que aspiran a la excelencia. Estas herramientas permiten monitorear el desempeño, detectar desviaciones y tomar decisiones oportunas. En Chile, sectores como la minería, la banca y la logística han sido pioneros en incorporar tecnologías predictivas y de automatización, logrando mayor precisión operativa y reduciendo tiempos improductivos. Pero

más allá de la tecnología, el verdadero cambio se da en la mentalidad: la digitalización exige aprender a trabajar con información, interpretar datos y tomar decisiones con base en evidencia, lo que transforma la cultura organizacional desde su raíz.

La gestión del conocimiento y la innovación son también parte esencial de las mejores prácticas actuales. Las organizaciones más exitosas son aquellas que aprenden continuamente, documentan sus experiencias y comparten lo aprendido. La creación de comunidades de práctica, los programas de capacitación continua y la documentación de lecciones aprendidas permiten que el conocimiento no se pierda y que las buenas ideas se transformen en mejoras concretas. En este sentido, las universidades y los centros tecnológicos chilenos han cumplido un papel clave, generando espacios de colaboración con las empresas para impulsar la investigación aplicada y la formación de profesionales con competencias actualizadas.

Finalmente, la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial han pasado de ser temas complementarios para ocupar un lugar central en la gestión moderna. Hoy las empresas son evaluadas no solo por sus resultados financieros, sino también por su contribución al desarrollo sostenible, su impacto ambiental y su comportamiento ético. Incorporar criterios ESG (Environmental, Social and Governance) dentro de la estrategia organizacional se ha convertido en una señal de madurez y compromiso a largo plazo. En Chile, la adopción de estos principios se ha visto impulsada tanto por la presión regulatoria como por consumidores e inversionistas que valoran cada vez más a las empresas que generan beneficios sociales y ambientales junto con los económicos.

En definitiva, las mejores prácticas en la gestión moderna descansan sobre una visión integral que combina calidad, innovación, tecnología y sostenibilidad. No se trata solo de aplicar metodologías, sino de cultivar una cultura organizacional que aprenda, se adapte y evolucione de manera constante. En el contexto chileno, donde las empresas deben enfrentarse a la globalización, la digitalización y la transición hacia una economía más verde, estas prácticas representan una guía esencial para fortalecer la competitividad y garantizar la continuidad en el largo plazo. La verdadera excelencia no se alcanza con cambios drásticos o aislados, sino con el compromiso sostenido por mejorar cada día, consolidando pequeñas transformaciones que, en conjunto, generan resultados profundos y duraderos.

3.15. Tendencias actuales en la gestión de la calidad y la industria

Durante los últimos años, la gestión de la calidad ha vivido una transformación profunda, impulsada por los cambios tecnológicos, sociales y ambientales que hoy moldean la forma en que las organizaciones producen, compiten y se relacionan con su entorno. Lo que antes era visto como un conjunto de procedimientos de control y estandarización se ha convertido en un sistema mucho más dinámico, centrado en la innovación, el conocimiento y la sostenibilidad. Las tendencias actuales muestran que la calidad ha dejado de enfocarse únicamente en el cumplimiento de normas o especificaciones técnicas; ahora busca generar valor integral, anticiparse a los problemas y tomar decisiones respaldadas por evidencia. Esta nueva visión da origen al concepto de Calidad 4.0, que combina los principios clásicos de la calidad total con las herramientas digitales y los avances tecnológicos propios de la cuarta revolución industrial.

Una de las tendencias más claras es la digitalización y automatización de los procesos. El uso de sensores inteligentes, el Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas ciberfísicos ha permitido recopilar información en tiempo real, detectar desviaciones y ajustar parámetros antes de que se traduzcan en fallas o pérdidas. Las plataformas de trazabilidad digital y los sistemas de control de calidad basados en inteligencia artificial se han transformado en aliados fundamentales para garantizar precisión, transparencia y rapidez en la gestión operativa. En Chile, sectores como la minería, la agroindustria y la logística ya han comenzado a implementar estas tecnologías, con resultados concretos en la reducción de costos, el aumento de la disponibilidad de equipos y una mayor confiabilidad en las entregas. Gracias a este proceso de transformación digital, la calidad dejó de ser una función aislada para convertirse en un componente transversal que abarca toda la cadena de valor, desde el proveedor hasta el cliente final, creando un ecosistema de información que facilita decisiones más oportunas y efectivas.

Otra tendencia que ha cobrado fuerza es el uso de la analítica avanzada y la inteligencia artificial aplicada al control de procesos. Tecnologías como los sistemas de visión computacional, los algoritmos predictivos o los llamados gemelos digitales han cambiado radicalmente la manera en que las empresas supervisan, simulan y mejoran sus operaciones. Estas herramientas no solo permiten aumentar la precisión en las inspecciones, sino que también ayudan a prevenir fallas, reducir los tiempos de mantenimiento y optimizar los recursos. En la minería del cobre, por ejemplo, los gemelos digitales de plantas de procesamiento permiten simular diferentes escenarios de molienda o flotación para maximizar

la eficiencia energética y la recuperación del mineral. En la industria alimentaria, la visión computacional permite identificar imperfecciones en frutas o envases con un nivel de exactitud muy superior al que logra la inspección manual. Estos casos reflejan cómo la tecnología dejó de ser un simple apoyo para convertirse en el corazón de la gestión de calidad contemporánea.

Junto con la tecnología, la sostenibilidad y la economía circular se han consolidado como ejes imprescindibles de la gestión moderna. Las empresas ya no se concentran únicamente en producir más o en hacerlo más rápido, sino en hacerlo de manera responsable con el medio ambiente y las comunidades. La incorporación de criterios ESG (Environmental, Social and Governance) en las estrategias empresariales ha cambiado la forma en que se mide el éxito organizacional. Hoy, los sistemas de gestión deben considerar factores como la huella de carbono, el uso del agua, la trazabilidad de las emisiones y el manejo eficiente de los residuos. En Chile, este enfoque ha sido impulsado por políticas públicas como la Ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor) o la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, que promueven prácticas industriales más limpias y eficientes. La calidad, por tanto, se expande hacia un terreno ético y ambiental, donde hacer las cosas bien significa también hacerlas de manera sostenible.

La orientación al cliente y la personalización masiva representan otro cambio importante, en un contexto digital, donde los consumidores están más informados y las comparaciones son inmediatas, las empresas han debido adaptar sus modelos de gestión para poner al cliente en el centro de la estrategia. La calidad ya no se mide solo por la ausencia de defectos, sino por la experiencia completa que vive el consumidor: la rapidez de respuesta, la claridad en la comunicación, la confiabilidad del producto y la coherencia con los valores de la marca. Indicadores como el Net Promoter Score (NPS) o la tasa de recompra son hoy métricas clave que reflejan esta nueva mirada. Las herramientas tecnológicas han hecho posible personalizar productos y servicios sin perder eficiencia, dando paso al concepto de personalización a gran escala, donde cada cliente recibe una experiencia única respaldada por procesos estandarizados y altamente controlados.

En esta misma línea, ha surgido la gestión de la calidad basada en datos, también conocida como Data-Driven Quality Management. Las organizaciones están migrando de modelos reactivos en los que se actúa después del error hacia sistemas predictivos y prescriptivos, donde los datos históricos y los flujos en tiempo real permiten anticipar resultados y tomar decisiones más inteligentes. Para lograrlo no basta con tener tecnología; es necesario un cambio cultural que promueva la alfabetización digital, el pensamiento analítico y la toma de decisiones basada en evidencia. En el contexto chileno, esta tendencia

se refleja en la creciente demanda por profesionales capaces de integrar la analítica, la ingeniería y la gestión, combinando pensamiento crítico con una visión sistémica de los procesos. Universidades y empresas han comenzado a trabajar en conjunto para desarrollar este tipo de talento híbrido, consciente de que el futuro de la calidad dependerá tanto del manejo de datos como del juicio humano.

Finalmente, la resiliencia organizacional se presenta como una tendencia transversal y necesaria. Las empresas que logran mantenerse firmes ante la volatilidad de los mercados, las crisis sanitarias o las disrupciones tecnológicas son aquellas que han sabido anticipar, resistir y adaptarse. En ese sentido, la calidad actúa como un escudo frente a la incertidumbre, asegurando la continuidad de las operaciones y protegiendo la reputación institucional. La existencia de sistemas de gestión sólidos, planes de contingencia actualizados, diversificación de proveedores y estructuras operativas flexibles se ha vuelto indispensable. En Chile, un país sometido a constantes desafíos naturales y económicos, la resiliencia no solo es una condición necesaria, sino también una ventaja competitiva que distingue a las organizaciones con mayor madurez y visión de largo plazo.

En definitiva, las tendencias actuales de la gestión de la calidad muestran una evolución clara: se pasa de un modelo centrado en el control y la corrección hacia uno que prioriza la predicción, la innovación y la sostenibilidad. La Calidad 4.0, la digitalización, la analítica avanzada, la conciencia ambiental y la resiliencia empresarial no son modas pasajeras, sino los fundamentos de una nueva era industrial. Para Chile, estas transformaciones representan una oportunidad concreta de avanzar hacia un modelo productivo más inteligente, eficiente y responsable, en el que la calidad no sea solo un requisito técnico, sino una verdadera estrategia de desarrollo económico y social que refuerce la competitividad y la confianza del país en el escenario global.

3.16. Transformación digital y calidad

La llamada Calidad 4.0 es el concepto que engloba el uso de tecnologías digitales avanzadas en la gestión de calidad. Esta nueva visión de la calidad no solo incorpora tecnologías, sino que también promueve una gestión de calidad basada tanto en datos como en acciones que intenten predecir los sucesos. En lugar de simplemente controlar lo que ocurre en los procesos, este concepto anticipa variaciones, toma decisiones basadas en inteligencia de datos y se ejecuta de forma disciplinada, esto con el fin de evitar problemas antes de que ocurran, generando eficiencia a la vez que reducción de costos.

3.16.1. Sensórica e Internet de las cosas (IoT)

El internet de las cosas (IoT) ha revolucionado la forma en que se gestionan los procesos productivos, especialmente en industrias de alto rendimiento como la minería y manufactura. La sensórica se refiere al uso de sensores inteligentes que monitorean de forma continua las condiciones de las máquinas y los productos a lo largo de toda la cadena de suministro. Los sensores poseen la capacidad de detectar variables claves como vibración, temperatura, presión y caudal, todo esto con información en tiempo real, esto permite un monitoreo de forma constante y permite realizar ajustes inmediatos.

El mantenimiento predictivo es fundamental en el uso de esta tecnología, debido a que como ya se ha mencionado con anterioridad, la predicción genera menores costos y mayores ganancias a largo plazo. Utilizando análisis espectral y la fijación de umbrales dinámicos, los sensores pueden anticipar cualquier falla antes de que ocurran. Un ejemplo claro de esto es que el sensor posee la capacidad de detectar que un motor esté vibrando fuera de los parámetros ya establecidos, en este caso el sistema podría sugerir un mantenimiento preventivo antes de que se convierta en una falla catastrófica que podría repercutir en el inventario, tiempos de producción, la economía, etc. Este enfoque reduce tanto las fallas internas como las fallas externas, ya que se interviene de forma proactiva, esto evita futuras paradas imprevistas o defectos que podrí­an afectar la calidad final del producto.

La trazabilidad logística es otro aspecto fundamental de la Calidad 4.0. El uso de etiquetas inteligentes RFID/QR en los productos permite realizar un seguimiento en tiempo real de los mismos a lo largo de la cadena de suministro, estos llevan desde su producción hasta su llegada al cliente final. Esta trazabilidad no solo asegura que el producto cumple con los requisitos de calidad durante el transporte, sino que también valida automáticamente las condiciones de transporte (temperatura, humedad, etc.), mejorando así el control de calidad y la seguridad de los productos, especialmente en la industria alimentaria y farmacéutica.

3.16.2. Analítica avanzada y visión computacional

La analítica avanzada y la visión computacional son herramientas clave para optimizar los sistemas de gestión de calidad. Con el apoyo de Big Data, se pueden analizar grandes volúmenes de datos históricos en tiempo real, tratando de hacerlo de la forma más eficiente y eficaz posible, lo que permite predecir tendencias, identificar patrones ocultos e incluso anticipar problemas antes de que se presenten.

Uno de los enfoques más comunes es el SPC en español conocido como Control Estadístico de Procesos, potenciado con modelos de series de tiempo. A través de este método, los datos recolectados por los sensores se utilizan para realizar análisis predictivos, detectando anomalías en los procesos que puedan generar defectos en el producto final. La detección de anomalías a través de la analítica avanzada permite tomar decisiones informadas y corregir los procesos antes de que lleguen al cliente.

La visión computacional, por otro lado, permite la automatización de las inspecciones visuales, algo que hasta hace poco dependía de la intervención humana, al depender de la intervención humana estaba más expuesto al error de este, en cambio actualmente se están utilizando cámaras y sistemas de inteligencia artificial (IA), estas poseen la capacidad de detectar defectos en productos a una velocidad mucho mayor y con una precisión más alta. En lugar de que un operario inspeccione los productos de manera manual, la visión computacional puede identificar pequeñas imperfecciones, como rayones, abolladuras o problemas de acabado, lo que mejora la calidad del producto y reduce la probabilidad de devoluciones, que a su vez disminuyen los errores externos.

Finalmente, los gemelos digitales se están utilizando para simular escenarios de proceso y optimizar parámetros en tiempo real. Esta tecnología crea réplicas virtuales de sistemas físicos, permitiendo probar cambios y ajustes sin interrumpir la producción real. En la industria minera, por ejemplo, un gemelo digital de una planta de procesamiento permite simular diferentes configuraciones y ajustar procesos de molienda, flotación o filtrado, lo que mejora el rendimiento y la eficiencia operativa.

3.16.3. Arquitectura de datos y gobierno

La gestión de datos se ha convertido en un aspecto crucial en la implementación de la Calidad 4.0. Con la gran cantidad de datos generados por los sensores y sistemas de control, es fundamental tener una arquitectura de datos robusta que permita almacenar, procesar y analizar la información de manera efectiva, esto permite que ante dificultades o datos que no entren dentro de los parámetros establecidos el sistema sea capaz de discernir si está bien o mal. El concepto de data lake es utilizado para almacenar grandes volúmenes de datos provenientes de diversas fuentes (sensores IoT, sistemas ERP, bases de datos, etc.). Estos datos se organizan en capas: bronce (datos sin procesar), plata (datos procesados) y oro (datos refinados y listos para ser analizados).

Para asegurar que los indicadores de rendimiento clave (KPIs) sean confiables, se debe garantizar la calidad de los datos. Esto implica que los datos sean completos, únicos

y válidos, y que haya roles claramente definidos para los data owners y data stewards que aseguren su calidad y trazabilidad. Además, la integración con sistemas de gestión de calidad (SGC), como NCR (Non-Conformance Reports) y CAPA (Corrective and Preventive Actions), es esencial para asegurar que los datos no solo sean recolectados, sino que también se utilicen para mejorar los procesos de calidad.

Un flujo de trabajo bien definido (workflow) es necesario para cerrar brechas y garantizar que las acciones correctivas y preventivas se implementen de manera efectiva, manteniendo el ciclo de calidad continuo.

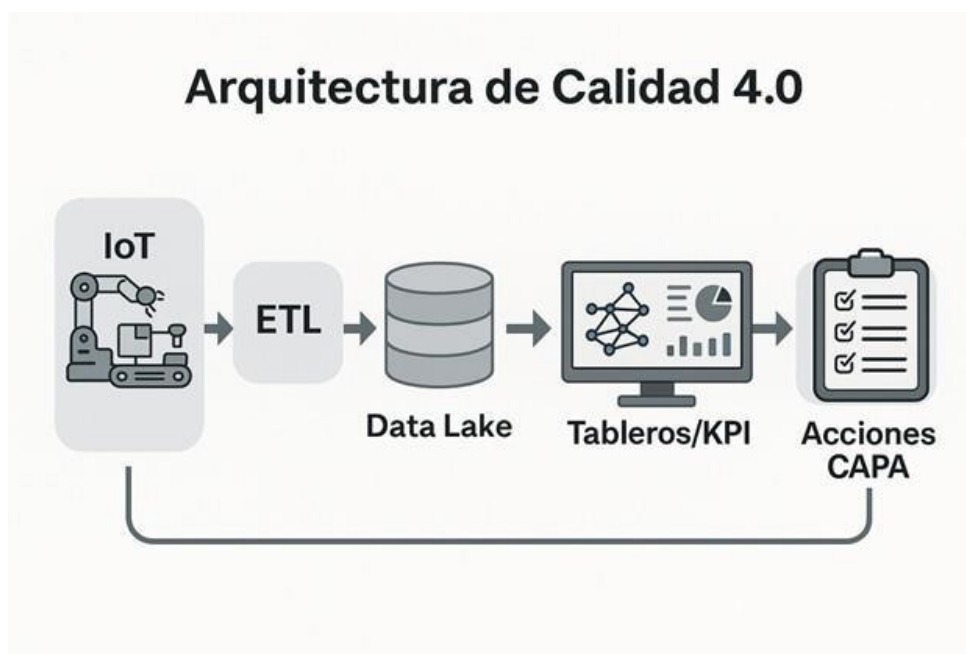


Figura 6: Arquitectura de calidad 4.0

Nota: Tomado de Deloitte Insights, 2022.

3.17. Estrategias de Optimización Operacional

La optimización operacional es crucial para garantizar la eficiencia en la cadena de suministro, ya que busca maximizar los recursos disponibles y minimizar los costos sin sacrificar la calidad del servicio. Las estrategias de optimización operacional son una serie de prácticas y herramientas que las organizaciones implementan para mejorar sus procesos, reducir el desperdicio, mejorar el tiempo de entrega y aumentar la satisfacción del cliente. Esto se logra a través de la integración de la tecnología, el análisis de datos y la

toma de decisiones informadas, asegurando que todas las partes de la cadena de suministro trabajen de manera armoniosa.

Un enfoque central de estas estrategias es la mejora continua de los procesos, que se refiere a la evaluación constante de los métodos de trabajo y su optimización con el tiempo. Las empresas deben centrarse en la calidad en cada fase de la cadena de suministro, adoptando un control riguroso que les permita detectar y corregir problemas antes de que se conviertan en fallas importantes. Para lograrlo, las empresas se enfocan en herramientas tecnológicas avanzadas, que brindan una visión más precisa y en tiempo real de los problemas, además de mejorar la toma de decisiones estratégicas.

3.17.1. Mejora de Procesos y Control de Calidad

Uno de los principios fundamentales de la optimización operacional es la mejora continua, un proceso que permite identificar y abordar áreas de oportunidad para aumentar la eficiencia y la efectividad de la cadena de suministro. El ciclo de Deming, conocido como Plan-Do-Check-Act (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), es una de las metodologías más utilizadas en este contexto. Este ciclo facilita la identificación de procesos deficientes y permite realizar ajustes continuos para mejorar tanto la calidad como la productividad en la cadena de suministro (Feigenbaum, 1991).

La implementación de metodologías como Six Sigma y Lean Manufacturing ha demostrado ser efectiva en la mejora de procesos. Six Sigma se centra en la reducción de la variabilidad en los procesos, mientras que Lean Manufacturing busca eliminar el desperdicio, lo que en conjunto aumenta la eficiencia operativa sin comprometer la calidad del producto. Estas metodologías también son aplicadas para evitar retrabajos y minimizar el tiempo de inactividad, lo que resulta en una reducción de los costos operacionales y una mayor satisfacción del cliente (Montgomery, 2012).

3.17.2. Razones para la optimización operacional en Chile

La actual dependencia del país de la exportación de materias primas sin un proceso adecuado de transformación limita las oportunidades de desarrollo económico y reduce la competitividad en los mercados globales. A pesar de ser un gran productor de recursos naturales como el cobre, el litio, y productos agrícolas, Chile enfrenta grandes desafíos derivados de esta estrategia, que incluye la vulnerabilidad ante fluctuaciones de precios internacionales, la falta de diversificación en la economía y la generación de empleos de

bajo valor agregado (Ver Figura 7).

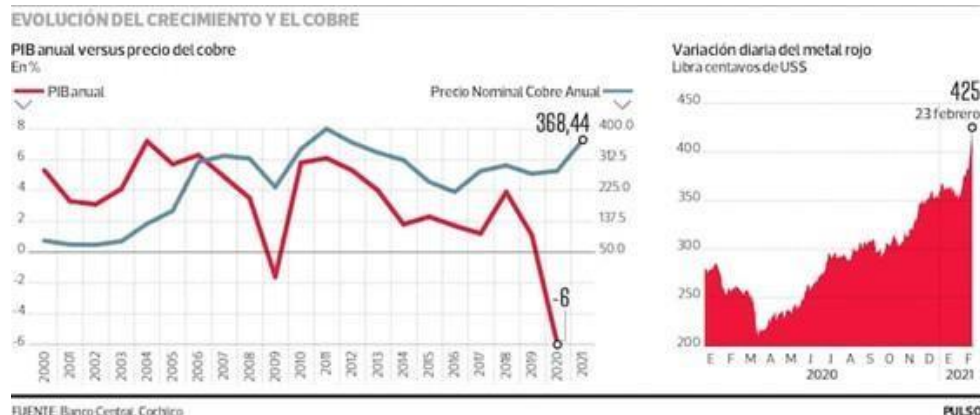


Figura 7: Evolución del crecimiento y el cobre

Nota: Tomado de Banco Central, 2020.

Por lo visto anteriormente, las exportaciones de cobre han bajado en Chile, no obstante, este ha alcanzado su segundo precio nominal anual en las últimas dos décadas, esto evidencia los riesgos de una alta dependencia de la economía chilena en las materias primas, particularmente el cobre. Aunque el precio del cobre sube, no se traduce en beneficios para el PIB.

El ciclo de precios de los commodities afecta directamente la estabilidad económica de Chile, haciendo que su economía dependa de la volatilidad de los mercados globales. La caída de los precios de productos clave como el cobre o el litio puede generar crisis económicas internas, como ya ha sucedido en el pasado. Esto subraya la urgencia de buscar alternativas que permitan a Chile agregar valor a sus recursos dentro del país, para reducir la dependencia de los vaivenes del mercado y fortalecer la resiliencia económica.

Además, el modelo actual contribuye a la creación de empleos de bajo valor agregado, ya que se enfoca en la extracción y exportación de materias primas sin transformarlas en productos manufacturados de mayor valor. Este enfoque no solo limita la capacidad de generar empleos más especializados y mejor remunerados, sino que también impide el desarrollo de nuevas industrias tecnológicas y de innovación, lo que reduce la capacidad del país para competir en mercados de mayor valor. Es por esto por lo que las estrategias de optimización operacional deben centrarse en mejorar los procesos productivos, utilizando tecnologías avanzadas y prácticas de eficiencia para incrementar el valor agregado de los productos.

Finalmente, el impacto ambiental derivado de la exportación masiva de materias primas es otro factor crucial. La minería, la pesca y la agricultura son sectores que generan un gran impacto ecológico, lo cual aumenta la necesidad de implementar estrategias que no solo optimicen los procesos productivos, sino que también adopten prácticas sostenibles que minimicen la huella ambiental. Al transformar estos recursos dentro del territorio nacional, Chile no solo podría reducir su impacto ecológico, sino también incorporar prácticas de reciclaje y reutilización de recursos que contribuyan a un desarrollo más sostenible.

Por todo lo anterior, es crucial que Chile implemente estrategias de optimización operacional que no solo se enfoquen en aumentar la eficiencia de los procesos industriales, sino también en crear una infraestructura que permita la transformación de materias primas dentro del país. Esto no solo diversificaría la economía, sino que también contribuiría a una mayor competitividad en el mercado global, reduciría la vulnerabilidad ante crisis externas y promovería la creación de empleos de mayor valor agregado. Además, con una visión sostenible, estas estrategias podrían minimizar los costos y los impactos ambientales, asegurando que el país avance hacia un modelo económico más resiliente y equilibrado.

3.18. Metodologías de Análisis y Control

La gestión de la calidad no puede limitarse a lineamientos abstractos ni a principios generales de mejora continua. Para que una organización logre sostener y demostrar avances concretos, es necesario apoyarse en metodologías de análisis y control que permitan traducir los esfuerzos de calidad en resultados medibles. De lo contrario, los programas de mejora se transforman en iniciativas aisladas, sin evidencia cuantitativa de su impacto en la eficiencia y en la competitividad de la empresa.

En este sentido, la implementación de indicadores de desempeño (Key Performance Indicators, KPI) constituye la base sobre la cual se construye cualquier sistema moderno de gestión de calidad. Estos indicadores actúan como un puente entre la estrategia organizacional y la operación diaria, facilitando la evaluación objetiva del rendimiento, la detección temprana de problemas y la identificación de oportunidades de mejora.

3.18.1. La importancia de los KPI en la gestión de calidad

Los KPI permiten responder preguntas fundamentales, como ¿Qué tan eficiente es la cadena de suministro en términos de costos y tiempos?, ¿Las fallas internas y externas

se están reduciendo? o ¿Cómo perciben los clientes la mejora real en la calidad de los productos y servicios?

Sin un sistema de indicadores, los programas de calidad quedan sujetos a la subjetividad o a evaluaciones parciales, es por esta razón que los KPI no son sólo una herramienta de control, también son mecanismos de aprendizaje organizacional que proporcionan información que orienta en la toma de decisiones, generando también una retroalimentación entre áreas y ayuda a priorizar inversiones.

En el caso de nuestro país, en los sectores de minería, agroindustrial y manufactura enfrentan alta presión por competir en mercados internacionales, la capacidad de medir con precisión los resultados de las iniciativas de calidad es un requisito indispensable para mantener la posición competitiva.

3.18.2. Indicadores clave de desempeño en calidad y logística

A continuación, se describen algunos de los indicadores más relevantes para evaluar la relación entre calidad y eficiencia operacional:

a) Tasa de devoluciones y reclamos: Mide la proporción de productos que deben ser retornados o reemplazados debido a desperfectos que incumplen las especificaciones o insatisfacción del cliente.

El impacto que posee este KPI es que aumenta los costos por logística inversa y reprocesos, pérdida de confianza del cliente y daño reputacional e interrupciones en la cadena de suministro por necesidad de reemplazos urgentes.

En Chile se aplica en el sector agroindustrial, como por ejemplo rechazos de frutas por no cumplir estándares de inocuidad en mercados como la unión europea (posee un estricto estándar de calidad), pueden implicar pérdidas millonarias por contenedores completos desechados.

b) Costo de no calidad como porcentaje de ventas: Este indicador refleja el impacto económico directo de los errores en la rentabilidad de la empresa, esto se descompone en fallas internas, ya sean reprocesos, scrap, tiempos muertos, etc, fallas internas como garantías, devoluciones, penalidades contractuales, etc. También evaluaciones y prevención ya sea inspecciones, auditorías, capacitaciones, etc.

La reducción sostenida de este porcentaje es evidencia de un sistema de calidad bien gestionado y maduro.

c) Tiempo de ciclo logístico: Evalúa la rapidez con que los productos fluyen desde el proveedor hasta el cliente final.

La relevancia que posee son las siguientes, un menor tiempo de ciclo reduce los costos financieros de inventarios, incrementa la capacidad de respuesta frente a la demanda y mejora la satisfacción del cliente mediante entregas oportunas.

Un ejemplo en el contexto chileno es Sodimac, el cual redujo en un 20 % su lead time logístico aplicando principios Lean, lo que significó mejoras significativas en la satisfacción del cliente.

d) Nivel de satisfacción del cliente (NPS): El Net Promoter Score es una métrica cualitativa que mide la disposición de los clientes a recomendar un producto o servicio.

La ventaja que posee es que combina evaluación objetiva con la percepción subjetiva por parte del cliente.

Su aplicación se realiza en sectores como retail y banca, el NPS se ha convertido en uno de los indicadores estratégicos más relevantes, ya que correlaciona directamente con la lealtad y con la repetición de compra.

3.18.3. Herramientas de apoyo: el costeo basado en actividades (ABC)

El análisis de KPI requiere completarse con herramientas que permitan atribuir costos y esfuerzos de manera precisa. Una de las más efectivas es el costeo basado en actividades (Activity-Bases-Costing, ABC).

Este enfoque consiste en identificar todas las actividades que componen la cadena de valor y asignarles los recursos que consumen. De esta forma, la empresa puede determinar los siguientes aspectos con claridad.

¿Cuáles son las actividades que generan valor para el cliente?, ¿Cuáles son fuentes de desperdicio? Y ¿En qué procesos se concentran los mayores costos de no calidad?

Un ejemplo práctico y fácil de entender es que, en una empresa exportadora de frutas, el método ABC puede mostrar que gran parte de los costos de no calidad provienen de reprocesos en el embalaje. Con esta información, la gerencia puede priorizar la inversión en tecnologías de envasado más confiables, en lugar de enfocarse únicamente en la inspección final.

En el contexto chileno, caracterizado por altos costos logísticos y dependencia de

exportaciones, el uso de ABC permite enfocar los recursos en los procesos críticos que condicionan la competitividad internacional.

3.18.4. Hacia un sistema integral de análisis y control

La aplicación de KPI y de metodologías como ABC no debe entenderse como ejercicios aislados, sino como parte de un sistema integral de gestión de calidad. Este sistema debe cumplir 3 requisitos claves, los cuales son los siguientes.

- Monitoreo continuo: Tiene la función de medir indicadores en tiempo real o con la frecuencia adecuada que permite tomar decisiones oportunas.
- Planes de acción correctivos: Tiene el objetivo de traducir los resultados en medidas concretas que eliminan causas raíz y que también puedan prevenir recurrencias.
- Alineación estratégica: Vincular cada indicador con los objetivos estratégicos de la organización y con las expectativas del mercado.

De esta manera, los KPI no solo informan sobre el desempeño actual, sino que también tienen la función de orientar la estrategia futura. Un sistema integral de análisis y control convierte la gestión de calidad en un activo tangible que respalda la sostenibilidad, rentabilidad y la reputación de las empresas chilenas.

3.19. Barreras y Desafíos en Chile

La gestión de la calidad se reconoce a nivel global como un pilar estratégico para incrementar la competitividad, asegurar la sostenibilidad y generar confianza en los mercados internacionales. Sin embargo, la realidad en nuestro país presenta un conjunto de barreras estructurales, culturales, tecnológicas y humanas que dificultan la implementación plena de sistemas de calidad robustos. Estas limitaciones no solo afectan a las grandes industrias exportadoras, sino también e inclusive de manera más crítica a las pequeñas y medianas empresas, que representan más del 90 % del tejido empresarial del país.

En este apartado se analizan los principales desafíos que enfrenta Chile en el contexto de materia de gestión de calidad, así como las estrategias necesarias para superarlos.

3.19.1. Resistencia cultural

Uno de los obstáculos más profundos está relacionado con la cultura organizacional. En muchas empresas chilenas, la calidad continúa percibiéndose como un costo adicional en lugar de una inversión estratégica que puede generar ahorros, mejorar la reputación y abrir mercados. Este sesgo cultural provoca distintos efectos como:

1. Resistencia al cambio: Los colaboradores tienden a mantener prácticas tradicionales aún cuando existen evidencias de que las metodologías modernas tales como Lean, Six Sigma, Kaizen, ofrecen resultados mucho mejores en comparación a las tradicionales.

2. Limitación a la innovación: Se prioriza el cumplimiento mínimo de requisitos normativos por sobre la búsqueda activa de la mejora continua.

3. Enfoque correctivo más que preventivo: Prevalece la cultura de “apagar incendios” en lugar de evitar que el incendio ocurra.

Un ejemplo es que, en los sectores como la construcción y la agroindustria, la resistencia a invertir en certificaciones de calidad ha derivado en efectos como la pérdida de competitividad frente a países como México o Perú, que han avanzado más rápido en la adopción de estándares internacionales.

3.19.2. Fragmentación organizacional

Otra barrera común es la falta de integración entre las diferentes áreas, debido a que muchas compañías gestionan producción, logística, aseguramiento de calidad y también la atención al cliente como silos independientes, el conjunto de estos genera los siguientes efectos:

1. Duplicidad de procesos: Se refiere a los esfuerzos de control que se repiten en diferentes etapas.

2. Conflictos de objetivos: Son todas las actividades que posean diferentes objetivos, un ejemplo de esto podría ser que el área de logística puede priorizar rapidez mientras que el área preocupada por la calidad busca controles más exhaustivos.

3. Pérdida de eficiencia: Es la ausencia de flujos de información integrados que permitan anticipar fallas.

La fragmentación impide que la calidad sea gestionada de manera transversal en toda la cadena de valor. En consecuencia, los problemas detectados en etapas tempranas

se convierten en errores costosos cuando alcanzan al cliente final.

3.19.3. Brecha tecnológica

La digitalización y la automatización son tendencias globales que han transformado la forma de gestionar la calidad. Sin embargo, en el contexto actual de nuestro país se persiste una gran asimetría entre grandes empresas y PYMES, estas son:

- Grandes compañías: Mineras, agroexportadoras y retailers han incorporado tecnologías como sensores IoT, sistemas ERP y plataformas de trazabilidad.
- PYMES: Muchas empresas de este tipo carecen de los recursos financieros necesarios para adquirir estas herramientas, lo que limita su capacidad de competir en mercados internacionales.

Las consecuencias son las siguientes:

1. Procesos manuales con mayor riesgo de error: Debido a que los procesos son hechos a manos y no realizados por máquinas, existe mayor probabilidad de que ocurran más errores.
2. Falta de trazabilidad de productos exportados: Incapacidad de seguir el rastro de los productos cuando son exportados al extranjero, debido a que no se tienen la tecnología necesaria.
3. Menor capacidad de anticipar fallas o responder a auditorías internacionales: Como ya se ha dicho con anterioridad anticipar fallas es importantísimo y debido a las limitaciones esta capacidad se reduce, por la razón similar la calidad del producto no será similar, por ende, ante los estrictos requisitos internacionales será complicado cumplir con estos.

Un ejemplo es el sector salmonero, donde las grandes empresas han implementado blockchain para asegurar la trazabilidad, mientras que la más pequeñas dependen de registros manuales, lo que reduce su acceso a mercados de alto valor como Japón o la Unión Europea.

3.19.4. Limitaciones en el capital humano

El capital humano especializado en gestión de calidad sigue siendo escaso en Chile, particularmente en regiones alejadas de los grandes centros urbanos. Los principales problemas son:

1. Déficit de formación técnica en metodologías de calidad: La limitación que tienen algunas empresas en la formación de metodologías ISO 9001, Six Sigma, Lean Manufacturing, etc.

2. Escaso dominio de herramientas digitales: Limitaciones por ejemplo en análisis de datos, control estadístico de procesos o automatización.

3. Alta rotación laboral en sectores intensivos en mano de obra: El capital humano en algunos sectores tiene alta rotación, esto dificulta de sobremanera consolidar la cultura de calidad estable en estas empresas.

Esto se traduce en dificultades a la hora de implementar sistemas de calidad sostenibles y en una excesiva dependencia de consultores externos, lo que incrementa los costos de este.

3.19.5. Estrategias para superar las barreras

Superar estas limitaciones exige un enfoque integral que combine liderazgo organizacional, políticas públicas y alianzas estratégicas, algunas de estas estrategias son:

1. Fomentar un liderazgo transformacional: La alta dirección debe asumir la calidad como un eje estratégico, promoviendo una cultura de mejora continua y demostrando con hechos que invertir en calidad genera valor tanto en la empresa como en el producto.

2. Invertir en capacitación continua: Generar programar de formación en técnicas como Lean, Six Sigma y gestión de datos deben extenderse más allá de las grandes empresas e incluir PYMES, universidades e institutos técnicos.

3. Promover políticas públicas de apoyo tecnológico: Subsidios, créditos blandos y programas de CORFO o SERCOTEC pueden facilitar la digitalización de procesos en empresas pequeñas y medianas.

4. Establecer alianzas de empresas con universidades: La colaboración con centros de investigación y universidades permite transferir conocimiento, desarrollar innovación aplicada y cerrar la brecha de talento.

3.19.6. Impactos esperados de superar las barreras

La superación de estos desafíos no solo generaría una mejora en la eficiencia sino también generaría:

- Incremento de la sostenibilidad: Generar un incremento en la sostenibilidad mediante procesos más limpios y responsables con el medio ambiente.
- Generación de empleo de mayor valor agregado: Que el empleo posea algo diferente del hecho intrínseco del mismo empleo, generando en el empleador una vista diferente de su trabajo, esto estaría asociado a industrias con mayor innovación.
- Mejor posicionamiento internacional: Chile podría proyectarse como un país referente en cuanto a la gestión de calidad en el contexto de América Latina, fortaleciendo sectores clave como la minería, agroindustria y manufactura avanzada.

En síntesis, abordar estas barreras es un requisito completamente indispensable para transformar la gestión de la calidad en una verdadera ventaja competitiva para el país.

3.20. Implementación de Estrategias en la Práctica

Llevar a cabo estrategias de optimización operacional en la práctica implica un cambio cultural profundo dentro de la organización. No se trata solo de implementar nuevas herramientas o procesos, sino de transformar la mentalidad y los comportamientos de los empleados hacia un enfoque centrado en la calidad y la mejora continua. Los trabajadores deben estar comprometidos con la implementación de estas estrategias y entender que su contribución es esencial para el éxito general de la empresa.

Esto se logra a través de una capacitación constante y la promoción de la mentalidad de calidad en todos los niveles de la organización, desde la alta dirección hasta los operativos en el terreno. Un aspecto clave es la comunicación constante entre departamentos, para asegurarse de que todos los equipos estén alineados en sus objetivos de optimización. Además, la alta dirección debe promover el compromiso de toda la organización con la calidad, demostrando que la mejora continua no es una opción, sino una necesidad para seguir siendo competitivos en el mercado (Cameron Quinn, 2011).

3.20.1. Casos de Éxito en la Implementación de Calidad

Un ejemplo destacado de la aplicación exitosa de estrategias de optimización operacional es el caso de Toyota, que revolucionó la industria automotriz a través de su Sistema de Producción (TPS). Este modelo se sustenta en principios esenciales como la eliminación de desperdicios, la mejora continua (kaizen) y un estricto control de calidad, permitiendo

a la compañía no solo alcanzar altos estándares en sus productos, sino también maximizar la eficiencia en sus procesos productivos.

El TPS pone especial atención en la optimización de cada etapa de la cadena de suministro, desde la selección de proveedores hasta la fase final de ensamblaje de los vehículos. Este enfoque busca reducir al mínimo los tiempos de inactividad, mejorar los plazos de entrega y disminuir los costos de producción. Como resultado de esta filosofía, Toyota se ha posicionado como una de las compañías automotrices más competitivas y rentables a nivel mundial, demostrando que la implementación efectiva de estrategias de calidad y optimización operacional puede traducirse en una ventaja competitiva sustancial (Liker, 2004).

3.20.2. Casos de Éxito en Chile

- Codelco (procesos y confiabilidad): Codelco es la mayor productora mundial de cobre, se enfrentaba a altos costos operacionales debido a variabilidad en los procesos de extracción y procesamiento, esto generaba reprocesos, paradas imprevistas y elevados costos de mantención correctiva, cosas que una empresa tan importante como es Codelco no puede permitirse, por ende la empresa tuvo que intervenir.

Codelco intervino en este problema implementando SPC en las etapas críticas de la planta, con el objetivo de monitorizar y controlar las variaciones de proceso en tiempo real. Además, se aplicó mantenimiento predictivo utilizando sensores IoT y modelos de análisis espectral para prevenir fallas catastróficas.

Los resultados fueron los siguientes:

- Reducción significativa de scrap y retrabajo: El scrap y el retrabajo representan dos de los costos más altos en cualquier proceso industrial, especialmente en la minería, donde la gestión de los recursos es un aspecto fundamental. Antes de la implementación de estas estrategias, la empresa Codelco enfrentaba altos niveles de scrap debido a variabilidad en la calidad del mineral y defectos en el proceso de molienda y flotación. La falta de control adecuado generaba altos niveles de pérdidas de material, a su vez que aumentar el uso de recursos que debían ser procesados nuevamente, lo que aumentaba los costos de operaciones y afectaba la eficiencia global.

Con la introducción de SPC y la automatización de varios procesos clave, se logró una mejora significativa en la calidad de los materiales procesados. Los sensores IoT instalados en puntos críticos de la planta permitieron monitorear en tiempo real las condi-

ciones operativas, lo que posibilitó realizar ajustes preventivos antes de que se generaran productos defectuosos. Esto resultó en una reducción de la variabilidad en los productos y, por lo tanto, en una disminución del scrap.

El retrabajo, que repercute como otro gasto significativo asociado a los defectos, también experimentó una disminución notable, ya que se logró prevenir fallas antes de que llegaran al cliente interno o externo, y sólo quedándose en fallas preventivas, lo que genera menores costos a la vez que no repercute en la imagen de la empresa. El análisis de datos en tiempo real permitió optimizar el uso de materiales y reducir el tiempo dedicado a la corrección de productos defectuosos. Estos ajustes no solo mejoraron la calidad del mineral extraído, sino que también aumentaron la productividad de las plantas, ya que se utilizaron de manera más eficiente los recursos existentes.

- Mejora en la disponibilidad de los equipos:

En un entorno de minería a gran escala, la disponibilidad de los equipos es uno de los factores más críticos para mantener los costos bajo control y asegurar una producción continua. El mantenimiento reactivo, en el que las reparaciones se realizan solo cuando ocurre una falla, genera largos períodos de inactividad no programada que afectan directamente la productividad.

La implementación de mantenimiento predictivo a través de la tecnología IoT y análisis de datos permitió a Codelco pasar de un modelo de mantenimiento reactivo a uno proactivo y preventivo. Los sensores instalados en las maquinarias detectaron variaciones en parámetros críticos, como temperatura, vibración y presión, y enviaron alertas de posibles fallas. De esta manera, el personal de mantenimiento pudo intervenir antes de que ocurran paradas imprevistas, programando las reparaciones en momentos de menor impacto para la producción.

Esta estrategia generó una mejora significativa en la disponibilidad de los equipos, ya que las paradas programadas para mantenimiento preventivo fueron mucho menos costosas que las paradas no programadas. La reducción de los tiempos muertos de las máquinas permitió a Codelco mantener una producción más estable y un mayor nivel de eficiencia operativa. Además, esta mejora se tradujo directamente en mayores niveles de producción por hora operativa, optimizando la capacidad instalada de la planta.

- Reducción de paradas no programadas en un 25 %:

Las paradas no programadas son una de las principales fuentes de ineficiencia en la minería, ya que no solo implican la interrupción de la producción, sino que también aumentan el costo de mantenimiento debido a la necesidad de reparaciones urgentes, mu-

chas veces fuera del horario laboral regular. Estas paradas son particularmente costosas en minería debido a la alta inversión en equipos y a la dependencia de los equipos para la extracción y procesamiento de minerales.

La integración de sensores en tiempo real y la optimización de procesos con SPC permitieron que Codelco redujera en un 25 % las paradas no programadas. Al monitorizar constantemente el estado de las máquinas, se pudieron identificar de manera temprana las fallas potenciales y realizar intervenciones correctivas antes de que se produjera una parada de emergencia. Este mantenimiento predictivo también permitió que las paradas programadas se realizaran de forma más eficiente, reduciendo el impacto en la producción y evitando costosas paradas imprevistas.

La reducción de estas paradas no programadas no solo mejoró la disponibilidad de los equipos, sino que también tuvo un impacto significativo en los costos operacionales, ya que los recursos dedicados a la reparación de equipos y la pérdida de productividad fueron minimizados.

La implementación de estrategias de calidad avanzadas en Codelco, como el uso de herramientas como SPC (Control Estadístico de Procesos), el mantenimiento predictivo mediante IoT (Internet de las Cosas) y la homologación de repuestos, ha tenido un impacto significativo en diversas áreas operativas, permitiendo a la compañía lograr una optimización de sus procesos y un aumento notable en la eficiencia de sus operaciones. Entre los resultados más importantes que se lograron con estas mejoras, se destacan la reducción de scrap y retrabajo, la mejora en la disponibilidad de los equipos, la reducción de paradas no programadas en un 25 % y los ahorros operacionales de más de 50 millones de dólares anuales, cada uno de los cuales ha contribuido de manera directa a la mejora de la competitividad de Codelco en el mercado global del cobre, además de fortalecer su eficiencia interna.

En primer lugar, la reducción significativa de scrap y retrabajo fue uno de los logros más notables de este proceso de optimización. Antes de la implementación de las herramientas de gestión de calidad y mantenimiento predictivo, Codelco enfrentaba altos niveles de scrap debido a la variabilidad en la calidad del mineral extraído y procesado. Las deficiencias en el proceso de molienda y flotación generaban un alto porcentaje de material defectuoso que debía ser descartado, lo que representaba una pérdida considerable de recursos. Con la integración de sistemas de monitoreo en tiempo real y el uso de SPC, Codelco fue capaz de controlar la variabilidad del proceso de manera más eficiente, reduciendo significativamente el desperdicio de material y los reprocesos necesarios, lo que, a su vez, generó una mejor utilización de los recursos disponibles, optimizando los costos

operativos y aumentando la productividad de las plantas de procesamiento.

La mejora en la disponibilidad de los equipos fue otro de los resultados clave que Codelco alcanzó al aplicar el mantenimiento predictivo. Antes de la implementación de este enfoque, la compañía dependía en gran medida del mantenimiento correctivo, lo que implicaba largos períodos de inactividad no planificados y altos costos debido a las reparaciones urgentes. Esta ineficiencia no solo afectaba la disponibilidad de los equipos, sino que también aumentaba los costos operacionales y las interrupciones en la producción. Sin embargo, al integrar sensores IoT y un sistema de análisis predictivo, Codelco fue capaz de monitorear constantemente las condiciones de las máquinas y anticipar las fallas antes de que ocurran, lo que permitió realizar mantenimientos programados en momentos de menor impacto para la producción. Esto no solo mejoró la eficiencia de las plantas, sino que también redujo los costos asociados a los tiempos muertos, permitiendo una mayor utilización de la capacidad instalada de la maquinaria, lo que a su vez incrementó la producción sin necesidad de nuevas inversiones en equipos.

Otro de los logros importantes que surgieron de la implementación de estas estrategias fue la reducción de paradas no programadas en un 25 %. Las paradas imprevistas son uno de los mayores problemas en la minería, ya que no solo implican pérdidas en la producción, sino que también incrementan los costos debido a las reparaciones de emergencia. La capacidad de Codelco para prever fallas antes de que se materialicen gracias a la tecnología de mantenimiento predictivo y los sensores instalados en sus equipos permitió a la empresa reducir las paradas no programadas en un 25 %, lo que a su vez resultó en una producción más estable y continua. Además, las paradas programadas para mantenimiento preventivo se realizaron de manera más eficiente y menos costosa, lo que optimizó el tiempo operativo y redujo significativamente el impacto de las paradas imprevistas en los procesos de extracción y procesamiento.

Finalmente, uno de los resultados más tangibles de la implementación de estas herramientas de gestión de calidad fue la generación de ahorros operacionales superiores a 50 millones de dólares anuales. Estos ahorros se derivaron de múltiples fuentes, incluyendo la reducción del scrap, el ahorro en mano de obra debido a la disminución de tiempos de inactividad y las reducciones de los costos asociados a los procesos de mantenimiento. La implementación de mantenimiento predictivo y la integración de SPC permitieron a Codelco hacer un uso más eficiente de los recursos existentes, minimizando la necesidad de reparaciones de emergencia y reduciendo el desperdicio de material. Estos ahorros no solo mejoraron la rentabilidad de la compañía, sino que también les permitieron reinvertir en nuevas tecnologías y mejorar aún más sus procesos, creando un ciclo continuo de mejora

de la calidad y reducción de costos.

En conclusión, los resultados obtenidos por Codelco con la implementación de estrategias de calidad y mantenimiento predictivo demuestran que la prevención y la optimización de procesos son más rentables a largo plazo que el mantenimiento reactivo y la intervención tardía. La tecnología juega un papel fundamental en esta mejora, ya que permite a la empresa monitorear y ajustar en tiempo real los procesos, lo que mejora la eficiencia operativa y reduce los costos asociados a la variabilidad, los defectos y las paradas imprevistas. Las lecciones clave que se pueden extraer de la experiencia de Codelco incluyen la importancia de invertir en mantenimiento predictivo y tecnología de monitoreo en tiempo real, así como la necesidad de adoptar un enfoque proactivo y preventivo para la gestión de la calidad, lo que permite a las empresas no solo reducir costos, sino también mejorar su competitividad global.

- Sodimac (TPS en logística y retail):

Sodimac es una de las principales cadenas de retail en Chile, el problema que enfrentaba es que experimentaba altos tiempos de despacho que poseían una gran variabilidad en los mismos. Esto afectaba directamente a la satisfacción del cliente, los costos logísticos y la imagen de la empresa.

Sodimac intervino adaptándose a los principios Lean/TPS (5S, Kanban, balanceo de líneas, optimización de layout), lo que permitió la estandarización de procesos en las bodegas y la optimización de inventarios.

Los resultados fueron los siguientes:

- Reducción de lead time en un 20 %:

El lead time, es decir, el tiempo transcurrido desde la recepción del pedido hasta la entrega final al cliente, es uno de los indicadores más importantes en el sector retail. Un lead time largo no solo afecta la eficiencia de la cadena de suministro, sino que también impacta negativamente en la satisfacción del cliente, especialmente en un mercado tan competitivo como el chileno, donde las expectativas de los consumidores son cada vez más altas en cuanto a la rapidez de entrega.

Sodimac enfrentaba dificultades con los altos tiempos de despacho debido a la variabilidad en los procesos de picking y la falta de sincronización entre los diferentes eslabones de su cadena de suministro, lo que generaba demoras en la entrega de productos a los clientes. Sin embargo, la implementación de principios Lean/TPS, especialmente el uso de Kanban (sistemas de control visual) y la estandarización de los procesos de picking, permitió a la empresa optimizar los tiempos de procesamiento y reducir el tiempo necesario

para que un producto pasara de la bodega a la entrega final.

La reducción del lead time en un 20 % fue uno de los logros más significativos, ya que no solo mejoró la eficiencia operativa, sino que también permitió a Sodimac cumplir con los plazos de entrega de manera más consistente, lo que tuvo un impacto directo en la satisfacción del cliente y en la competitividad de la empresa en el mercado.

- Ajuste de inventarios y mejora en la rotación de productos:

El ajuste de inventarios y la mejora en la rotación de productos son dos factores clave para garantizar la eficiencia en la gestión logística. Antes de la implementación de Lean/TPS, Sodimac enfrentaba problemas con exceso de inventarios en algunos productos y falta de stock en otros, lo que generaba tanto costos adicionales de almacenamiento como pérdidas de ventas debido a la falta de disponibilidad de productos clave.

Con la introducción de Kanban, que permite controlar de manera eficiente la reposición de productos y gestionar el flujo de inventarios de manera más dinámica, y la optimización del layout de las bodegas, Sodimac pudo reducir el tiempo de permanencia de productos en almacén y mejorar la rotación de productos. Esto permitió a la empresa evitar el exceso de inventarios, que genera costos adicionales de almacenamiento, y al mismo tiempo, mejoró la disponibilidad de productos clave en el momento justo.

El ajuste de inventarios también permitió mejorar la gestión de recursos, ya que la empresa logró reducir el capital inmovilizado en inventarios mientras mantenía una alta capacidad de respuesta ante las necesidades del mercado. La mejora en la rotación de productos no solo ayudó a optimizar los costos operativos, sino que también aumentó la competitividad de Sodimac al permitirle ofrecer productos más frescos y de alta demanda de manera más eficiente.

- Incremento en la satisfacción del cliente en un 20 % durante tres años consecutivos:

La satisfacción del cliente es uno de los objetivos clave de cualquier estrategia empresarial, y especialmente en el sector retail, donde la competencia por la fidelidad del consumidor es feroz. Antes de la implementación de Lean/TPS, Sodimac experimentaba fluctuaciones en su nivel de satisfacción del cliente debido a los tiempos de espera prolongados, errores en los pedidos y variabilidad en la calidad del servicio.

Sin embargo, con la integración de principios Lean, como la eliminación de desperdicios, la optimización de procesos de picking y la reducción de variabilidad en los tiempos de entrega, Sodimac logró una mejora significativa en la experiencia del cliente. La reducción del lead time fue fundamental para este logro, ya que permitió a la empresa cumplir

con los tiempos de entrega de manera más eficiente, lo que aumentó la satisfacción general de los consumidores.

El incremento en la satisfacción del cliente en un 20 % durante tres años consecutivos es un reflejo claro de cómo la mejora continua y la adopción de prácticas Lean pueden transformar no solo los procesos internos, sino también la percepción del cliente sobre la marca. Este aumento en la satisfacción también se tradujo en un mayor índice de fidelización, lo que contribuyó al crecimiento sostenido de la empresa durante el período mencionado.

Una de las lecciones más importantes que se pueden extraer de la experiencia de Sodimac es que la optimización de los flujos de trabajo y la estandarización de los procesos son dos factores fundamentales para reducir los errores operativos y minimizar las mermas dentro de cualquier cadena de suministro, especialmente en el sector del retail, en el que las demandas de eficiencia y rapidez son constantes, la implementación de principios de Lean Manufacturing y el Sistema de Producción Toyota (TPS) permitió a la empresa enfrentar los problemas logísticos que se presentaban debido a la variabilidad de procesos, uno de los mayores retos que afectan a las grandes cadenas de retail, de esta forma, Sodimac fue capaz de reducir significativamente los errores de picking que se producían durante el proceso de selección de productos en el almacén, debido a una mejora integral de la gestión del inventario, esta optimización también se reflejó en los tiempos de entrega, ya que se logró una mayor agilidad al reducir el tiempo entre que el pedido es recibido y cuando finalmente es entregado al cliente, como consecuencia, la mejora en los tiempos de entrega resultó en un aumento general en la eficiencia operativa de la empresa, permitiéndole no solo cumplir con los plazos establecidos, sino también mejorar la percepción de los clientes sobre la fiabilidad y la calidad del servicio ofrecido.

Además, el flujo continuo de materiales garantizó que los productos pudieran moverse de manera más eficiente a lo largo de la cadena de suministro, lo que redujo los tiempos de espera en cada etapa del proceso, desde el almacén hasta la tienda o el punto de venta, al establecer un sistema más organizado y fluido, se logró una mayor disponibilidad de productos clave cuando los clientes los requerían, lo que aumentó las ventas y redujo los costos asociados a la falta de productos, la estandarización de los procesos de picking y almacenaje no solo permitió reducir los errores humanos que se producían en la preparación de pedidos, sino que también estableció una forma más eficiente y ágil de gestionar el inventario, la automatización de ciertos procesos, sumada a la capacitación continua de los empleados, permitió que la empresa integrara la mejora continua como un pilar central dentro de su cultura organizacional, lo que resultó en un aumento de la

productividad y una reducción significativa de costos operativos, ya que la estandarización reduce la variabilidad de los procesos, lo que se traduce en menos recursos desperdiciados, mayor previsibilidad y más eficiencia en el uso de recursos humanos y materiales, en otras palabras, mejor calidad en el servicio al cliente.

Estas lecciones no solo son aplicables a Sodimac, sino que también pueden servir de referencia para otras empresas del sector retail que enfrentan desafíos similares en sus operaciones logísticas y que buscan mejorar su eficiencia operativa y, en última instancia, la satisfacción de sus clientes, la implementación de principios Lean, en particular la eliminación de desperdicios y la optimización de los procesos, ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la competitividad de las empresas en un mercado tan dinámico y competitivo como el actual, al reducir las ineficiencias en la cadena de suministro, mejorar la utilización de los recursos y permitir una mejora constante en la capacidad de respuesta ante las demandas de los consumidores, esta filosofía, centrada en el flujo continuo de materiales y la estandarización de procesos, es crucial para las empresas que buscan no solo mantenerse competitivas, sino también afrontar los desafíos del mercado global, donde la velocidad y la precisión en la entrega son factores decisivos para mantener la fidelidad de los clientes y seguir liderando en el sector.

Los resultados obtenidos por Sodimac a través de la implementación de principios Lean/TPS demuestran que la optimización de los procesos y la estandarización de los mismos son elementos fundamentales para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la satisfacción del cliente, la reducción del lead time y la mejora en la rotación de inventarios y la satisfacción del cliente son solo algunos de los beneficios tangibles que se derivan de esta implementación, la cual también ha permitido a la empresa fortalecer su posición competitiva en el mercado chileno, adaptándose a las nuevas exigencias del entorno y mejorando su capacidad de respuesta ante las expectativas de los consumidores, al adoptar una cultura de mejora continua y enfocarse en la eliminación de desperdicios, Sodimac ha logrado no solo aumentar su eficiencia, sino también optimizar la experiencia de compra para sus clientes, lo que se ha traducido en un crecimiento sostenido durante los últimos años, demostrando que, al integrar estos principios en todos los niveles de la organización, no solo se mejora la operación interna, sino que también se fortalece la lealtad de los clientes y la competitividad de la empresa en el mercado.

- Agroindustria (inocuidad y cadena de frío):

En el caso de la agroindustria, uno de los sectores más dinámicos y estratégicos de la economía chilena, la gestión de la calidad ha desempeñado un rol fundamental en asegurar la competitividad internacional. Chile se ha consolidado como un líder mundial en

la exportación de frutas frescas, vinos y productos agroalimentarios, alcanzando mercados tan diversos como Estados Unidos, Europa y Asia, donde los estándares de inocuidad, trazabilidad y cumplimiento de la cadena de frío son cada vez más estrictos. La agroindustria no solo representa una parte sustantiva del Producto Interno Bruto (PIB), sino que además constituye una fuente clave de empleo en las regiones, por lo que cualquier avance en gestión de calidad impacta directamente en la economía nacional y en la sustentabilidad del sector.

A pesar de este liderazgo, la industria ha enfrentado históricamente problemas recurrentes relacionados con la variabilidad en la temperatura de transporte, deficiencias en el embalaje y fallas en los sistemas de trazabilidad. Estas debilidades han ocasionado pérdidas económicas significativas, traducidas en rechazos de cargamentos completos en puertos de destino, reducción en la vida útil de los productos y, en consecuencia, daños reputacionales frente a compradores internacionales que demandan cumplimiento absoluto de los estándares acordados. Un solo contenedor de frutas rechazado en mercados como Estados Unidos o la Unión Europea puede significar pérdidas que ascienden a cientos de miles de dólares, además del riesgo de perder contratos de largo plazo con supermercados o cadenas de distribución. Estos episodios no solo representan un costo directo para las empresas, sino que también afectan la imagen país, ya que la marca “Chile” compite de manera integrada en el mercado global.

Para superar estos desafíos, las principales exportadoras chilenas comenzaron a implementar de manera progresiva sistemas de aseguramiento de calidad basados en metodologías reconocidas a nivel internacional, tales como HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) e ISO 22000. Estas metodologías hicieron posible identificar y controlar los puntos críticos desde la cosecha en el campo hasta el consumidor final en destino, incorporando una visión integral de la inocuidad alimentaria. En paralelo, se fortalecieron los procesos de auditoría interna y externa, de modo de garantizar el cumplimiento continuo de los requisitos de cada mercado, y se incorporó un mayor rigor en los programas de capacitación de los trabajadores encargados de la cosecha, el embalaje y la manipulación de los productos.

Otro avance clave fue la incorporación de tecnologías digitales, especialmente las vinculadas al Internet de las Cosas (IoT), que posibilitaron el monitoreo en tiempo real de variables críticas como la temperatura y la humedad relativa durante el almacenamiento y transporte. El uso de dispositivos como data loggers, etiquetas inteligentes y sensores inalámbricos en pallets y contenedores permitió contar con información continua y verificable, generando alertas inmediatas frente a cualquier desviación de los parámetros

establecidos. De esta forma, las empresas pudieron reaccionar a tiempo frente a excursiones térmicas, reduciendo drásticamente el riesgo de deterioro de los productos. Asimismo, se estandarizaron los procedimientos de embalaje, lo que mejoró la resistencia del producto durante la logística internacional, y se establecieron auditorías periódicas a los proveedores logísticos y de transporte para garantizar un cumplimiento homogéneo a lo largo de toda la cadena de valor.

Los resultados de estas transformaciones fueron notorios y medibles. En primer lugar, se redujeron de forma considerable las mermas asociadas a la pérdida de la cadena de frío, lo que se tradujo en menores costos de no calidad y en una mejora sustantiva de los márgenes de rentabilidad. En segundo lugar, los rechazos en puertos de destino disminuyeron, aumentando la confiabilidad de los exportadores chilenos y consolidando relaciones comerciales de largo plazo con los principales supermercados y cadenas internacionales. En tercer lugar, la implementación de estándares de trazabilidad más rigurosos permitió a los compradores rastrear con detalle el origen, manipulación y transporte de cada lote, lo que generó mayor seguridad en los consumidores finales y posicionó a las empresas chilenas como actores confiables en un mercado global altamente competitivo.

Estas mejoras tuvieron también un impacto adicional en la reputación del país. La imagen de Chile como exportador de productos de alta calidad se fortaleció durante la última década, lo que permitió abrir nuevos mercados y posicionar a los productos nacionales en segmentos premium, donde los precios son más altos pero las exigencias de calidad son también mayores. En este sentido, la gestión de calidad aplicada a la agroindustria no solo representó un factor de eficiencia operativa, sino también una palanca estratégica para diferenciarse de competidores directos como Perú, México o Sudáfrica, que disputan los mismos nichos de exportación.

En conclusión, el caso de la agroindustria chilena evidencia de manera clara cómo la integración de sistemas de inocuidad, trazabilidad y control de la cadena de frío puede convertirse en una ventaja competitiva sostenible. La inversión en tecnologías de monitoreo y en la capacitación de los trabajadores en prácticas de manipulación, cosecha y embalaje no solo redujo los costos de no calidad, sino que también permitió a Chile mantener y reforzar su posición de liderazgo en los mercados internacionales de alimentos frescos. Este ejemplo demuestra que la calidad debe ser entendida como un activo estratégico que asegura el acceso a mercados, protege la reputación país y aporta directamente al desarrollo económico nacional, mucho más que como un costo operativo a corto plazo.

- Salmonicultura (bioseguridad, calidad y trazabilidad):

La industria del salmón representa un pilar fundamental en la economía chilena y

constituye el segundo producto de exportación más relevante del país, solo superado por el cobre. En las últimas décadas, este sector ha experimentado un crecimiento acelerado que lo ha posicionado entre los principales productores a nivel mundial, compitiendo directamente con Noruega y consolidando a Chile como un actor estratégico en la oferta global de alimentos de origen acuícola. Sin embargo, este desarrollo también ha estado marcado por crecientes exigencias internacionales en materia de bioseguridad, sostenibilidad y calidad del producto, que han obligado a las compañías a implementar cambios profundos en sus procesos productivos y de gestión.

Durante años, las empresas salmoneras enfrentaron serios desafíos vinculados a la variabilidad en las características del filete, especialmente en parámetros como color, textura, contenido de grasa y frescura, lo que generaba inconsistencias en los estándares de exportación. A esto se sumaban problemas de inocuidad alimentaria, derivados de contaminaciones cruzadas o deficiencias en el control sanitario, y episodios críticos de enfermedades en los centros de cultivo, como la anemia infecciosa del salmón (ISA) o el cálígus, que afectaban gravemente la productividad y comprometían la continuidad de las operaciones. Estas dificultades no solo derivaban en devoluciones de contenedores completos en mercados internacionales altamente regulados, como Estados Unidos, Japón o la Unión Europea, sino que también provocaban un incremento sustancial en los costos de producción y, quizás lo más grave, una pérdida progresiva de confianza en los compradores internacionales que valoran por sobre todo la seguridad y consistencia del producto.

Ante este panorama, y con el riesgo latente de perder espacios en mercados premium, las compañías salmoneras chilenas emprendieron una transformación estratégica basada en la integración de sistemas de gestión de calidad y bioseguridad de nivel internacional. Se adoptaron normas como GlobalG.A.P., BAP (Best Aquaculture Practices) e ISO 9001, las cuales se convirtieron en requisitos indispensables no solo para acceder a los principales mercados, sino también para diferenciarse frente a competidores emergentes. Estas certificaciones permitieron estandarizar procesos, asegurar la trazabilidad completa de los lotes y garantizar que cada etapa, desde el centro de engorda hasta el procesamiento y empaque, cumpliera con exigencias normativas y expectativas de los clientes.

En las plantas de procesamiento, la modernización fue aún más evidente. Se incorporaron metodologías de control estadístico de procesos (SPC) para monitorear en tiempo real parámetros críticos como peso, color, textura y pH de los filetes, lo que permitió reducir la variabilidad y mejorar la consistencia de los productos terminados. Paralelamente, se adoptaron tecnologías de visión computacional e inteligencia artificial, que reemplazaron las inspecciones manuales y posibilitaron la detección automática de defectos en

la superficie de los filetes con un nivel de precisión mucho mayor. Estas innovaciones no solo aceleraron los procesos de control, sino que además redujeron la subjetividad de la evaluación humana, generando resultados más confiables y repetibles.

Un componente esencial de esta transformación fue la implementación de rigurosos sistemas de trazabilidad digital. Gracias al uso de códigos QR, plataformas integradas y registros electrónicos, las empresas lograron seguir cada lote desde su origen en los centros de cultivo hasta su llegada al consumidor final. Esto significó que, en caso de detectarse alguna desviación o problema, se pudiera identificar de inmediato la causa raíz y aplicar planes de acción correctiva y preventiva (CAPA) de forma rápida y eficiente. Además, la digitalización facilitó el cumplimiento de auditorías tanto de clientes como de autoridades regulatorias internacionales, reduciendo los tiempos de respuesta y fortaleciendo la confianza en la industria chilena.

Los resultados de este proceso de transformación fueron contundentes. Las no conformidades asociadas a atributos críticos del filete disminuyeron de manera significativa, lo que a su vez redujo las devoluciones en mercados tan exigentes como Estados Unidos y Japón. Asimismo, la capacidad de responder en plazos mucho más cortos a los requerimientos de clientes y organismos de control aumentó de forma considerable gracias a la trazabilidad digital, lo que reforzó la imagen de Chile como un proveedor confiable y comprometido con la inocuidad. En paralelo, el control más estricto de parámetros de proceso generó una mayor estabilidad operativa, optimizando la utilización de las líneas de producción en los periodos de mayor demanda y reduciendo los costos asociados a reprocesos o a la detención imprevista de operaciones.

Otro aspecto relevante fue el impacto positivo en la sostenibilidad del sector. La aplicación de buenas prácticas acuícolas, junto con la bioseguridad reforzada, permitió reducir el uso de antibióticos y mejorar las condiciones sanitarias de los centros de cultivo, lo que contribuyó a responder a las crecientes preocupaciones de consumidores y autoridades en relación con el impacto ambiental de la industria. Esto, a su vez, se tradujo en una mejor valoración del salmón chileno en mercados internacionales, que cada vez más exigen productos no solo de alta calidad, sino también producidos bajo criterios de responsabilidad social y medioambiental.

En definitiva, el caso de la salmonicultura chilena demuestra que la integración de la gestión de calidad con la bioseguridad, la trazabilidad y la sostenibilidad constituye un requisito indispensable para asegurar la competitividad en mercados globales. Gracias a la adopción de normas internacionales, el uso de tecnologías avanzadas y la consolidación de sistemas de trazabilidad robustos, Chile no solo logró mantener su posición como uno

de los principales exportadores de salmón del mundo, sino que además pudo consolidar una reputación internacional de confiabilidad, innovación y excelencia en la calidad de sus productos. Este caso confirma que la calidad, cuando se entiende como un activo estratégico, se convierte en el principal factor diferenciador frente a la competencia global y en un pilar para el desarrollo económico sostenible del país.

- Vitivinicultura (calidad sensorial y consistencia de proceso):

El sector vitivinícola chileno constituye uno de los ejemplos más emblemáticos de cómo la gestión de calidad puede transformar una industria y proyectarla hacia estándares internacionales de excelencia. Chile es hoy reconocido como un país productor de vinos de alta calidad, con presencia en más de 150 mercados alrededor del mundo y con una reputación consolidada en segmentos que van desde los vinos de consumo masivo hasta los vinos premium y de autor. Sin embargo, este posicionamiento no siempre estuvo asegurado. A pesar de contar con condiciones geográficas y climáticas privilegiadas, como la amplitud térmica, la diversidad de terroirs y la ausencia de plagas que afectan a otros países productores, la industria enfrentó históricamente problemas relacionados con la variabilidad sensorial entre cosechas, la presencia de sedimentos o partículas en las botellas, y reclamos frecuentes por diferencias en el perfil organoléptico respecto a lo que las marcas prometían a sus consumidores.

Estas dificultades, comunes en la producción de vino a gran escala, tenían consecuencias directas en los costos de no calidad, expresados en devoluciones de exportaciones completas, pérdida de confianza de importadores y en algunos casos, exclusión de los lineales de supermercados internacionales. La falta de consistencia en el producto final no solo afectaba las cuentas de las viñas de forma individual, sino que también debilitaba la percepción global de la “marca país”, ya que los compradores internacionales suelen evaluar a Chile como un origen vitivinícola integrado, en el que la calidad y la confiabilidad deben ser atributos comunes a todas las bodegas.

Para enfrentar estas brechas, las viñas chilenas emprendieron un proceso de modernización y profesionalización de sus sistemas de aseguramiento de calidad. Se implementaron controles estadísticos de procesos (SPC) en etapas críticas de la vinificación, como fermentación y filtración, con el objetivo de reducir la variabilidad de parámetros esenciales como temperatura, turbidez, acidez volátil y niveles de dióxido de azufre. Estos controles permitieron estandarizar el comportamiento de los mostos durante la fermentación y asegurar que los vinos mantuvieran perfiles sensoriales consistentes a lo largo de las distintas vendimias.

Paralelamente, se fortalecieron los paneles sensoriales internos, que pasaron de eva-

luaciones informales a protocolos sistemáticos y replicables. A través de capacitaciones, uso de escalas estandarizadas y pruebas triangulares, se logró reducir la variabilidad entre catadores y establecer un lenguaje común que facilitó la coherencia en la definición de estilos. Esto permitió que cada línea de producto ya fuera un vino de entrada de gama o un vino premium destinado a mercados exclusivos, mantuviera su identidad sensorial a lo largo del tiempo.

La modernización no se detuvo allí. Muchas viñas incorporaron normas ISO 9001 e ISO 22000 en sus procesos productivos, garantizando que el aseguramiento de calidad no se limitara a la fase sensorial, sino que abarcara toda la cadena de valor: desde la recepción de la uva, pasando por la vinificación, crianza, embotellado y despacho. En este contexto, se desarrollaron sistemas de liberación de lotes basados en certificados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, lo que permitió profesionalizar aún más el control de calidad y garantizar que ningún lote llegara al mercado sin cumplir con los estándares previamente definidos.

Los efectos de estas iniciativas fueron notables y duraderos. En primer lugar, los reclamos internacionales por problemas de presentación o por inconsistencias en el perfil organoléptico disminuyeron significativamente. En segundo lugar, se logró mejorar la repetibilidad de los estilos de vino, incluso en años de vendimias complejas, lo que fortaleció la confianza de los importadores y consumidores. En tercer lugar, la mayor estandarización de los procesos redujo las paradas correctivas en líneas de producción y embotellado, aumentando la disponibilidad y la productividad de las plantas.

Este salto en calidad no solo permitió a Chile mantener su posición en los mercados internacionales, sino que además abrió las puertas a segmentos premium, donde la consistencia y la confiabilidad son factores determinantes para competir contra productores tradicionales como Francia, Italia o España. El prestigio alcanzado se reflejó en un aumento de la presencia de vinos chilenos en guías internacionales, concursos y rankings especializados, donde la crítica comenzó a reconocer no solo la buena relación precio-calidad, sino también la solidez y continuidad de los estilos ofrecidos por las viñas nacionales.

En síntesis, la experiencia de la vitivinicultura chilena confirma que la calidad sensorial y la consistencia de proceso no dependen únicamente de factores naturales como el clima o el terroir, sino de una gestión disciplinada y sistemática que incorpore estadística, protocolos sensoriales y sistemas de liberación rigurosos. Gracias a estas prácticas, las viñas chilenas lograron fortalecer su prestigio global y aumentar su competitividad frente a productores tradicionales, consolidando a Chile como un origen vitivinícola de clase mundial. Este caso demuestra que, en un mercado donde los consumidores buscan cada

vez más experiencias estables y confiables, la gestión de calidad se transforma en el eje central que asegura no solo el éxito económico, sino también la sostenibilidad y reputación a largo plazo de toda la industria.

3.20.3. Capacitación y Formación para Adoptar la Mejora Continua en Chile

La capacitación y la formación continua son elementos fundamentales para impulsar la mejora continua en cualquier organización. En Chile, aunque se han realizado importantes esfuerzos en sectores como la minería, la agroindustria y la manufactura, la adopción de tecnologías avanzadas y metodologías de optimización aún enfrenta ciertos desafíos. La formación de los trabajadores resulta crucial para mantener la competitividad empresarial y facilitar la adaptación a las innovaciones tecnológicas en un entorno cada vez más globalizado.

Solo el 50 % de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) realizan inversiones periódicas en la capacitación de sus colaboradores. En contraste, el 80 % de las grandes compañías destinan recursos a programas de formación orientados a mejorar sus procesos internos, lo que evidencia una marcada brecha en el acceso a estas oportunidades. Este aspecto representa un desafío relevante, ya que está demostrado que las empresas que invierten en el desarrollo de sus empleados logran mayores niveles de eficiencia operativa y un mejor rendimiento general (Cámara de Comercio de Santiago, 2021).

Un caso ejemplar en este ámbito es el de Codelco, principal productora mundial de cobre, que ha implementado programas permanentes de capacitación para sus operarios, enfocados en el manejo de tecnologías de punta y en la optimización de procesos productivos. La empresa destinó más de 80 millones de dólares a programas de formación con el objetivo de incrementar la eficiencia operativa y reducir los costos laborales. Además de mejorar la productividad, la capacitación contribuye a crear entornos laborales más seguros y a minimizar los riesgos de accidentes, aspectos especialmente relevantes en la industria minera (Codelco, 2020).

3.20.4. Cambio Cultural dentro de las Organizaciones para la Implementación de Calidad

La implementación de la calidad en las organizaciones no depende únicamente de la incorporación de nuevas tecnologías o herramientas, sino que exige, además, un cambio

cultural profundo dentro de la empresa. Este proceso implica transformar la forma en que se trabaja, promoviendo un enfoque centrado en la mejora continua y en la satisfacción del cliente. En Chile, si bien muchas compañías han comenzado a integrar la cultura de la calidad en sus procesos operativos, la consolidación de este cambio cultural continúa siendo un desafío para un gran número de organizaciones.

De acuerdo con un estudio un 60 % de las empresas chilenas de sectores como la minería y la agroindustria reconocen que la adopción de una cultura de calidad ha sido un factor clave para fortalecer su competitividad. Sin embargo, en la mayoría de los casos, esta cultura no se ha internalizado de forma transversal en todos los niveles de la organización (OCDE, 2020). Lograr un cambio cultural exitoso requiere del firme compromiso de los líderes y de la activa participación de todos los colaboradores. En el contexto chileno, la escasa involucración de la alta dirección y la prevalencia de estructuras jerárquicas rígidas han sido algunos de los principales obstáculos para instaurar una cultura de mejora continua.

Para que este cambio cultural se materialice de manera efectiva, es fundamental que la alta gerencia lidere con el ejemplo, adoptando y promoviendo activamente las prácticas de calidad. Según el Estudio de Calidad Empresarial de Chile, las empresas que han logrado implementar con éxito una cultura de calidad han apostado por un liderazgo transformacional y por incentivar la motivación de sus equipos. Este enfoque ha permitido alinear los objetivos estratégicos con los principios de mejora continua, lo que se ha traducido en mayores niveles de eficiencia y en una reducción significativa de los costos operativos (Estudio de Calidad Empresarial de Chile, 2019).

3.20.5. Ejemplos de Éxito como el Sistema de Producción Toyota (TPS)

El Sistema de Producción de Toyota (TPS) es un referente emblemático de cómo un modelo de producción enfocado en la calidad y la eficiencia puede transformar por completo una industria. Basado en dos principios fundamentales, la eliminación de desperdicios y la mejora continua de los procesos, este sistema ha sido adoptado por empresas de distintos sectores a nivel mundial, incluyendo el ámbito manufacturero chileno, con el objetivo de optimizar la eficiencia operativa y asegurar altos estándares de calidad.

En Chile, compañías como Manufacturas de Limache, dedicadas a la producción de bienes de consumo masivo, han implementado con éxito el TPS para mejorar sus procesos y reducir los costos operativos. La aplicación de este sistema en dicha empresa permitió

disminuir en un 15 % los costos de producción y aumentar en un 10 % la eficiencia operativa en un período de apenas dos años (Universidad Técnica Federico Santa María,2020). La aplicación del principio just in time (producción bajo demanda) y la eliminación de desperdicios en las etapas de manufactura fueron factores clave para alcanzar estos resultados.

El TPS también ha demostrado ser un aliado estratégico en la mejora de la satisfacción del cliente. En el contexto chileno, empresas como Sodimac han incorporado principios de este modelo en la gestión de su cadena de suministro, con el propósito de perfeccionar la calidad del servicio y agilizar la entrega de productos. Como resultado de estas iniciativas, Sodimac logró reducir significativamente los tiempos de entrega y optimizar la gestión de inventarios, lo que se reflejó en un aumento del 20 % en la satisfacción de sus clientes durante los últimos tres años (Universidad Técnica Federico Santa María,2020).

3.21. Impacto de la Calidad en la Eficiencia de la Cadena de Suministro

La calidad tiene un impacto directo en la eficiencia de la cadena de suministro. Cuando los productos cumplen con los estándares de calidad desde el inicio de su producción, los costos asociados a retrabajos, devoluciones o quejas de los clientes disminuyen considerablemente. La gestión proactiva de la calidad reduce la variabilidad en los productos, lo que asegura que los clientes reciban lo que esperan sin defectos. Esto, a su vez, minimiza las interrupciones en el flujo de producción y distribución, lo que contribuye a una mayor eficiencia general en la cadena de suministro (Ver Figura 8).

El aumento de la calidad también genera mejoras en los tiempos de entrega. Al eliminar errores y fallas, los productos llegan a su destino final más rápidamente, lo que se traduce en una mejor experiencia para el cliente. Además, la reducción de los costos operacionales derivados de fallos en la producción, como el costo de materiales defectuosos o el tiempo dedicado a corregir errores, contribuye a una mayor rentabilidad para la empresa.

Se puede ver la relación de la que se habla en el siguiente gráfico:

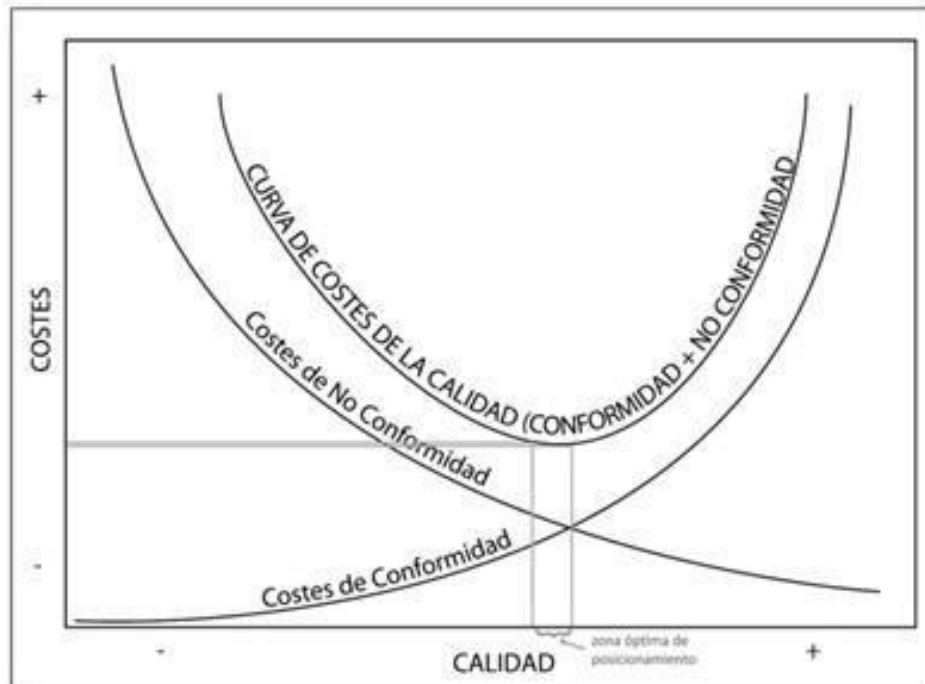


Figura 8: Relación entre Gestión de Calidad y Reducción de costos

Nota: Tomado de UTFSM, 2020

Este gráfico muestra que a medida que aumenta la calidad en los procesos productivos, los costos de no conformidad (relacionados con errores, devoluciones y retrabajos) disminuyen, mientras que los costos de conformidad (asociados a prevenir errores, como capacitación y control de calidad) aumentan ligeramente. Sin embargo, existe un punto óptimo en el que la suma de ambos costos es mínima, logrando la mayor eficiencia y rentabilidad. Este modelo respalda la idea de que invertir en calidad no es un gasto, sino una estrategia para reducir costos totales y mejorar la competitividad de la empresa.

3.21.1. Impacto de la Calidad en la Rentabilidad de la Empresa en Chile

La calidad de los productos y servicios tiene un impacto directo en la rentabilidad de las empresas. En Chile, diversas industrias, como la minería, la agroindustria y la manufactura, se han dado cuenta de que la optimización de la calidad no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también influye significativamente en los márgenes de

ganancia, reduciendo costos y mejorando la competitividad en mercados globales.

Un ejemplo claro se observa en la industria agroindustrial, en la que la calidad de los productos es fundamental para acceder a mercados internacionales. Chile es uno de los mayores exportadores de frutas y vinos del mundo, y la calidad de estos productos es un factor determinante en su competitividad. Según el Informe de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, las exportaciones agrícolas chilenas alcanzaron los 17.000 millones de dólares en 2019, con un crecimiento sostenido del 5 % anual en la última década (ODEPA, 2020). Este crecimiento ha sido posible gracias a las estrictas normativas de calidad que garantizan la competitividad de los productos en mercados internacionales.

La rentabilidad de empresas como Viña Concha y Toro, que representa un 20 % del mercado de vino exportado por Chile, ha mejorado significativamente gracias a la implementación de estándares de calidad como el ISO 9001, un sistema de gestión de calidad que asegura que todos los procesos productivos sean consistentes y de alta calidad. En su informe anual, la compañía reportó un incremento en su rentabilidad de un 8 % durante el 2020 (Informe Anual Viña Concha y Toro, 2020), pese a los desafíos de la pandemia, lo que muestra cómo la calidad influye positivamente en la rentabilidad a través de la eficiencia en los procesos y el acceso a mercados premium.

Además, la industria minera, que representa aproximadamente el 10 % del PIB chileno (Banco Central de Chile, 2020), ha comenzado a adoptar métodos de control de calidad para mejorar la eficiencia operativa. Empresas como Codelco han optimizado sus procesos de extracción y refinación del cobre, lo que ha permitido aumentar la producción y reducir los costos. En su informe de resultados, Codelco destacó que la mejora de los procesos y el control de la calidad contribuyó a ahorros de más de 50 millones de dólares anuales en costos operacionales. Esta optimización demuestra cómo la calidad puede ser un motor clave para incrementar la rentabilidad (Codelco, 2020).

3.21.2. Cómo la Calidad Mejora la Satisfacción del Cliente y la Eficiencia Operativa

El enfoque en la calidad no solo mejora la eficiencia operativa dentro de las empresas, sino que también tiene un impacto directo en la satisfacción del cliente (Ver Figura 9). En un mercado competitivo como el chileno, donde la globalización y los avances tecnológicos exigen una constante mejora en los productos y servicios, las empresas deben centrarse en la calidad para diferenciarse de sus competidores.

Según el Estudio de Calidad Empresarial en Chile 2019, el 70 % de los consumidores en el país afirman que la calidad del producto es uno de los factores más importantes a la hora de tomar decisiones de compra (Estudio de Calidad Empresarial de Chile, 2019). Esto se puede ver en el siguiente gráfico:

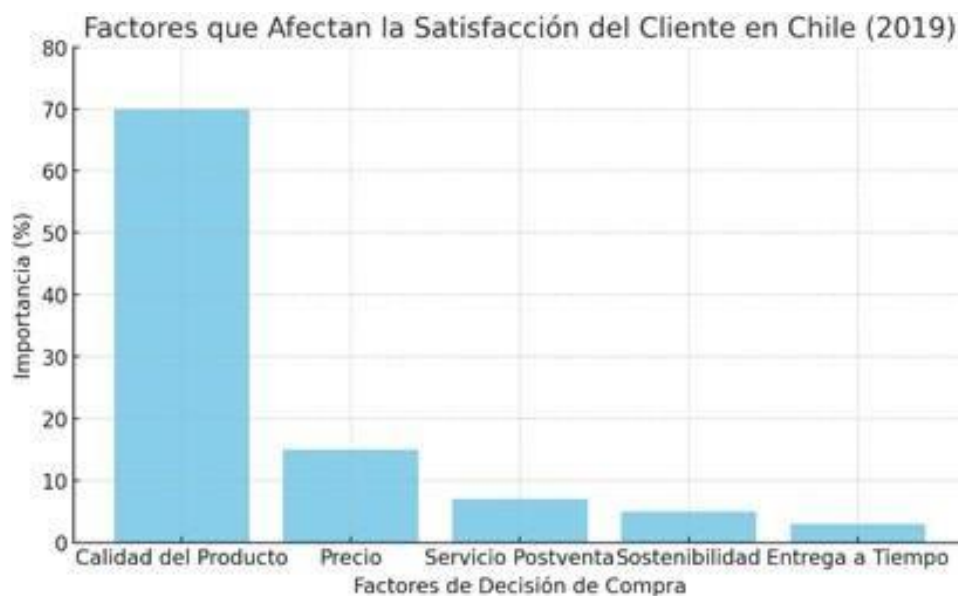


Figura 9: Factores que afectan la satisfacción del Cliente en Chile

Nota: Tomado de NPS Benchmark Chile, 2019.

El gráfico presentado refleja claramente cómo los distintos factores influyen en la satisfacción del cliente en Chile, destacando que la calidad del producto es el principal determinante, con un 70 % de relevancia en la decisión de compra. Esto respalda la necesidad de que las empresas implementen estrategias de gestión de calidad como el Sistema de Producción Toyota (TPS) o certificaciones ISO 9001, para asegurar productos conformes a los estándares del mercado. Factores secundarios como el precio, el servicio postventa, la sostenibilidad y los tiempos de entrega, aunque importantes, tienen un impacto menor. Por tanto, centrar los esfuerzos en garantizar altos niveles de calidad no solo mejora la satisfacción del cliente, sino que también fortalece la competitividad y la rentabilidad de las empresas en un mercado cada vez más exigente.

Este dato resalta la importancia de la calidad en la competitividad de las empresas chilenas, ya que una mala calidad puede resultar en pérdidas significativas de clientes y de reputación empresarial. Por ejemplo, en el sector agroindustrial, los productos que no

cumplen con las normas de calidad tienen un riesgo mucho mayor de ser rechazados en los mercados internacionales, lo que afecta directamente las ventas y la fidelización del cliente.

En términos de eficiencia operativa, la calidad también desempeña un papel crucial en la reducción de retrabajos, devoluciones y quejas de clientes, lo que optimiza los costos operacionales. El Sistema de Producción Toyota (TPS), que ha sido adoptado por varias empresas chilenas como Manufacturas de Limache, ha mostrado resultados positivos al integrar prácticas de calidad. Según un estudio de caso de la Universidad Técnica Federico Santa María (2020), esta implementación permitió a la empresa reducir los tiempos de producción en un 15 % y minimizar los costos de retrabajo en un 12 %. Estos resultados no solo mejoraron la eficiencia operativa, sino que también aumentaron la satisfacción del cliente, al asegurarles productos de alta calidad entregados a tiempo (Universidad Técnica Federico Santa María, 2020).

En Codelco, el enfoque en la calidad en sus procesos de producción ha mejorado la eficiencia de sus operaciones. Según Codelco (2020), la implementación de nuevos procesos y el control riguroso de calidad ha permitido reducir los tiempos de inactividad de los equipos en un 30 %, lo que ha aumentado la eficiencia operativa y, como resultado, la satisfacción de los clientes del sector. Las innovaciones tecnológicas implementadas en la minería también han jugado un papel clave en asegurar que los productos entregados a los clientes estén libres de fallas, lo que se traduce en mayores márgenes de satisfacción.

La calidad, por lo tanto, no solo mejora la eficiencia de las operaciones, sino que también genera un ciclo de retroalimentación positiva entre las empresas y los consumidores, ya que los productos de alta calidad aumentan la lealtad del cliente y fomentan una relación duradera con las marcas.

3.22. Evolución y fundamentos de la gestión de calidad

La gestión de calidad, como disciplina, no es un fenómeno aislado ni reciente. Sus orígenes se remontan a las primeras décadas del siglo XX, cuando la producción en serie impulsada por Henry Ford puso de manifiesto la necesidad de controlar de manera más rigurosa la uniformidad de los productos. En esa etapa, el énfasis estaba puesto en la inspección: los productos se revisaban al final de la línea de producción para identificar y separar los defectuosos. Este enfoque correctivo resultaba costoso e ineficiente, pero

representó el primer paso hacia una visión más integral.

Posteriormente, durante y después de la Segunda Guerra Mundial, surgieron los aportes de Deming, Juran y Crosby, quienes transformaron la manera de concebir la calidad. Deming impulsó el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), la cual es una metodología de gestión que subraya la importancia de la mejora continua, la participación de todos los niveles de la organización y aplicada a los distintos ámbitos, ya sea producción, logística, servicios, salud, educación, entre otros. Juran, con su trilogía (planificación, control y mejora), consolidó la idea de que la calidad debía gestionarse de forma sistémica, integrando tanto al diseño como a la producción. Crosby, por su parte, popularizó la noción de “cero defectos” y defendió que los costos de prevención siempre serían inferiores a los de corrección.

En paralelo, Kaoru Ishikawa en Japón aportó herramientas prácticas como los círculos de calidad y el diagrama causa-efecto, también conocido como “espina de pescado”. Estos avances se convirtieron en referentes durante la expansión industrial japonesa de la segunda mitad del siglo XX, cuando empresas como Toyota implementaron el Toyota Production System (TPS), que posteriormente inspiraría metodologías como Lean Manufacturing y Six Sigma.

El salto hacia la globalización y la apertura de mercados en los años 80 y 90 fortalecieron la necesidad de normalización y estandarización. Fue entonces cuando la ISO 9000 se consolidó como el marco internacional de referencia, estableciendo criterios objetivos y verificables para asegurar la calidad en todas las etapas del ciclo de vida de los productos y servicios. En Chile, la adopción de estas normas fue decisiva para abrir mercados en Europa, Norteamérica y Asia, especialmente en industrias de exportación como el cobre, la fruta, el vino y más recientemente, el litio.

Capítulo 4

Metodología del estudio

En el presente capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, detallando el tipo de estudio, el enfoque metodológico, la unidad de análisis, los instrumentos empleados y el horizonte de evaluación considerado.

Tipo de estudio

El estudio desarrollado corresponde a una investigación de tipo descriptivo y analítico, basada en la revisión de literatura especializada y el análisis de casos representativos.

Por una parte, se realizó una revisión exhaustiva de antecedentes teóricos relacionados con gestión de calidad, optimización de procesos, mantenimiento, gestión de inventarios y cadena de suministro. Por otra, se analizaron casos reales de industrias relevantes en Chile, con el objetivo de comprender cómo estas prácticas se implementan en distintos contextos productivos.

Enfoque metodológico

El enfoque del estudio es de carácter propositivo y comparativo.

Es propositivo, ya que no solo se limita a describir la situación actual, sino que además plantea mejoras basadas en herramientas de ingeniería industrial, tales como Lean Manufacturing, Six Sigma, mantenimiento predictivo y optimización de inventarios.

Asimismo, es comparativo, debido a que se analizan distintas industrias, estas son minera, agroindustrial y manufacturera, permitiendo identificar similitudes, diferencias y oportunidades de mejora en función del tamaño de empresa y su nivel de desarrollo operativo.

Unidad de análisis

La unidad de análisis está compuesta por empresas pertenecientes a tres sectores clave de la economía chilena: minería, agroindustria y manufactura.

Dentro de estos sectores, se consideran empresas de distinto tamaño (pequeña, mediana y gran empresa), lo que permite evaluar cómo varía la implementación de prácticas de gestión de calidad y eficiencia operacional según la escala productiva y los recursos disponibles.

Instrumentos y soporte metodológico

Para el desarrollo del estudio se utilizaron modelos económicos por escenarios, los cuales permiten simular distintos contextos operacionales y evaluar el impacto de la implementación de mejoras en variables clave como costos, productividad, inventarios y eficiencia.

Estos modelos se complementan con herramientas de análisis propias de la ingeniería industrial, tales como indicadores de desempeño (KPI), análisis de procesos, y evaluación de eficiencia operativa, lo que permite cuantificar los beneficios potenciales de las estrategias propuestas.

Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación considerado en el estudio es de 15 años, incorporando una inversión inicial asociada a la implementación de mejoras operacionales.

Este horizonte permite capturar tanto los efectos de corto como de largo plazo, especialmente en decisiones relacionadas con mantenimiento, optimización de procesos y gestión de activos. Además, facilita la evaluación económica mediante indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), asegurando una visión integral del impacto de las propuestas desarrolladas.

Capítulo 5

Resultados

5.1. Justificación y Resultados de la Minería

(Supuestos: Se hacen los cálculos pensando en 15 años, se realiza una inversión sólo en el primer año, no se tiene en cuenta mantenciones, ya que se supone que los equipos no necesitarán mantenciones en este tiempo.)

Pequeña empresa: Minera Las Cenizas puede modelarse como una empresa de “pequeña” escala relativa dentro del sector minero, aunque en términos absolutos tenga un tamaño relevante para estándares nacionales. Esto se explica porque en minería la clasificación por escala productiva es determinante: se suele utilizar el umbral de 50 mil toneladas de cobre fino por año para separar gran minería de operaciones medianas, y Las Cenizas se mantiene por debajo de ese nivel (feller-rate, 2023). De hecho, su producción anual superó las 25 mil toneladas de cobre fino en 2015, lo que la posiciona como un actor significativo dentro de la mediana minería, pero aún lejos de la escala y diversificación de conglomerados como Codelco o Antofagasta Minerals (guíaminera.cl, 2015). La empresa además declara 2.847 trabajadores propios, lo que refuerza su relevancia operacional y la complejidad de su estructura productiva, aunque sin alcanzar el peso macroeconómico de la gran minería (cenizas.cl, s/f). En términos de clasificación por ventas bajo criterios generales, se ubica en un rango que se ha asociado a categorías Pyme/mediana en UF, aunque para efectos del análisis sectorial se mantiene como “pequeña” dentro del universo minero, precisamente por comparación con los líderes del rubro (asimet.cl, s/f).

Desde la perspectiva de ingresos, el texto plantea ventas anuales estimadas en torno a US\$200–300 millones. Esta magnitud resulta coherente con la combinación de capacidad instalada y volúmenes reportados: en Cabildo opera una planta de sulfuros con capacidad

de 8–9 mil toneladas de cobre fino al año, y en Taltal cuenta con instalaciones para óxidos y cátodos que suman aproximadamente 20 mil toneladas anuales, lo que permite sostener un orden de producción cercano a las 25 mil toneladas agregadas (guíaminera.cl, 2015). Si se considera un precio de referencia del cobre (p.ej. cercano a US\$4/lb) el orden de magnitud de ventas planteado es económicamente consistente. A nivel de estructura de costos, se sostiene que en este tipo de empresas los costos de venta suelen ubicarse alrededor del 80 % de las ventas, lo cual se justifica por la menor escala (menor poder de compra), una matriz de costos con alta dependencia energética, costos laborales relevantes y menores economías de aprendizaje. Esta proporción también se valida al observar a otra minera comparable como Pucobre, que reportó costos de venta cercanos a 80 % de sus ingresos en periodos recientes (feller-rate, 2023). Bajo esta lógica, Las Cenizas presentaría un margen bruto cercano al 20 %, un nivel razonable para minería de menor escala cuando el ciclo del cobre no es extraordinariamente favorable.

Al margen bruto reducido se suman gastos operacionales que el texto sitúa alrededor de 15 % de las ventas. En una minera de este tipo, estos gastos incluyen administración, cumplimiento regulatorio y ambiental, logística, seguridad, costos de personal indirecto y gestión corporativa, que suelen ser más pesados porcentualmente en empresas con menos escala. Esto lleva a márgenes EBITDA estrechos, y el texto enfatiza que en 2023 el entorno fue desafiante para la mediana minería, con presión sobre rentabilidades; incluso se menciona como referencia el desempeño de ENAMI (comprador de producción), con EBITDA negativo en el primer semestre 2024, lo que ilustra el contexto de márgenes comprimidos aguas arriba y aguas abajo en la cadena (revistacrisol.cl, 2024). La depreciación anual se estima en torno a US\$20 millones, valor coherente con una base de activos compuesta por minas, plantas y equipamiento, pero claramente inferior a la depreciación de grandes compañías con activos de decenas de miles de millones. Con este set de supuestos, el EBIT 2023 se asume cercano a cero, reflejando el escenario de alta presión de costos y márgenes.

En materia tributaria, el caso se enmarca en el régimen general chileno: impuesto corporativo de 27 % sobre utilidades, y potencial aplicación de royalty minero dependiendo de rentas operacionales ajustadas. El texto compara con un caso de gran minería privada donde la tasa efectiva puede superar el 30 % al incorporar royalty, mostrando que para empresas de menor tamaño la carga se concentra principalmente en el impuesto general, y el componente de royalty se vuelve relevante sólo cuando los márgenes son significativos (latercera.com, 2023). En inversiones, Las Cenizas aprobó en 2024 un proyecto por US\$15 millones (“Continuidad Operativa Mina Sauce”) para prolongar por 9 años la operación subterránea en Cabildo, lo que revela una estrategia típica de empresas medianas: priorizar

continuidad y extensión de vida útil, con CAPEX acotado pero crítico para sostener flujos (revistacrisol.cl, 2024).

Respecto del crecimiento, se plantea un rango moderado de 2–5 % anual, condicionado por el ciclo del cobre, lo que es coherente con una empresa cuyo crecimiento depende menos de expansión masiva de capacidad y más de mejoras de eficiencia y continuidad operacional. La estructura de capital esperada es conservadora, con capital propio superior al 50 % y endeudamiento moderado, coherente con patrones observados en empresas del segmento, que tienden a limitar el apalancamiento por volatilidad de precios y riesgo operacional (feller-rate, 2023). Finalmente, la tasa de oportunidad se estima en torno a 12 % anual en dólares, justificable por el mayor riesgo relativo, menor liquidez y diversificación frente a grandes mineras cuyo WACC se aproxima a 9 % (latercera.com, 2023). Esta tasa cumple un rol clave en evaluación: obliga a que proyectos de continuidad o eficiencia rindan por sobre un retorno exigente, reflejando la prima de riesgo de operar sin la escala y el respaldo financiero de los líderes del sector.

Al realizar el flujo de caja se obtiene un VAN de -1093,18 y la TIR no se puede determinar (Anexo 1)

Mediana empresa: Sociedad Punta del Cobre S.A. (Pucobre) es un caso representativo de mediana minería chilena, tanto por escala productiva como por su posicionamiento dentro de la cadena de valor del cobre. En términos operacionales, su producción anual de cobre fino se ubica por debajo del umbral de 50 mil toneladas, criterio utilizado para diferenciar la gran minería de las operaciones medianas, lo que la sitúa claramente dentro del segmento mediano por producción (feller-rate, 2023). Para 2022 se reportan alrededor de 38 mil toneladas de cobre fino, consistentes con ventas físicas cercanas a 83,9 millones de libras, complementadas con subproductos como oro y plata, lo que explica la robustez de sus ingresos (reporteminero.cl, 2022). Aun cuando por ventas la empresa supera ampliamente los límites típicos de “gran empresa” cuando se usan criterios generales en UF, en minería se mantiene la categorización sectorial por producción y escala relativa, donde Pucobre sigue siendo “mediana” en comparación con los gigantes del rubro (asimet.cl, s/f).

En ventas, el texto describe una trayectoria reciente entre US\$300 y US\$400 millones: US\$347,6 millones en 2022, US\$307,7 millones en 2023 y US\$375,9 millones en 2024 (Reuters, 2024). Esta variación se interpreta como el resultado combinado de precios internacionales del cobre y cambios marginales de volumen, lo que es coherente con la naturaleza cíclica de la industria. Adicionalmente, la diversificación por subproductos reduce parcialmente la exposición exclusiva al cobre, pero no elimina la dependencia principal.

En estructura de costos, Pucobre muestra un patrón típico de minería madura: costos de venta alrededor del 80 % de los ingresos, presionados por menores leyes, mayores requerimientos de movimiento de material, y costos de insumos y energía (feller-rate, 2023). Este nivel implica márgenes brutos estrechos, en el orden de 20–25 %, lo cual exige disciplina operacional para sostener rentabilidad. A pesar de ello, el caso menciona que Pucobre mantiene una estructura de costos eficiente dentro del segmento, lo que sugiere capacidades de gestión y control superiores a empresas más pequeñas (feller-rate, 2023).

En cuanto a gastos operacionales, aunque no se detallan públicamente de forma directa, el texto infiere un rango de 5–10 % de las ventas, consistente con operaciones relativamente concentradas, sin una estructura comercial masiva, y con ventas de concentrados ligadas a ENAMI en parte, lo que puede reducir costos de comercialización (reporteminero.cl, 2022). El EBITDA se describe en torno a 12–16 % en años recientes, con un ejemplo puntual de US\$43,7 millones al primer semestre 2023 y un EBITDA normalizado alrededor de US\$107 millones en 2022, reflejando cómo el ciclo del cobre puede modificar fuertemente los resultados aun cuando la operación física sea relativamente estable (feller-rate, 2023; finance.yahoo.com, 2023). La utilidad neta reportada para 2022 alcanza US\$70 millones, lo que confirma que, pese a costos altos, la empresa logra sostener rentabilidad relevante en ciclos favorables (reporteminero.cl, 2022).

La depreciación anual se ubica en torno a US\$26–30 millones, coherente con una base de activos mineros y plantas de procesamiento que requieren reposición y mantención permanente. Este componente es importante en minería porque, aun cuando no representa flujo de caja inmediato, determina la medición de EBIT y la base imponible, afectando impuestos y distribución de excedentes. En tributación, Pucobre aplica el régimen general chileno (27 %) y adicionalmente se considera la existencia de un royalty minero, cuyo impacto es mayor en años de altas utilidades. El texto sugiere que la tasa efectiva total se ubica aproximadamente en el rango 25–31 %, consistente con la utilidad neta en relación con utilidades antes de impuestos (reporteminero.cl, 2022). Esta carga tributaria confirma que parte relevante de la rentabilidad sectorial se transfiere al Estado, particularmente cuando los precios internacionales son favorables.

En inversión, el caso describe una estrategia de crecimiento orgánico y continuidad, con gastos de inversión del orden de US\$80 millones anuales, orientados a exploración, profundización, mejoras de plantas y optimización operacional. Este patrón es característico de la mediana minería: prioriza sostener producción y evitar declives abruptos por agotamiento de mineral, con CAPEX relevante pero contenido en comparación con megaproyectos de gran minería. La tasa de crecimiento esperada se ubica en torno a 2–3 %

anual, enfatizando estabilidad más que expansión agresiva, y alineándose con una lógica donde la mejora viene principalmente por eficiencia y recuperación metalúrgica (sonami.cl, 2021; reporteminero.cl, 2022).

La estructura de capital se describe como sólida y poco apalancada: deuda financiera de US\$61,4 millones a junio 2023 y ratio Deuda/EBITDA cercano a 0,4x, además de un financiamiento mayoritariamente con capital propio (>80 % de los activos), lo que reduce riesgos financieros y sostiene capacidad de inversión aun en ciclos menos favorables (feller-rate, 2023). Esto se refleja directamente en la tasa de oportunidad: el WACC estimado se sitúa en torno a 10 % anual en USD, competitivo frente a grandes mineras, explicado por baja deuda, alta cobertura de gastos financieros y estabilidad relativa dentro del segmento (latercera.com, 2023; repositorio.uchile.cl, 2020). Para evaluación económica, esto implica que Pucobre requiere retornos de inversión superiores a 10 % para crear valor, una exigencia que, si bien es alta, es menor a la de empresas más pequeñas por su perfil de riesgo más controlado.

Tras realizar el flujo de caja se obtiene un VAN de -1349,77 y una TIR de 0,34 (Anexo2)

Gran empresa: Codelco constituye el referente por excelencia de gran empresa minera en Chile, tanto por magnitud económica como por participación en producción y empleo. La empresa registra ingresos muy superiores a los umbrales típicos usados para definir gran empresa en Chile, alcanzando US\$17.018 millones en 2022, una cifra que por sí sola excede por miles de veces los límites de ventas utilizados para segmentación empresarial general (La Tercera, 2023; asimet.cl, s/f). En términos de fuerza laboral, cuenta con cerca de 16 mil trabajadores propios y decenas de miles de contratistas, consolidando una estructura organizacional y operacional de escala nacional (codelco.com, 2023). Además, su producción de cobre propio se ubicó alrededor de 1,446 millones de toneladas en 2022, representando cerca de un tercio de la producción nacional, lo que la vuelve un actor estructural para la economía chilena y para la disponibilidad global del metal (La Tercera, 2023).

Las ventas de Codelco son altamente sensibles al precio del cobre, aunque amortiguadas por su escala y la diversificación de productos (cátodos, concentrados, molibdeno y participaciones en asociadas). En 2022, la empresa logró ingresos por US\$17.018 millones, con una caída respecto de 2021 por menor precio promedio y menor producción. Para 2023, el texto sugiere ventas cercanas a US\$14–15 mil millones, coherentes con menores volúmenes y un precio promedio más bajo, con cifras parciales que muestran ingresos acumulados a septiembre 2023 de US\$11.552 millones (df.cl, 2023). Esta evolución subraya

el desafío central de la gran minería madura: sostener producción frente a yacimientos envejecidos y leyes decrecientes, mientras se enfrenta volatilidad externa.

En costos, el caso muestra que Codelco opera con costos de venta altos: en 2022, los costos de venta (cobre propio) alcanzaron US\$9.931 millones, con un costo directo C1 cercano a US\$1,654 por libra, presionado por energía, insumos y complejidad geológica (La Tercera, 2023). Esto implica que el costo de ventas representa alrededor del 73 % de los ingresos, dejando un margen bruto estrecho en relación con su escala, lo que se explica por la madurez de sus divisiones y la necesidad de sostener operaciones complejas (La Tercera, 2023). Los gastos operacionales distintos de producción son relativamente bajos en porcentaje, cercanos a 3,6–5 % de ventas, reflejando economías de escala, aunque en valores absolutos son muy altos (df.cl, 2023). En 2022, el EBITDA alcanzó US\$5.565 millones (margen cercano a 33 %), mientras que en 2023 se reporta un EBITDA de US\$4.184 millones, mostrando el impacto combinado de menores ventas y persistencia de costos fijos (codelco.com, 2023).

La depreciación anual es muy significativa debido a su enorme base de activos: con activos fijos cercanos a US\$46.876 millones a diciembre 2023, la depreciación se aproxima a US\$2.500 millones anuales. Este valor es consistente con una minera que mantiene múltiples divisiones, plantas, fundiciones, infraestructura logística y activos de gran envergadura (codelco.com, 2023). Desde la evaluación económica, esta depreciación no solo refleja el desgaste contable, sino el requerimiento permanente de reinversión para sostener capacidad productiva.

En impuestos, Codelco aplica la tasa corporativa de 27 %, pero históricamente ha enfrentado cargas adicionales por esquemas específicos, incluyendo mecanismos de aporte fiscal y royalty minero, lo que elevó su contribución efectiva en años de altos excedentes. Para 2022 se reportan excedentes al fisco por US\$2.746 millones, y se describe que la tasa efectiva histórica podía ser muy elevada por componentes especiales; desde 2023 se transforma el esquema, y se asume el marco de tributación general y royalty como base del análisis (La Tercera, 2023). Para una tesis, esto es clave: la “rentabilidad privada” y la “rentabilidad fiscal” en Codelco se distinguen, porque el Estado captura parte sustantiva del excedente vía impuestos y transferencias.

En inversiones, Codelco sostiene un plan estructural de gran escala, con proyectos como Chuquicamata Subterránea, y otros desarrollos destinados a reemplazar reservas y mantener producción futura. Esto se alinea con la expectativa de crecimiento: en el corto plazo (2024–2025) se espera estabilidad alrededor de 1,3–1,4 millones de toneladas, mientras que en el largo plazo el objetivo corporativo es recuperar niveles superiores hacia

2030. Por tanto, el crecimiento esperado es modesto, cercano a 3 % anual en periodos de recuperación, pero condicionado a la ejecución efectiva de los proyectos estructurales (df.cl, 2023).

La estructura de capital refleja tensiones de inversión: el caso indica deuda financiera cercana a US\$18.000 millones a diciembre 2023, con un patrimonio alrededor de US\$11.047 millones. Esto muestra un apalancamiento relevante, aunque mitigado por la naturaleza estatal y la posibilidad de capitalizaciones (codelco.com, 2023). La tasa de oportunidad se sitúa en torno a 9 % anual en USD, consistente con estimaciones para mineras en Chile, donde el tamaño, el respaldo y el acceso a financiamiento favorecen un costo de capital relativamente menor que el de empresas más pequeñas (La Tercera, 2023). En términos de evaluación, esto hace que Codelco requiera proyectos con retornos que superen ese umbral, aunque su verdadero desafío no es solo crear valor financiero, sino asegurar continuidad productiva y rol estratégico país.

Tras realizar el flujo de caja se obtiene un VAN de 211422,03 y una TIR de 0,74 (Anexo3)

5.2. Justificación y Resultados de la Agroindustria

Pequeña empresa: Viña boutique Clos Santa Ana se utiliza como caso de pequeña empresa agroindustrial con enfoque boutique, caracterizada por una producción reducida, orientación artesanal y estrategia centrada en marca y diferenciación más que en volumen. El caso fundamenta su clasificación a partir de su escala física, asociada a aproximadamente 10.000 plantas, lo que es consistente con viñas pequeñas enfocadas en lotes limitados y manejo de alta calidad (Vinodoc, s/f). Desde un punto de vista normativo, en Chile una pequeña empresa se define por ingresos anuales entre 2.400 y 25.000 UF, lo que en términos prácticos corresponde a un rango amplio donde cabe una operación boutique con ventas no masivas y sin distribución industrial a gran escala (SUBREI, s/f). En el caso, se sostiene que su tamaño es coherente con esa categoría, ya que no presenta infraestructura de gran bodega, ni integración vertical significativa, ni una fuerza laboral amplia.

La estimación de ventas se fija en US\$500.000 anuales, dado que no existe información pública directa de estados financieros. La forma de justificar esta cifra es consistente con el enfoque de modelación: se parte de capacidad productiva y se asume una producción anual referencial de 8.000–12.000 botellas, con un precio promedio acorde a un vino boutique de gama alta. En términos de tesis, lo relevante aquí es que la venta no se sustenta

en volumen masivo, sino en capturar mayor valor por unidad, lo que es típico en emprendimientos vitivinícolas de nicho. Bajo ese marco, la estructura de costos es coherente con una operación pequeña: el costo de ventas se fija en 70 % de las ventas, reflejando que una viña boutique enfrenta costos unitarios más altos por baja escala, uso intensivo de mano de obra, insumos de packaging premium (botella, corcho, etiqueta), posibles servicios de maquila y mayores mermas. Esta proporción deja un margen bruto de 30 %, razonable para un producto premium, pero con poca holgura si existe volatilidad de demanda o costos.

Los gastos operacionales se fijan en 10 % de las ventas, lo que incluye administración, comercialización, logística, contabilidad, y eventualmente enoturismo básico. La lógica económica es que, en empresas muy pequeñas, parte importante de la gestión la asumen los dueños, lo que contiene los gastos administrativos, aunque el esfuerzo comercial puede ser crítico si la marca no está consolidada. En impuestos, el caso usa la tasa corporativa de 27 % sobre utilidades, coherente con el régimen general. La inversión (CAPEX) base se establece en US \$150.000, justificable como equipamiento y mejoras incrementales: bombas, estanques, barricas, acondicionamiento de sala de degustación, adecuaciones sanitarias y logística mínima para ventas.

La tasa de crecimiento esperada se fija en 5 % real anual. En este tipo de empresa, es coherente que el crecimiento provenga más por valorización de marca, mejoras en reputación y acceso a canales de venta que por aumentar fuertemente el volumen, ya que la capacidad productiva suele estar limitada por terreno y manejo agronómico. La estructura de capital se asume con un endeudamiento bajo, cercano al 10 %, reflejando que emprendimientos boutique tienden a operar con alto capital propio por restricciones de acceso a crédito y por el riesgo de flujo de caja asociado a estacionalidad y ventas inciertas. Por último, la tasa de oportunidad (WACC) se fija en 12 %, consistente con el mayor riesgo de mercado, menor diversificación, baja escala y la ausencia de contratos de demanda asegurada. En evaluación económica, este WACC elevado exige que proyectos de inversión en bodega o marketing generen retornos altos para justificar el riesgo.

El flujo de caja arroja los siguientes valores un VAN de 16,39 y la TIR de 0,86 (Anexo4)

Mediana empresa: PF Alimentos es un caso emblemático de empresa agroindustrial de escala intermedia dentro de Chile, con una base industrial robusta, fuerte posicionamiento de marca y cobertura logística nacional. Aunque por número de colaboradores supera ampliamente el umbral típico de “gran empresa” en empleo, el texto la ubica como mediana-grande desde una perspectiva sectorial, dado que compite por debajo

de conglomerados agroalimentarios mayores y se concentra en categorías específicas como cecinas y alimentos procesados (df.cl, 2024). La empresa cuenta con más de 3.700 colaboradores, lo que evidencia operación industrial intensiva y presencia nacional, además de una cartera de marcas que requieren inversión comercial sostenida (df.cl, 2024). Para criterios generales de ventas en UF, se argumenta que supera holgadamente el umbral de 100.000 UF, pero su rol competitivo la mantiene como actor intermedio frente a gigantes diversificados.

El caso construye sus ventas anuales estimando el mercado total de cecinas en Chile en torno a US\$1.000 millones, y asignando a PF una participación aproximada del 32 %, lo que llevaría a ventas cercanas a US\$320 millones en 2022. Luego se aplican crecimientos reportados: +7,9 % en 2023 y +2,3 % en 2024, obteniendo ventas aproximadas de US\$378 millones en 2023 y US\$387 millones en 2024 (df.cl, 2024). La importancia de esta trayectoria es que su crecimiento, aunque moderado, supera en algunos periodos al promedio de la economía, lo que sugiere capacidad de captura de participación, diversificación a subcategorías de mayor valor o mejoras comerciales.

En costos, se fija un costo de ventas de 75 % de los ingresos, coherente con el negocio de alimentos procesados donde las materias primas (carne, especias, aditivos), envases y energía consumen gran parte del valor, y donde los márgenes suelen depender de eficiencia industrial y control de compras. Esta proporción también se sustenta en que PF opera con logística propia y redes de distribución, lo que aumenta costos pero permite controlar servicio y cobertura. Los gastos operacionales se establecen en 15 % de las ventas, una cifra consistente con empresas de alimentos que invierten en fuerza de ventas, marketing, administración industrial y logística secundaria. En la comparación sectorial, se menciona que en empresas grandes del rubro los gastos de administración y ventas se ubican en rangos similares, lo cual valida el orden de magnitud usado (df.cl, 2024).

La depreciación se fija en torno a US\$20 millones anuales, consistente con una base de activos industriales compuesta por múltiples plantas productivas y centros logísticos. Esto es relevante porque PF requiere mantener inocuidad, renovación de líneas y automatización progresiva para sostener competitividad. En impuestos, se aplica la tasa corporativa 27 %, coherente con el régimen general. En inversión, el caso describe un stock acumulado de activos de alrededor de US\$180 millones, lo que sugiere una empresa con trayectoria de inversión industrial sostenida. En crecimiento esperado, se fija una tasa anual compuesta de 4 %, coherente con una empresa madura en un mercado interno, pero con espacio para innovar en alimentos preparados y ampliar oferta.

La estructura de capital se modela con un apalancamiento bajo (10 % deuda), lo

que sugiere un perfil conservador y probablemente coherente con control familiar, donde se privilegia la reinversión y estabilidad financiera. Finalmente, el WACC se establece en 9 % nominal en CLP, consistente con el riesgo país y con la estabilidad relativa del sector alimentos, donde la demanda es más defensiva que en sectores cíclicos. Para efectos de evaluación económica, esto implica que proyectos de expansión, modernización o nuevos productos deben superar ese costo de capital, aunque el peso de la marca y la escala industrial tienden a reducir volatilidad en comparación con Pymes.

En el flujo de caja se obtiene un VAN de 5442,98 y una TIR de 0,41 (Anexo 5)

Gran empresa: Agrosuper es uno de los conglomerados agroalimentarios más grandes de Chile y constituye un ejemplo claro de gran empresa por ventas, diversificación e integración vertical. En 2022 reportó ventas por US\$4.179 millones, con utilidades cercanas a US\$194 millones, lo que confirma su escala y su relevancia a nivel nacional e internacional (df.cl, 2023). Su modelo de negocios es particularmente relevante para este análisis porque integra gran parte de la cadena productiva: producción de proteína animal (cerdo, pollo, pavo), procesamiento industrial, distribución y exportaciones, además de un componente acuícola relevante a través de AquaChile. Esta diversificación permite amortiguar riesgos de un solo mercado, pero también introduce exposición a factores biológicos, sanitarios y de precios internacionales.

Las ventas muestran estabilidad en torno a US\$4–4,5 mil millones, y el texto sostiene que en 2023 podría proyectarse cerca de US\$4,6 mil millones, apoyado por recuperación de demanda y mejoras de mercado, especialmente en el negocio acuícola (supermercadoal-dia.cl, 2023). Desde el punto de vista económico, el tamaño de ventas se explica tanto por participación de mercado doméstico en carnes como por exportaciones, donde la empresa vende a mercados exigentes, lo que empuja inversión en logística, estándares sanitarios y trazabilidad.

En costos, el caso establece que los costos operativos alcanzaron US\$3.045 millones en 2022, representando aproximadamente 73 % de los ingresos. Esta proporción se justifica porque, aun con integración vertical, la empresa es altamente sensible al precio de commodities agrícolas (maíz, soya, trigo) usados para alimentación animal, y a costos energéticos y logísticos. Los gastos operacionales (administración y ventas) se sitúan en torno a US\$614 millones en 2022, equivalentes a aproximadamente 14,7 % de las ventas, explicados por costos de fletes, logística de exportación, distribución refrigerada, y estructura comercial global (df.cl, 2023). En empresas de este tamaño, estos gastos no solo son “administración”, sino un componente estratégico para sostener presencia de marca, cumplimiento sanitario y acceso a mercados internacionales.

La depreciación anual se estima en torno a US\$200 millones, coherente con una empresa intensiva en activos: granjas, plantas faenadoras, centros de cultivo, infraestructura de frío y logística. En impuestos, se aplica una tasa cercana a 27 %, consistente con régimen corporativo general. El caso subraya su actividad inversora: se menciona un CAPEX anual del orden de US\$600 millones, lo que refleja tanto mantención como expansión, y explica por qué en este sector el crecimiento no depende solo de demanda, sino de capacidad de inversión para aumentar productividad, automatizar y cumplir estándares ambientales.

La tasa de crecimiento esperada se fija en torno a 5 % anual compuesto, consistente con una empresa grande que ya opera en mercados maduros, pero con potencial de crecimiento vía valor, exportaciones y mejoras de mix de productos. En estructura de capital, se describe que la empresa ha utilizado deuda para financiar hitos como Aqua-Chile, pero mantiene un perfil manejable. Se menciona un WACC estimado en torno a 8 % real, coherente con su tamaño, diversificación, acceso a financiamiento relativamente barato y perfil defensivo relativo dentro de alimentos. En evaluación económica, esta tasa implica que proyectos deben rendir por encima de ese retorno real para crear valor, siendo especialmente relevantes las inversiones orientadas a eficiencia energética, automatización y mitigación de riesgos sanitarios.

En el flujo de caja se obtiene un VAN de 145278,38 y una TIR de 1,2 (Anexo 6)

5.3. Justificación y Resultados de la Manufactura

Pequeña empresa: Una fábrica textil regional representa una pequeña empresa manufacturera típica en Chile: estructura familiar, mercado local o regional, baja automatización y alta exposición competitiva frente a importaciones. Su clasificación como “pequeña” se fundamenta tanto por empleo (entre 10 y 40 trabajadores) como por ventas, las cuales se ubican bajo 25.000 UF anuales, con un caso de referencia de 15.000 UF/año. Este nivel de ventas equivale aproximadamente a CLP 500–600 millones, o del orden de US\$600–750 mil anuales, lo que concuerda con una industria ligera que abastece nichos como uniformes escolares y ropa de trabajo (asimet.cl, s/f). Esta caracterización es importante en tesis porque muestra el contraste entre empresas que compiten por cercanía y flexibilidad, versus empresas de escala global que compiten por precio.

Las ventas se justifican por volumen y precio de productos: por ejemplo, decenas de miles de prendas por temporada con precios unitarios relativamente bajos. La estacionalidad es un factor clave: hay picos en periodos escolares y caídas fuera de temporada, lo

que eleva la volatilidad del flujo de caja. En costos de ventas, el caso utiliza un promedio de 65 % de los ingresos, coherente con que materias primas (telas, hilos, insumos) y mano de obra directa consumen la mayor parte del valor, y que la empresa carece de poder de negociación para obtener descuentos por volumen. Este costo elevado también se explica por pérdidas de material, compras más caras por baja escala y dificultad para traspasar aumentos de costos a precio por competencia de importados.

Los gastos operacionales se fijan en 20 % de las ventas, lo que en una empresa pequeña suele incluir arriendo o costos del taller, servicios básicos, distribución, contabilidad, marketing mínimo, y eventualmente gastos financieros asociados a capital de trabajo. A diferencia de una gran empresa, aquí los gastos administrativos como “estructura profesional” pueden ser bajos, pero el peso porcentual sigue siendo alto porque la base de ventas es reducida. La depreciación anual se estima alrededor de US\$0,1 millones, coherente con una base de activos compuesta por máquinas de coser, cortadoras, vehículo y mejoras en taller. Aunque contablemente la depreciación no sea enorme, su relevancia económica está en que la empresa debe reinvertir periódicamente para no perder calidad ni productividad.

En impuestos, se incorpora el régimen Pro-Pyme con tasa de 25 %, lo que es coherente con el objetivo público de apoyar inversión y simplificar contabilidad en empresas pequeñas (subrei.gob.cl, s/f). En inversión, el caso establece inversiones de US\$0,23 millones anuales, lo cual se interpreta como reposición y mejoras incrementales, no expansión agresiva. El crecimiento esperado se fija en 5 % anual, sustentado en la posibilidad de captar nuevos contratos, diversificar productos y ajustar precios en línea con inflación; sin embargo, se reconoce que el sector está estructuralmente presionado por importaciones, por lo que crecimientos de doble dígito sostenidos no son realistas.

La estructura de capital se resume como 25 % capital propio (equivalente a alto uso de deuda o financiamiento externo) según el texto. Esto es consistente con muchas Pymes que dependen de crédito de corto plazo, factoring o líneas bancarias para financiar inventarios y compras estacionales. Finalmente, el WACC se mantiene en un rango alto (12–14 % en la lógica del caso), coherente con costo de deuda Pyme elevado y alta prima de riesgo del capital propio. En evaluación, esto implica que cualquier inversión debe ser muy selectiva: el retorno exigido es alto, y el error de estimación de demanda puede destruir valor rápidamente.

Se obtiene un VAN de -0,82 y la TIR de 0,21 (Anexo 7)

Mediana empresa: Indumetal S.A. se presenta como una empresa manufacturera mediana del rubro metalmecánico, con alrededor de 120 trabajadores y ventas cercanas a 80.000 UF anuales, equivalentes a aproximadamente CLP 3.200 millones o US\$3,8 millones.

Esta cifra la ubica dentro del tramo de mediana empresa por ventas (25.001–100.000 UF), y su dotación la posiciona en el rango típico de empresas medianas industriales (asimet.cl, s/f). Este tipo de empresa es particularmente relevante en Chile porque actúa como proveedor de cadenas productivas mayores, especialmente minería e infraestructura, y su desempeño suele seguir el ciclo de inversión país.

Las ventas se justifican por contratos B2B: fabricación de estructuras, tanques y piezas para minería y construcción. El caso enfatiza que una parte significativa de ingresos proviene del sector minero, lo que explica que la empresa crezca cuando el precio del cobre incentiva inversión y mantenimiento de faenas. En estructura de costos, el costo de ventas se fija en 65 % de ingresos, consistente con metalmecánica donde acero y materiales representan 35–40 %, mano de obra directa cerca de 20 % y el resto corresponde a energía, transporte y subcontratos. Este nivel de costo deja un margen bruto cercano al 35 %, suficiente para sostener operación si los gastos están controlados.

Los gastos operacionales se establecen en 15 % de ventas, reflejando una estructura administrativa más profesional que una Pyme pequeña: gerencias, RRHH, control de calidad, seguros, licitaciones y un equipo comercial técnico. La depreciación se estima cercana a US\$0,15 millones anuales (en el texto se presenta como D&A del orden de CLP 130M), coherente con maquinaria industrial y planta física que deben depreciarse en horizontes de 10–20 años. En impuestos, se utiliza la tasa general de 27 % debido a que por tamaño ya no califica típicamente a regímenes preferentes Pro-Pyme.

En inversión, el caso enfatiza un patrón de modernización constante: adquisiciones como torno CNC, plasma automatizado, ERP, mejoras de infraestructura y paneles solares. Se resume que los montos invertidos anualmente son del orden de US\$800k, lo que muestra una empresa con estrategia explícita de productividad y diferenciación tecnológica. En crecimiento, se fija una tasa esperada de 5 % anual, consistente con la recuperación de inversión minera y de infraestructura y con una empresa que puede capturar contratos adicionales si fortalece capacidades.

La estructura de capital se fija con capital propio asociado a apalancamiento de 0,2, es decir, deuda moderada y predominio de patrimonio, lo que es coherente con empresas medianas que necesitan acceso a crédito para maquinaria, pero mantienen prudencia por volatilidad de contratos. Finalmente, se estima un WACC cercano a 10 % real, coherente con el riesgo de industria cíclica, tamaño intermedio y necesidad de financiar inversión en activos productivos. En evaluación, este WACC define el umbral mínimo de rentabilidad para proyectos de automatización: si no superan ese retorno, la empresa debería priorizar eficiencia incremental o inversiones menos intensivas.

Tras realizar el flujo de caja se obtiene un VAN de 81,76 y una TIR de 0,7 (Anexo 8)

Gran empresa: Empresas Carozzi S.A. constituye un ejemplo de gran empresa manufacturera en Chile por ventas, diversificación y alcance regional. En 2024 reportó ventas consolidadas de CLP 1.560.466 millones, equivalentes aproximadamente a US\$1,8–1,9 mil millones, ubicándose muy por encima de los umbrales de gran empresa en UF y consolidándose como uno de los mayores fabricantes de alimentos en Sudamérica (carozzicorp.com, 2024; cmfchile.cl, 2024). Su escala le permite operar en múltiples categorías (pastas, confites, alimentos para mascotas, salsas, entre otras) y expandirse geográficamente hacia Perú, lo que reduce riesgos de depender de un solo mercado o producto.

Las ventas muestran una trayectoria creciente: crecimiento de 6,1 % en 2024 sobre 2023 y un salto relevante en 2022 asociado a inflación de alimentos y ajuste de precios, además de adquisiciones previas que ampliaron portafolio (carozzicorp.com, 2022). Esta característica es importante para tesis: en empresas grandes, el crecimiento nominal puede venir no solo de volumen, sino de precios, mix de productos y expansión vía adquisiciones. En costos, el caso fija un costo de ventas cercano a 77,9 % de los ingresos en 2024, dejando un margen bruto de 22,1 %. Esta estructura es típica de alimentos masivos: altos costos de insumos agrícolas y de energía, márgenes relativamente contenidos y necesidad de volumen para capturar rentabilidad (fitchratings.com, 2024; carozzicorp.com, 2024). La presión de commodities en 2022 redujo márgenes, y la mejora en 2024 sugiere normalización parcial de insumos y eficiencias.

Los gastos operacionales se ubican alrededor de 15,8 % de las ventas en 2024, coherentes con una empresa que invierte fuerte en marketing, fuerza de ventas, promociones y una red logística extensa para distribución masiva (es.scribd.com, 2024). En empresas de consumo, este gasto no es accesorio: es parte central de la estrategia competitiva para sostener marcas y participación. La depreciación se reporta como CLP 30.464 millones en el ejercicio 2022, reflejando su gran base de activos industriales (es.scribd.com, 2022). En impuestos, se aplica el régimen corporativo general de 27 %.

La inversión es un elemento estructural: el caso menciona CAPEX anual del orden de US\$180 millones en 2021–2023, orientado a nuevas plantas (pet food), modernización de líneas, centros de distribución y automatización, además de inversión en innovación y digitalización (carozzicorp.com, 2023). El crecimiento esperado se fija en torno a 3 % anual, coherente con mercados maduros, donde la empresa ya es líder y debe crecer vía eficiencia, exportaciones y nuevas categorías. La estructura de capital se fija en 0,15 de apalancamiento, indicando una posición financiera sólida y acceso a financiamiento relativamente

barato. Finalmente, el WACC estimado se sitúa en torno a 9–10 % real, coherente con una empresa grande, diversificada y con acceso a mercados de deuda, aunque aún expuesta a shocks de commodities y competencia fuerte.

En el flujo de caja se obtiene un VAN de 4047,14 y una TIR de 0,38 (Anexo 9)

5.4. Justificación y Resultados de las Metodologías en Minería

Pequeña empresa:

5S / Lean básico: En la pequeña minería, la introducción de 5S y Lean básico suele generar mejoras acotadas pero claras en orden, tiempos de ciclo y eficiencia del uso de recursos. Estudios de implementación de 5S en plantas manufactureras reportan incrementos de productividad del orden del 10–20 % y reducciones de sobrecostos en torno al 10 % (Shahriar et al., 2022; TXM, 2025). Por eso, en este modelo se asume un aumento de ventas de 2 % ($\text{Ventas \%} = 0,02$) asociado a una mejor capacidad de cumplir plazos y aprovechar mejor la planta, y una reducción de costo de ventas equivalente al 5 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,05$) por eliminación de desperdicios y reprocesos. El esfuerzo de implementación se traduce en una mejora inicial en la ganancia operativa ($\text{GOP init \%} = 0,003$, es decir 0,3 % de las ventas) y un efecto anual permanente de 0,1 % ($\text{GOP anual \%} = 0,001$), coherente con proyectos Lean pequeños con impacto moderado (Pinedo et al., 2022; Pawlak, 2023).

Además, se considera una reducción de inventario del 10 % ($\text{inv red \%} = 0,1$) y una disminución aún mayor del capital de trabajo neto del 25 % ($\text{NWC red \%} = 0,25$), valores conservadores frente a casos que muestran caídas de inventarios de 10–25 % tras optimizar flujo e inventarios (IISE, 2023; First Solar–Kinaxis, 2017). Dado que 5S/Lean básico puede hacerse casi sin inversiones en equipos, se asume $\text{CAPEX} = 0$, tratándolo principalmente como gasto operacional de mejora continua.

Se obtiene un VAN de 349,35 y una TIR de 0,29 (Anexo 10)

BPM (gestión por procesos) + IoT / telemática: Cuando una pequeña minera combina BPM (gestión por procesos y flujos) con tecnologías IoT/telemática (seguimiento de flotas, sensores de operación), se observan mejoras importantes en productividad, utilización de equipos y reducción de tiempos muertos. Los informes sobre minería conectada indican que el IoT puede aumentar la productividad, reducir costos y disminuir

el tiempo de inactividad de equipos en rangos de 10–30 % (Mouhib, 2025; Gomaa, 2025). En el modelo, esto se refleja en un aumento de ventas de 5 % ($\text{Ventas \%} = 0,05$) y una reducción de costos de ventas de 6 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,06$), consistente con una mejora moderada dentro de esos rangos.

El proyecto genera una ganancia operativa inicial adicional de 0,5 % de las ventas ($\text{GOP init \%} = 0,005$) y un efecto anual sostenido de 0,15 % ($\text{GOP anual \%} = 0,0015$), alineado con estudios de Lean Six Sigma que reportan mejoras de 10–20 % en productividad y 10 % en errores tras combinar análisis de datos con mejora de procesos (Le et al., 2024). La digitalización y mejor programación de equipos permiten además una reducción de inventarios del 5 % ($\text{inv red \%} = 0,05$) y una disminución del capital de trabajo neto del 8 % ($\text{NWC red \%} = 0,08$) gracias a planificación más ajustada. Dado que requiere sensores, comunicaciones y sistemas, se asume que el 60 % de la inversión inicial se capitaliza como CAPEX ($\text{inir a CAPEX} = 0,6$), coherente con proyectos IoT de infraestructura (Mendes et al., 2023).

Se obtiene un VAN de 1789,05 y una TIR de 1,14 (Anexo 11)

ISO 9001 + estandarización de mantención/procurement: La certificación ISO 9001 y la estandarización de procesos de mantención y compras reducen la variabilidad en la calidad del servicio, errores administrativos y reprocesos. La evidencia de la ISO sobre beneficios económicos muestra que los estándares de calidad pueden generar ahorros cercanos a 3 % de los ingresos por año a través de reducción de errores y mejor coordinación con proveedores (ISO, 2011). En este contexto se modela un incremento de ventas de 2 % ($\text{Ventas \%} = 0,02$) por mayor confianza comercial y acceso a clientes exigentes, junto a una reducción de costos de ventas de 3 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,03$) por menos fallas y compras mejor planificadas.

El efecto se resume en un GOP inicial adicional de 0,35 % de las ventas ($\text{GOP init \%} = 0,0035$) y una mejora anual estable de 0,1 % ($\text{GOP anual \%} = 0,001$). La estandarización de procesos reduce también la necesidad de stock de seguridad de repuestos y materiales, por lo que se considera una disminución del capital de trabajo neto del 6 % ($\text{NWC red \%} = 0,06$), mientras que no requiere grandes activos físicos nuevos, de modo que $\text{inir a CAPEX} = 0$ (la inversión es principalmente en consultoría y formación) (ISO, 2011).

Se obtiene un VAN de 1068,42 y una TIR de 0,63 (Anexo 12)

Lean + 5S + estandarización de mantenimiento: Cuando la pequeña minera combina Lean, 5S y mantenimiento estandarizado, el foco está en maximizar la disponibilidad de equipos clave con prácticas de bajo costo. Casos de aplicación de 5S y estanda-

rización muestran incrementos de productividad de 10–20 % y mejoras relevantes en OEE (Monnanyana & Gupta, 2020; Pawlak, 2023). En el modelo, se representa con un aumento de ventas de 2 % (Ventas % = 0,02) y una reducción de costos de ventas de 5 % (Costo ventas % = 0,05).

El impacto financiero directo se sintetiza como $GOP_{init} \% = 0,0025$ (0,25 % de las ventas) y $GOP_{anual} \% = 0,001$ (0,1 %), reflejando que parte del efecto es inicial (quick wins) y parte se sostiene en el tiempo. La mejora en planificación y confiabilidad disminuye la necesidad de inventarios de mantenimiento, por lo que se asume una reducción del NWC del 10 % ($NWC_{red} \% = 0,1$), mientras que cierta estandarización puede implicar pequeñas inversiones (herramientas, señalética, software), por lo que un 20 % de la inversión se clasifica como CAPEX (inir a $CAPEX = 0,2$) (Pinto et al., 2020; Greif-Velox, 2024).

Se obtiene un VAN de 1332,86 y una TIR de 0,78 (Anexo 13)

Indicadores de evaluación financiera para pequeñas empresas del sector minero

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	-1 093,18	Indedterminado
5S/Lean básico	349,35	0,29
BPM (Gestión por procesos) + IoT/Telemática	1 789,05	1,14
ISO 9001 + estandarización de mantención/procurement	1 068,42	0,63
Lean + 5S + estándarización de mantenimiento	1 332,86	0,78

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

Mediana empresa

TPM + mantenimiento predictivo: En minería mediana, integrar TPM con mantenimiento predictivo permite reducciones significativas de fallas y aumento de OEE. Casos de TPM reportan disminuciones de breakdowns entre 23–38 % y aumentos notables en disponibilidad (Pinto et al., 2020; Mouhib, 2025). Por ello se asume un incremento de ventas del 4 % (Ventas % = 0,04) ligado a mayor tiempo productivo y una reducción de costos de ventas del 8 % (Costo ventas % = 0,08) por menos fallas, horas extra y desperdicio

de insumos.

En términos de rentabilidad, la implementación genera un GOP inicial adicional de 0,4 % de las ventas ($\text{GOP init \%} = 0,004$) y una mejora anual sostenida de 0,15 % ($\text{GOP anual \%} = 0,0015$). Mejorar la confiabilidad reduce inventario de repuestos críticos, por lo que se modela una baja de inventario del 15 % ($\text{inv red \%} = 0,15$) y reducción del NWC del 12 % ($\text{NWC red \%} = 0,12$), alineadas con estudios que muestran caídas de 10–25 % en inventarios al profesionalizar mantenimiento y compras (IISE, 2023; Hansali, 2022). Dado que requiere sensores, sistemas y upgrades, se considera que el 50 % de la inversión se capitaliza como CAPEX ($\text{inir a CAPEX} = 0,5$).

Se obtiene un VAN de 73338,43 y una TIR de 0,78 (Anexo 14)

Six Sigma en molienda/energía (DMAIC + control de proceso): Proyectos Six Sigma enfocados en molienda y energía apuntan a reducir variabilidad, consumo energético específico y retrabajos. La literatura de Lean Six Sigma reporta reducciones de costos de producción de 10–20 % y aumentos de productividad de 10–15 % en manufactura (Domingues et al., 2023; Le et al., 2024; SixSigma.us, 2025). Sobre esa base, el modelo usa un aumento de ventas de 2 % ($\text{Ventas \%} = 0,02$) y una reducción de costo de ventas del 10 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,1$), ubicando el supuesto en el tramo conservador de esos rangos. Se considera además un $\text{GOP init \%} = 0,005$ (0,5 % de las ventas), que refleja el impacto del primer ciclo DMAIC, y un $\text{GOP anual \%} = 0,002$ (0,2 %) por el control estadístico sostenido.

La metodología se centra en eficiencia más que en inventario, por eso $\text{inv red \%} = 0$ y solo se asume una reducción de NWC del 8 % ($\text{NWC red \%} = 0,08$) por mejor programación de insumos; una parte importante de la inversión es en sistemas y sensores, de modo que $\text{inir a CAPEX} = 0,3$.

Se obtiene un VAN de 14216,76 y una TIR de 0,63 (Anexo 15)

JIT de insumos y repuestos (lean supply): El enfoque Just in Time en insumos y repuestos reduce inventarios y capital inmovilizado, apoyado por acuerdos con proveedores (VMI, consignación, etc.). Casos de lean supply chain reportan reducciones de inventario de 10–30 % y costos de materiales de hasta 10 % (IISE, 2023; Slimstock, 2025; Logistics Bureau, 2025). Por ello, el modelo mantiene ventas constantes ($\text{Ventas \%} = 0$) y asume una reducción de costos de ventas del 2 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,02$), centrada en costos de almacenamiento y obsolescencia. La mejora se refleja en un $\text{GOP init \%} = 0,002$ y $\text{GOP anual \%} = 0,0005$, ya que el impacto es principalmente en capital de trabajo.

No se supone disminución en inventario físico total ($\text{inv red \%} = 0$) distinta de

la financiera, pero sí una fuerte reducción del NWC del 25 % (NWC red % = 0,25) al optimizar días de inventario. Dado que el JIT se basa sobre todo en acuerdos y cambios de proceso, inir a CAPEX = 0.

Se obtiene un VAN de -965,34 y la TIR de -0,05 (Anexo 16)

IoT + analítica predictiva para confiabilidad: En minería mediana, proyectos de IoT + analítica predictiva para confiabilidad permiten pasar de mantenimiento reactivo a predictivo, integrando datos de vibración, temperatura y carga. Revisiones recientes muestran que integrar TPM con Industria 4.0 aumenta disponibilidad y reduce paradas en rangos de 10–30 % (Mendes et al., 2023; Mouhib, 2025). Así, se modela un aumento de ventas de 3 % (Ventas % = 0,03) y una reducción de costo de ventas del 7 % (Costo ventas % = 0,07).

El impacto económico se plasma como GOP init % = 0,004 y GOP anual % = 0,0015. La mejor confiabilidad permite reducir inventario en 10 % (inv red % = 0,1) y bajar el NWC en 10 % (NWC red % = 0,1) al disminuir stock de seguridad. Debido al despliegue tecnológico, se asume que 40 % de la inversión se capitaliza como CAPEX (inir a CAPEX = 0,4).

Se obtiene un VAN de 27859,54 y una TIR de 0,64 (Anexo 17)

Indicadores de evaluación financiera para medianas empresas del sector minero

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	1 349,77	0,34
TPM + mantenimiento predictivo	73 338,43	0,78
Six sigma en molienda/energía (DMAIC + control de proceso)	14 216,76	0,63
JIT de insumos y repuestos (Lean supply)	-965,34	-0,05
IoT + analítica predictiva para la confiabilidad	27 859,54	0,64

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

Gran empresa

Control de proceso SPC/APC: En gran minería, el control estadístico (SPC) y el control avanzado de proceso (APC) se aplican en molienda, flotación y concentradoras, reduciendo variabilidad y ajustando automáticamente parámetros. Estudios de caso en manufactura muestran que SPC puede reducir scrap y errores en 5–10 % y mejorar calidad y productividad (Pawlak, 2023; Utama et al., 2023). Por ello se considera un aumento de ventas de 3 % ($\text{Ventas \%} = 0,03$) por mayor recuperación metalúrgica y una reducción de costos de ventas del 7 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,07$) por menos retrabajo y mejor consumo de insumos.

El resultado financiero se refleja en $\text{GOP init \%} = 0,004$ y $\text{GOP anual \%} = 0,002$, lo que es consistente con proyectos de mejora continua de alto impacto. No se asume reducción directa de inventarios ($\text{inv red \%} = 0$), pero sí una reducción del NWC del 10 % ($\text{NWC red \%} = 0,1$) gracias a procesos más estables que requieren menos colchones de seguridad. Implementar APC suele implicar software y hardware especializado, por lo que el 40 % de la inversión se considera CAPEX ($\text{inir a CAPEX} = 0,4$).

Se obtiene un VAN de 2780163,35 y una TIR de 0,8 (Anexo 18)

Lean Maintenance enterprise (planificación global de paradas): Programas corporativos de Lean Maintenance que planifican paradas mayores en forma integrada han mostrado incrementos de OEE y fuertes reducciones de downtime (Greif-Velox, 2024; Gomaa, 2025). En el modelo, esto se traduce en $\text{Ventas \%} = 0,02$ (2 % más ventas por más disponibilidad) y $\text{Costo ventas \%} = 0,05$ (5 % menos costos de ventas). En términos de rentabilidad, se establece $\text{GOP init \%} = 0,003$ y $\text{GOP anual \%} = 0,0015$.

La mejor coordinación de paradas reduce necesidades de stock de repuestos y materiales, por lo que se asume una reducción de inventario del 8 % ($\text{inv red \%} = 0,08$) y un $\text{NWC red \%} = 0,12$, apoyadas por evidencia de mejoras de 8–15 % en inventarios al optimizar mantenimiento y supply (IISE, 2023; Hansali, 2022). Dado el uso de herramientas corporativas y sistemas de planificación, se supone $\text{inir a CAPEX} = 0,4$.

Se obtiene un VAN de 1000972,70 y la TIR de 0,56 (Anexo 19)

ISO 9001/14001/45001: La implementación integrada de ISO 9001 (calidad), 14001 (medioambiente) y 45001 (seguridad) en grandes mineras reduce riesgos, sanciones, fallas de calidad y accidentes. Estudios de ISO muestran beneficios económicos equivalentes a cerca de 3,3 % de las ventas anuales en una empresa egipcia, derivados principalmente de reducción de errores, ahorro de materiales y mejor desempeño (ISO, 2011). En consecuencia, se modela un incremento de ventas de 1 % ($\text{Ventas \%} = 0,01$) y una reducción de costos de ventas de 2,5 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,025$).

El efecto se resume como $\text{GOP init \%} = 0,0015$ y $\text{GOP anual \%} = 0,0005$, reflejando una mejora más gradual. La estandarización reduce también la necesidad de inventarios de seguridad asociados a fallas y reprocesos, por lo que se estima un $\text{NWC red \%} = 0,05$, mientras $\text{inv red \%} = 0$ (no se modela un cambio directo de inventario de producto). La mayor parte es gestión y capacitación, así que $\text{inir a CAPEX} = 0$.

Se obtiene un VAN de 338433,16 y la TIR de 0,41 (Anexo 20)

Six Sigma + SPC + analítica avanzada: Por último, el despliegue corporativo de Six Sigma combinado con SPC y analítica avanzada (p.ej. proyectos Mine-to-Mill) permite atacar pérdidas en toda la cadena. Casos recientes de Lean Six Sigma muestran incrementos de productividad de alrededor de 15 % y reducciones de errores de alrededor de 10 % (Le et al., 2024; Lean Six Sigma Institute, 2023). También se documentan reducciones de costos de 10–20 % en cadenas de suministro complejas (MANTEC, 2025; Domingues et al., 2023).

Esto sustenta un aumento de ventas del 4 % ($\text{Ventas \%} = 0,04$) y una reducción de costos de ventas del 6 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,06$) como valores moderados. La mejora financiera se capta con $\text{GOP init \%} = 0,005$ y $\text{GOP anual \%} = 0,002$. Aunque el foco está en eficiencia, la mayor confiabilidad del proceso también permite reducir NWC en 10 % ($\text{NWC red \%} = 0,1$), manteniendo $\text{inv red \%} = 0$ explícito en la tabla, y se asume una proporción importante de inversión en sistemas analíticos, por lo que $\text{inir a CAPEX} = 0,5$.

Se obtiene un VAN de 6649572,10 y una TIR de 0,92 (Anexo 21)

Indicadores de evaluación financiera para grandes empresas del sector minero

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	211 422,03	0,74
Control de Proceso SPC/APC	2 780 163,35	0,80
Lean Maintenance Enterprise (planificación)	1 000 972,70	0,56
ISO 9001/14001/45001	338 433,16	0,41
Six Sigma + SPC + analítica avanzada	6 649 572,10	0,92

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

5.5. Justificación y Resultados de las Metodologías en Agroindustria

Pequeña empresa

HACCP / ISO 22000: En una pyme agroindustrial, la implementación de sistemas de inocuidad como HACCP o ISO 22000 genera impactos directos en calidad, desperdicio y acceso a mercado. Estudios recientes muestran que ISO 22000:2018 mejora la eficiencia operativa, la calidad del producto y el cumplimiento normativo en plantas de alimentos multi-línea, reduciendo incidentes y reprocesos (Rihawi, 2024). Además, publicaciones de organismos especializados destacan que ISO 22000 ayuda a reducir desperdicios e ineficiencias y a mejorar la confianza del consumidor (Food Safety Institute, 2024; Food & Hotel Asia, 2025).

Sobre esta base, se considera razonable que una pequeña agroindustria logre un aumento de ventas de 3 % (Ventas % = 0,03), asociado a mayor confianza de clientes, acceso a supermercados o exportadores, y una reducción del costo de ventas de 2 % (Costo ventas % = 0,02) por menos mermas, reprocesos y retiros de producto. El efecto económico se resume en una mejora inicial de la ganancia operativa equivalente al 0,3 % de las ventas (GOP init % = 0,003) y una mejora anual sostenida de 0,1 % (GOP anual % = 0,001), coherente con estudios que muestran efectos económicos de los estándares del orden del 3 % de los ingresos anuales al consolidarse el sistema (ISO, 2011).

Como el enfoque es principalmente de gestión y documentación, se supone sin reducción relevante de inventario físico (inv red % = 0) pero sí una reducción del capital de trabajo neto de 5 % (NWC red % = 0,05) por menor stock de seguridad vinculado a rechazos, y sin grandes inversiones en activos fijos (inir a CAPEX = 0), dado que la inversión se centra en capacitación y consultoría, no en planta.

Se obtiene un VAN de 329,37 y una TIR de 1,05 (Anexo 22)

Lean de empaque y mermas: Aplicar Lean específicamente en la etapa de empaque (balanceo de líneas, 5S, flujo continuo) permite recortar tiempos de cambio, reducir mermas de envases y producto y mejorar la productividad. Casos de Lean Manufacturing en la industria de alimentos y bebidas muestran reducciones de tiempos de cambio y lead time, junto con aumentos de capacidad de alrededor de 10–15 % y reducción de desperdicios (Lopes et al., 2015; García-García et al., 2022). Por ello, se modela un aumento de ventas de 1 % (Ventas % = 0,01), ligado a un uso más intensivo de la línea, y una reducción del costo de ventas de 6 % (Costo ventas % = 0,06), consistente con una disminución

significativa de mermas y reprocesos en el empaque.

Financieramente, se representa mediante una mejora inicial de GOP de 0,2 % de las ventas ($\text{GOP init \%} = 0,002$) y una ganancia recurrente anual de 0,1 % ($\text{GOP anual \%} = 0,001$). La eliminación de desperdicios y la reducción de tiempos de ciclo permiten reducir el capital de trabajo neto en 15 % ($\text{NWC red \%} = 0,15$), por menor inventario en proceso y producto en espera, mientras que se considera sin variación explícita del inventario total en la tabla ($\text{inv red \%} = 0$) por tratarse principalmente de mermas de producto más que de stock inmovilizado. La metodología se apoya en cambios organizacionales y de layout, por lo que no se asigna CAPEX adicional ($\text{inir a CAPEX} = 0$) (Cusiato et al., 2024).

Se obtiene un VAN de 363,97 y una TIR de 1,13 (Anexo 23)

SPC en llenado/peso objetivo: El uso de control estadístico de procesos (SPC) en el llenado permite controlar el peso objetivo y reducir el sobrellenado (“give-away”) de producto. Guías industriales de checkweighers y SPC señalan que un sistema de pesaje en línea bien diseñado puede reducir el peso promedio de llenado al acercarse al objetivo legal, disminuyendo costos de producto regalado (Packaging Strategies, 2016; Storcan, 2015; Minebea Intec, 2024). En este contexto, se supone que la pyme no incrementa ventas directamente ($\text{Ventas \%} = 0$), pero logra una reducción del costo de ventas del 4 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,04$) gracias a menor sobrellenado y menos rechazos fuera de especificación.

Este impacto se condensa en una mejora inicial de GOP de 0,1 % ($\text{GOP init \%} = 0,001$) y un efecto anual de 0,05 % ($\text{GOP anual \%} = 0,0005$). No se considera reducción significativa del inventario ni del capital inmovilizado ($\text{inv red \%} = 0$; $\text{NWC red \%} = 0,05$ se interpreta como ligera baja en stock de producto no conforme), mientras que se asume una pequeña inversión en checkweighers y software SPC, por lo que el 10 % de la inversión inicial se clasifica como CAPEX ($\text{inir a CAPEX} = 0,1$). Estos valores son consistentes con la literatura que destaca el rol del SPC en la reducción de sobrellenado y mejora de la eficiencia del llenado.

Se obtiene un VAN de 0,05 y una TIR de 0,04 (Anexo 24)

ISO 9001: La certificación ISO 9001 en una planta pequeña de alimentos permite estandarizar procesos, trazabilidad y documentación, reduciendo errores de producción y no conformidades. Estudios sobre los beneficios económicos de estándares muestran que la implementación de normas de gestión genera mejoras medibles en productividad, calidad y reducción de costos de no-calidad (ISO, 2011). A nivel micro, esto se traduce en un aumento de ventas de 2 % ($\text{Ventas \%} = 0,02$) por mayor confianza de clientes y acceso a contratos formales, y una reducción de costo de ventas de 3 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,03$)

por menos reprocesos y reclamos.

El impacto se refleja en una ganancia operativa inicial adicional de 0,3 % de las ventas (GOP init % = 0,003) y una mejora anual de 0,1 % (GOP anual % = 0,001).

Dado que los procesos son más controlados, se reduce la necesidad de inventarios de seguridad y stock de producto reprocesable, razón por la cual se modela una reducción de NWC de 5 % (NWC red % = 0,05), manteniendo inv red % = 0 explícito en la tabla. La inversión se concentra en consultoría, formación y auditorías, por lo que no se imputa CAPEX (inir a CAPEX = 0).

Se obtiene un VAN de 135,21 y una TIR de 0,92 (Anexo 25)

Indicadores de evaluación financiera para pequeñas empresas del sector agro-industrial

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	16,39	0,86
HACCP/ISO 22000	329,37	1,05
Lean de empaque y mermas	363,97	1,13
SPC en llenado/peso objetivo	0,05	0,04
ISO 9001	135,21	0,92

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

Mediana empresa

SMED + Lean (flujo rápido): En una agroindustria mediana, la aplicación combinada de SMED (Single Minute Exchange of Die) y Lean para lograr flujo rápido reduce de forma significativa los tiempos de cambio de formato y los tiempos muertos. Casos en la industria de alimentos reportan reducciones de tiempos de cambio del 30–35 % y aumentos de capacidad de línea del orden de 10–11 % tras implementar SMED y VSM (Saha, 2023; Gori et al., 2019). Por eso, se justifica un incremento de ventas de 3 % (Ventas % = 0,03) al disponer de más horas efectivas de producción y una reducción del costo de ventas de 9 % (Costo ventas % = 0,09) por menos tiempos improductivos, horas extra y mermas asociadas a cambios desordenados.

En términos de rentabilidad, el proyecto genera una mejora inicial de GOP de 0,5 % de las ventas (GOP init % = 0,005) y una ganancia anual sostenida de 0,15 % (GOP

anual % = 0,0015). El flujo más rápido y flexible reduce el volumen de producto en proceso, lo que explica una reducción del NWC del 25 % (NWC red % = 0,25), alineada con casos de Lean que reportan disminuciones del 20–30 % en inventarios y capital de trabajo (Lopes et al., 2015; Cusiato et al., 2024). En la tabla se mantiene inv red % = 0 para inventario total (se asume el efecto en WIP) y no se considera incremento de CAPEX, ya que SMED se basa en rediseñar procedimientos y utillajes existentes (inir a CAPEX = 0).

Se obtiene un VAN de 110880,86 y una TIR de 0,64 (Anexo 26)

Lean (SMED + estandarización de mantenimiento): Cuando SMED se complementa con estandarización de mantenimiento bajo principios Lean, la empresa reduce tanto los tiempos de cambio como la variabilidad en disponibilidad de equipos. La literatura muestra que Lean + SMED mejora la productividad y reduce fallas y pérdidas por espera (Garcia-Garcia et al., 2022; Saha, 2023). En este contexto, el modelo asume un incremento de ventas de 2 % (Ventas % = 0,02) y una reducción de costo de ventas de 6 % (Costo ventas % = 0,06).

El impacto económico se expresa como GOP init % = 0,004 (0,4 % de las ventas) y GOP anual % = 0,0015 (0,15 %); se considera además una reducción del inventario del 5 % (inv red % = 0,05) y del NWC en 10 % (NWC red % = 0,1) al disminuir la necesidad de repuestos y WIP por paradas no planificadas. Parte de la inversión puede destinarse a herramientas y sistemas básicos de mantenimiento, por lo que se modela que 30 % de la inversión sea CAPEX (inir a CAPEX = 0,3).

Se obtiene un VAN de 35874,06 y una TIR de 0,45 (Anexo 27)

SPC + checkweighers: Para una empresa mediana, la combinación de SPC y checkweighers en empaquetado permite controlar peso, contenido y cumplimiento normativo, reduciendo tanto sobrellenado como subllenado. Guías de checkweighing destacan que sistemas bien calibrados pueden reducir el costo de sobrellenado y mejorar el rendimiento global usando SPC y estadísticas de llenado (Packaging Strategies, 2016; Storcan, 2015; Minebea Intec, 2024). Por eso se modela sin aumento directo de ventas (Ventas % = 0), pero una reducción de costos de ventas de 5 % (Costo ventas % = 0,05) por menor producto regalado y menos rechazos.

La mejora se traduce en una ganancia operativa inicial de 0,3 % de las ventas (GOP init % = 0,003) y una mejora anual de 0,1 % (GOP anual % = 0,001). A nivel de inventarios, se mantiene inv red % = 0, pero se asume una baja de NWC del 5 % (NWC red % = 0,05) por menor stock de producto reprocesable. Dado que requiere inversión en equipos de pesaje y software, se considera que el 40 % de la inversión va a CAPEX (inir a

CAPEX = 0,4).

Se obtiene un VAN de 995,55 y una TIR de 0,13 (Anexo 28)

BPM – planificación integrada de ventas y operaciones (S&OP): La adopción de BPM y un proceso formal de S&OP en agroindustria mediana mejora la coordinación entre demanda, producción y abastecimiento. Diversos casos muestran que un S&OP maduro permite reducir inventarios y mejorar el nivel de servicio, con testimonios de reducciones de inventario relevantes y mejora de precisión del forecast (Kaitfors, 2023; Bridges, 2024; Flevy, 2024). En el modelo se usa un aumento de ventas de 1 % (Ventas % = 0,01) por menor quiebre de stock y mejor mix, y una reducción de costos de ventas de 2 % (Costo ventas % = 0,02) al reducir sobreproducción y urgencias.

El efecto se resume en $GOP_{init} \% = 0,0015$ y $GOP_{anual} \% = 0,0005$, como impacto moderado pero sostenido. La principal ganancia es en capital de trabajo: se incorpora una reducción del NWC de 20 % ($NWC_{red} \% = 0,2$), consistente con casos de S&OP que reportan disminuciones de inventario de dos dígitos, y se mantiene $inv_{red} \% = 0$ en la tabla para no duplicar el efecto. Al tratarse de un cambio de procesos y gobernanza más que de hardware, no se considera CAPEX adicional (inir a $CAPEX = 0$).

Se obtiene un VAN de 5582,07 y una TIR de 0,22 (Anexo 29)

Indicadores de evaluación financiera para medianas empresas del sector agro-industrial

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	5 442,98	0,41
SMED + Lean (flujo rápido)	110 880,86	0,64
Lean (SMED + estandarización de mantenimiento)	35 874,06	0,45
SPC + checkweighers	995,55	0,13
BPM + planificación integrada ventas y operaciones	5 582,07	0,22

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

Gran empresa

Just in Time / VMI con proveedores: En grandes agroindustrias, esquemas de

Just in Time (JIT) y Vendor Managed Inventory (VMI) con proveedores de insumos (envases, materias primas) permiten reducir de forma importante los inventarios y el capital inmovilizado. Casos de supply chain muestran reducciones de coste de inventario y mejoras de servicio al aplicar VMI, Kanban y Lean en la relación con proveedores (Logistics Bureau, 2025; Packaging manufacturer – TBM, 2024). Por ello se justifica un incremento de ventas de 1,5 % (Ventas % = 0,015) por mejor disponibilidad y nivel de servicio, junto con una reducción de costo de ventas de 3 % (Costo ventas % = 0,03) por menores costes financieros y de obsolescencia.

El impacto económico se traduce en $GOP\ init\ \% = 0,003$ y $GOP\ anual\ \% = 0,0005$. La principal consecuencia es una reducción fuerte del NWC de 30 % ($NWC\ red\ \% = 0,3$), coherente con reducciones de inventario de dos dígitos observadas en casos reales, mientras que en la tabla se mantiene $inv\ red\ \% = 0$ para no contabilizarlo dos veces. La metodología se apoya en acuerdos comerciales y rediseño de procesos, sin requerir grandes inversiones físicas, por lo que $CAPEx = 0$.

Se obtiene un VAN de 750228,32 y una TIR de 1,19 (Anexo 30)

Six Sigma en rendimiento (yield): Aplicar Six Sigma al rendimiento (yield) de procesos agroindustriales –por ejemplo, cocción, extracción, envasado– permite reducir variabilidad y scrap. Estudios de Lean Six Sigma en la industria alimentaria reportan disminuciones de defectos y desperdicios significativas, con ahorros de costos relevantes y aumento de capacidad usable (Widiwati, 2024; Cusiato et al., 2024).

Con base en ello, se asume un incremento de ventas de 2,5 % (Ventas % = 0,025) al aprovechar mejor la materia prima, y una reducción de costo de ventas de 4 % (Costo ventas % = 0,04) por menor merma. El efecto se resume en $GOP\ init\ \% = 0,003$ y $GOP\ anual\ \% = 0,002$, reflejando un impacto inicial importante y beneficios que continúan con el control estadístico. No se considera reducción directa de inventario ($inv\ red\ \% = 0$), pero sí una baja del NWC de 8 % ($NWC\ red\ \% = 0,08$) por menos stock de reprocesos y menos materia prima desperdiciada. La mayor parte de la inversión es en formación y proyectos, así que $CAPEx = 0$.

Se obtiene un VAN de 2112327,38 y una TIR de 1,76 (Anexo 31)

IoT + analítica predictiva de mantenimiento: En grandes agroindustrias altamente automatizadas, la incorporación de IoT y analítica predictiva en mantenimiento de equipos de proceso (hornos, congeladores, líneas de empaque) permite pasar a esquemas predictivos, reduciendo paradas no planificadas. Estudios sobre mantenimiento predictivo indican reducciones significativas de downtime y costos de mantenimiento al aplicar

sensores y modelos predictivos (Gomaa, 2025; Mendes et al., 2023).

Por eso, el modelo considera un incremento de ventas de 1,5 % (Ventas % = 0,015) por mayor tiempo operativo y una reducción de costo de ventas de 5 % (Costo ventas % = 0,05) por menor desperdicio, fallas y horas extra.

El impacto sobre GOP se refleja en $\text{GOP init \%} = 0,004$ y $\text{GOP anual \%} = 0,0015$. La mejor confiabilidad reduce la necesidad de repuestos y WIP, por lo que se supone $\text{inv red \%} = 0,05$ (5 % menos inventario) y $\text{NWC red \%} = 0,1$ (10 % menos capital de trabajo). Dado que la solución exige sensores, redes y plataformas de análisis, se asume que el 50 % de la inversión inicial es CAPEX ($\text{inir a CAPEX} = 0,5$).

Se obtiene un VAN de 898986,51 y una TIR de 1,54 (Anexo 32)

Programa Zero Defects + SPC multinodo (TQM): Un programa de “Zero Defects” con SPC en múltiples puntos de control se enmarca en la filosofía TQM y busca reducir casi a cero los defectos de producto terminado. Herramientas de SPC avanzadas, integradas a nivel de planta, aumentan la detección temprana de desviaciones y reducen scrap y retrabajo (Minebea Intec, 2024; Psarommatis, 2024). En la tabla esto se representa con un incremento de ventas de 1 % (Ventas % = 0,01), asociado a mejor reputación y menos devoluciones, y una reducción de costo de ventas de 6 % (Costo ventas % = 0,06) por menores costos de calidad.

El efecto económico se resume en $\text{GOP init \%} = 0,0025$ y $\text{GOP anual \%} = 0,001$, mientras que se considera $\text{inv red \%} = 0$ y una reducción del NWC de 6 % ($\text{NWC red \%} = 0,06$) por menos inventarios de producto reprocesable o en cuarentena. Dado que se requiere cierta inversión en sistemas de medición y análisis, se modela que 20 % de la inversión se capitaliza ($\text{inir a CAPEX} = 0,2$).

Se obtiene un VAN de 622049,04 y una TIR de 4,93 (Anexo 33)

Indicadores de evaluación financiera para grandes empresas del sector agroindustrial

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	145 278,38	1,20
Just in Time/VMI con proveedores	750 228,32	1,19
Six Sigma en rendimiento (yield)	2 112 327,38	1,76
IoT + analítica predictiva de mantenimiento	898 986,51	1,54
Programa Zero Defects + SPC multinodo (TQM)	622 049,04	4,93

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

5.6. Justificación y Resultados de las Metodologías en Manufactureras

Pequeña empresa

ISO 9001: En una pyme manufacturera, la certificación ISO 9001 fortalece el control de procesos, reduce errores y mejora la percepción de calidad por parte de los clientes. El estudio de ISO sobre beneficios económicos de estándares documenta que la adopción de normas de calidad puede generar beneficios equivalentes a millones de dólares en ahorro de costos y mejora de ingresos, con efectos estimados de alrededor de 3 % de las ventas anuales en el caso analizado (ISO, 2011). Sobre esa base, se asume un incremento de ventas de 3 % ($\text{Ventas \%} = 0,03$) al acceder a clientes más grandes y licitaciones, y una reducción de costo de ventas de 4 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,04$) por menor scrap y retrabajos.

El impacto se traduce en $\text{GOP init \%} = 0,003$ (0,3 % de las ventas) y $\text{GOP anual \%} = 0,001$ (0,1 %). Se considera $\text{inv red \%} = 0$ (sin cambio directo en inventario físico), pero una reducción del NWC de 6 % ($\text{NWC red \%} = 0,06$) gracias a menos stock de producto defectuoso o reprocesable. Dado que la inversión es mayoritariamente en procesos y no en activos, $\text{inir a CAPEX} = 0$.

Se obtiene un VAN de 1088,46 y una TIR de 52,36 (Anexo 34)

Lean células + 5S: El diseño de células de producción Lean combinado con 5S en el piso de planta mejora el flujo, reduce movimientos innecesarios y disminuye tiempos de espera. Una revisión sistemática de Lean en la industria alimentaria y manufacturera señala que Kanban, 5S y células de producción tienen impacto positivo en productividad, eficiencia y coste, reduciendo desperdicio y tiempos de ciclo (Cusiato et al., 2024; Lopes et al., 2015).

Esto respalda el supuesto de un aumento de ventas de 2 % ($\text{Ventas \%} = 0,02$) y una reducción del costo de ventas de 7 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,07$) en una pyme que reorganiza su producción en células.

En términos de GOP, se representa con $\text{GOP init \%} = 0,002$ y $\text{GOP anual \%} = 0,001$. Aunque no se reduce el inventario total en la tabla ($\text{inv red \%} = 0$), sí se asume una reducción del NWC de 20 % ($\text{NWC red \%} = 0,2$), coherente con reducciones significativas de WIP e inventario de producto en proceso al implementar células y flujo continuo. La reorganización suele requerir cambios menores de layout y estaciones, pero no grandes activos nuevos, por lo que $\text{inir a CAPEX} = 0$.

Se obtiene un VAN de 1061,46 y una TIR de 4,27 (Anexo 35)

Lean (mantenimiento planificado) + 5S: Aplicar mantenimiento planificado con enfoque Lean y 5S en una pyme manufacturera mejora la confiabilidad de equipos y reduce paros inesperados. Casos de TPM/Lean muestran aumentos de OEE y reducciones de fallas en torno al 20–30 % (Pinto et al., 2020; Mendes et al., 2023). En este modelo, eso se refleja en un aumento de ventas de 1 % ($\text{Ventas \%} = 0,01$) y una reducción de costes de ventas de 4 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,04$).

El efecto financiero se sintetiza como $\text{GOP init \%} = 0,0015$ y $\text{GOP anual \%} = 0,001$, mientras que $\text{inv red \%} = 0$ y la reducción de NWC del 8 % ($\text{NWC red \%} = 0,08$) responde a menor stock de repuestos y de productos semi-terminados acumulados por paros. Se considera que una parte de la inversión va a herramientas, software o sensores básicos, por lo que se asigna $\text{inir a CAPEX} = 0,2$ (20 % de la inversión como CAPEX).

Se obtiene un VAN de 176,79 y una TIR de 2,48 (Anexo 36)

SPC en proceso crítico: En una pyme manufacturera, introducir SPC en el proceso más crítico (por ejemplo, mecanizado o inyección) permite monitorear la variabilidad y detectar desviaciones antes de que generen scrap masivo. La literatura sobre SPC en manufactura resalta su capacidad para reducir desperdicio y mejorar estabilidad del proceso (Pawlak, 2023; Utama et al., 2023). Por ello se asume sin impacto directo en ventas ($\text{Ventas \%} = 0$) pero una reducción del costo de ventas de 3,5 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,035$).

El proyecto genera una mejora inicial de GOP de 0,1 % (GOP init % = 0,001) y una ganancia anual de 0,05 % (GOP anual % = 0,0005). No se considera reducción de inventario físico (inv red % = 0), pero sí una reducción de NWC de 5 % (NWC red % = 0,05) por menos stock de piezas defectuosas o en inspección. La inversión en sensores y software SPC se refleja en inir a CAPEX = 0,1 (10 % de la inversión).

Se obtiene un VAN de 76,93 y una TIR de 2,67 (Anexo 37)

Indicadores de evaluación financiera para pequeñas empresas del sector manufacturero

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	-0,82	0,21
ISO 9001	1 088,46	52,36
Lean células + 5S	1 061,46	4,27
Lean (mantenimiento planificado) + 5S	176,79	2,48
SPC en proceso crítico	76,93	2,67

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

Mediana empresa

Six Sigma / DFSS: En una empresa manufacturera mediana, un programa de Six Sigma / Design for Six Sigma (DFSS) orientado a procesos clave (por ejemplo, diseño de nuevos productos y procesos de ensamblaje) reduce variabilidad y defectos. Estudios de Lean Six Sigma en manufactura muestran ahorros significativos de costes de producción (10–20 %) y mejoras de calidad, además de menor tiempo de ciclo (Domingues et al., 2023; Widiwati, 2024). En un escenario conservador, se modela un incremento de ventas de 2 % (Ventas % = 0,02) por mayor satisfacción del cliente y menos devoluciones, y una reducción de costo de ventas de 7 % (Costo ventas % = 0,07). El efecto financiero se refleja en GOP init % = 0,003 y GOP anual % = 0,0015.

A nivel de inventarios, se considera una reducción del inventario del 5 % (inv red % = 0,05) y del NWC en 10 % (NWC red % = 0,1) por mejor planificación, menor scrap y menos stock de seguridad. El enfoque DFSS requiere sobre todo esfuerzo analítico y de diseño, por lo que inir a CAPEX = 0 (la inversión es más en capacitación y tiempo de

ingeniería).

Se obtiene un VAN de 1391,01 y una TIR de 1,27 (Anexo 38)

Lean end-to-end + Kanban con proveedores: Aplicar Lean a toda la cadena (desde cliente hasta proveedores) con sistemas Kanban y acuerdos de reposición permite recortar inventarios, lead time y costos de almacenamiento. Revisiones y casos de supply chain lean muestran reducciones de inventario muy relevantes y mejoras de coste (Logistics Bureau, 2025; TBM Consulting – caso de packaging, 2024). En este modelo, se traduce en un incremento de ventas de 1,5 % (Ventas % = 0,015) por mejor servicio y menor falta de stock, y una reducción de costo de ventas de 8 % (Costo ventas % = 0,08).

El impacto financiero se resume en $\text{GOP init \%} = 0,0035$ y $\text{GOP anual \%} = 0,0015$. La reducción principal se da en capital de trabajo: se asume $\text{inv red \%} = 0$ explícito en la tabla, pero un $\text{NWC red \%} = 0,25$ (25 % menos capital de trabajo), consistente con casos de implementación de Lean + Kanban que reportan reducciones de inventarios de dos dígitos. Dado que la adopción se basa en acuerdos, rediseño de procesos y herramientas visuales, no se requiere CAPEX significativo (inir a $\text{CAPEX} = 0$).

Se obtiene un VAN de 966,97 y una TIR de 1,57 (Anexo 39)

Lean + Kaizen de mantenimiento / OEE: Cuando una manufacturera mediana desarrolla un programa de Lean + Kaizen enfocado en mantener y mejorar el OEE, trabaja sistemáticamente en disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos. Estudios de casos reportan incrementos de OEE y reducciones de tiempos de inactividad tras proyectos Kaizen y TPM (Pinto et al., 2020; Monnanyana & Gupta, 2020). En este contexto, se considera un aumento de ventas de 2 % (Ventas % = 0,02) y una reducción del costo de ventas de 6 % (Costo ventas % = 0,06). El impacto se refleja como $\text{GOP init \%} = 0,004$ y $\text{GOP anual \%} = 0,0015$.

La mejora en confiabilidad permite una reducción del inventario del 5 % ($\text{inv red \%} = 0,05$) y una baja del NWC del 10 % ($\text{NWC red \%} = 0,1$), en línea con resultados de empresas que han reducido inventarios de repuestos y WIP gracias a un OEE más alto. Como se suelen incluir sensores o sistemas de monitoreo adicionales, se modela que el 40 % de la inversión es CAPEX (inir a $\text{CAPEX} = 0,4$).

Se obtiene un VAN de 1530,59 y una TIR de 1,51 (Anexo 40)

BPM / Lean nivelación (Heijunka): La nivelación de la producción (Heijun-ka) combinada con BPM y prácticas Lean reduce picos y valles en la carga de trabajo, suavizando la producción. La literatura de Lean destaca que la producción nivelada minimiza inventarios intermedios, mejora la utilización de recursos y reduce tiempos de espera

(Lopes et al., 2015). En el modelo, esto se traduce en un incremento de ventas de 1 % (Ventas % = 0,01) y una reducción de costo de ventas de 3 % (Costo ventas % = 0,03), capturando la mejora de flujo.

El efecto financiero se registra como $GOP\ init\ \% = 0,0025$ y $GOP\ anual\ \% = 0,001$. El alisamiento del flujo reduce la necesidad de inventarios de amortiguación, lo que justifica un $NWC\ red\ \% = 0,18$ (18 % menos capital de trabajo) y $inv\ red\ \% = 0$ en la tabla. Dado que la nivelación se basa principalmente en planificación y rediseño de secuencias, la inversión en activos es baja; sin embargo, se asigna $CAPEx = 0,1$ (10 %) para reflejar ajustes en sistemas de planificación.

Se obtiene un VAN de 518,92 y la TIR de 1,04 (Anexo 41)

Indicadores de evaluación financiera para medianas empresas del sector manufacturero

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	81,76	0,70
Six Sigma/DFSS	1 391,01	1,27
Lean end to end + Kanban con proveedores	966,97	1,57
Lean + kaizen de mantenimiento/OEE	1 530,59	1,51
BPM/Lean nivelación	518,92	1,04

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

Gran empresa

S&OP / optimización de red logística: En grandes manufactureras, un proceso robusto de Sales & Operations Planning (S&OP) y la optimización de la red logística permiten alinear demanda, producción y distribución, reduciendo inventarios y costos de transporte. Casos de S&OP documentan reducciones significativas de inventario y mejoras en precisión de pronóstico y servicio al cliente (Kaitfors, 2023; Bridges, 2024; Flevy, 2024). En el modelo, esto se captura mediante un aumento de ventas de 1,5 % (Ventas % = 0,015) por mejor nivel de servicio y mix, y una reducción de costo de ventas de 2 % (Costo ventas % = 0,02) por rutas optimizadas y menos urgencias.

El efecto financiero es $\text{GOP init \%} = 0,003$ y $\text{GOP anual \%} = 0,001$. La ganancia central es en capital de trabajo: se modela una reducción del NWC del 20 % ($\text{NWC red \%} = 0,2$), alineada con reducciones de inventario en dos dígitos, manteniendo $\text{inv red \%} = 0$ en la tabla. La optimización suele requerir software y analítica, pero muchas veces se implementa con plataformas existentes, por lo que $\text{inir a CAPEX} = 0$ (o marginal).

Se obtiene un VAN de 28034,98 y la TIR de 0,67 (Anexo 42)

Lean enterprise (Kaizen blitz recurrentes): Los programas corporativos de Lean enterprise con eventos de Kaizen blitz recurrentes buscan mejoras rápidas y de alto impacto en distintas áreas. La evidencia de Lean en manufactura muestra que estas intervenciones pueden incrementar la productividad 10–20 % y reducir desperdicios de manera sostenida (Cusiato et al., 2024). Con ello, se justifica un aumento de ventas de 2 % ($\text{Ventas \%} = 0,02$) y una reducción de costo de ventas de 6 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,06$). El efecto en rentabilidad se modela como $\text{GOP init \%} = 0,003$ y $\text{GOP anual \%} = 0,0015$.

Las mejoras de flujo y reducción de tiempos de ciclo permiten una reducción de inventario del 5 % ($\text{inv red \%} = 0,05$) y del NWC del 15 % ($\text{NWC red \%} = 0,15$), en consonancia con reducciones de inventario reportadas en casos reales de Lean en cadenas de suministro. Parte de la inversión puede destinarse a rediseños de layout y herramientas, de ahí que el 20 % de la inversión se impute como CAPEX ($\text{inir a CAPEX} = 0,2$).

Se obtiene un VAN de 66918,73 y una TIR de 1,49 (Anexo 43)

Programa Six Sigma (oficina corporativa de belts): Un programa Six Sigma corporativo con oficina de belts coordina proyectos de mejora en múltiples plantas y procesos. Casos empresariales muestran que programas Six Sigma pueden reducir defectos en 80–90 % en procesos críticos y generar ahorros de costes de varios puntos porcentuales sobre ventas (Domingues et al., 2023; SixSigma.us, 2025). Por ello, se considera un incremento de ventas de 1,5 % ($\text{Ventas \%} = 0,015$) y una reducción del costo de ventas de 7 % ($\text{Costo ventas \%} = 0,07$). El impacto económico se refleja en $\text{GOP init \%} = 0,0025$ y $\text{GOP anual \%} = 0,002$, destacando el carácter persistente de la mejora.

La mejor calidad y menor scrap permiten una reducción de inventario del 5 % ($\text{inv red \%} = 0,05$) y de NWC de 8 % ($\text{NWC red \%} = 0,08$). La inversión principal es en formación y tiempo de personal, por lo que $\text{inir a CAPEX} = 0$.

Se obtiene un VAN de 50801,98 y la TIR de 7,50 (Anexo 44)

SPC + Industry 4.0 (sensores): Por último, la combinación de SPC con tecnologías Industry 4.0 (sensores, IoT industrial, software SPC centralizado) permite monitorear procesos en tiempo real, ajustar parámetros y prevenir desviaciones. Soluciones

como SPC@Enterprise reportan que el control centralizado de llenado y pesos previene el sobrellenado, mejora la eficiencia y aumenta la satisfacción del cliente, optimizando procesos productivos (Minebea Intec, 2024). En el modelo, esto se representa como un aumento de ventas de 1 % (Ventas % = 0,01) y una reducción de costo de ventas de 5 % (Costo ventas % = 0,05). El efecto financiero se resume en $GOP\ init\ \% = 0,004$ y $GOP\ anual\ \% = 0,0015$.

Aunque no se asigna reducción directa de inventario (inv red % = 0), la mayor estabilidad del proceso permite una baja del NWC de 10 % (NWC red % = 0,1) al requerir menos stock de seguridad y producto en cuarentena. La solución exige una inversión importante en sensores, redes y software, por lo que se considera que el 60 % de la inversión inicial corresponde a CAPEX (inir a CAPEX = 0,6).

Se obtiene un VAN de 28839,42 y la TIR de 1,32 (Anexo 45)

Indicadores de evaluación financiera para grandes empresas del sector manufacturero

Metodología	VAN	TIR
Caso Base	4 047,14	0,38
S&OP/optimización de red logística	28 034,98	0,67
Lean enterprise (kaizen blitz recurrentes)	66 918,73	1,49
Programa Six Sigma (belt office corporativo)	50 801,98	7,50
SPC + Industry 4.0(sensores)	28 839,42	1,32

Nota: El VAN está expresado en US\$ millones y la TIR está expresada en decimales.

Capítulo 6

Conclusión

El presente trabajo permitió analizar la relación entre la gestión de la calidad de los productos y la eficiencia de la cadena de suministro en los sectores minero, agroindustrial y manufacturero en Chile. A partir de la revisión de literatura, el análisis de casos y la evaluación de distintos escenarios, se evidencia que las deficiencias de calidad no constituyen únicamente un problema asociado al producto final, sino que generan efectos sobre el conjunto de la cadena de suministro, aumentando reprocesos, desperdicios, devoluciones, tiempos improductivos y requerimientos de capital de trabajo. En consecuencia, la gestión de calidad debe entenderse como un componente integrado de la gestión operacional y no como una actividad independiente. Los resultados obtenidos permiten concluir que no existe una metodología universalmente superior para todas las organizaciones. La conveniencia de cada alternativa depende de factores como el tamaño de la empresa, la estructura de costos, el nivel de riesgo, la capacidad de inversión, el grado de madurez operacional y las características propias de cada industria. Por esta razón, una metodología que resulta conveniente para una gran empresa puede no ser igualmente adecuada para una organización pequeña, debido a diferencias en capacidad financiera, escala de operación y posibilidad de absorber inversiones. En las empresas de menor tamaño, los escenarios analizados muestran que las alternativas con menor requerimiento de inversión y con capacidad para generar mejoras rápidas en los procesos presentan mejores condiciones de aplicabilidad. En este contexto, herramientas asociadas a Lean, 5S, estandarización, ISO y control de procesos permiten abordar problemas relacionados con desperdicios, reprocesos, desorden operacional, variabilidad y uso ineficiente de recursos. En empresas medianas, adquieren mayor relevancia las metodologías orientadas a aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los procesos y equipos, como TPM, mantenimiento predictivo, Six Sigma y herramientas de planificación integrada. Finalmente, en organizaciones de mayor escala,

los resultados favorecen soluciones que pueden desplegarse de manera transversal y aprovechar la magnitud de las operaciones, como SPC, APC, Six Sigma, analítica avanzada, IoT y programas de estandarización a nivel corporativo. La comparación entre sectores también permitió identificar diferencias relevantes. En minería, el principal desafío se relaciona con la elevada intensidad de capital, los costos operacionales, la dependencia de factores externos y la necesidad de mantener una alta disponibilidad de los activos. Por ello, las estrategias vinculadas con confiabilidad, mantenimiento y control de procesos adquieren especial importancia. En agroindustria, la calidad presenta una relación particularmente directa con la eficiencia debido al impacto de las mermas, desperdicios, reprocesos, sobrellenado, inocuidad y cumplimiento de estándares. En manufactura, en cambio, los resultados son más heterogéneos debido a la presión competitiva, la estacionalidad y la exposición a cambios en la demanda, por lo que la selección de iniciativas debe considerar cuidadosamente la relación entre inversión, productividad y capacidad de implementación. Otro hallazgo relevante corresponde a la influencia del tamaño de la empresa y del costo de capital sobre la conveniencia económica de las iniciativas evaluadas. Los escenarios muestran que una misma mejora puede generar resultados muy diferentes dependiendo de la escala sobre la cual se aplica. En empresas grandes, pequeñas variaciones porcentuales en costos, productividad o disponibilidad pueden generar impactos significativos debido al volumen de operaciones. En empresas pequeñas, en cambio, resulta fundamental priorizar iniciativas de bajo desembolso y rápida materialización de beneficios, debido a su mayor exposición al riesgo y a sus mayores restricciones financieras. Por lo tanto, la magnitud de los resultados no debe analizarse de manera aislada, sino considerando el contexto económico y operacional de cada organización. En relación con los objetivos planteados, el estudio permitió identificar los principales mecanismos mediante los cuales la calidad influye sobre la eficiencia de la cadena de suministro: reducción de reprocesos y desperdicios, disminución de fallas, mejora de la disponibilidad de los equipos, optimización de inventarios y capital de trabajo, aumento de la estabilidad de los procesos y fortalecimiento de la capacidad de respuesta frente a las necesidades del cliente. Asimismo, fue posible comparar diferentes metodologías y establecer criterios para su selección de acuerdo con las características de cada empresa y sector. A partir de estos resultados, se propone que las organizaciones no adopten metodologías de calidad únicamente por su popularidad o por experiencias exitosas en otras empresas. La selección debe realizarse considerando el problema que se busca resolver, el impacto esperado, los recursos disponibles, la capacidad de implementación y la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo. Bajo esta perspectiva, la mejora continua debe entenderse como un proceso de priorización y gestión de recursos, en el cual las iniciativas seleccionadas deben responder a las principales brechas opera-

cionales de la organización. Finalmente, este trabajo permite concluir que la gestión de calidad constituye una herramienta relevante para la optimización de la cadena de suministro y para el fortalecimiento de la competitividad empresarial en Chile. Su principal aporte radica en integrar la perspectiva de calidad con variables operacionales y económicas, mostrando que la efectividad de una estrategia depende de su adecuada adaptación al contexto de cada organización. En este sentido, la mejora continua no debe limitarse al cumplimiento de estándares, sino orientarse a generar procesos más estables, eficientes y capaces de sostener resultados en el tiempo. Cabe señalar que los resultados económicos obtenidos corresponden a escenarios contruidos a partir de supuestos y antecedentes utilizados en el estudio, por lo que representan estimaciones del comportamiento potencial de las iniciativas y no resultados derivados de implementaciones experimentales directas. Por ello, una futura línea de investigación podría complementar este análisis mediante estudios de implementación en empresas reales, utilizando información operacional más detallada y realizando un seguimiento de los resultados obtenidos antes y después de aplicar las metodologías seleccionadas.

Capítulo 7

Referencias

1. Anderson, L. P., & Reynolds, M. T. (2017). The role of quality control in supply chain risk management. Santiago: Informe técnico sobre gestión de calidad y mitigación de riesgos operacionales en cadenas de suministro.
Obtenido de: <https://11dynamics.com/the-role-of-quality-control-in-supply-chain-management/>
2. Antonio Prado. (2017). Minería y exportaciones: riesgos de dependencia estructural en América Latina. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
Obtenido de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42030-mineria-exportaciones-riesgos-dependencia-estructural-america-latina>
3. Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas (ASIMET). (s/f). Clasificación de empresas industriales en Chile y caracterización sectorial. Santiago: ASIMET.
Obtenido de: <https://www.asimet.cl/>
4. Banco Central de Chile. (2020). Informe de Cuentas Nacionales de Chile: Cuarto trimestre de 2020. Santiago: Banco Central de Chile.
Obtenido de: <https://www.bcentral.cl/>
5. Banco Central de Chile. (2023). Indicadores macroeconómicos y cuentas nacionales de Chile. Santiago: Banco Central de Chile.
Obtenido de: <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas>

6. Bitrán, E. (2019). Dependencia de los precios internacionales: un desafío para la economía chilena. *Revista Economía y Desarrollo*, 12(2), 45–63.
Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8765452.pdf>
7. Bridges, J. (2024). Sales and operations planning as a driver of operational efficiency. Informe técnico sobre planificación integrada de operaciones y demanda.
Obtenido de: <https://www.bridgesconsulting.com/>
8. Cámara de Comercio de Santiago. (2021). Estudios y publicaciones económicas sobre empresas y productividad. Santiago: CCS.
Obtenido de: <https://www.ccs.cl/estudios-y-publicaciones-2/>
9. Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (2011). Diagnosing and changing organizational culture: Based on the competing values framework (3^a ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
10. Carozzi S.A. (2022). Memoria anual y estados financieros consolidados 2022. Santiago: Empresas Carozzi.
Obtenido de: <https://www.carozzicorp.com/>
11. Carozzi S.A. (2023). Reporte integrado y resultados financieros 2023. Santiago: Empresas Carozzi.
Obtenido de: <https://www.carozzicorp.com/>
12. Carozzi S.A. (2024). Resultados financieros y desempeño operativo 2024. Santiago: Empresas Carozzi.
Obtenido de: <https://www.carozzicorp.com/>
13. Cecilia Orellana. (2019). Políticas para un desarrollo sostenible: el caso de Chile. *Revista de Políticas Públicas*, 8(1), 33–50.
Obtenido de: <https://www.revistas.usach.cl/>
14. Codelco. (2020). Memoria anual 2020. Santiago: Corporación Nacional del Cobre de Chile.
Obtenido de: <https://www.codelco.com/>
15. Codelco. (2022). Resultados operacionales y financieros 2022. Santiago: Codelco.
Obtenido de: <https://www.codelco.com/>
16. Codelco. (2023). Reporte de sustentabilidad y desempeño financiero 2023. Santiago: Codelco.
Obtenido de: <https://www.codelco.com/>

17. Comisión para el Mercado Financiero (CMF). (2024). Información financiera y normativa para emisores y empresas reguladas. Santiago: CMF.
Obtenido de: <https://www.cmfchile.cl/>
18. Comité Ambiental de Chile. (2017). Impactos socioeconómicos y ambientales de la minería en Chile. Santiago: Informe técnico.
Obtenido de: <https://obtienearchivo.bcn.cl/>
19. Deloitte Insights. (2022). Quality 4.0: The next frontier of operational excellence. Londres: Deloitte University Press.
Obtenido de: <https://www.deloitte.com/insights>
20. Diario Financiero. (2023). Resultados empresariales y desempeño sectorial en minería y alimentos. Santiago: Diario Financiero.
Obtenido de: <https://www.df.cl/>
21. Diario Financiero. (2024). Análisis financiero de empresas chilenas: minería, agroindustria y manufactura. Santiago: Diario Financiero.
Obtenido de: <https://www.df.cl/>
22. Domingues, J. P., Sampaio, P., & Arezes, P. (2023). Lean Six Sigma in industrial operations: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems*, 68, 120–135.
23. El Estudio de Calidad Empresarial de Chile. (2019). Séptima Encuesta Longitudinal de Empresas. Santiago: Ministerio de Economía.
Obtenido de: <https://www.economia.gob.cl/>
24. Feller Rate. (2023). Clasificación de riesgo y análisis financiero de empresas mineras chilenas. Santiago: Feller Rate.
Obtenido de: <https://feller-rate.cl/>
25. Feigenbaum, A. V. (1991). *Total quality control*. New York: McGraw-Hill.
26. Fitch Ratings. (2024). Credit outlook and sectoral analysis for Latin American corporates. New York: Fitch Ratings.
Obtenido de: <https://www.fitchratings.com/>
27. Flynn, B. B., Schroeder, R. G., & Sakakibara, S. (1994). A framework for quality management research and an associated measurement instrument. *Journal of Operations Management*, 11, 339–366.

28. Foxley, A. (2018). Chile: Una economía atrapada en la dependencia de las materias primas. Informe de política económica. Santiago.
Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/>
29. Flevy. (2024). Business process management and operational excellence frameworks. Boston: Flevy Consulting.
Obtenido de: <https://flevy.com/>
30. Garcia-Garcia, G., et al. (2022). Lean manufacturing applications in food and process industries. *International Journal of Production Economics*, 245, 108417.
31. Garvin, D. A. (1984). What does “product quality” really mean? *Sloan Management Review*, 26(1), 25–43.
32. Gomaa, A. (2025). Predictive maintenance and IoT applications in industrial operations. *International Journal of Industrial Engineering*, 19(1), 55–70.
33. Greif-Velox. (2024). Lean maintenance and shutdown optimization in heavy industries. Technical white paper.
Obtenido de: <https://www.greif-velox.com/>
34. Grupo Minero Las Cenizas. (2023). Información corporativa y desempeño operativo. Santiago.
Obtenido de: <https://www.cenizas.cl/>
35. Guía Minera de Chile. (2015). Ficha técnica y antecedentes operacionales de Minera Las Cenizas.
Obtenido de: <https://www.guiaminera.cl/>
36. Hansali, M. (2022). Inventory reduction strategies through maintenance optimization. *Journal of Operations Research*, 41(3), 211–225.
37. IISE. (2023). Industrial engineering applications in inventory and maintenance optimization. Institute of Industrial and Systems Engineers.
Obtenido de: <https://www.iise.org/>
38. Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2021). Estadísticas de empleo e ingresos. Santiago: INE.
Obtenido de: <https://www.ine.cl/>

39. Instituto Nacional de Normalización (INN). (2023). Sistemas de gestión de calidad y competitividad empresarial en Chile. Santiago: INN.
Obtenido de: <https://www.inn.cl/>
40. ISO. (2011). Economic benefits of standards. Geneva: International Organization for Standardization.
Obtenido de: <https://www.iso.org/>
41. Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1993). Quality planning and analysis. New York: McGraw-Hill.
42. Kaitfors, B. (2023). Advanced S&OP and demand planning practices. *Operations Management Review*, 15(2), 78–95.
43. La Tercera. (2023). Desempeño financiero y desafíos estratégicos de la gran minería chilena. Santiago.
Obtenido de: <https://www.latercera.com/>
44. Le, Q., et al. (2024). Lean Six Sigma and data-driven process improvement. *Journal of Cleaner Production*, 412, 137435.
45. Liker, J. K. (2004). The Toyota way. New York: McGraw-Hill.
46. Logistics Bureau. (2025). Lean supply chain and inventory management. Brisbane: Logistics Bureau.
Obtenido de: <https://www.logisticsbureau.com/>
47. Lopes, R. et al. (2015). Lean manufacturing implementation in food industries. *Journal of Food Engineering*, 145, 32–45.
48. Mendes, R., et al. (2023). Industry 4.0 and predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108856.
49. Minebea Intec. (2024). Statistical process control and checkweigher systems. Technical guide.
Obtenido de: <https://www.minebea-intec.com/>
50. Montgomery, D. C. (2012). Introduction to statistical quality control (7^a ed.). New York: Wiley.
51. Mouhib, M. (2025). Digital transformation and IoT in mining operations. *Resources Policy*, 88, 103121.

52. ODEPA. (2020). Boletín de fruta. Santiago: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Obtenido de: <https://www.odepa.gob.cl/>
53. OECD. (2020). Perspectivas del comercio internacional de América Latina y el Caribe. Paris: OECD Publishing.
54. Packaging Strategies. (2016). Reducing giveaway through SPC and checkweighers. Packaging Strategies Magazine. Obtenido de: <https://www.packagingstrategies.com/>
55. Pawlak, M. (2023). Lean manufacturing and operational efficiency. *Production Planning & Control*, 34(4), 289–304.
56. Pecht, M., & Siadat, A. (2018). Reliability-based optimization in supply chain management. *Expert Systems with Applications*, 95, 345–356.
57. Pinto, J. et al. (2020). Total productive maintenance and OEE improvement. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 26(3), 401–420.
58. Psarommatis, F. (2024). Digital twins and SPC integration in manufacturing. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 44, 90–102.
59. Reuters. (2024). Chilean mining and food companies financial overview. London: Reuters. Obtenido de: <https://www.reuters.com/>
60. Rihawi, A. (2024). ISO 22000 implementation and food safety performance. *Food Control*, 151, 109762.
61. SixSigma.us. (2025). Six Sigma methodology and industrial case studies. Phoenix: SixSigma.us. Obtenido de: <https://www.6sigma.us/>
62. Slimstock. (2025). Inventory optimization and working capital reduction. Amsterdam: Slimstock. Obtenido de: <https://www.slimstock.com/>
63. SONAMI. (2023). Productividad, empleo y costos en la minería chilena. Santiago: Sociedad Nacional de Minería. Obtenido de: <https://www.sonami.cl/>

64. SUBREI. (s/f). Definición de tamaño de empresa y comercio exterior. Santiago: SUBREI.
Obtenido de: <https://www.subrei.gob.cl/>
65. TXM. (2025). Lean transformation and operational excellence. Melbourne: TXM Consulting.
Obtenido de: <https://txm.com/>
66. Universidad Técnica Federico Santa María. (2020). Informe de gestión institucional 2020. Valparaíso: UTFSM.
Obtenido de: <https://usm.cl/>
67. Utama, D. et al. (2023). SPC implementation in manufacturing systems. International Journal of Production Research, 61(9), 3124–3140.
68. Vinodoc. (s/f). Caracterización de viñas boutique y producción limitada.
Obtenido de: <https://vinodoc.com/>
69. Widiwati, R. (2024). Lean Six Sigma for yield improvement in manufacturing. Journal of Industrial Engineering, 58(2), 145–160.

Capítulo 8

Anexos

En esta sección se incluyen materiales complementarios que apoyan el desarrollo de la investigación, tales como tablas de datos, gráficos adicionales y documentos de referencia.

Anexo 1

US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,02	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	200,00	208,08	220,82	239,02	263,90
Costos de ventas	160,00	166,46	176,65	191,21	211,12
Gastos operacionales	30,00	31,21	33,12	35,85	39,58
EBITDA	10,00	10,40	11,04	11,95	13,19
Depreciación	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	-10,00	10,40	11,04	11,95	13,19
Impuestos	-2,70	2,81	2,98	3,23	3,56
Utilidad Neta	-7,30	7,59	8,06	8,72	9,63
Flujo de caja operativo	12,70	7,59	8,06	8,72	9,63
Inversiones	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	100,00	4,04	6,37	9,10	12,44
Flujo de caja libre	-102,30	3,55	1,69	-0,38	-2,81
Flujo de caja acumulado	-102,30	-98,75	-97,05	-97,43	-100,24
VAN	-1093,18				
TIR	#¡NUM!				

porcentaje cap	0,5		tasa de op	0,12
6	7	8	9	10
297,19	341,38	399,98	478,01	582,69
237,75	273,10	319,98	382,41	466,15

44,58	51,21	60,00	71,70	87,40
14,86	17,07	20,00	23,90	29,13
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,86	17,07	20,00	23,90	29,13
4,01	4,61	5,40	6,45	7,87
10,85	12,46	14,60	17,45	21,27
10,85	12,46	14,60	17,45	21,27
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,65	22,09	29,30	39,02	52,34
-5,80	-9,63	-14,70	-21,57	-31,07
-106,04	-115,67	-130,37	-151,94	-183,01

11	12	13	14	15
724,50	918,85	1188,63	1568,37	2110,82
579,60	735,08	950,90	1254,69	1688,65
108,68	137,83	178,29	235,26	316,62
36,23	45,94	59,43	78,42	105,54
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36,23	45,94	59,43	78,42	105,54
9,78	12,40	16,05	21,17	28,50
26,44	33,54	43,38	57,25	77,04
26,44	33,54	43,38	57,25	77,04
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
70,91	97,17	134,89	189,87	271,22
-44,46	-63,63	-91,50	-132,63	-194,18
-227,47	-291,11	-382,61	-515,24	-709,42

Anexo 2

US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,03	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	300,00	318,27	347,78	391,43	453,78
Costos de ventas	240,00	238,70	260,84	293,57	340,33
Gastos operacionales	30,00	31,83	34,78	39,14	45,38
EBITDA	30,00	47,74	52,17	58,71	68,07
Depreciación	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	22,00	47,74	52,17	58,71	68,07
Impuestos	5,94	12,89	14,09	15,85	18,38
Utilidad Neta	16,06	34,85	38,08	42,86	49,69
Flujo de caja operativo	24,06	34,85	38,08	42,86	49,69

Inversiones	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	60,00	3,65	5,90	8,73	12,47
Flujo de caja libre	-115,94	31,20	32,18	34,13	37,22
Flujo de caja acumulado	-115,94	-84,74	-52,56	-18,43	18,79
VAN	1349,77				
TIR	0,34				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
6	7	8	9	10
541,83	666,39	844,16	1101,44	1480,24
406,38	499,79	633,12	826,08	1110,18
54,18	66,64	84,42	110,14	148,02
81,28	99,96	126,62	165,22	222,04
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
81,28	99,96	126,62	165,22	222,04
21,94	26,99	34,19	44,61	59,95
59,33	72,97	92,44	120,61	162,09
59,33	72,97	92,44	120,61	162,09
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,61	24,91	35,55	51,46	75,76
41,72	48,06	56,88	69,15	86,33
60,51	108,57	165,45	234,60	320,92

11	12	13	14	15
2048,99	2921,38	4290,14	6489,22	10110,00
1536,75	2191,03	3217,61	4866,92	7582,50
204,90	292,14	429,01	648,92	1011,00
307,35	438,21	643,52	973,38	1516,50
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
307,35	438,21	643,52	973,38	1516,50
82,98	118,32	173,75	262,81	409,45
224,36	319,89	469,77	710,57	1107,04
224,36	319,89	469,77	710,57	1107,04
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
113,75	174,48	273,75	439,82	724,15
110,61	145,41	196,02	270,75	382,89
431,54	576,95	772,97	1043,72	1426,61

Anexo 3

US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	15000,00	15913,50	17389,11	19571,60	22688,85
Costos de ventas	11250,00	11935,13	13041,83	14678,70	17016,63
Gastos operacionales	750,00	795,68	869,46	978,58	1134,44
EBITDA	3000,00	3182,70	3477,82	3914,32	4537,77
Depreciación	2500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	500,00	3182,70	3477,82	3914,32	4537,77
Impuestos	135,00	859,33	939,01	1056,87	1225,20
Utilidad Neta	365,00	2323,37	2538,81	2857,45	3312,57
Flujo de caja operativo	2865,00	2323,37	2538,81	2857,45	3312,57
Inversiones	5000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	1500,00	91,35	147,56	218,25	311,72
Flujo de caja libre	-3635,00	2232,02	2391,25	2639,20	3000,85
Flujo de caja acumulado	-3635,00	-1402,98	988,27	3627,47	6628,32
VAN	211422,03				
TIR	0,74				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
6	7	8	9	10
27091,67	33319,34	42207,94	55071,78	74011,87
20318,75	24989,50	31655,95	41303,84	55508,90
1354,58	1665,97	2110,40	2753,59	3700,59
5418,33	6663,87	8441,59	11014,36	14802,37
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5418,33	6663,87	8441,59	11014,36	14802,37
1462,95	1799,24	2279,23	2973,88	3996,64
3955,38	4864,62	6162,36	8040,48	10805,73
3955,38	4864,62	6162,36	8040,48	10805,73
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
440,28	622,77	888,86	1286,38	1894,01
3515,10	4241,86	5273,50	6754,10	8911,72
10143,42	14385,28	19658,78	26412,87	35324,60

11	12	13	14	15
102449,74	146068,83	214507,01	324461,09	505499,81
76837,31	109551,63	160880,25	243345,82	379124,86
5122,49	7303,44	10725,35	16223,05	25274,99
20489,95	29213,77	42901,40	64892,22	101099,96

0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20489,95	29213,77	42901,40	64892,22	101099,96
5532,29	7887,72	11583,38	17520,90	27296,99
14957,66	21326,05	31318,02	47371,32	73802,97
14957,66	21326,05	31318,02	47371,32	73802,97
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2843,79	4361,91	6843,82	10995,41	18103,87
12113,88	16964,14	24474,21	36375,91	55699,10
47438,47	64402,61	88876,82	125252,73	180951,83

Anexo 4

US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	0,50	0,55	0,64	0,78	0,99
Costos de ventas	0,35	0,39	0,45	0,54	0,69
Gastos operacionales	0,05	0,06	0,06	0,08	0,10
EBITDA	0,10	0,11	0,13	0,16	0,20
Depreciación	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20
Impuestos	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
Utilidad Neta	0,06	0,08	0,09	0,11	0,14
Flujo de caja operativo	0,08	0,08	0,09	0,11	0,14
Inversiones	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02
Flujo de caja libre	-0,12	0,08	0,08	0,10	0,12
Flujo de caja acumulado	-0,12	-0,05	0,04	0,14	0,26
VAN	16,39				
TIR	0,86				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,12
6	7	8	9	10
1,33	1,87	2,76	4,28	6,97
0,93	1,31	1,93	3,00	4,88
0,13	0,19	0,28	0,43	0,70
0,27	0,37	0,55	0,86	1,39
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,27	0,37	0,55	0,86	1,39
0,07	0,10	0,15	0,23	0,38

0,19	0,27	0,40	0,62	1,02
0,19	0,27	0,40	0,62	1,02
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,05	0,09	0,15	0,27
0,16	0,22	0,31	0,47	0,75
0,42	0,64	0,95	1,42	2,17

11	12	13	14	15
11,92	21,41	40,37	79,92	166,15
8,34	14,98	28,26	55,94	116,30
1,19	2,14	4,04	7,99	16,61
2,38	4,28	8,07	15,98	33,23
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,38	4,28	8,07	15,98	33,23
0,64	1,16	2,18	4,32	8,97
1,74	3,13	5,89	11,67	24,26
1,74	3,13	5,89	11,67	24,26
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,95	1,90	3,96	8,62
1,25	2,18	4,00	7,71	15,63
3,42	5,59	9,59	17,30	32,94

Anexo 5

US\$miles	Mediana empresa		Tasa crec	0,04	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	387,00	418,58	470,84	550,82	670,16
Costos de ventas	290,25	313,93	353,13	413,12	502,62
Gastos operacionales	58,05	41,86	47,08	55,08	67,02
EBITDA	38,70	62,79	70,63	82,62	100,52
Depreciación	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	18,70	62,79	70,63	82,62	100,52
Impuestos	5,05	16,95	19,07	22,31	27,14
Utilidad Neta	13,65	45,83	51,56	60,31	73,38
Flujo de caja operativo	33,65	45,83	51,56	60,31	73,38
Inversiones	180,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	38,70	3,16	5,23	8,00	11,93
Flujo de caja libre	-185,05	42,68	46,33	52,32	61,45
Flujo de caja acumulado	-185,05	-142,37	-96,04	-43,72	17,72

VAN	5442,98
TIR	0,41

Porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
6	7	8	9	10
847,96	1115,86	1527,14	2173,59	3217,45
635,97	836,90	1145,35	1630,19	2413,08
84,80	111,59	152,71	217,36	321,74
127,19	167,38	229,07	326,04	482,62
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
127,19	167,38	229,07	326,04	482,62
34,34	45,19	61,85	88,03	130,31
92,85	122,19	167,22	238,01	352,31
92,85	122,19	167,22	238,01	352,31
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,78	26,79	41,13	64,65	104,39
75,07	95,40	126,09	173,36	247,92
92,80	188,19	314,29	487,65	735,57

11	12	13	14	15
4953,11	7930,09	13204,18	22865,37	41179,24
3714,83	5947,57	9903,14	17149,03	30884,43
495,31	793,01	1320,42	2286,54	4117,92
742,97	1189,51	1980,63	3429,81	6176,89
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
742,97	1189,51	1980,63	3429,81	6176,89
200,60	321,17	534,77	926,05	1667,76
542,37	868,34	1445,86	2503,76	4509,13
542,37	868,34	1445,86	2503,76	4509,13
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
173,57	297,70	527,41	966,12	1831,39
368,80	570,65	918,45	1537,64	2677,74
1104,37	1675,02	2593,47	4131,11	6808,85

Anexo 6

US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,05	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	4200,00	4630,50	5360,38	6515,58	8315,71
Costos de ventas	3066,00	3380,27	3913,08	4756,37	6070,47
Gastos operacionales	630,00	694,58	804,06	977,34	1247,36
EBITDA	504,00	555,66	643,25	781,87	997,89
Depreciación	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	304,00	555,66	643,25	781,87	997,89
Impuestos	82,08	150,03	173,68	211,10	269,43
Utilidad Neta	221,92	405,63	469,57	570,76	728,46
Flujo de caja operativo	421,92	405,63	469,57	570,76	728,46
Inversiones	600,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	210,00	21,53	36,49	57,76	90,01
Flujo de caja libre	-388,08	384,11	433,08	513,00	638,45
Flujo de caja acumulado	-388,08	-3,97	429,10	942,11	1580,56
VAN	145278,38				
TIR	1,20				

porcentaje cap	0,05		tasa de op	0,08
6	7	8	9	10
11143,85	15680,52	23167,26	35940,03	58542,52
8135,01	11446,78	16912,10	26236,22	42736,04
1671,58	2352,08	3475,09	5391,00	8781,38
1337,26	1881,66	2780,07	4312,80	7025,10
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1337,26	1881,66	2780,07	4312,80	7025,10
361,06	508,05	750,62	1164,46	1896,78
976,20	1373,61	2029,45	3148,35	5128,33
976,20	1373,61	2029,45	3148,35	5128,33
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
141,41	226,83	374,34	638,64	1130,12
834,79	1146,78	1655,11	2509,71	3998,20
2415,35	3562,13	5217,25	7726,95	11725,15

11	12	13	14	15
100127,58	179814,75	339067,53	671330,52	1395647,94

73093,14	131264,77	247519,30	490071,28	1018823,00
15019,14	26972,21	50860,13	100699,58	209347,19
12015,31	21577,77	40688,10	80559,66	167477,75
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12015,31	21577,77	40688,10	80559,66	167477,75
3244,13	5826,00	10985,79	21751,11	45218,99
8771,18	15751,77	29702,32	58808,55	122258,76
8771,18	15751,77	29702,32	58808,55	122258,76
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2079,25	3984,36	7962,64	16613,15	36215,87
6691,92	11767,41	21739,68	42195,40	86042,89
18417,08	30184,49	51924,17	94119,57	180162,46

Anexo 7

US\$miles	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	2,00	2,21	2,55	3,10	3,96
Costos de ventas	1,30	1,43	1,66	2,02	2,57
Gastos operacionales	0,40	0,44	0,51	0,62	0,79
EBITDA	0,30	0,33	0,38	0,47	0,59
Depreciación	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	0,20	0,33	0,38	0,47	0,59
Impuestos	0,05	0,09	0,10	0,13	0,16
Utilidad Neta	0,15	0,24	0,28	0,34	0,43
Flujo de caja operativo	0,25	0,24	0,28	0,34	0,43
Inversiones	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	0,50	0,05	0,09	0,14	0,21
Flujo de caja libre	-0,48	0,19	0,19	0,20	0,22
Flujo de caja acumulado	-0,48	-0,29	-0,10	0,10	0,32
VAN	-0,82				
TIR	0,21				

porcentaje cap	0,25		tasa de op	0,12
6	7	8	9	10
5,31	7,47	11,03	17,11	27,88
3,45	4,85	7,17	11,12	18,12
1,06	1,49	2,21	3,42	5,58

0,80	1,12	1,65	2,57	4,18
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,80	1,12	1,65	2,57	4,18
0,21	0,30	0,45	0,69	1,13
0,58	0,82	1,21	1,87	3,05
0,58	0,82	1,21	1,87	3,05
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,34	0,54	0,89	1,52	2,69
0,24	0,28	0,32	0,35	0,36
0,56	0,84	1,16	1,51	1,87

11	12	13	14	15
47,68	85,63	161,46	319,68	664,59
30,99	55,66	104,95	207,79	431,99
9,54	17,13	32,29	63,94	132,92
7,15	12,84	24,22	47,95	99,69
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,15	12,84	24,22	47,95	99,69
1,93	3,47	6,54	12,95	26,92
5,22	9,38	17,68	35,01	72,77
5,22	9,38	17,68	35,01	72,77
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,95	9,49	18,96	39,56	86,23
0,27	-0,11	-1,28	-4,55	-13,46
2,14	2,03	0,76	-3,79	-17,25

Anexo 8

US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,05	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	3,50	3,86	4,47	5,43	6,93
Costos de ventas	2,28	2,51	2,90	3,53	4,50
Gastos operacionales	0,53	0,58	0,67	0,81	1,04
EBITDA	0,70	0,77	0,89	1,09	1,39
Depreciación	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	0,66	0,77	0,89	1,09	1,39
Impuestos	0,18	0,21	0,24	0,29	0,37
Utilidad Neta	0,48	0,56	0,65	0,79	1,01
Flujo de caja operativo	0,52	0,56	0,65	0,79	1,01

Inversiones	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	0,70	0,07	0,12	0,19	0,30
Flujo de caja libre	-0,98	0,49	0,53	0,60	0,71
Flujo de caja acumulado	-0,98	-0,49	0,04	0,64	1,36
VAN	81,76				
TIR	0,70				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
6	7	8	9	10
9,29	13,07	19,31	29,95	48,79
6,04	8,49	12,55	19,47	31,71
1,39	1,96	2,90	4,49	7,32
1,86	2,61	3,86	5,99	9,76
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,86	2,61	3,86	5,99	9,76
0,50	0,71	1,04	1,62	2,63
1,36	1,91	2,82	4,37	7,12
1,36	1,91	2,82	4,37	7,12
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,47	0,76	1,25	2,13	3,77
0,88	1,15	1,57	2,24	3,36
2,24	3,39	4,96	7,21	10,56

11	12	13	14	15
83,44	149,85	282,56	559,44	1163,04
54,24	97,40	183,66	363,64	755,98
12,52	22,48	42,38	83,92	174,46
16,69	29,97	56,51	111,89	232,61
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,69	29,97	56,51	111,89	232,61
4,51	8,09	15,26	30,21	62,80
12,18	21,88	41,25	81,68	169,80
12,18	21,88	41,25	81,68	169,80
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,93	13,28	26,54	55,38	120,72
5,25	8,60	14,71	26,30	49,08
15,81	24,41	39,12	65,42	114,51

Anexo 9

US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Año	1	2	3	4	5
Ventas	1800,00	1909,62	2086,69	2348,59	2722,66
Costos de ventas	1350,00	1432,22	1565,02	1761,44	2042,00
Gastos operacionales	288,00	305,54	333,87	375,77	435,63
EBITDA	162,00	171,87	187,80	211,37	245,04
Depreciación	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	159,00	171,87	187,80	211,37	245,04
Impuestos	42,93	46,40	50,71	57,07	66,16
Utilidad Neta	116,07	125,46	137,10	154,30	178,88
Flujo de caja operativo	119,07	125,46	137,10	154,30	178,88
Inversiones	180,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cambio en capital de trabajo	270,00	16,44	26,56	39,28	56,11
Flujo de caja libre	-330,93	109,02	110,53	115,02	122,77
Flujo de caja acumulado	-330,93	-221,91	-111,38	3,64	126,41
VAN	4047,14				
TIR	0,38				

porcentaje cap	0,15		tasa de op	0,1
6	7	8	9	10
3251,00	3998,32	5064,95	6608,61	8881,42
2438,25	2998,74	3798,71	4956,46	6661,07
520,16	639,73	810,39	1057,38	1421,03
292,59	359,85	455,85	594,78	799,33
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
292,59	359,85	455,85	594,78	799,33
79,00	97,16	123,08	160,59	215,82
213,59	262,69	332,77	434,19	583,51
213,59	262,69	332,77	434,19	583,51
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
79,25	112,10	159,99	231,55	340,92
134,34	150,59	172,77	202,64	242,59
260,75	411,34	584,11	786,75	1029,34

11	12	13	14	15
----	----	----	----	----

12293,97	17528,26	25740,84	38935,33	60659,98
9220,48	13146,20	19305,63	29201,50	45494,98
1967,04	2804,52	4118,53	6229,65	9705,60
1106,46	1577,54	2316,68	3504,18	5459,40
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1106,46	1577,54	2316,68	3504,18	5459,40
298,74	425,94	625,50	946,13	1474,04
807,71	1151,61	1691,17	2558,05	3985,36
807,71	1151,61	1691,17	2558,05	3985,36
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
511,88	785,14	1231,89	1979,17	3258,70
295,83	366,46	459,29	578,88	726,66
1325,17	1691,63	2150,92	2729,80	3456,46

Anexo 10

5S/Lean básico					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,02	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,05	0,003	0,001	0,1	0,25
Año	1	2	3	4	5
Ventas	200,00	216,32	243,33	284,66	346,34
Costos de ventas	150,00	162,24	182,50	213,50	259,75
Gastos operacionales	30,80	32,66	36,74	42,98	52,30
EBITDA	19,20	21,42	24,09	28,18	34,29
Depreciación	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	-0,80	21,42	24,09	28,18	34,29
Impuestos	-0,22	5,78	6,50	7,61	9,26
Utilidad Neta	-0,58	15,63	17,59	20,57	25,03
Flujo de caja operativo	19,42	15,63	17,59	20,57	25,03
Inversiones	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50
Cambio en capital de trabajo	25,00	2,04	3,38	5,17	7,71
Flujo de caja libre	-22,08	-2,91	-2,29	-1,09	0,82
Flujo de caja acumulado	-22,08	-24,99	-27,28	-28,38	-27,55
VAN	349,35				
TIR	0,29				

porcentaje cap	0,5		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				

0				
6	7	8	9	10
438,22	576,67	789,22	1123,30	1662,76
328,67	432,51	591,91	842,48	1247,07
66,17	87,08	119,17	169,62	251,08
43,38	57,09	78,13	111,21	164,61
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
43,38	57,09	78,13	111,21	164,61
11,71	15,41	21,10	30,03	44,45
31,67	41,68	57,04	81,18	120,17
31,67	41,68	57,04	81,18	120,17
16,50	16,50	16,50	16,50	16,50
11,49	17,31	26,57	41,76	67,43
3,68	7,87	13,97	22,92	36,24
-23,87	-16,00	-2,03	20,89	57,12

11	12	13	14	15
2559,75	4098,24	6823,87	11816,73	21281,26
1919,81	3073,68	5117,90	8862,55	15960,95
386,52	618,83	1030,40	1784,33	3213,47
253,41	405,73	675,56	1169,86	2106,84
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
253,41	405,73	675,56	1169,86	2106,84
68,42	109,55	182,40	315,86	568,85
184,99	296,18	493,16	854,00	1538,00
184,99	296,18	493,16	854,00	1538,00
16,50	16,50	16,50	16,50	16,50
112,12	192,31	340,70	624,11	1183,07
56,37	87,37	135,96	213,39	338,43
113,49	200,86	336,82	550,21	888,64

Anexo 11

BPM (Gestión por procesos) + IoT/Telemática					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,02	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,05	0,06	0,005	0,0015	0,05	0,08
Año	1	2	3	4	5
Ventas	200,00	228,98	257,57	301,32	366,60

Costos de ventas	148,00	169,45	190,60	222,98	271,29
Gastos operacionales	31,30	34,69	39,02	45,65	55,54
EBITDA	20,70	24,84	27,95	32,69	39,78
Depreciación	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	0,70	24,84	27,95	32,69	39,78
Impuestos	0,19	6,71	7,55	8,83	10,74
Utilidad Neta	0,51	18,14	20,40	23,87	29,04
Flujo de caja operativo	20,51	18,14	20,40	23,87	29,04
Inversiones	16,35	15,75	15,75	15,75	15,75
Cambio en capital de trabajo	8,00	1,16	1,14	1,75	2,61
Flujo de caja libre	-3,84	1,23	3,51	6,37	10,68
Flujo de caja acumulado	-3,84	-2,61	0,90	7,26	17,94
VAN	1789,05				
TIR	1,14				

porcentaje cap	0,5		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0,6				
6	7	8	9	10
463,87	610,42	835,41	1189,04	1760,08
343,26	451,71	618,20	879,89	1302,46
70,28	92,48	126,56	180,14	266,65
50,33	66,23	90,64	129,01	190,97
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50,33	66,23	90,64	129,01	190,97
13,59	17,88	24,47	34,83	51,56
36,74	48,35	66,17	94,18	139,41
36,74	48,35	66,17	94,18	139,41
15,75	15,75	15,75	15,75	15,75
3,89	5,86	9,00	14,15	22,84
17,10	26,74	41,42	64,28	100,82
35,04	61,77	103,19	167,48	268,29

11	12	13	14	15
2709,55	4338,08	7223,23	12508,30	22526,73
2005,07	3210,18	5345,19	9256,14	16669,78
410,50	657,22	1094,32	1895,01	3412,80
293,99	470,68	783,72	1357,15	2444,15
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
293,99	470,68	783,72	1357,15	2444,15
79,38	127,08	211,60	366,43	659,92

214,61	343,60	572,12	990,72	1784,23
214,61	343,60	572,12	990,72	1784,23
15,75	15,75	15,75	15,75	15,75
37,98	65,14	115,41	211,40	400,74
160,88	262,71	440,96	763,57	1367,74
429,17	691,88	1132,84	1896,41	3264,15

Anexo 12

ISO 9001 + estandarización de mantención/procurement					
US\$miles	Pequeña empresa		Tasa crec	0,02	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,03	0,0035	0,001	0	0,06
Año	1	2	3	4	5
Ventas	200,00	216,32	243,33	284,66	346,34
Costos de ventas	154,00	166,57	187,36	219,19	266,68
Gastos operacionales	30,90	32,66	36,74	42,98	52,30
EBITDA	15,10	17,09	19,22	22,49	27,36
Depreciación	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	-4,90	17,09	19,22	22,49	27,36
Impuestos	-1,32	4,61	5,19	6,07	7,39
Utilidad Neta	-3,58	12,48	14,03	16,42	19,97
Flujo de caja operativo	16,42	12,48	14,03	16,42	19,97
Inversiones	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Cambio en capital de trabajo	6,00	0,49	0,81	1,24	1,85
Flujo de caja libre	-4,58	-3,01	-1,78	0,18	3,12
Flujo de caja acumulado	-4,58	-7,59	-9,37	-9,19	-6,07
VAN	1068,42				
TIR	0,63				

porcentaje cap	0,5		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10

438,22	576,67	789,22	1123,30	1662,76
337,43	444,04	607,70	864,94	1280,33
66,17	87,08	119,17	169,62	251,08
34,62	45,56	62,35	88,74	131,36
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34,62	45,56	62,35	88,74	131,36
9,35	12,30	16,83	23,96	35,47
25,27	33,26	45,51	64,78	95,89
25,27	33,26	45,51	64,78	95,89
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
2,76	4,15	6,38	10,02	16,18
7,52	14,10	24,14	39,76	64,71
1,45	15,55	39,69	79,45	144,15

11	12	13	14	15
2559,75	4098,24	6823,87	11816,73	21281,26
1971,01	3155,64	5254,38	9098,88	16386,57
386,52	618,83	1030,40	1784,33	3213,47
202,22	323,76	539,09	933,52	1681,22
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
202,22	323,76	539,09	933,52	1681,22
54,60	87,42	145,55	252,05	453,93
147,62	236,35	393,53	681,47	1227,29
147,62	236,35	393,53	681,47	1227,29
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
26,91	46,15	81,77	149,79	283,94
105,71	175,19	296,76	516,68	928,35
249,86	425,06	721,82	1238,50	2166,86

Anexo 13

Lean + 5S + estandarización de mantenimiento					
US\$miles	Pequeña empresa		Tasa crec	0,02	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,05	0,0025	0,001	0	0,1
Año	1	2	3	4	5
Ventas	200,00	216,32	243,33	284,66	346,34
Costos de ventas	150,00	162,24	182,50	213,50	259,75
Gastos operacionales	30,70	32,66	36,74	42,98	52,30

EBITDA	19,30	21,42	24,09	28,18	34,29
Depreciación	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBIT	-0,70	21,42	24,09	28,18	34,29
Impuestos	-0,19	5,78	6,50	7,61	9,26
Utilidad Neta	-0,51	15,63	17,59	20,57	25,03
Flujo de caja operativo	19,49	15,63	17,59	20,57	25,03
Inversiones	15,10	15,00	15,00	15,00	15,00
Cambio en capital de trabajo	10,00	0,82	1,35	2,07	3,08
Flujo de caja libre	-5,61	-0,18	1,23	3,51	6,95
Flujo de caja acumulado	-5,61	-5,79	-4,56	-1,05	5,89
VAN	1332,86				
TIR	0,78				

porcentaje cap	0,5		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0,2				
6	7	8	9	10
438,22	576,67	789,22	1123,30	1662,76
328,67	432,51	591,91	842,48	1247,07
66,17	87,08	119,17	169,62	251,08
43,38	57,09	78,13	111,21	164,61
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
43,38	57,09	78,13	111,21	164,61
11,71	15,41	21,10	30,03	44,45
31,67	41,68	57,04	81,18	120,17
31,67	41,68	57,04	81,18	120,17
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
4,59	6,92	10,63	16,70	26,97
12,08	19,75	31,41	49,48	78,19
17,97	37,72	69,13	118,61	196,80

11	12	13	14	15
2559,75	4098,24	6823,87	11816,73	21281,26
1919,81	3073,68	5117,90	8862,55	15960,95
386,52	618,83	1030,40	1784,33	3213,47
253,41	405,73	675,56	1169,86	2106,84
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
253,41	405,73	675,56	1169,86	2106,84
68,42	109,55	182,40	315,86	568,85
184,99	296,18	493,16	854,00	1538,00
184,99	296,18	493,16	854,00	1538,00

15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
44,85	76,92	136,28	249,64	473,23
125,14	204,26	341,88	589,35	1049,77
321,95	526,20	868,08	1457,43	2507,20

Anexo 14

TPM + mantenimiento predictivo					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,04	0,08	0,004	0,0015	0,15	0,12
Año	1	2	3	4	5
Ventas	300,00	343,47	420,77	551,54	773,56
Costos de ventas	201,00	230,12	281,91	369,53	518,29
Gastos operacionales	46,65	52,04	63,75	83,56	117,19
EBITDA	52,35	61,31	75,11	98,45	138,08
Depreciación	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
EBIT	22,35	31,31	45,10	68,45	108,08
Impuestos	6,03	8,45	12,18	18,48	29,18
Utilidad Neta	16,31	22,85	32,93	49,97	78,90
Flujo de caja operativo	46,32	52,86	62,93	79,97	108,90
Inversiones	92,60	92,00	92,00	92,00	92,00
Cambio en capital de trabajo	7,20	1,04	1,86	3,14	5,33
Flujo de caja libre	-53,48	-40,19	-30,93	-15,17	11,57
Flujo de caja acumulado	-53,48	-93,67	-124,60	-139,77	-128,20
VAN	73338,43				
TIR	0,78				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0,5				
6	7	8	9	10
1160,91	1864,16	3202,97	5888,54	11583,65
777,81	1248,99	2145,99	3945,32	7761,04
175,88	282,42	485,25	892,11	1754,92
207,22	332,75	571,73	1051,10	2067,68
30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
177,22	302,75	541,73	1021,10	2037,68

47,85	81,74	146,27	275,70	550,17
129,37	221,01	395,46	745,40	1487,51
159,37	251,01	425,46	775,41	1517,51
92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
9,30	16,88	32,13	64,45	136,68
58,08	142,13	301,33	618,95	1288,82
-70,12	72,01	373,34	992,30	2281,12

11	12	13	14	15
24381,86	54912,62	132330,89	341219,73	941436,00
16335,85	36791,45	88661,70	228617,22	630762,12
3693,85	8319,26	20048,13	51694,79	142627,55
4352,16	9801,90	23621,06	60907,72	168046,33
30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
4322,16	9771,90	23591,06	60877,72	168016,32
1166,98	2638,41	6369,59	16436,98	45364,41
3155,18	7133,49	17221,48	44440,74	122651,92
3185,18	7163,49	17251,48	44470,74	122681,92
92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
307,16	732,74	1858,04	5013,33	14405,19
2786,02	6338,75	15301,44	39365,41	108184,73
5067,14	11405,89	26707,33	66072,74	174257,47

Anexo 15

Six sigma en molienda/ energía (DMAIC + control de proceso)					
US\$mil	Mediana empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,1	0,005	0,002	0	0,08
Año	1	2	3	4	5
Ventas	300,00	330,75	382,88	465,40	593,98
Costos de ventas	195,00	214,99	248,87	302,51	386,09
Gastos operacionales	47,10	50,27	58,20	70,74	90,28
EBITDA	57,90	65,49	75,81	92,15	117,61
Depreciación	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
EBIT	27,90	35,49	45,81	62,15	87,61
Impuestos	7,53	9,58	12,37	16,78	23,65
Utilidad Neta	20,37	25,91	33,44	45,37	63,95

Flujo de caja operativo	50,37	55,91	63,44	75,37	93,95
Inversiones	80,45	80,00	80,00	80,00	80,00
Cambio en capital de trabajo	4,80	0,49	0,83	1,32	2,06
Flujo de caja libre	-34,88	-24,58	-17,39	-5,95	11,90
Flujo de caja acumulado	-34,88	-59,47	-76,86	-82,81	-70,91
VAN	14216,76				
TIR	0,63				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0,3				
6	7	8	9	10
795,99	1120,04	1654,80	2567,15	4181,61
517,39	728,02	1075,62	1668,64	2718,05
120,99	170,25	251,53	390,21	635,60
157,61	221,77	327,65	508,29	827,96
30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
127,60	191,77	297,65	478,29	797,96
34,45	51,78	80,37	129,14	215,45
93,15	139,99	217,28	349,15	582,51
123,15	169,99	247,29	379,16	612,51
80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
3,23	5,18	8,56	14,60	25,83
39,92	84,81	158,73	284,56	506,68
-30,99	53,81	212,54	497,10	1003,78

11	12	13	14	15
7151,97	12843,91	24219,11	47952,18	99689,14
4648,78	8348,54	15742,42	31168,92	64797,94
1087,10	1952,27	3681,30	7288,73	15152,75
1416,09	2543,09	4795,38	9494,53	19738,45
30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
1386,09	2513,09	4765,38	9464,53	19708,45
374,24	678,54	1286,65	2555,42	5321,28
1011,84	1834,56	3478,73	6909,11	14387,17
1041,85	1864,56	3508,73	6939,11	14417,17
80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
47,53	91,07	182,00	379,73	827,79
914,32	1693,49	3246,73	6479,38	13509,38
1918,10	3611,59	6858,32	13337,69	26847,07

Anexo 16

JIT de insumos y repuestos (Lean supply)					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0	0,02	0,002	0,0005	0	0,25
Año	1	2	3	4	5
Ventas	300,00	318,27	347,78	391,43	453,78
Costos de ventas	219,00	232,34	253,88	285,75	331,26
Gastos operacionales	45,75	47,90	52,34	58,91	68,29
EBITDA	35,25	38,03	41,56	46,78	54,23
Depreciación	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
EBIT	27,25	30,03	33,56	38,78	46,23
Impuestos	7,36	8,11	9,06	10,47	12,48
Utilidad Neta	19,89	21,92	24,50	28,31	33,75
Flujo de caja operativo	27,89	29,92	32,50	36,31	41,75
Inversiones	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Cambio en capital de trabajo	15,00	0,91	1,48	2,18	3,12
Flujo de caja libre	-67,11	-50,99	-48,98	-45,88	-41,37
Flujo de caja acumulado	-67,11	-118,10	-167,07	-212,95	-254,32
VAN	-965,34				
TIR	-0,05				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
541,83	666,39	844,16	1101,44	1480,24
395,54	486,46	616,24	804,05	1080,57
81,55	100,29	127,05	165,77	222,78
64,75	79,63	100,88	131,62	176,89
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
56,75	71,63	92,88	123,62	168,89
15,32	19,34	25,08	33,38	45,60
41,43	52,29	67,80	90,24	123,29
49,43	60,29	75,80	98,24	131,29
80,00	80,00	80,00	80,00	80,00

4,40	6,23	8,89	12,86	18,94
-34,98	-25,94	-13,09	5,38	32,35
-289,30	-315,23	-328,32	-322,94	-290,59

11	12	13	14	15
2048,99	2921,38	4290,14	6489,22	10110,00
1495,77	2132,60	3131,80	4737,13	7380,30
308,37	439,67	645,67	976,63	1521,55
244,85	349,10	512,67	775,46	1208,14
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
236,85	341,10	504,67	767,46	1200,14
63,95	92,10	136,26	207,21	324,04
172,90	249,01	368,41	560,25	876,11
180,90	257,01	376,41	568,25	884,11
80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
28,44	43,62	68,44	109,95	181,04
72,47	133,39	227,97	378,29	623,07
-218,13	-84,74	143,23	521,53	1144,59

Anexo 17

IoT + analítica predictiva para confiabilidad					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,03	0,07	0,004	0,0015	0,1	0,1
Año	1	2	3	4	5
Ventas	300,00	337,08	401,47	506,84	678,27
Costos de ventas	204,00	229,21	273,00	344,65	461,22
Gastos operacionales	46,65	51,07	60,82	76,79	102,76
EBITDA	49,35	56,80	67,65	85,40	114,29
Depreciación	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
EBIT	19,35	26,80	37,65	55,40	84,29
Impuestos	5,22	7,24	10,16	14,96	22,76
Utilidad Neta	14,12	19,56	27,48	40,44	61,53
Flujo de caja operativo	44,13	49,56	57,48	70,44	91,53
Inversiones	88,48	88,00	88,00	88,00	88,00
Cambio en capital de trabajo	6,00	0,74	1,29	2,11	3,43
Flujo de caja libre	-50,35	-39,18	-31,80	-19,66	0,10
Flujo de caja acumulado	-50,35	-89,53	-121,34	-141,00	-140,90
VAN	27859,54				
TIR	0,64				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0,4				
6	7	8	9	10
962,14	1446,70	2305,83	3895,64	6976,51
654,26	983,76	1567,96	2649,04	4744,02
145,76	219,18	349,33	590,19	1056,94
162,12	243,77	388,53	656,42	1175,54
30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
132,12	213,77	358,53	626,41	1145,54
35,67	57,72	96,80	169,13	309,30
96,45	156,05	261,73	457,28	836,24
126,45	186,05	291,73	487,28	866,25
88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
5,68	9,69	17,18	31,80	61,62
32,77	88,36	186,55	367,49	716,63
-108,13	-19,77	166,78	534,27	1250,90

11	12	13	14	15
13243,49	26648,51	56839,35	128508,32	307977,66
9005,57	18120,98	38650,76	87385,66	209424,81
2006,39	4037,25	8611,16	19469,01	46658,62
2231,53	4490,27	9577,43	21653,65	51894,24
30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
2201,53	4460,27	9547,43	21623,65	51864,23
594,41	1204,27	2577,81	5838,39	14003,34
1607,11	3256,00	6969,62	15785,26	37860,89
1637,12	3286,00	6999,63	15815,27	37890,89
88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
125,34	268,10	603,82	1433,38	3589,39
1423,78	2929,90	6307,81	14293,89	34213,51
2674,67	5604,57	11912,38	26206,27	60419,77

Anexo 18

Control de Proceso SPC/APC					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,03	0,07	0,004	0,002	0	0,1
Año	1	2	3	4	5
Ventas	15000,00	16854,00	20073,38	25342,18	33913,56
Costos de ventas	10200,00	11460,72	13649,90	17232,69	23061,22
Gastos operacionales	840,00	876,41	1043,82	1317,79	1763,51
EBITDA	3960,00	4516,87	5379,67	6791,71	9088,83
Depreciación	502,40	500,00	500,00	500,00	500,00
EBIT	3457,60	4016,87	4879,67	6291,70	8588,83
Impuestos	933,55	1084,56	1317,51	1698,76	2318,98
Utilidad Neta	2524,05	2932,32	3562,16	4592,94	6269,85
Flujo de caja operativo	3026,45	3432,32	4062,16	5092,95	6769,85
Inversiones	5024,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
Cambio en capital de trabajo	150,00	18,54	32,19	52,69	85,71
Flujo de caja libre	-2147,55	-1586,22	-970,04	40,26	1684,14
Flujo de caja acumulado	-2147,55	-3733,77	-4703,81	-4663,55	-2979,42
VAN	2780163,35				
TIR	0,80				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
Inir a CapEx				
0,4				

6	7	8	9	10
48107,03	72335,19	115291,30	194782,23	348825,31
32712,78	49187,93	78398,09	132451,92	237201,21
2501,57	3761,43	5995,15	10128,68	18138,92
12892,68	19385,83	30898,07	52201,64	93485,18
500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
12392,68	18885,83	30398,07	51701,64	92985,18
3346,02	5099,17	8207,48	13959,44	25106,00
9046,66	13786,66	22190,59	37742,19	67879,18
9546,66	14286,66	22690,59	38242,20	68379,18
5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
141,93	242,28	429,56	794,91	1540,43
4404,73	9044,38	17261,03	32447,29	61838,75
1425,31	10469,68	27730,71	60178,00	122016,75

11	12	13	14	15
662174,57	1332425,34	2841967,67	6425415,94	15398883,22
450278,71	906049,23	1932538,01	4369282,84	10471240,59
34433,08	69286,12	147782,32	334121,63	800741,93
177462,79	357089,99	761647,34	1722011,47	4126900,70
500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
176962,78	356589,99	761147,33	1721511,47	4126400,70
47779,95	96279,30	205509,78	464808,10	1114128,19
129182,83	260310,69	555637,55	1256703,37	3012272,51
129682,83	260810,69	556137,56	1257203,38	3012772,51
5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
3133,49	6702,51	15095,42	35834,48	89734,67
121549,34	249108,19	536042,13	1216368,89	2918037,84
243566,09	492674,28	1028716,41	2245085,30	5163123,15

Anexo 19

Lean Maintenance enterprise (planificación)					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,05	0,003	0,0015	0,08	0,12
Año	1	2	3	4	5
Ventas	15000,00	16537,50	19144,22	23269,92	29698,97
Costos de ventas	10500,00	11576,25	13400,96	16288,95	20789,28
Gastos operacionales	817,50	851,68	985,93	1198,40	1529,50
EBITDA	3682,50	4109,57	4757,34	5782,58	7380,20

Depreciación	541,80	540,00	540,00	540,00	540,00
EBIT	3140,70	3569,57	4217,34	5242,57	6840,19
Impuestos	847,99	963,78	1138,68	1415,50	1846,85
Utilidad Neta	2292,71	2605,78	3078,66	3827,08	4993,34
Flujo de caja operativo	2834,51	3145,79	3618,66	4367,08	5533,34
Inversiones	5418,00	5400,00	5400,00	5400,00	5400,00
Cambio en capital de trabajo	180,00	18,45	31,28	49,51	77,15
Flujo de caja libre	-2763,49	-2272,66	-1812,62	-1082,43	56,19
Flujo de caja acumulado	-2763,49	-5036,15	-6848,78	-7931,20	-7875,01
VAN	1000972,70				
TIR	0,56				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
Inir a CapEx				
0,4				
6	7	8	9	10
39799,47	56001,84	82740,23	128357,25	209080,44
27859,63	39201,29	57918,16	89850,08	146356,31
2049,67	2884,10	4261,12	6610,40	10767,64
9890,17	13916,46	20560,95	31896,78	51956,49
540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
9350,17	13376,46	20020,95	31356,78	51416,49
2524,54	3611,64	5405,66	8466,33	13882,45
6825,62	9764,81	14615,29	22890,45	37534,04
7365,62	10304,81	15155,29	23430,45	38074,04
5400,00	5400,00	5400,00	5400,00	5400,00
121,21	194,43	320,86	547,40	968,68
1844,42	4710,39	9434,43	17483,04	31705,36
-6030,59	-1320,21	8114,22	25597,27	57302,63

11	12	13	14	15
357598,51	642195,54	1210955,48	2397609,01	4984456,94
250318,96	449536,88	847668,83	1678326,31	3489119,86
18416,32	33073,07	62364,21	123476,86	256699,53
88863,23	159585,59	300922,44	595805,84	1238637,55
540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
88323,23	159045,59	300382,43	595265,84	1238097,55
23847,27	42942,31	81103,26	160721,78	334286,34
64475,96	116103,28	219279,18	434544,06	903811,21
65015,96	116643,28	219819,18	435084,06	904351,21
5400,00	5400,00	5400,00	5400,00	5400,00
1782,22	3415,16	6825,12	14239,84	31042,18
57833,74	107828,12	207594,06	415444,22	867909,04

115136,37	222964,49	430558,55	846002,77	1713911,80
-----------	-----------	-----------	-----------	------------

Anexo 20

ISO 9001/14001/45001					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,01	0,025	0,0015	0,0005	0	0,05
Año	1	2	3	4	5
Ventas	15000,00	16224,00	18249,79	21349,68	25975,15
Costos de ventas	10875,00	11762,40	13231,10	15478,52	18831,98
Gastos operacionales	780,00	819,31	921,61	1078,16	1311,74
EBITDA	3345,00	3642,29	4097,08	4793,00	5831,42
Depreciación	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
EBIT	2845,00	3142,29	3597,08	4293,00	5331,42
Impuestos	768,15	848,42	971,21	1159,11	1439,48
Utilidad Neta	2076,85	2293,87	2625,87	3133,89	3891,94
Flujo de caja operativo	2576,85	2793,87	3125,87	3633,89	4391,94
Inversiones	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
Cambio en capital de trabajo	75,00	6,12	10,13	15,50	23,13
Flujo de caja libre	-2498,15	-2212,25	-1884,26	-1381,61	-631,19
Flujo de caja acumulado	-2498,15	-4710,40	-6594,66	-7976,27	-8607,46
VAN	338433,16				
TIR	0,41				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
32866,85	43250,53	59191,33	84247,73	124707,22
23828,46	31356,63	42913,72	61079,60	90412,73
1659,78	2184,15	2989,16	4254,51	6297,71
7378,61	9709,74	13288,45	18913,61	27996,77
500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
6878,61	9209,74	12788,45	18413,61	27496,77
1857,22	2486,63	3452,88	4971,68	7424,13
5021,38	6723,11	9335,57	13441,94	20072,64
5521,38	7223,11	9835,57	13941,94	20572,64
5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
34,46	51,92	79,70	125,28	202,30
486,92	2171,19	4755,87	8816,66	15370,34
-8120,53	-5949,34	-1193,47	7623,18	22993,53

11	12	13	14	15
191981,03	307367,81	511790,00	886254,69	1596094,63
139186,25	222841,66	371047,75	642534,65	1157168,60
9695,04	15522,07	25845,40	44755,86	80602,78
43099,74	69004,07	114896,86	198964,18	358323,24
500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
42599,74	68504,07	114396,86	198464,18	357823,24
11501,93	18496,10	30887,15	53585,33	96612,28
31097,81	50007,97	83509,70	144878,85	261210,97
31597,81	50507,97	84009,70	145378,85	261710,97
5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
336,37	576,93	1022,11	1872,32	3549,20
26261,44	44931,04	77987,59	138506,53	253161,77
49254,97	94186,01	172173,60	310680,13	563841,90

Anexo 21

Six sigma + SPC + analítica avanzada					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,04	0,06	0,005	0,002	0	0,1
Año	1	2	3	4	5
Ventas	15000,00	17173,50	21038,28	27576,89	38678,01
Costos de ventas	10350,00	11849,72	14516,41	19028,05	26687,83
Gastos operacionales	855,00	893,02	1093,99	1434,00	2011,26
EBITDA	3795,00	4430,76	5427,88	7114,84	9978,93
Depreciación	503,75	500,00	500,00	500,00	500,00
EBIT	3291,25	3930,76	4927,87	6614,83	9478,92
Impuestos	888,64	1061,31	1330,53	1786,01	2559,31
Utilidad Neta	2402,61	2869,46	3597,35	4828,83	6919,62
Flujo de caja operativo	2906,36	3369,46	4097,35	5328,83	7419,62
Inversiones	5037,50	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
Cambio en capital de trabajo	150,00	21,74	38,65	65,39	111,01
Flujo de caja libre	-2281,14	-1652,28	-941,30	263,45	2308,61
Flujo de caja acumulado	-2281,14	-3933,41	-4874,71	-4611,27	-2302,66
VAN	6649572,10				
TIR	0,92				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
Inir a CapEx				

0,5				
6	7	8	9	10
58045,27	93208,01	160148,72	294426,89	579182,26
40051,23	64313,53	110502,62	203154,56	399635,76
3018,35	4846,82	8327,73	15310,20	30117,48
14975,68	24047,67	41318,37	75962,14	149429,02
500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
14475,68	23547,67	40818,37	75462,14	148929,02
3908,43	6357,87	11020,96	20374,78	40210,84
10567,24	17189,80	29797,41	55087,36	108718,19
11067,25	17689,80	30297,41	55587,36	109218,19
5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
193,67	351,63	669,41	1342,78	2847,55
5873,57	12338,17	24628,00	49244,58	101370,63
3570,91	15909,08	40537,09	89781,67	191152,30

11	12	13	14	15
1219092,92	2745630,82	6616544,70	17060986,46	47071799,76
841174,11	1894485,26	4565415,84	11772080,66	32479541,83
63392,83	142772,80	344060,32	887171,30	2447733,59
314525,97	708372,75	1707068,53	4401734,51	12144524,34
500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
314025,97	707872,75	1706568,53	4401234,50	12144024,34
84787,01	191125,64	460773,50	1188333,32	3278886,57
229238,96	516747,11	1245795,03	3212901,19	8865137,76
229738,96	517247,11	1246295,03	3213401,19	8865637,77
5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
6399,11	15265,38	38709,14	104444,42	300108,13
218339,85	496981,73	1202585,89	3103956,77	8560529,63
409492,16	906473,89	2109059,78	5213016,55	13773546,18

Anexo 22

HACCP/ ISO 22000					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,03	0,02	0,003	0,001	0	0,05
Año	1	2	3	4	5
Ventas	0,50	0,58	0,73	1,00	1,47
Costos de ventas	0,34	0,40	0,50	0,68	1,00

Gastos operacionales	0,05	0,06	0,07	0,10	0,15
EBITDA	0,11	0,13	0,16	0,22	0,32
Depreciación	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
EBIT	0,09	0,11	0,15	0,20	0,31
Impuestos	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08
Utilidad Neta	0,07	0,08	0,11	0,15	0,22
Flujo de caja operativo	0,08	0,10	0,12	0,16	0,24
Inversiones	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cambio en capital de trabajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de caja libre	-0,07	-0,05	-0,03	0,01	0,09
Flujo de caja acumulado	-0,07	-0,12	-0,15	-0,14	-0,05
VAN	329,37				
TIR	1,05				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
2,33	3,99	7,39	14,78	31,90
1,58	2,72	5,03	10,05	21,70
0,24	0,40	0,75	1,49	3,22
0,51	0,87	1,62	3,24	6,99
0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
0,50	0,86	1,60	3,22	6,97
0,13	0,23	0,43	0,87	1,88
0,36	0,63	1,17	2,35	5,09
0,38	0,64	1,19	2,37	5,10
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,00	0,01	0,02	0,04	0,09
0,22	0,48	1,02	2,18	4,87
0,17	0,65	1,67	3,85	8,72

11	12	13	14	15
74,39	187,33	509,46	1496,38	4746,76
50,59	127,38	346,43	1017,54	3227,79
7,51	18,92	51,46	151,13	479,42
16,29	41,02	111,57	327,71	1039,54
0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
16,28	41,01	111,56	327,69	1039,52
4,39	11,07	30,12	88,48	280,67
11,88	29,94	81,44	239,21	758,85
11,90	29,95	81,45	239,23	758,87

0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,21	0,56	1,61	4,93	16,25
11,53	29,24	79,69	234,15	742,47
20,26	49,49	129,18	363,33	1105,79

Anexo 23

Lean de empaque y mermas					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,01	0,06	0,002	0,001	0	0,15
Año	1	2	3	4	5
Ventas	0,50	0,56	0,71	0,96	1,41
Costos de ventas	0,32	0,36	0,45	0,62	0,91
Gastos operacionales	0,05	0,06	0,07	0,10	0,14
EBITDA	0,13	0,15	0,18	0,25	0,37
Depreciación	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
EBIT	0,11	0,13	0,17	0,23	0,35
Impuestos	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09
Utilidad Neta	0,08	0,10	0,12	0,17	0,26
Flujo de caja operativo	0,10	0,11	0,14	0,19	0,27
Inversiones	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cambio en capital de trabajo	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Flujo de caja libre	-0,06	-0,04	-0,01	0,03	0,11
Flujo de caja acumulado	-0,06	-0,10	-0,11	-0,08	0,03
VAN	363,97				
TIR	1,13				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
2,24	3,85	7,12	14,24	30,73
1,44	2,46	4,56	9,11	19,67
0,23	0,39	0,72	1,44	3,10
0,58	1,00	1,84	3,69	7,96
0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
0,57	0,98	1,83	3,67	7,95
0,15	0,27	0,49	0,99	2,15
0,41	0,72	1,34	2,68	5,80

0,43	0,73	1,35	2,70	5,81
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,01	0,02	0,05	0,11	0,25
0,27	0,56	1,15	2,44	5,42
0,30	0,86	2,01	4,45	9,86

11	12	13	14	15
71,66	180,45	490,76	1441,47	4572,58
45,86	115,49	314,09	922,54	2926,45
7,24	18,23	49,57	145,59	461,83
18,56	46,74	127,11	373,34	1184,30
0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
18,55	46,72	127,09	373,33	1184,28
5,01	12,62	34,32	100,80	319,76
13,54	34,11	92,78	272,53	864,53
13,55	34,12	92,79	272,54	864,54
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,61	1,63	4,65	14,26	46,97
12,79	32,34	87,99	258,13	817,42
22,65	54,99	142,98	401,11	1218,54

Anexo 24

SPC en llenado/peso objetivo					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0	0,04	0,001	0,0005	0	0,05
Año	1	2	3	4	5
Ventas	0,50	0,55	0,64	0,78	0,99
Costos de ventas	0,33	0,36	0,42	0,51	0,65
Gastos operacionales	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07
EBITDA	0,03	0,15	0,17	0,21	0,27
Depreciación	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
EBIT	0,01	0,14	0,16	0,20	0,26
Impuestos	0,01	0,04	0,04	0,05	0,07
Utilidad Neta	0,01	0,10	0,12	0,14	0,19
Flujo de caja operativo	0,01	0,11	0,13	0,16	0,20
Inversiones	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cambio en capital de trabajo	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00

Flujo de caja libre	0,09	-0,04	-0,02	0,01	0,05
Flujo de caja acumulado	0,07	0,03	0,01	0,02	0,07
VAN	0,05				
TIR	0,04				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0,1				
6	7	8	9	10
1,33	1,87	2,76	4,28	6,97
0,88	1,23	1,82	2,82	4,60
0,09	0,12	0,18	0,28	0,46
0,36	0,51	0,75	1,17	1,91
0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
0,35	0,50	0,74	1,16	1,89
0,09	0,13	0,20	0,31	0,51
0,25	0,36	0,54	0,84	1,38
0,27	0,38	0,56	0,86	1,40
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
0,12	0,22	0,40	0,70	1,23
0,19	0,41	0,81	1,51	2,75

11	12	13	14	15
11,92	21,41	40,37	79,92	166,15
7,87	14,13	26,64	52,75	109,66
0,79	1,42	2,68	5,30	11,02
3,26	5,86	11,05	21,87	45,47
0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3,25	5,84	11,03	21,86	45,45
0,88	1,58	2,98	5,90	12,27
2,37	4,27	8,05	15,96	33,18
2,39	4,28	8,07	15,97	33,20
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,02	0,05	0,09	0,20	0,43
2,21	4,08	7,82	15,62	32,62
4,96	9,04	16,86	32,49	65,10

ISO 9001					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,03	0,003	0,001	0	0,06
Año	1	2	3	4	5
Ventas	0,50	0,57	0,70	0,92	1,29
Costos de ventas	0,34	0,38	0,47	0,62	0,86
Gastos operacionales	0,05	0,06	0,07	0,09	0,13
EBITDA	0,11	0,13	0,16	0,21	0,30
Depreciación	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
EBIT	0,10	0,12	0,15	0,20	0,28
Impuestos	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
Utilidad Neta	0,07	0,08	0,11	0,14	0,20
Flujo de caja operativo	0,09	0,10	0,12	0,16	0,22
Inversiones	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cambio en capital de trabajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de caja libre	-0,07	-0,05	-0,03	0,01	0,07
Flujo de caja acumulado	-0,07	-0,12	-0,15	-0,14	-0,07
VAN	135,21				
TIR	0,92				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
1,93	3,11	5,34	9,81	19,31
1,30	2,08	3,58	6,58	12,94
0,20	0,31	0,54	0,99	1,95
0,44	0,71	1,22	2,25	4,42
0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
0,43	0,70	1,21	2,23	4,41
0,12	0,19	0,33	0,60	1,19
0,31	0,51	0,88	1,63	3,22
0,33	0,52	0,90	1,64	3,23
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,00	0,01	0,01	0,03	0,06
0,17	0,37	0,73	1,47	3,02
0,10	0,47	1,20	2,67	5,69

11	12	13	14	15
----	----	----	----	----

40,64	91,52	220,55	568,70	1569,06
27,23	61,32	147,77	381,03	1051,27
4,10	9,24	22,28	57,44	158,48
9,31	20,96	50,51	130,23	359,31
0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
9,29	20,94	50,49	130,22	359,30
2,51	5,65	13,63	35,16	97,01
6,78	15,29	36,86	95,06	262,29
6,80	15,30	36,87	95,07	262,30
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,13	0,31	0,77	2,09	6,00
6,52	14,85	35,95	92,83	256,15
12,21	27,06	63,01	155,84	412,00

Anexo 26

SMED + Lean (flujo rápido)					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,04	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,03	0,09	0,005	0,0015	0	0,25
Año	1	2	3	4	5
Ventas	387,00	443,08	542,79	711,48	997,89
Costos de ventas	255,42	292,43	358,24	469,58	658,61
Gastos operacionales	60,57	67,13	82,23	107,79	151,18
EBITDA	71,01	83,52	102,32	134,11	188,10
Depreciación	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
EBIT	51,01	63,52	82,32	114,11	168,10
Impuestos	13,77	17,15	22,23	30,81	45,39
Utilidad Neta	37,24	46,37	60,09	83,30	122,72
Flujo de caja operativo	57,24	66,37	80,09	103,30	142,72
Inversiones	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
Cambio en capital de trabajo	9,68	1,40	2,49	4,22	7,16
Flujo de caja libre	-132,43	-115,03	-102,40	-80,91	-44,45
Flujo de caja acumulado	-132,43	-247,47	-349,87	-430,78	-475,23
VAN	110880,86				
TIR	0,64				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
1497,57	2404,77	4131,84	7596,21	14942,90
988,39	1587,15	2727,01	5013,50	9862,32
226,88	364,32	625,97	1150,83	2263,85
282,29	453,30	778,85	1431,89	2816,74
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
262,29	433,30	758,85	1411,89	2796,74
70,82	116,99	204,89	381,21	755,12
191,47	316,31	553,96	1030,68	2041,62
211,47	336,31	573,96	1050,68	2061,62
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
12,49	22,68	43,18	86,61	183,67
18,98	133,63	350,78	784,07	1697,95
-456,25	-322,62	28,17	812,23	2510,18

11	12	13	14	15
31452,60	70837,28	170706,85	440173,45	1214452,43
20758,71	46752,60	112666,52	290514,48	801538,61
4765,07	10731,85	25862,09	66686,28	183989,54
5928,81	13352,83	32178,24	82972,70	228924,28
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
5908,81	13332,83	32158,24	82952,70	228904,28
1595,38	3599,86	8682,73	22397,23	61804,16
4313,43	9732,96	23475,52	60555,47	167100,13
4333,43	9752,96	23495,52	60575,47	167120,13
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
412,74	984,62	2496,74	6736,66	19356,97
3740,69	8588,35	20818,78	53658,80	147583,15
6250,88	14839,22	35658,00	89316,80	236899,95

Anexo 27

Lean (SMED + estandarización de mantenimiento)					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,04	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,06	0,004	0,0015	0,05	0,1

Año	1	2	3	4	5
Ventas	387,00	434,83	517,89	653,83	874,97
Costos de ventas	267,03	300,03	357,35	451,14	603,73
Gastos operacionales	60,18	65,88	78,46	99,05	132,56
EBITDA	59,79	68,92	82,09	103,63	138,68
Depreciación	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
EBIT	39,79	48,92	62,08	83,63	118,68
Impuestos	10,74	13,21	16,76	22,58	32,04
Utilidad Neta	29,05	35,71	45,32	61,05	86,64
Flujo de caja operativo	49,05	55,71	65,32	81,05	106,64
Inversiones	189,46	189,00	189,00	189,00	189,00
Cambio en capital de trabajo	3,87	0,48	0,83	1,36	2,21
Flujo de caja libre	-144,29	-133,77	-124,51	-109,31	-84,57
Flujo de caja acumulado	-144,29	-278,05	-402,56	-511,87	-596,44
VAN	35874,06				
TIR	0,45				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
Inir a CapEx				
0,3				
6	7	8	9	10
1241,16	1866,25	2974,52	5025,38	8999,69
856,40	1287,71	2052,42	3467,51	6209,79
188,04	282,74	450,64	761,35	1363,45
196,72	295,80	471,46	796,52	1426,45
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
176,72	275,80	451,46	776,52	1406,45
47,72	74,47	121,89	209,66	379,74
129,01	201,33	329,57	566,86	1026,71
149,01	221,33	349,57	586,86	1046,71
189,00	189,00	189,00	189,00	189,00
3,66	6,25	11,08	20,51	39,74
-43,65	26,08	149,48	377,35	817,97
-640,09	-614,01	-464,53	-87,17	730,79

11	12	13	14	15
17084,10	34376,57	73322,77	165775,73	397291,19
11788,03	23719,84	50592,71	114385,25	274130,92
2588,24	5208,05	11108,40	25115,02	60189,61
2707,83	5448,69	11621,66	26275,45	62970,65
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
2687,83	5428,69	11601,66	26255,45	62950,65

725,71	1465,75	3132,45	7088,97	16996,68
1962,12	3962,94	8469,21	19166,48	45953,98
1982,12	3982,94	8489,21	19186,48	45973,98
189,00	189,00	189,00	189,00	189,00
80,84	172,92	389,46	924,53	2315,15
1712,27	3621,02	7910,75	18072,95	43469,82
2443,07	6064,08	13974,83	32047,79	75517,61

Anexo 28

SPC + checkweighers					
US\$miles	Mediana empresa		Tasa crec	0,04	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0	0,05	0,003	0,001	0	0,05
Año	1	2	3	4	5
Ventas	387,00	418,58	470,84	550,82	670,16
Costos de ventas	270,90	293,01	329,59	385,58	469,11
Gastos operacionales	59,60	63,21	71,10	83,17	101,19
EBITDA	56,50	62,37	70,16	82,07	99,85
Depreciación	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
EBIT	36,50	42,37	50,15	62,07	79,85
Impuestos	9,86	11,44	13,54	16,76	21,56
Utilidad Neta	26,65	30,93	36,61	45,31	58,29
Flujo de caja operativo	46,65	50,93	56,61	65,31	78,29
Inversiones	180,46	180,00	180,00	180,00	180,00
Cambio en capital de trabajo	1,94	0,16	0,26	0,40	0,60
Flujo de caja libre	-135,75	-129,23	-123,65	-115,09	-102,30
Flujo de caja acumulado	-135,75	-264,98	-388,63	-503,72	-606,02
VAN	995,55				
TIR	0,13				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
Inir a CapEx				
0,4				
6	7	8	9	10
847,96	1115,86	1527,14	2173,59	3217,45
593,58	781,10	1069,00	1521,51	2252,21
128,04	168,50	230,60	328,21	485,83
126,35	166,26	227,54	323,87	479,40

20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
106,35	146,26	207,54	303,86	459,40
28,71	39,49	56,04	82,04	124,04
77,63	106,77	151,51	221,82	335,36
97,63	126,77	171,51	241,82	355,36
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
0,89	1,34	2,06	3,23	5,22
-83,26	-54,57	-10,55	58,59	170,14
-689,27	-743,84	-754,39	-695,80	-525,66

11	12	13	14	15
4953,11	7930,09	13204,18	22865,37	41179,24
3467,18	5551,06	9242,93	16005,76	28825,47
747,92	1197,44	1993,83	3452,67	6218,07
738,01	1181,58	1967,42	3406,94	6135,71
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
718,01	1161,58	1947,42	3386,94	6115,71
193,86	313,63	525,80	914,47	1651,24
524,15	847,95	1421,62	2472,47	4464,47
544,15	867,96	1441,62	2492,47	4484,47
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
8,68	14,88	26,37	48,31	91,57
355,47	673,07	1235,25	2264,16	4212,90
-170,19	502,89	1738,13	4002,29	8215,19

Anexo 29

BPM - planificación integrada ventas y operaciones					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,04	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,01	0,02	0,0015	0,0005	0	0,2
Año	1	2	3	4	5
Ventas	387,00	426,67	493,92	600,36	766,23
Costos de ventas	282,51	311,47	360,56	438,27	559,35
Gastos operacionales	58,82	64,21	74,34	90,35	115,32
EBITDA	45,67	50,99	59,02	71,74	91,56
Depreciación	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
EBIT	25,67	30,99	39,02	51,74	71,56
Impuestos	6,93	8,37	10,54	13,97	19,32

Utilidad Neta	18,74	22,62	28,49	37,77	52,24
Flujo de caja operativo	38,74	42,62	48,49	57,77	72,24
Inversiones	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
Cambio en capital de trabajo	7,74	0,79	1,35	2,13	3,32
Flujo de caja libre	-149,00	-138,17	-132,86	-124,36	-111,08
Flujo de caja acumulado	-149,00	-287,18	-420,03	-544,39	-655,47
VAN	5582,07				
TIR	0,22				

porcentaje cap	0,1		tasa de op	0,09
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
1026,83	1444,85	2134,70	3311,62	5394,28
749,58	1054,74	1558,33	2417,48	3937,82
154,54	217,45	321,27	498,40	811,84
122,71	172,66	255,10	395,74	644,62
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
102,71	152,66	235,10	375,74	624,62
27,73	41,22	63,48	101,45	168,65
74,98	111,44	171,62	274,29	455,97
94,98	131,44	191,62	294,29	475,97
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
5,21	8,36	13,80	23,54	41,65
-90,24	-56,92	-2,18	90,75	254,32
-745,70	-802,62	-804,80	-714,05	-459,73

11	12	13	14	15
9226,04	16568,65	31242,65	61858,31	128598,99
6735,01	12095,11	22807,14	45156,57	93877,26
1388,52	2493,58	4702,02	9309,68	19354,15
1102,51	1979,95	3733,50	7392,07	15367,58
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
1082,51	1959,95	3713,50	7372,07	15347,58
292,28	529,19	1002,64	1990,46	4143,85
790,23	1430,77	2710,85	5381,61	11203,73
810,23	1450,77	2730,85	5401,61	11223,73
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
76,64	146,85	293,48	612,31	1334,81
553,60	1123,91	2257,37	4609,30	9708,92
93,87	1217,78	3475,15	8084,45	17793,37

Anexo 30

Just in Time/VMI con Proveedores					
US\$miles	Gran empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,015	0,03	0,003	0,0005	0	0,3
Año	1	2	3	4	5
Ventas	4200,00	4763,75	5754,36	7402,80	10142,47
Costos de ventas	2940,00	3334,62	4028,05	5181,96	7099,73
Gastos operacionales	644,70	716,94	866,03	1114,12	1526,44
EBITDA	615,30	712,18	860,28	1106,72	1516,30
Depreciación	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
EBIT	415,30	512,18	660,28	906,72	1316,30
Impuestos	112,13	138,29	178,27	244,81	355,40
Utilidad Neta	303,17	373,89	482,00	661,90	960,90
Flujo de caja operativo	503,17	573,89	682,00	861,90	1160,90
Inversiones	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Cambio en capital de trabajo	63,00	8,46	14,86	24,73	41,10
Flujo de caja libre	-159,83	-34,56	67,14	237,18	519,80
Flujo de caja acumulado	-159,83	-194,40	-127,25	109,92	629,73
VAN	750228,32				
TIR	1,19				

porcentaje cap	0,05		tasa de op	0,08
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
14799,31	22997,93	38061,47	67086,02	125929,68
10359,52	16098,55	26643,03	46960,21	88150,78
2227,30	3461,19	5728,25	10096,45	18952,42
2212,50	3438,19	5690,19	10029,36	18826,49
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
2012,50	3238,19	5490,19	9829,36	18626,49
543,37	874,31	1482,35	2653,93	5029,15
1469,12	2363,88	4007,84	7175,43	13597,34
1669,12	2563,88	4207,84	7375,43	13797,34
600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
69,85	122,98	225,95	435,37	882,65

999,27	1840,90	3381,89	6340,06	12314,68
1629,00	3469,90	6851,78	13191,85	25506,53

11	12	13	14	15
251752,50	536005,31	1215385,33	2935002,66	7548360,19
176226,75	375203,71	850769,73	2054501,86	5283852,13
37888,75	80668,80	182915,49	441717,90	1136028,21
37637,00	80132,79	181700,11	438782,90	1128479,85
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
37437,00	79932,79	181500,11	438582,90	1128279,85
10107,99	21581,85	49005,03	118417,38	304635,56
27329,01	58350,94	132495,08	320165,52	823644,29
27529,01	58550,94	132695,08	320365,52	823844,29
600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
1887,34	4263,79	10190,70	25794,26	69200,36
25041,67	53687,15	121904,38	293971,26	754043,93
50548,20	104235,34	226139,72	520110,98	1274154,90

Anexo 31

Six Sigma en rendimiento (yield)					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,025	0,04	0,003	0,002	0	0,08
Año	1	2	3	4	5
Ventas	4200,00	4853,63	6029,64	8052,40	11560,27
Costos de ventas	2898,00	3349,00	4160,45	5556,16	7976,58
Gastos operacionales	651,00	737,75	916,51	1223,97	1757,16
EBITDA	651,00	766,87	952,68	1272,28	1826,52
Depreciación	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
EBIT	451,00	566,87	752,68	1072,28	1626,52
Impuestos	121,77	153,06	203,22	289,52	439,16
Utilidad Neta	329,23	413,82	549,46	782,76	1187,36
Flujo de caja operativo	529,23	613,82	749,46	982,76	1387,36
Inversiones	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Cambio en capital de trabajo	16,80	2,61	4,70	8,09	14,03
Flujo de caja libre	-87,57	11,20	144,75	374,67	773,33
Flujo de caja acumulado	-87,57	-76,37	68,39	443,06	1216,39
VAN	2112327,38				
TIR	1,76				

porcentaje cap	0,05		tasa de op	0,08
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
17840,97	29599,05	52789,26	101209,60	208596,18
12310,27	20423,35	36424,59	69834,63	143931,37
2711,83	4499,06	8023,97	15383,86	31706,62
2818,87	4676,65	8340,70	15991,12	32958,20
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
2618,87	4476,65	8140,70	15791,12	32758,20
707,10	1208,70	2197,99	4263,60	8844,71
1911,78	3267,95	5942,71	11527,52	23913,48
2111,78	3467,95	6142,71	11727,52	24113,48
600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
25,12	47,03	92,76	193,68	429,55
1486,66	2820,92	5449,95	10933,83	23083,94
2703,05	5523,97	10973,92	21907,75	44991,69

11	12	13	14	15
462167,57	1100781,29	2818454,79	7757639,12	22953902,70
318895,62	759539,09	1944733,81	5352770,99	15838192,86
70249,47	167318,76	428405,13	1179161,15	3488993,21
73022,48	173923,44	445315,86	1225706,98	3626716,63
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
72822,48	173723,44	445115,86	1225506,98	3626516,63
19662,07	46905,33	120181,28	330886,88	979159,49
53160,41	126818,11	324934,58	894620,10	2647357,14
53360,41	127018,11	325134,58	894820,10	2647557,14
600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
1014,29	2554,45	6870,69	19756,74	60785,05
51746,12	123863,66	317663,88	874463,36	2586172,08
96737,81	220601,47	538265,35	1412728,71	3998900,80

Anexo 32

IoT + analítica predictiva de mantenimiento

US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,015	0,05	0,004	0,0015	0,05	0,1
Año	1	2	3	4	5
Ventas	4200,00	4763,75	5754,36	7402,80	10142,47
Costos de ventas	2856,00	3239,35	3912,97	5033,90	6896,88
Gastos operacionales	653,10	721,71	871,79	1121,52	1536,58
EBITDA	690,90	802,69	969,61	1247,37	1709,01
Depreciación	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
EBIT	490,90	602,69	769,61	1047,37	1509,00
Impuestos	132,54	162,73	207,79	282,79	407,43
Utilidad Neta	358,36	439,96	561,81	764,58	1101,57
Flujo de caja operativo	558,36	639,96	761,82	964,58	1301,58
Inversiones	638,40	630,00	630,00	630,00	630,00
Cambio en capital de trabajo	21,00	2,82	4,95	8,24	13,70
Flujo de caja libre	-101,04	7,15	126,86	326,34	657,88
Flujo de caja acumulado	-101,04	-93,90	32,97	359,31	1017,18
VAN	898986,51				
TIR	1,54				

porcentaje cap	0,05		tasa de op	0,08
Inir a CapEx				
0,5				
6	7	8	9	10
14799,31	22997,93	38061,47	67086,02	125929,68
10063,53	15638,59	25881,80	45618,49	85632,18
2242,10	3484,19	5766,31	10163,53	19078,35
2493,68	3875,15	6413,36	11303,99	21219,15
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
2293,68	3675,15	6213,36	11103,99	21019,15
619,29	992,29	1677,61	2998,08	5675,17
1674,39	2682,86	4535,75	8105,91	15343,98
1874,39	2882,86	4735,75	8305,92	15543,98
630,00	630,00	630,00	630,00	630,00
23,28	40,99	75,32	145,12	294,22
1221,11	2211,87	4030,43	7530,79	14619,76
2238,29	4450,16	8480,59	16011,38	30631,15

11	12	13	14	15
251752,50	536005,31	1215385,33	2935002,66	7548360,19
171191,70	364483,61	826462,02	1995801,81	5132884,93

38140,50	81204,80	184130,88	444652,90	1143576,57
42420,30	90316,89	204792,43	494547,95	1271898,69
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
42220,29	90116,89	204592,43	494347,95	1271698,69
11399,48	24331,56	55239,96	133473,95	343358,65
30820,82	65785,33	149352,47	360874,00	928340,04
31020,82	65985,33	149552,47	361074,00	928540,05
630,00	630,00	630,00	630,00	630,00
629,11	1421,26	3396,90	8598,09	23066,79
29761,70	63934,07	145525,57	351845,92	904843,26
60392,85	124326,92	269852,49	621698,41	1526541,67

Anexo 33

Programa Zero Defects + SPC multinodo (TQM)					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,01	0,06	0,0025	0,001	0	0,06
Año	1	2	3	4	5
Ventas	4200,00	4719,12	5620,55	7095,81	9495,80
Costos de ventas	2814,00	3161,81	3765,77	4754,19	6362,18
Gastos operacionales	644,70	712,59	848,70	1071,47	1433,87
EBITDA	741,30	844,72	1006,08	1270,15	1699,75
Depreciación	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
EBIT	541,30	644,72	806,08	1070,15	1499,75
Impuestos	146,15	174,07	217,64	288,94	404,93
Utilidad Neta	395,15	470,65	588,44	781,21	1094,82
Flujo de caja operativo	595,15	670,65	788,44	981,21	1294,82
Inversiones	602,10	600,00	600,00	600,00	600,00
Cambio en capital de trabajo	12,60	1,56	2,70	4,43	7,20
Flujo de caja libre	-19,55	69,09	185,73	376,78	687,62
Flujo de caja acumulado	-19,55	49,54	235,27	612,06	1299,67
VAN	622049,04				
TIR	4,93				

porcentaje cap	0,05		tasa de op	0,08
Inir a CapEx				
0,2				
6	7	8	9	10

13469,97	20253,85	32281,56	54539,02	97671,09
9024,88	13570,08	21628,65	36541,15	65439,63
2033,97	3058,33	4874,52	8235,39	14748,33
2411,12	3625,44	5778,40	9762,49	17483,12
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
2211,12	3425,44	5578,40	9562,48	17283,12
597,00	924,87	1506,17	2581,87	4666,44
1614,12	2500,57	4072,23	6980,61	12616,68
1814,12	2700,57	4272,23	7180,61	12816,68
600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
11,92	20,35	36,08	66,77	129,40
1202,20	2080,22	3636,15	6513,84	12087,28
2501,87	4582,09	8218,24	14732,08	26819,37

11	12	13	14	15
185408,88	373079,10	795750,95	1799116,46	4311687,30
124223,95	249962,99	533153,13	1205408,03	2888830,49
27996,74	56334,94	120158,39	271666,59	651064,78
33188,19	66781,16	142439,42	322041,85	771792,03
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
32988,19	66581,16	142239,42	321841,85	771592,03
8906,81	17976,91	38404,64	86897,30	208329,85
24081,38	48604,25	103834,78	234944,55	563262,18
24281,38	48804,25	104034,78	235144,55	563462,18
600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
263,21	563,01	1268,02	3010,10	7537,71
23418,17	47641,23	102166,76	231534,45	555324,47
50237,53	97878,77	200045,53	431579,98	986904,45

Anexo 34

ISO 9001					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,03	0,04	0,003	0,001	0	0,06
Año	1	2	3	4	5
Ventas	2,00	2,33	2,94	4,00	5,87
Costos de ventas	1,22	1,42	1,79	2,44	3,58
Gastos operacionales	0,41	0,47	0,59	0,80	1,18
EBITDA	0,37	0,44	0,56	0,76	1,11

Depreciación	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
EBIT	0,27	0,34	0,46	0,66	1,01
Impuestos	0,07	0,09	0,12	0,18	0,27
Utilidad Neta	0,20	0,25	0,33	0,48	0,74
Flujo de caja operativo	0,30	0,35	0,43	0,58	0,84
Inversiones	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Cambio en capital de trabajo	0,03	0,00	0,01	0,02	0,03
Flujo de caja libre	0,00	0,07	0,15	0,29	0,54
Flujo de caja acumulado	0,00	0,07	0,23	0,52	1,06
VAN	1088,46				
TIR	52,36				

porcentaje cap	0,25		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
9,32	15,98	29,57	59,11	127,62
5,69	9,75	18,04	36,06	77,85
1,87	3,21	5,94	11,88	25,65
1,76	3,02	5,59	11,17	24,12
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
1,66	2,92	5,49	11,07	24,02
0,45	0,79	1,48	2,99	6,49
1,21	2,13	4,01	8,08	17,53
1,31	2,23	4,11	8,18	17,63
0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
0,05	0,10	0,20	0,44	1,03
0,99	1,86	3,63	7,47	16,34
2,05	3,91	7,54	15,01	31,35

11	12	13	14	15
297,56	749,31	2037,83	5985,50	18987,02
181,51	457,08	1243,08	3651,16	11582,08
59,81	150,61	409,60	1203,09	3816,39
56,24	141,62	385,15	1131,26	3588,55
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
56,14	141,52	385,05	1131,16	3588,45
15,16	38,21	103,96	305,41	968,88
40,98	103,31	281,09	825,75	2619,57
41,08	103,41	281,19	825,85	2619,67

0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
2,55	6,78	19,33	59,22	195,02
38,26	96,36	261,59	766,36	2424,37
69,61	165,97	427,56	1193,92	3618,30

Anexo 35

Lean células + 5S					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,07	0,002	0,001	0	0,2
Año	1	2	3	4	5
Ventas	2,00	2,29	2,88	3,92	5,77
Costos de ventas	1,16	1,33	1,67	2,28	3,34
Gastos operacionales	0,41	0,46	0,58	0,79	1,16
EBITDA	0,43	0,50	0,63	0,86	1,26
Depreciación	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03
EBIT	0,33	0,47	0,60	0,83	1,24
Impuestos	0,09	0,13	0,16	0,22	0,33
Utilidad Neta	0,24	0,35	0,44	0,61	0,90
Flujo de caja operativo	0,34	0,37	0,47	0,63	0,93
Inversiones	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Cambio en capital de trabajo	0,10	0,01	0,03	0,05	0,09
Flujo de caja libre	-0,03	0,09	0,17	0,31	0,57
Flujo de caja acumulado	-0,03	0,06	0,23	0,54	1,11
VAN	1061,46				
TIR	4,27				

porcentaje cap	0,25		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
9,15	15,68	29,03	58,02	125,27
5,31	9,10	16,83	33,65	72,65
1,84	3,15	5,83	11,66	25,18
2,00	3,43	6,36	12,71	27,43
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
1,98	3,41	6,33	12,68	27,41
0,53	0,92	1,71	3,42	7,40
1,44	2,49	4,62	9,26	20,01

1,47	2,51	4,65	9,28	20,03
0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
0,17	0,33	0,67	1,45	3,36
1,03	1,92	3,71	7,56	16,40
2,14	4,06	7,77	15,33	31,74

11	12	13	14	15
292,07	735,49	2000,27	5875,17	18637,04
169,40	426,59	1160,16	3407,60	10809,48
58,71	147,83	402,05	1180,91	3746,05
63,96	161,07	438,06	1286,66	4081,51
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
63,94	161,05	438,03	1286,64	4081,48
17,26	43,48	118,27	347,39	1102,00
46,67	117,56	319,76	939,24	2979,48
46,70	117,59	319,79	939,27	2979,51
0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
8,34	22,17	63,24	193,75	638,09
38,09	95,15	256,28	745,26	2341,15
69,83	164,98	421,26	1166,51	3507,66

Anexo 36

Lean (mantenimiento planificado) + 5S					
US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,01	0,04	0,0015	0,001	0	0,08
Año	1	2	3	4	5
Ventas	2,00	2,25	2,68	3,38	4,52
Costos de ventas	1,22	1,37	1,63	2,06	2,76
Gastos operacionales	0,41	0,45	0,54	0,68	0,91
EBITDA	0,38	0,42	0,51	0,64	0,85
Depreciación	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
EBIT	0,35	0,40	0,48	0,61	0,83
Impuestos	0,09	0,11	0,13	0,17	0,22
Utilidad Neta	0,25	0,29	0,35	0,45	0,60
Flujo de caja operativo	0,28	0,32	0,38	0,47	0,63
Inversiones	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Cambio en capital de trabajo	0,04	0,00	0,01	0,01	0,02

Flujo de caja libre	-0,03	0,04	0,10	0,19	0,34
Flujo de caja acumulado	-0,03	0,01	0,11	0,30	0,64
VAN	176,79				
TIR	2,48				

porcentaje cap	0,25		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0,2				
6	7	8	9	10
6,41	9,64	15,37	25,97	46,51
3,91	5,88	9,38	15,84	28,37
1,29	1,94	3,09	5,22	9,35
1,21	1,82	2,91	4,91	8,79
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
1,18	1,80	2,88	4,88	8,76
0,32	0,48	0,78	1,32	2,37
0,87	1,31	2,10	3,56	6,40
0,89	1,34	2,13	3,59	6,42
0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
0,04	0,06	0,11	0,21	0,41
0,58	1,00	1,74	3,11	5,74
1,22	2,23	3,97	7,08	12,82

11	12	13	14	15
88,29	177,66	378,93	856,72	2053,18
53,86	108,37	231,15	522,60	1252,44
17,75	35,71	76,16	172,20	412,69
16,69	33,58	71,62	161,92	388,05
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
16,66	33,55	71,59	161,89	388,02
4,50	9,06	19,33	43,71	104,77
12,16	24,49	52,26	118,18	283,26
12,19	24,52	52,29	118,21	283,29
0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
0,84	1,79	4,03	9,56	23,93
11,08	22,46	47,99	108,38	259,09
23,91	46,37	94,36	202,74	461,83

Anexo 37

SPC en proceso crítico

US\$millones	Pequeña empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0	0,035	0,001	0,0005	0	0,05
Año	1	2	3	4	5
Ventas	2,00	2,21	2,55	3,10	3,96
Costos de ventas	1,23	1,36	1,57	1,91	2,44
Gastos operacionales	0,40	0,44	0,51	0,62	0,79
EBITDA	0,37	0,41	0,47	0,57	0,73
Depreciación	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
EBIT	0,34	0,38	0,44	0,55	0,70
Impuestos	0,09	0,10	0,12	0,15	0,19
Utilidad Neta	0,25	0,28	0,32	0,40	0,51
Flujo de caja operativo	0,28	0,30	0,35	0,43	0,54
Inversiones	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Cambio en capital de trabajo	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01
Flujo de caja libre	-0,02	0,03	0,08	0,15	0,26
Flujo de caja acumulado	-0,02	0,01	0,09	0,24	0,50
VAN	76,93				
TIR	2,67				

porcentaje cap	0,25		tasa de op	0,12
Inir a CapEx				
0,1				
6	7	8	9	10
5,31	7,47	11,03	17,11	27,88
3,26	4,59	6,78	10,53	17,14
1,06	1,50	2,21	3,43	5,59
0,98	1,38	2,04	3,16	5,14
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
0,95	1,35	2,01	3,13	5,12
0,26	0,36	0,54	0,85	1,38
0,69	0,99	1,47	2,29	3,73
0,72	1,01	1,49	2,31	3,76
0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
0,02	0,03	0,04	0,08	0,13
0,44	0,72	1,18	1,97	3,36
0,93	1,65	2,83	4,79	8,15

11	12	13	14	15
47,68	85,63	161,46	319,68	664,59

29,32	52,66	99,30	196,60	408,73
9,56	17,17	32,37	64,10	133,25
8,80	15,80	29,79	58,98	122,62
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
8,77	15,77	29,76	58,95	122,59
2,37	4,26	8,04	15,92	33,10
6,40	11,51	21,73	43,04	89,49
6,43	11,54	21,75	43,06	89,52
0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
0,25	0,47	0,95	1,98	4,31
5,91	10,80	20,54	40,82	84,94
14,06	24,86	45,39	86,21	171,15

Anexo 38

Six Sigma / DFSS					
US\$miles	Mediana empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,07	0,003	0,0015	0,05	0,1
Año	1	2	3	4	5
Ventas	3,50	4,01	4,91	6,43	9,02
Costos de ventas	2,03	2,32	2,85	3,73	5,23
Gastos operacionales	0,54	0,61	0,74	0,97	1,37
EBITDA	0,93	1,08	1,32	1,73	2,42
Depreciación	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
EBIT	0,92	1,07	1,31	1,72	2,41
Impuestos	0,25	0,29	0,35	0,46	0,65
Utilidad Neta	0,67	0,78	0,95	1,25	1,76
Flujo de caja operativo	0,68	0,79	0,96	1,26	1,77
Inversiones	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Cambio en capital de trabajo	0,07	0,01	0,02	0,03	0,05
Flujo de caja libre	-0,23	-0,06	0,11	0,39	0,88
Flujo de caja acumulado	-0,23	-0,29	-0,18	0,21	1,09
VAN	1391,01				
TIR	1,27				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0				

6	7	8	9	10
13,54	21,75	37,37	68,70	135,14
7,86	12,61	21,67	39,85	78,38
2,05	3,29	5,66	10,41	20,47
3,64	5,84	10,03	18,45	36,29
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,63	5,83	10,02	18,44	36,28
0,98	1,57	2,71	4,98	9,79
2,65	4,26	7,32	13,46	26,48
2,66	4,27	7,33	13,47	26,49
0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
0,09	0,16	0,31	0,63	1,33
1,73	3,26	6,17	12,00	24,32
2,82	6,08	12,25	24,25	48,58

11	12	13	14	15
284,46	640,65	1543,86	3980,90	10983,42
164,98	371,58	895,44	2308,92	6370,38
43,09	97,06	233,89	603,11	1663,99
76,38	172,01	414,53	1068,87	2949,05
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
76,37	172,00	414,52	1068,86	2949,04
20,62	46,44	111,92	288,59	796,24
55,75	125,56	302,60	780,27	2152,80
55,76	125,57	302,61	780,28	2152,81
0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
2,99	7,12	18,06	48,74	140,05
51,93	117,61	283,70	730,70	2011,92
100,51	218,12	501,82	1232,52	3244,43

Anexo 39

Lean end to end + Kanban con proveedores					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,015	0,08	0,0035	0,0015	0	0,25
Año	1	2	3	4	5
Ventas	4,00	4,54	5,48	7,05	9,66
Costos de ventas	2,28	2,59	3,12	4,02	5,51
Gastos operacionales	0,62	0,69	0,83	1,07	1,46

EBITDA	1,10	1,26	1,53	1,96	2,69
Depreciación	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
EBIT	1,09	1,25	1,52	1,95	2,68
Impuestos	0,29	0,34	0,41	0,53	0,72
Utilidad Neta	0,80	0,92	1,11	1,43	1,96
Flujo de caja operativo	0,81	0,93	1,12	1,44	1,97
Inversiones	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Cambio en capital de trabajo	0,20	0,03	0,05	0,08	0,13
Flujo de caja libre	-0,19	0,10	0,27	0,56	1,04
Flujo de caja acumulado	-0,19	-0,10	0,17	0,73	1,77
VAN	966,97				
TIR	1,57				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
14,09	21,90	36,25	63,89	119,93
8,03	12,48	20,66	36,42	68,36
2,14	3,32	5,49	9,68	18,17
3,93	6,10	10,10	17,79	33,40
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,92	6,09	10,09	17,78	33,39
1,06	1,64	2,72	4,80	9,02
2,86	4,45	7,36	12,98	24,38
2,87	4,46	7,37	12,99	24,39
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,22	0,39	0,72	1,38	2,80
1,85	3,27	5,85	10,81	20,78
3,61	6,88	12,73	23,54	44,33

11	12	13	14	15
239,76	510,48	1157,51	2795,24	7188,91
136,67	290,97	659,78	1593,29	4097,68
36,32	77,34	175,36	423,48	1089,12
66,77	142,17	322,37	778,47	2002,11
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
66,76	142,16	322,36	778,46	2002,10
18,03	38,38	87,04	210,19	540,57
48,74	103,78	235,32	568,28	1461,53
48,75	103,79	235,33	568,29	1461,54
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

5,99	13,54	32,35	81,89	219,68
41,96	89,45	202,18	485,60	1241,06
86,28	175,73	377,91	863,52	2104,58

Anexo 40

Lean + Kaizen de mantenimiento /OEE					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,06	0,004	0,0015	0,05	0,1
Año	1	2	3	4	5
Ventas	4,00	4,58	5,61	7,35	10,31
Costos de ventas	2,36	2,70	3,31	4,34	6,09
Gastos operacionales	0,62	0,69	0,85	1,11	1,56
EBITDA	1,02	1,18	1,45	1,90	2,67
Depreciación	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
EBIT	1,01	1,17	1,44	1,89	2,65
Impuestos	0,27	0,32	0,39	0,51	0,72
Utilidad Neta	0,73	0,86	1,05	1,38	1,94
Flujo de caja operativo	0,75	0,87	1,06	1,39	1,95
Inversiones	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84
Cambio en capital de trabajo	0,08	0,01	0,02	0,03	0,06
Flujo de caja libre	-0,18	0,02	0,20	0,52	1,05
Flujo de caja acumulado	-0,18	-0,16	0,04	0,55	1,60
VAN	1530,59				
TIR	1,51				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0,4				
6	7	8	9	10
15,48	24,86	42,71	78,51	154,45
9,13	14,66	25,20	46,32	91,12
2,35	3,77	6,47	11,89	23,40
4,00	6,43	11,04	20,30	39,92
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,99	6,41	11,03	20,28	39,91
1,08	1,73	2,98	5,48	10,78

2,91	4,68	8,05	14,81	29,14
2,92	4,69	8,06	14,82	29,15
0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
0,10	0,19	0,36	0,72	1,52
1,98	3,67	6,87	13,26	26,79
3,58	7,25	14,11	27,38	54,17

11	12	13	14	15
325,09	732,17	1764,41	4549,60	12552,48
191,80	431,98	1041,00	2684,26	7405,96
49,25	110,92	267,31	689,26	1901,70
84,04	189,27	456,10	1176,07	3244,82
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
84,02	189,25	456,09	1176,06	3244,80
22,69	51,10	123,14	317,54	876,10
61,34	138,16	332,94	858,52	2368,71
61,35	138,17	332,96	858,53	2368,72
0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
3,41	8,14	20,64	55,70	160,06
57,10	129,19	311,47	801,99	2207,82
111,26	240,45	551,92	1353,91	3561,73

Anexo 41

bpm / Lean nivelación					
US\$millones	Mediana empresa		Tasa crec	0,05	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,01	0,03	0,0025	0,001	0	0,18
Año	1	2	3	4	5
Ventas	4,00	4,49	5,35	6,76	9,04
Costos de ventas	2,48	2,79	3,32	4,19	5,61
Gastos operacionales	0,61	0,68	0,81	1,02	1,37
EBITDA	0,91	1,03	1,23	1,55	2,07
Depreciación	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
EBIT	0,90	1,02	1,22	1,54	2,06
Impuestos	0,24	0,28	0,33	0,42	0,56
Utilidad Neta	0,65	0,74	0,89	1,12	1,50
Flujo de caja operativo	0,66	0,75	0,90	1,13	1,51
Inversiones	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Cambio en capital de trabajo	0,14	0,02	0,03	0,05	0,08

Flujo de caja libre	-0,28	-0,06	0,07	0,28	0,63
Flujo de caja acumulado	-0,28	-0,34	-0,28	0,00	0,64
VAN	518,92				
TIR	1,04				

porcentaje cap	0,2		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0,1				
6	7	8	9	10
12,83	19,29	30,74	51,94	93,02
7,95	11,96	19,06	32,20	57,67
1,94	2,91	4,64	7,84	14,05
2,94	4,42	7,04	11,89	21,30
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2,93	4,41	7,03	11,88	21,29
0,79	1,19	1,90	3,21	5,75
2,14	3,22	5,13	8,68	15,54
2,15	3,23	5,14	8,69	15,55
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,14	0,23	0,41	0,76	1,48
1,21	2,19	3,93	7,12	13,27
1,85	4,04	7,97	15,09	28,37

11	12	13	14	15
176,58	355,31	757,86	1713,44	4106,37
109,48	220,29	469,87	1062,34	2545,95
26,66	53,65	114,44	258,73	620,06
40,44	81,37	173,55	392,38	940,36
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
40,43	81,36	173,54	392,37	940,35
10,92	21,97	46,86	105,94	253,89
29,51	59,39	126,68	286,43	686,45
29,52	59,40	126,69	286,44	686,46
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3,01	6,43	14,49	34,40	86,15
25,71	52,17	111,40	251,24	599,52
54,08	106,25	217,65	468,89	1068,41

Anexo 42

S&OP / optimización de red logística					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,015	0,02	0,003	0,001	0	0,2
Año	1	2	3	4	5
Ventas	1800,00	1965,65	2243,13	2674,97	3333,50
Costos de ventas	1314,00	1434,92	1637,48	1952,73	2433,46
Gastos operacionales	295,20	316,47	361,14	430,67	536,69
EBITDA	190,80	214,26	244,50	291,57	363,35
Depreciación	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
EBIT	187,80	211,26	241,50	288,57	360,35
Impuestos	50,71	57,04	65,21	77,91	97,29
Utilidad Neta	137,09	154,22	176,30	210,66	263,06
Flujo de caja operativo	140,09	157,22	179,30	213,66	266,06
Inversiones	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
Cambio en capital de trabajo	54,00	4,97	8,32	12,96	19,76
Flujo de caja libre	-93,91	-27,75	-9,03	20,70	66,30
Flujo de caja acumulado	-93,91	-121,66	-130,69	-109,99	-43,68
VAN	28034,98				
TIR	0,67				

porcentaje cap	0,15		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
4341,09	5907,62	8401,23	12485,02	19388,86
3168,99	4312,56	6132,90	9114,07	14153,87
698,91	951,13	1352,60	2010,09	3121,61
473,18	643,93	915,73	1360,87	2113,39
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
470,18	640,93	912,73	1357,87	2110,39
126,95	173,05	246,44	366,62	569,80
343,23	467,88	666,30	991,24	1540,58
346,23	470,88	669,30	994,24	1543,58
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
30,23	47,00	74,81	122,51	207,12
136,00	243,88	414,49	691,73	1156,47
92,32	336,20	750,69	1442,42	2598,88

11	12	13	14	15
----	----	----	----	----

31465,26	53361,36	94566,79	175132,49	338930,82
22969,64	38953,79	69033,76	127846,71	247419,50
5065,91	8591,18	15225,25	28196,33	54567,86
3429,71	5816,39	10307,78	19089,44	36943,46
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
3426,71	5813,39	10304,78	19086,44	36940,46
925,21	1569,61	2782,29	5153,34	9973,92
2501,50	4243,77	7522,49	13933,10	26966,54
2504,50	4246,77	7525,49	13936,10	26969,54
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
362,29	656,88	1236,16	2416,97	4913,95
1962,21	3409,89	6109,33	11339,13	21875,59
4561,09	7970,98	14080,31	25419,44	47295,03

Anexo 43

Lean enterprise (kaizen blitz recurrentes)					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,02	0,06	0,003	0,0015	0,05	0,15
Año	1	2	3	4	5
Ventas	1800,00	1984,50	2297,31	2792,39	3563,88
Costos de ventas	1242,00	1369,31	1585,14	1926,75	2459,08
Gastos operacionales	296,10	320,50	371,02	450,97	575,57
EBITDA	261,90	294,70	341,15	414,67	529,24
Depreciación	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
EBIT	258,90	291,70	338,15	411,67	526,24
Impuestos	69,90	78,76	91,30	111,15	142,08
Utilidad Neta	189,00	212,94	246,85	300,52	384,15
Flujo de caja operativo	192,00	215,94	249,85	303,52	387,15
Inversiones	190,08	189,00	189,00	189,00	189,00
Cambio en capital de trabajo	40,50	4,15	7,04	11,14	17,36
Flujo de caja libre	-38,58	22,79	53,81	103,38	180,79
Flujo de caja acumulado	-38,58	-15,79	38,02	141,40	322,19
VAN	66918,73				
TIR	1,49				

porcentaje cap	0,15		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				

0,2				
6	7	8	9	10
4775,94	6720,22	9928,83	15402,87	25089,65
3295,40	4636,95	6850,89	10627,98	17311,86
771,31	1085,32	1603,51	2487,56	4051,98
709,23	997,95	1474,43	2287,33	3725,81
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
706,23	994,95	1471,43	2284,33	3722,81
190,68	268,64	397,29	616,77	1005,16
515,54	726,32	1074,14	1667,56	2717,65
518,55	729,32	1077,14	1670,56	2720,65
189,00	189,00	189,00	189,00	189,00
27,27	43,75	72,19	123,17	217,95
302,27	496,57	815,95	1358,39	2313,70
624,47	1121,03	1936,99	3295,38	5609,08

11	12	13	14	15
42911,82	77063,47	145314,66	287713,08	598134,83
29609,16	53173,79	100267,11	198522,03	412713,03
6930,26	12445,75	23468,32	46465,66	96598,78
6372,41	11443,92	21579,23	42725,39	88823,02
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
6369,40	11440,92	21576,23	42722,39	88820,02
1719,74	3089,05	5825,58	11535,05	23981,41
4649,67	8351,87	15750,64	31187,35	64838,62
4652,67	8354,88	15753,65	31190,35	64841,62
189,00	189,00	189,00	189,00	189,00
401,00	768,41	1535,65	3203,96	6984,49
4062,67	7397,46	14028,99	27797,38	57668,13

Anexo 44

Programa Six Sigma (belt office corporativo)					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,015	0,07	0,0025	0,002	0,05	0,08
Año	1	2	3	4	5

Ventas	1800,00	1965,65	2243,13	2674,97	3333,50
Costos de ventas	1224,00	1336,64	1525,33	1818,98	2266,78
Gastos operacionales	296,10	318,43	363,39	433,35	540,03
EBITDA	279,90	310,57	354,41	422,65	526,69
Depreciación	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
EBIT	276,90	307,57	351,41	419,65	523,69
Impuestos	74,76	83,04	94,88	113,30	141,40
Utilidad Neta	202,14	224,53	256,53	306,34	382,30
Flujo de caja operativo	205,14	227,53	259,53	309,34	385,30
Inversiones	189,00	189,00	189,00	189,00	189,00
Cambio en capital de trabajo	21,60	1,99	3,33	5,18	7,90
Flujo de caja libre	-5,46	36,54	67,20	115,16	188,39
Flujo de caja acumulado	-5,46	31,08	98,28	213,44	401,83
VAN	50801,98				
TIR	7,50				

porcentaje cap	0,15		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0				
6	7	8	9	10
4341,09	5907,62	8401,23	12485,02	19388,86
2951,94	4017,18	5712,83	8489,81	13184,42
703,26	957,03	1361,00	2022,57	3140,99
685,89	933,40	1327,39	1972,63	3063,44
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
682,89	930,40	1324,39	1969,63	3060,44
184,38	251,21	357,59	531,80	826,32
498,51	679,19	966,81	1437,83	2234,12
501,51	682,19	969,81	1440,83	2237,12
189,00	189,00	189,00	189,00	189,00
12,09	18,80	29,92	49,01	82,85
300,42	474,40	750,88	1202,83	1965,27
702,25	1176,65	1927,53	3130,36	5095,63

11	12	13	14	15
31465,26	53361,36	94566,79	175132,49	338930,82
21396,38	36285,72	64305,42	119090,09	230472,96
5097,37	8644,54	15319,82	28371,46	54906,79
4971,51	8431,09	14941,55	27670,93	53551,07
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
4968,51	8428,09	14938,55	27667,93	53548,07
1341,50	2275,59	4033,41	7470,34	14457,98

3627,01	6152,51	10905,14	20197,59	39090,09
3630,01	6155,51	10908,14	20200,59	39093,09
189,00	189,00	189,00	189,00	189,00
144,92	262,75	494,47	966,79	1965,58
3296,10	5703,76	10224,68	19044,80	36938,51
8391,73	14095,49	24320,16	43364,97	80303,48

Anexo 45

SPC + Industry 4.0 (sensores)					
US\$millones	Gran empresa		Tasa crec	0,03	
Ventas %	Costos ventas %	Gop init %	Gop anual %	Inv red %	NWC red %
0,01	0,05	0,004	0,0015	0	0,1
Año	1	2	3	4	5
Ventas	1800,00	1946,88	2189,98	2561,96	3117,02
Costos de ventas	1260,00	1362,82	1532,98	1793,37	2181,91
Gastos operacionales	297,90	314,42	353,68	413,76	503,40
EBITDA	242,10	269,64	303,31	354,83	431,71
Depreciación	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
EBIT	239,10	266,64	300,31	351,83	428,70
Impuestos	64,56	71,99	81,08	94,99	115,75
Utilidad Neta	174,54	194,65	219,23	256,84	312,95
Flujo de caja operativo	177,54	197,65	222,23	259,84	315,96
Inversiones	184,32	180,00	180,00	180,00	180,00
Cambio en capital de trabajo	27,00	2,20	3,65	5,58	8,33
Flujo de caja libre	-33,78	15,45	38,58	74,26	127,63
Flujo de caja acumulado	-33,78	-18,33	20,25	94,51	222,14
VAN	28839,42				
TIR	1,32				

porcentaje cap	0,15		tasa de op	0,1
Inir a CapEx				
0,6				
6	7	8	9	10
3944,02	5190,06	7102,96	10109,73	14964,87
2760,82	3633,04	4972,07	7076,81	10475,41
636,96	838,20	1147,13	1632,72	2416,83
546,25	718,82	983,76	1400,20	2072,63
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

543,24	715,82	980,76	1397,19	2069,63
146,68	193,27	264,80	377,24	558,80
396,57	522,55	715,95	1019,95	1510,83
399,57	525,55	718,96	1022,95	1513,83
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
12,41	18,69	28,69	45,10	72,83
207,17	326,86	510,26	797,85	1261,01
429,31	756,17	1266,43	2064,28	3325,29

11	12	13	14	15
23037,72	36884,14	61414,80	106350,56	191531,36
16126,41	25818,90	42990,36	74445,39	134071,95
3720,59	5956,79	9918,49	17175,62	30932,31
3190,72	5108,45	8505,95	14729,55	26527,09
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
3187,72	5105,45	8502,95	14726,55	26524,09
860,69	1378,47	2295,80	3976,17	7161,50
2327,04	3726,98	6207,15	10750,38	19362,59
2330,04	3729,98	6210,15	10753,38	19365,59
180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
121,09	207,70	367,96	674,04	1277,71
2028,95	3342,29	5662,19	9899,35	17907,88
5354,24	8696,52	14358,72	24258,06	42165,94

