



ESCUELA DE NEGOCIOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Escuela de Negocios Departamento de Ingeniería Comercial
MBA, Magíster en Gestión Empresarial

**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PARA EVALUAR TERCERIZACIÓN
EN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN COMPAÑÍAS
MINERAS**

Tesina de Grado presentada por

Mauricio Antonio Duarte Martínez

Como requisito para optar al grado de

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

Guía de Tesina Dr. Luis Acosta E.

Noviembre de 2018

**TITULO DE TESINA: “METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PARA EVALUAR
TERCERIZACIÓN EN ACTIVIDADES DE
MANTENIMIENTO EN COMPAÑIAS MINERAS”**

AUTOR: **Mauricio Antonio Duarte Martínez**

TRABAJO DE TESINA, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

OBSERVACIONES: _____

COMISIÓN DE TESINA: Dr. Luis Acosta E.
Dr. Rodrigo Ortega B.
Dr. Luis Cerna M.

Santiago, Noviembre de 2018

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Mauricio Antonio Duarte
Martínez

Fecha: 19 Noviembre de 2018.

Resumen

La importancia del sector minero, en particular la minería del cobre, en el desarrollo económico de los países productores ha sido y seguirá siendo de vital importancia para mejorar las condiciones de vida y el bienestar de las personas. A través del tiempo los países exportadores de este metal (principalmente Chile) han demostrado que es posible crecer a partir de la explotación de sus riquezas mineras, por lo tanto, el sector minero tiene la intención de aumentar su producción a pesar de los retos a los que se enfrentan, como reducción de costos, nuevas normativas ambientales y mejora de la responsabilidad social corporativa entre otras.

Bajo este escenario y en función de cumplir con los desafíos competitivos presentes, el outsourcing ha ido ganando popularidad como una práctica estándar entre las industrias mineras de todo el mundo. Los beneficios y los avances de la tercerización solo pueden realizarse teniendo en cuenta las preocupaciones a corto y largo plazo asociadas con tal decisión comercial.

El presente estudio propone un enfoque integrado BSC-ANP (Cuadro de mando integral-Proceso de red analítica) para la selección de las mejores estrategias de tercerización (insourcing y outsourcing) para actividades de mantenimiento en la minería de cobre estudiando un caso de Minera Centinela. Aquí BSC se aplica para comprender el impacto de la decisión de tercerización en el rendimiento del negocio a través de sus dimensiones estratégicas y financieras. Mientras que ANP toma en consideración la interacción efecto de los indicadores BSC, asigna ponderaciones, los prioriza y determina la mejor alternativa de tercerización. Aunque existe literatura que aclara las ventajas del enfoque BSC-ANP, la aplicación de tal concepto en el sector minero y especialmente en labores de Mantenimiento raramente se ha considerado.

Abstract

The importance of the mining sector, particularly copper mining, in the economic development of the producing countries has been and will continue to be of vital importance to improve the living conditions and well-being of the people. Over time the exporting countries of this metal (mainly Chile) have shown that it is possible to grow from the exploitation of their mining wealth, therefore, the mining sector intends to increase its production despite the challenges to those that face, such as cost reduction, new environmental regulations and improvement of corporate social responsibility among others.

Under this scenario and in order to meet the present competitive challenges, outsourcing has been gaining popularity as a standard practice among mining industries around the world. The benefits and advances of outsourcing can only be realized taking into account the short and long term concerns associated with such commercial decision.

The present study proposes an integrated approach BSC-ANP (Balanced Scorecard-Analytical Network Process) for the selection of the best outsourcing strategies for maintenance activities in copper mining studying the case of Minera Centinela . Here BSC is applied to understand the impact of the outsourcing decision on the performance of the business through its strategic and financial dimensions. While ANP takes into consideration the interaction effect of the BSC indicators, it assigns weights, prioritizes them and determines the best alternative outsourcing. Although there is literature that clarifies the advantages of the BSC-ANP approach, the application of such concept in the mining sector and especially in maintenance work has rarely been considered.

Índice

Resumen.....	1
Abstract	2
Índice	3
1 Introducción	6
2 Objetivos	8
a) Objetivo General.....	8
b) Objetivo Específicos	8
c) Alcance del Estudio	8
3 Metodología.....	9
4 Antecedentes Generales	10
4.1 El Cobre y la Industria Minera	10
4.2 Minera Centinela.....	12
4.2.1 Principales Productos y Servicios	12
4.3 Descripción de las actividades unitarias de la minería del cobre	14
4.4 Gestión activos de mantenimiento.....	17
4.5 Modelo mantenimiento minera Centinela	17
4.6 Visión de los contratos de servicios aplicados en Minería.....	18
4.6.1 Contratos MARC “Maintenance and Repair Contract”	21
4.6.2 <i>Contratos LPP “Labor Plus Part”</i>	21
5 Antecedentes Estado Del Arte	22
5.1 El cuadro de mando integral (BSC).....	22
5.1.1 Perspectiva financiera	23
5.1.2 Perspectiva del cliente	23
5.1.3 Perspectiva de operaciones internas	23
5.1.4 Perspectiva de aprendizaje y crecimiento de la compañía	23
5.1.5 Problemática BSC	24
5.2 Análisis Decisiones Multicriterio.....	24
5.2.1 El proceso de red analítica (ANP).....	26

5.2.2	Descripción del ANP	26
5.3	El problema de la decisión de tercerización	29
5.3.1	Externalizar (Outsourcing).....	29
5.3.2	Internalización (Insourcing).....	31
5.4	Literatura sobre el Marco- BSC-ANP	33
5.5	Metodología de investigación y recopilación de datos.....	34
6	Desarrollo De Propuesta	36
6.1	Antecedentes Caso de Estudio.....	36
6.2	Marco BSC-ANP propuesto	37
6.3	Propuesta de Cuadro de mando integral (BSC).....	38
6.3.1	Perspectiva financiera	38
6.3.2	Perspectiva del cliente	39
6.3.3	Perspectiva de operaciones internas	40
6.3.4	Perspectiva de aprendizaje y crecimiento de la compañía	41
6.4	Alternativas para la toma de decisiones de tercerización.	42
6.4.1	Internalización	42
6.4.2	Externalización	42
6.5	Matriz de Influencias.....	43
6.6	Modelo en Red	44
6.7	Construcción de matrices de comparación por pares	46
6.8	Análisis de influencia entre los Clúster o componentes del sistema.	48
6.9	Comprobación de consistencia de las comparaciones por pares	49
6.10	Super Matriz Inicial.....	52
6.11	Super Matriz Ponderada	53
6.12	Supermatriz Límite	55
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
7.1	Análisis de sensibilidad.....	58
8	CONCLUSIONES	61
	Bibliografía.	62
	Índice de Figuras.	64
	Índice de Tablas.....	65
	Índice de Gráficos.....	66

Anexos.....	67
Carta a los expertos (Metodo Delphie).....	67
Diseño Cuestionario	68

1 Introducción

La externalización (outsourcing) es un tema recurrente en la minería debido a la gran cantidad de empresas contratistas dedicadas a esta actividad. Según COCHILCO, en Chile los niveles de externalización en faenas mineras han alcanzado el 65% en el 2012, lo cual se ve reflejado en el año 2013 con un total de 3.235 empresas contratistas, mientras que las mandantes redondeaban a las 707 (Gomez, Carlos 2016).

Para entender los beneficios y avances de la tercerización, un enfoque estratégico es de absoluta necesidad para gestionar los riesgos inherentes asociados con la decisión de subcontratar, si bien la externalización se ha visto como una herramienta estratégica para proporcionar una ventaja competitiva, hay varias deficiencias de la práctica que afecta negativamente a la empresa en términos de escalada de costos, pérdida de competencias básicas, degradación del servicio, y el riesgo de fuga de capital intelectual. Es importante identificar ciertos factores de riesgo asociados con la tercerización de actividades mineras, como la incapacidad de atender la demanda fluctuante, el proceso inadecuado capacitación ambiental, inadecuada implementación de políticas de salud y seguridad (OHS) e incapacidad para administrar actividad peligrosa.

Considerando los beneficios y riesgos, tanto a corto como a largo plazo y las preocupaciones asociadas con las decisiones estratégicas de outsourcing, se requiere un enfoque estructurado que considere elementos estratégicos de la toma de decisiones al seleccionar la mejor alternativa de outsourcing para la organización.

El presente caso de estudio propone un BSC-ANP integrado (proceso de red analítica de cuadro de mando integral) para la selección de la mejor estrategia de tercerización entre Internalización y externalización para actividades de mantenimiento.

Aquí BSC proporciona elementos de decisión a través de un marco integral que comprende las dimensiones estratégicas para evaluar el rendimiento de la compañía, mientras que ANP, una herramienta de toma de decisiones multicriterio (MCDM, por sus siglas en inglés), toma en cuenta las interacciones e influencias entre la decisión elementos dentro y entre las perspectivas de BSC, facilitando la compleja decisión como la contratación externa.

A pesar de que la literatura existente reconoce el efecto de interacciones de los indicadores BSC y su impacto potencial en el desempeño de la empresa, tal efecto ha sido raramente considerado debido a la falta de disponibilidad de herramientas adecuadas. El presente estudio aborda este problema con la ayuda de un caso de estudio en Minera Centinela.

2 Objetivos

a) Objetivo General.

Proponer un modelo de decisión que combine metodología BSC (Balance scorecard) y ANP (Analytic Network Process) para la selección de la mejor alternativa de tercerización del mantenimiento para equipos de transporte que operan en rajos mina, considerando aspectos económicos, operacionales y de riesgo.

b) Objetivo Específicos

- Desarrollar un método sistemático y ordenado que permita al decisor comprender las variables más críticas para la toma de decisiones.
- Jerarquizar las variables con mayor incidencia en la decisión de tercerizar actividades de mantenimiento en una compañía minera.
- Comprender el impacto que se genera sobre el rendimiento del negocio tercerizar actividades de mantenimiento.

c) Alcance del Estudio

El desarrollo de esta tesina está focalizado en implementar un modelo que facilite la toma de decisiones a los equipos ejecutivos, con potencial de aplicabilidad en diversos sectores de la industria minera.

Para el caso de estudio se considera solo el mantenimiento asociado a equipos de transporte que operan en rajos mina.

Los criterios utilizados están en función de datos reales de la industria y acuerdos comerciales entre empresas mineras y proveedores del servicio.

3 Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo es necesario entender cómo los criterios de selección de proveedores de bienes o servicios impactan la productividad y competitividad de las compañías.

Para esto, se realizará un estudio basado en la metodología de análisis multicriterio, recopilación de información, estudios de la industria y publicaciones, con el fin de contextualizar la relevancia de incorporar un método de selección.

La selección de las perspectivas del cuadro de mando integral y su impacto en la estructura de análisis, se realizará tomando cuenta la data histórica disponible de distintos estudios benchmarking de la industria, la caracterización de las principales condicionantes de los yacimientos mineros y principalmente con entrevistas de expertos.

Una vez definidas las perspectivas más relevantes, se comenzará a desarrollar la metodología de decisión multicriterio. El modelo debe ser independiente y aplicable a cualquier operación minera, dentro del alcance de análisis propuesto.

Se plantea una metodología cuantitativa, asignando un valor que permita jerarquizar las variables más críticas para la toma de decisión.

Dada la potencialidad y transversalidad de esta metodología, se espera que sea aplicada a las compañías que pertenecen al grupo Antofagasta Minerals S.A. (AMSA).

Por último, en base a la metodología empleada, se espera desarrollar una herramienta de gestión que permita seleccionar, las mejores alternativas de servicios a la industria minera.

Su uso es de nivel estratégico y permitirá al equipo ejecutivo tomar decisiones incorporando perspectivas de financieras, operacionales y de riesgo.

4 Antecedentes Generales

4.1 El Cobre y la Industria Minera

El cobre, durante el desarrollo humano, ha sido uno de los metales más ampliamente utilizado en el mundo y de diversas formas. Actualmente, se emplea en construcción, electrónica, maquinaria y bienes de consumo masivo, como, por ejemplo, el vestuario. En el último tiempo, el precio del cobre se ha vuelto altamente volátil, principalmente, por la demanda de sustitutos y la desaceleración del crecimiento de China. Esto ha sometido a las compañías mineras a una gran presión por reducir sus costos operacionales, y mantener su competitividad en el mercado actual y futuro.

En 2017, el cobre tuvo un exitoso proceso de recuperación tras cuatro años en los que su valor se derrumbó a precios cercanos a los 2 dólares la libra debido a la caída de la demanda china, lo que derivó en una baja del crecimiento económico de Chile que promedió una expansión de 1,7%, sin embargo, aquel año la producción de cobre del mundo era cercana a los 25 millones de toneladas por año, de las cuales el 27% eran producidas en Chile (ver Gráfico 1).

Con el envejecimiento de los yacimientos y los cambios en las condiciones del mercado, los costos promedio de la industria han aumentado, principalmente, por la mayor exigencia de producción como consecuencia de los altos precios que presentó el metal durante el súper ciclo de cobre entre los años 2006 al 2014 (ver Gráfico 2), triplicando los costos operacionales netos o *cash cost* respecto a la década anterior.

Ante un mercado de *commodity*, donde no es posible manejar el precio de venta, con poca o casi nula capacidad de diferenciación y expuesto completamente a las variables macroeconómicas, el mantener una estrategia adecuada permitirá sustentar el negocio en el tiempo.

PRODUCCIÓN Y PARTICIPACIÓN DE CHILE EN EL MERCADO DEL COBRE

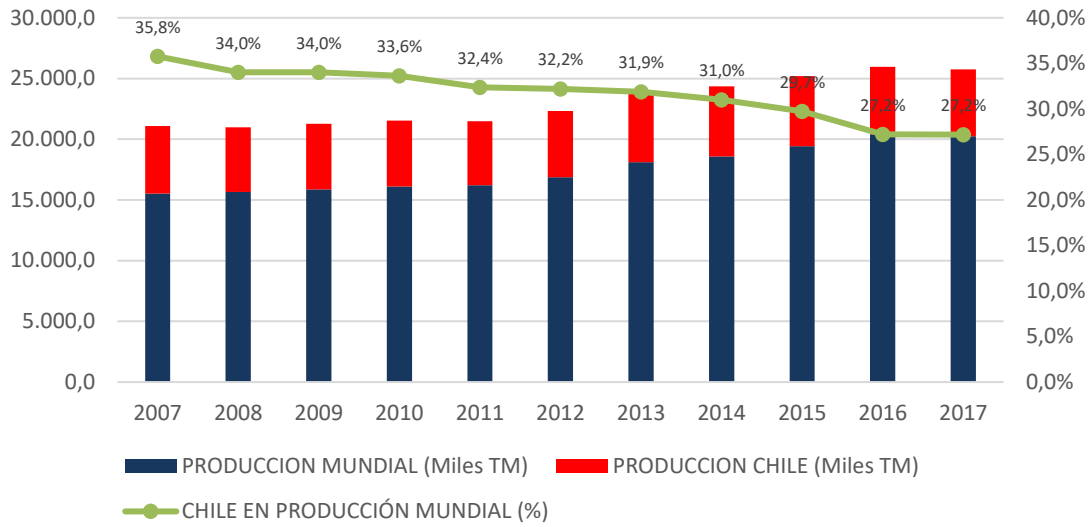


Gráfico 1: Elaboración propia (Fuente Cochilco)

EVOLUCIÓN PRECIO DEL COBRE EN CHILE

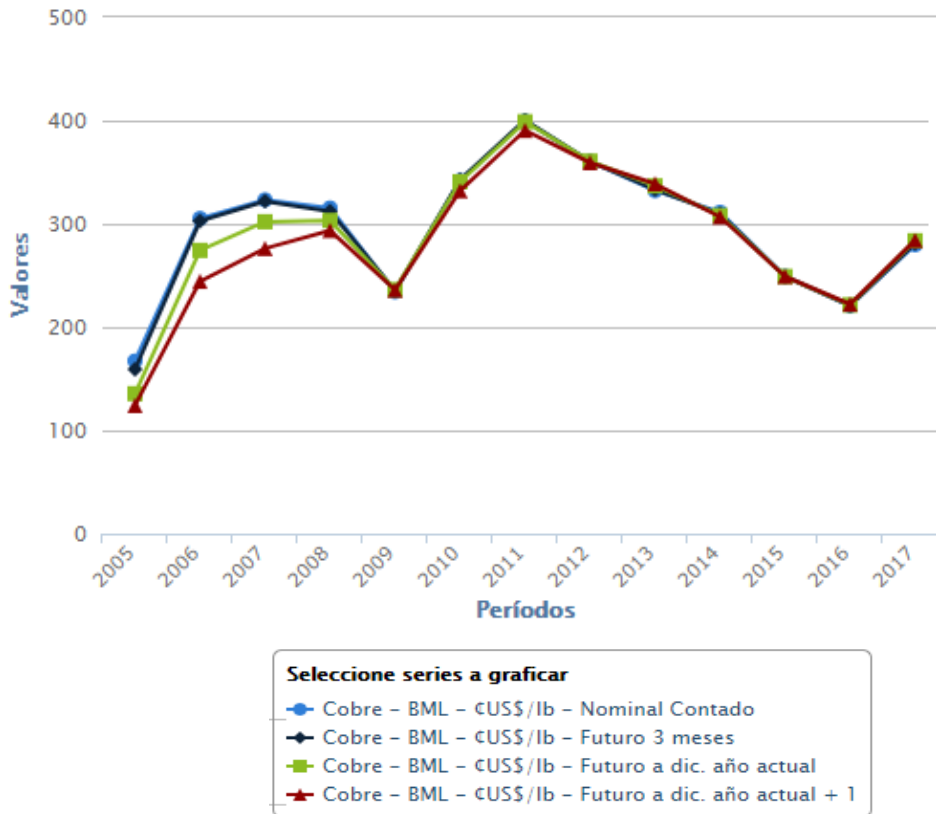


Gráfico 2: Evolución precio del cobre, elaboración propia

En la actualidad las compañías están incrementando sus esfuerzos para reducir costos y aumentar su productividad por diversas vías, incluyendo renegociación de contratos, cambios en los planes mineros, innovación y desarrollo de nuevas tecnologías.

Bajo este contexto, es importante entender que para mantener una producción consistente se deben administrar correctamente los activos, y es en esta dimensión que el Mantenimiento juega un rol crítico dado que un adecuado mantenimiento permite operar a capacidad de diseño los equipos.

Bajo esta premisa, en la actualidad, las compañías del grupo minero AMSA definen al mantenimiento como estratégico, y el gestionarlo adecuadamente permite desarrollar una ventaja competitiva respecto a la industria.

4.2 Minera Centinela

Minera Centinela es una empresa creada y gestionada por *Antofagasta Minerals*, el único grupo privado nacional que participa en el surgimiento de la nueva minería, que busca incorporar tanto en su diseño como en su operación el compromiso con el respeto a las personas, la sustentabilidad e innovación tecnológica a sus procesos. La compañía es un yacimiento minero de cobre y oro, que está emplazada a 2.800 metros de altura, a 180 kilómetros al noreste de la ciudad de Antofagasta. Actualmente se encuentra en etapa de operación y sus reservas se estiman en 587 millones de toneladas, con una ley de 0.53% total, con más 0,22 gramos de oro por tonelada.

El proyecto contempló una inversión total de US 2.700 millones y su estructura societaria está compuesta en un 70% de propiedad de *Antofagasta Minerals* y un 30% de *Marubeni Corporation*.

4.2.1 Principales Productos y Servicios

Existen dos procesos en paralelo en donde se extraen los principales productos, en las instalaciones de Centinela Sulfuros se extrae el concentrado de cobre y el oro, mientras que en las dependencias de Centinela Óxidos se producen los cátodos de cobre.

- Concentrado de Cobre:

El proceso de esta línea comienza con la extracción del mineral, proveniente del yacimiento y prosigue hacia las etapas de chancado, molienda, obtención y concentrado. El producto que se obtiene es una pulpa espesa compuesta en un 63% de sólidos el cual es transportado por gravedad a través de una concentrado que recorre 145 kilómetros desde el sector de la planta de sulfuros hasta el puerto de Michilla para embarcar.

- Cátodos de Cobre:

El proceso de producción utilizado en la línea de óxidos es la lixiviación en pilas dinámicas del mineral chancado y aglomerado, el que posteriormente ingresa a la fase de extracción por solventes y de electro-obtención que proporciona como producto final el cobre catódico. Cada cátodo tiene una dimensión aproximada de 1 [m] de largo por 1 [m] de ancho y 4 [mm] de espesor. Posteriormente son embarcados en el puerto de Antofagasta.



Figura 1: Flow Sheet Minera Centinela

4.3 Descripción de las actividades unitarias de la minería del cobre

La minería del cobre tiene dos variantes clásicas (rajo y subterránea), dependiendo de la profundidad y acceso al cuerpo mineralizado. Para efectos del análisis de este trabajo sólo se considerará la minería de rajo u *open pit*. Bajo este esquema clásico se distinguen dos procesos principales de la operación: extracción del mineral y tratamiento del mineral. El tratamiento, según las características de la mineralización puede ser realizado mediante un proceso de flotación o concentración (para minerales sulfurados) o por medio de la lixiviación (para minerales oxidados principalmente). A su vez, cada proceso se subdivide en actividades unitarias comparables entre distintas faenas mineras. A continuación, se describirán brevemente los procesos, subprocesos y recursos involucrados, con el fin de contextualizar el análisis que será realizado en los puntos posteriores.

- Explotación por rajo.

En este tipo de extracción, el mineral se encuentra en la superficie o cercana de ésta, de manera que es económicamente rentable el que se retire separándolo del material lastre. Su extracción debe considerar el mantener la estabilidad de sus paredes y permitir el tránsito de equipos de gran tonelaje. Por ello, su forma es una especie de cono invertido con paredes escalonadas. Cada sección de extracción se conoce como banco, y su nivel de inclinación, se conoce como ángulo de talud. El tránsito a través de los bancos se realiza mediante caminos o secciones horizontales, mientras que las bermas de seguridad, de corte escalonado, contienen posibles derrumbes. Las rampas son los caminos en pendiente que permite el paso de equipos desde la superficie a los distintos puntos de extracción.

El objetivo de la extracción es sacar la roca desde la mina para ser enviada a la etapa siguiente de procesamiento (mineral) o botaderos (mineral de baja ley y lastre). Para llevar a cabo la extracción es necesario pasar por cuatro subprocesos, estos son: perforación, tronadura, carguío y transporte, acompañado de una actividad de servicios y equipos de apoyo que soportan la actividad a lo largo del proceso.

- Perforación:

Tiene como objetivo preparar la zona para la inserción de explosivos y posterior tronadura. La perforación se determina en base a distintas propiedades de las rocas. Se realiza el diseño de los diagramas de disparo, en el que se identifican elementos

como el sector a perforar, el tipo de zona (mineral, lastre, rampa), la malla de perforación (espaciado, burden o distancia entre corridas), largo y diámetro de perforación, la máquina que realizará el trabajo y número de perforaciones.

La perforación requiere principalmente de una fuente de energía (mecánica, térmica, hidráulica, etc.) la cual puede tener origen en equipos que operen en base a combustible o energía eléctrica. Otro insumo relevante es la barra de acero, que une la fuente de energía (pistón) con la broca. Por último, para barrer la roca molida o detrito desde el fondo de la perforación, es necesario utilizar fluidos de perforación, el que normalmente es agua o un flujo de aire. Si bien los dos son igualmente efectivos, tienen diversas aplicaciones. En el caso de agua, es excelente refrigerante y controla el polvo, sin embargo, puede ser complejo su uso en bajas temperaturas o en zonas donde su abastecimiento se dificulta. El aire aumenta la velocidad de perforación, pero sólo puede ser utilizado en lugares abiertos por el desprendimiento de polvo.

- Tronadura:

La tronadura tiene como fin lograr la fragmentación de la roca, sin afectar la estabilidad de la mina. Es un proceso fuertemente controlado, por los riesgos que representa y porque de su correcta ejecución depende la geomecánica de la zona tronada, el tamaño de la pila y una fragmentación adecuada de la roca. La zona a tronar es aislada y señalizada. Luego de chequear la profundidad de los pozos, se introduce en los explosivos un detonador, etapa que se conoce como primado. Luego, se cargan los pozos de perforación con explosivos, mediante camiones especiales conocidos como camiones fábrica. Se realiza el amarre del disparo, en donde se conectan de acuerdo a una secuencia y tiempos de iniciación establecidos en el diseño. Por último, los pozos son tapados con el detrito procedente de la perforación para aumentar la potencia de la tronadura. Luego de establecer una zona de seguridad, para evitar el acceso de equipos y personas, y de informar una hora de inicio, se inicia el disparo por parte de personal especializado. Los principales insumos de la tronadura corresponden a explosivos y accesorios. Por lo general, dada la complejidad del uso y manejo de los explosivos, este subproceso se contrata como servicio a los proveedores de explosivos, existiendo 2 principales en Chile: Enaex y Orica.

- Carguío:

El carguío consiste en la carga de material en carros o camiones para su transporte a sus posibles destinos: chancado, stock de mineral y botaderos. Este proceso es realizado, principalmente, por palas y cargadores. Las palas de cable son equipos

de carguío de grandes dimensiones, cuyo balde puede superar los 45 [m³]. Su funcionamiento se logra mediante cables tensados y un tambor, que levantan el balde. Funcionan con energía eléctrica y se desplazan a través de orugas. Son máquinas aptas para todo tipo de material y poseen una alta disponibilidad y vida útil. Sin embargo, su precio es elevado, por lo que su uso se justifica sólo en proyectos de gran escala. Por otro lado, las palas hidráulicas tienen como ventaja su forma de desplazamiento, que es más rápido, y una menor necesidad de empleo de equipos auxiliares, pues el movimiento de su balde es más rápido y preciso. Se dividen en dos grupos: Palas frontales y retroexcavadoras, según su forma de carga. Pueden funcionar de forma eléctrica o diésel, siendo preferidas estas últimas por tener mayor autonomía. Los cargadores frontales son equipos de menor tamaño que las palas. Se utilizan en tareas auxiliares o de menor envergadura realizando carga y transporte en distancias cortas. Sus funciones son más diversas y es un equipo de uso general, por lo que pueden ser arrendados o revendidos con facilidad. El balde es más ancho que el resto del equipo. Utilizan diésel para su funcionamiento y tienen un costo no menor en neumáticos siendo entre el 10% y 20% de los costos de mantenimiento (Caroca, Enrique, 2016)

- Transporte:

Mediante el transporte se traslada el material mineralizado o lastre desde el yacimiento hacia los botaderos, acopios de stock o chancadores. Para los yacimientos de rajo abierto no sólo se extrae el mineral, sino también se necesita remover el lastre que lo rodea. Para ello, se utiliza una gran flota de equipos, siendo un proceso intensivo en capital y con alto impacto en los costos de operación.

El material extraído debe moverse a tres destinos posibles: botaderos en el caso del lastre, y a chancadores o pilas (de acopio o lixiviación) en el caso del mineral. La distancia de acarreo es un factor relevante en este tipo de tareas; para ello, las mineras utilizan el concepto de distancia equivalente de transporte, que es el trayecto promedio que realiza un camión por cada viaje considerando las condiciones de ruta (pendientes positivas y negativas). Para relacionarlo con la producción, se utiliza el de Tonelada –Kilómetro ([TK]), que se calcula multiplicando las toneladas de material extraído por la distancia media de transporte.

En operaciones de mayor escala se utilizan camiones de grandes dimensiones, con una tolva accionada por cilindros hidráulicos. Son de dos ejes, al que se le agrega un tercero si su carga sobrepasa las 350 [Ton]. Los motores utilizados en estos camiones son principalmente de tipo diésel, con diversos sistemas para aumentar la potencia y la economía de combustible. Otro insumo relevante en esta etapa son los neumáticos, cuyo desgaste depende de la cantidad transportada y distancia de acarreo, además de las características del terreno.

- Equipos auxiliares y servicios de apoyo:

Además de los procesos mencionados, existen una serie de tareas de apoyo realizadas para hacer la operación más eficiente y segura. Para ello, se utilizan una serie de equipos. Entre ellos, podemos mencionar los Bulldozer, Wheeldozer, Camiones Aljibe y Motoniveladoras.

4.4 Gestión activos de mantenimiento.

El mantenimiento se comprende como las labores necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición específica y así poder garantizar la disponibilidad y confiabilidad planificada para las funciones deseadas, satisfaciendo los requerimientos de calidad de la empresa.

El mantenimiento es un proceso que asegura que los diferentes activos operen a capacidad de diseño, sin variabilidad, permitiendo una operación previsible y sustentable.

4.5 Modelo mantenimiento minera Centinela

El modelo de mantenimiento Minera Centinela se basa en los pilares estratégicos del mantenimiento: Sistema de Gestión y Gobernabilidad, Procesos, Personas, Sistemas y Activos.

Es de modo que toda acción y decisión debe asegurar el control y gestión del riesgo de negocio, mediante un criterio estándar que asigne y respete prioridades para enfocar los recursos y esfuerzos en esa dirección.



Figura 2: Modelo Mantenimiento Minera Centinela, elaboración propia

4.6 Visión de los contratos de servicios aplicados en Minería.

Las compañías siempre han buscado competitividad y ahorro en costos, buscando potenciar la productividad de los servicios de forma sustancial implementando un modelo de administración y control de contratos. La directriz que busca es que las funciones y tareas se desarrollen con el objetivo de conseguir que la gestión se realice de manera eficaz y eficiente, cumpliendo con las exigencias de las compañías del grupo minero. Es por esto que el clasificar los contratos en función del foco principal permitirá maximizar la creación de valor, con el objeto de lograr mejores resultados y hacer un uso eficiente de los recursos disponibles.

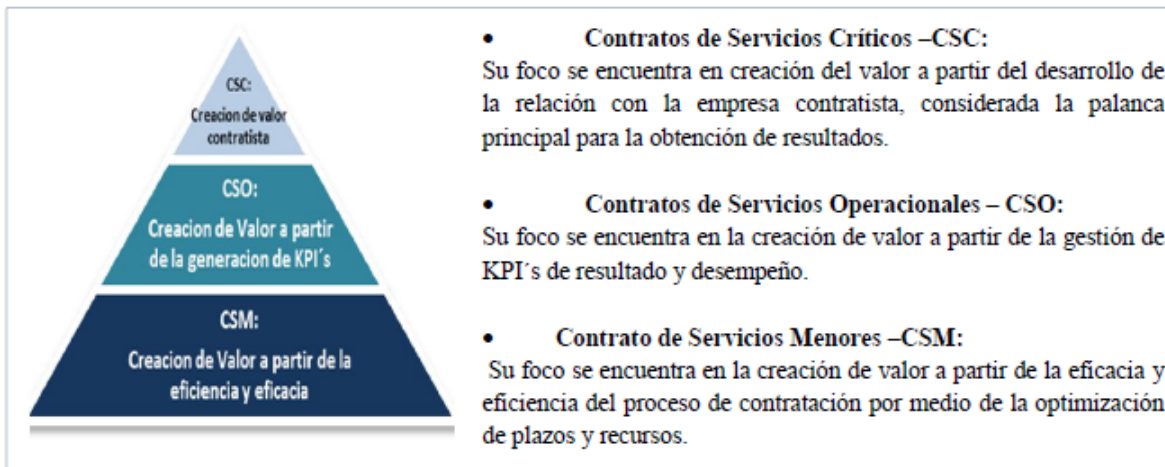


Figura 3: pirámide contratos de servicios, elaboración propia

Para entender el alcance de este tipo de contratos, primero es necesario contextualizar la forma en que estos están dados en el negocio minero. Según [Pascual; 2014], plantea que la elección del tipo de contrato de servicios dependerá en qué fase de la curva de la bañera se encuentre el equipo o activo. Es por esto que, si el activo es muy joven o recién comprado, éste se encontrará en la fase decreciente $\beta < 1$ de desgastes prematuros y de fallos infantiles, y como el operador no tiene el conocimiento suficiente para repararlos, le es conveniente externalizar las labores de mantenimiento.

Sin embargo, a medida que el activo aumenta en el ciclo de vida la fase se vuelve constante $\beta = 1$ y los fallos comienzan a ser normales y aleatorios. Esta es una oportunidad ya que el operador ha aumentado en conocimiento sobre el funcionamiento del activo, lo que permite que sea posible que los arreglos los realice el operador y no el proveedor, es aquí en donde es conveniente aplicar una estrategia de internalización del servicio de mantenimiento.

Ahora bien, cuando nuestro activo alcanza la fase de desgaste creciente $\beta > 1$, comenzarán a incurrir en altos costos de mantenimiento producto de la alta tasa de fallas que presentan los componentes mayores del activo, es por esto que es conveniente aplicar una estrategia de mantenimiento interna o negociar un contrato de servicios acorde a las necesidades de la empresa. Es ahí cuando entra en discusión si un contrato es conveniente o no.

Uno de los puntos importantes en los contratos mineros es el riesgo compartido y el riesgo de cada tipo de contrato. En la Figura 5 se pueden apreciar cada uno de los contratos mineros en función del riesgo asumido para el cliente y contratista.

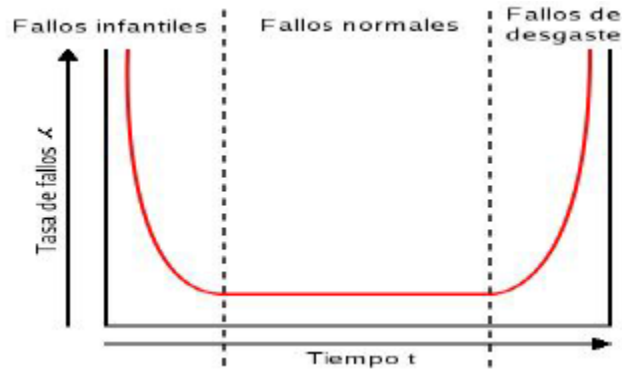


Figura 4: “curva de la bañera” elaboración propia (Fuente Pascual 2014)

FASE	B	TIPO DE FALLAS	OBSERVACIÓN	RECOMENDACIÓN
Decreciente	$\beta < 1$	Infantiles	Fallas muy específicas que solo conoce el fabricante y proveedor del equipo	Externalizar
Constante	$\beta = 1$	Normales	Fallas conocidas e informadas por el fabricante	Internalizar
Creciente	$\beta > 1$	Desgaste	Fallas producto del deterioro que afecta principalmente a los componentes mayores. Esta etapa considera un costo económico más elevado.	Externalizar Internalizar

Tabla 1: fases “curva de la bañera” elaboración propia (Fuente Pascual 2014)

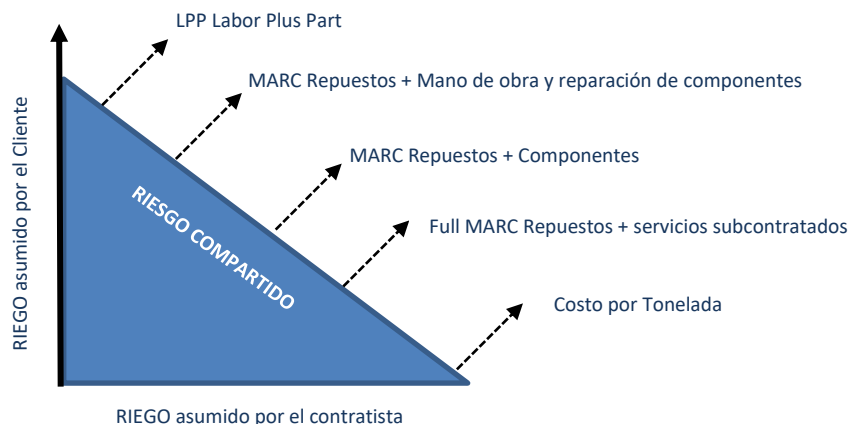


Figura 5: Contratos en función del riesgo (Pascual 2014)

Para obtener un buen resultado en la gestión de contratos, se debe cumplir con lo siguiente:

- Definir claramente los tipos de contratos, alcances, roles y responsabilidades.
- Definir los protocolos de relación Mandante-Proveedor.
- Establecer los requerimientos de los entregables.
- Verificar cumplimiento de la total certificación de las herramientas y equipos.
- Gestionar el pago de servicios en los plazos establecidos.
- Registrar y evaluar con indicadores de desempeño, lo establecido al proveedor sobre la ejecución del contrato.

4.6.1 Contratos MARC “Maintenance and Repair Contract”

Este contrato es de acuerdo contractual a plazo finito entre el *Original Manufacture Equipamiento* contratista y el usuario del equipo. El contratista es encargado de las actividades de Planificación, recambio y reparación de componentes; Administración de repuestos y componentes; Análisis de fallas y control de costos. De igual forma el contratista debe definir una estrategia de mantenimiento para los componentes, incluyendo las decisiones fundamentales de hacer o no hacer intervenciones preventivas.

4.6.2 Contratos LPP “Labor Plus Part”

Este tipo de contrato está orientado a clientes que buscan un servicio integral de stock de repuestos y mano de obra garantizada en terreno, tomando la mantención de sus equipos con mano de obra preparada para realización de inspecciones, reparaciones de componentes y control operacional, con aporte de piezas y partes de acuerdo a convenios de costo fijo y conocido. Algunos beneficios de este tipo contrato:

- Control operacional y estadístico de detenciones.
- Soporte de repuestos y respaldo de componentes menores de recambio.
- Mantención preventiva y predictiva, reparaciones de componentes.

5 Antecedentes Estado Del Arte

5.1 El cuadro de mando integral (BSC)

El cuadro de mando integral (BSC) enfatiza en la medición del rendimiento y evaluación de las estrategias definidas desplegadas por la organización. La técnica BSC fue desarrollada por Kaplan y Norton (1992) como una herramienta estratégica de gestión del rendimiento para ayudar a decodificar estrategias de organización en planes de acción (Cebeci, 2009).

Kaplan y Norton (1996) afirman que "el cuadro de mando integral se traduce en una organización con una misión y estrategia que en conjunto proporcionan el marco para una medición estratégica y sistema de gestión".

A diferencia de los tradicionales estados financieros a corto plazo que ha sido criticado como una técnica inadecuada para evaluación del desempeño empresarial, BSC integra y mantiene un equilibrio entre las medidas financieras y no financieras a la vista de los objetivos a largo plazo de la organización

El marco multidimensional del BSC (Figura 6) comprende cuatro perspectivas como financiera, cliente, procesos internos y aprendizaje de la compañía donde cada perspectiva incluye indicadores de desempeño dentro de ellos (Kaplan & Norton, 1992). Los indicadores de desempeño dentro de estas perspectivas son vinculados entre sí de manera coherente para facilitar la evolución de un mapa estratégico y, por lo tanto, permite una organización centrada que evalúa la efectividad de la estrategia de la organización. La descripción detallada de cada perspectiva del BSC considerada en el estudio se presenta a continuación.

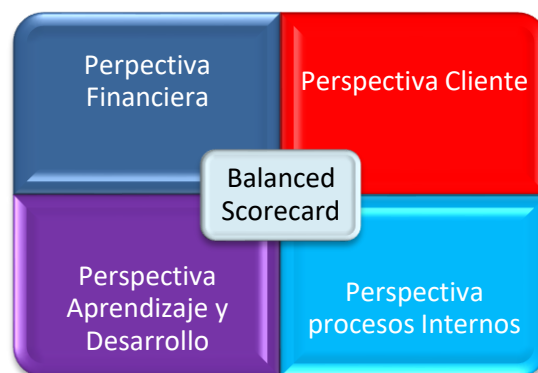


Figura 6: Marco multidimensional BSC, elaboración propia, (fuente Kaplan/Norton 1992)

5.1.1 Perspectiva financiera

La perspectiva financiera incluye el rendimiento financiero tradicional medidas que están relacionadas con la rentabilidad de la empresa. Los criterios comunes de medición financiera son los beneficios, el flujo de efectivo, el rendimiento de inversión (ROI), tasa interna de rendimiento y los costos operacionales.

5.1.2 Perspectiva del cliente

La perspectiva del cliente se basa en las medidas necesarias para satisfacer a clientes y segmentos de mercado mientras que la administración supervisa el rendimiento de las unidades operacionales que tienen la función de retener y satisfacer a clientes futuros o ya existentes. Algunas de las medidas comunes relacionadas con la perspectiva del cliente son satisfacción del cliente, retención de clientes, disponibilidad de activos en segmentos específicos.

5.1.3 Perspectiva de operaciones internas

La perspectiva de operaciones internas trata de sobresalir en algunos de las actividades operacionales organizacionales responsables de satisfacer el objetivo clientes. Tales actividades son tareas de la cadena de valor que facilitan capturar las necesidades actuales y futuras de los interesados.

Innovación, productividad, actividades para mejorar la eficiencia operativa y posventa servicios son algunas de las perspectivas más utilizadas.

5.1.4 Perspectiva de aprendizaje y crecimiento de la compañía

La perspectiva de aprendizaje y crecimiento de la empresa se refiere a la infraestructura con el fin de atender a los objetivos relacionados con las otras tres perspectivas para crear y mantener un crecimiento estratégico a través de personas, sistemas y procedimientos organizacionales. La perspectiva trata con las medidas de desempeño de los empleados que están asociadas con el desarrollo y la motivación de los recursos humanos dentro de la organización. Algunas de las medidas relacionadas con el aprendizaje y la perspectiva de crecimiento empresarial son la satisfacción de los empleados, la formación y el crecimiento profesional de empleado, mejora y retención de la competencia del empleado, continuidad, entrenamiento y habilidad.

5.1.5 Problemática BSC

Sin embargo, la literatura expone algunos inconvenientes de esta metodología.

- Primero, no existe ningún marco integral que esté bien adecuado para todas las organizaciones y para desarrollar el marco requiere encuestados bien informados.
- Segundo, el marco no toma en consideración ninguna técnica cuantitativa para estimar las perspectivas o establecer la importancia relativa de los indicadores.
- En tercer lugar, las perspectivas y los indicadores de rendimiento son de diferentes unidades de medida, por lo que determinar su contribución a la organización mediante la adopción de cualquier metodología en particular es a menudo desafiante.

Para abordar los desafíos anteriormente mencionados, varios estudios sugieren la aplicación del enfoque MCDM que proporciona una mayor amplitud en la evaluación del marco BSC (Abran y Buglione, 2003; Lee et al., 2008).

MCDM es un enfoque estructurado que apoya al tomador de decisiones en resolver problemas de decisión relacionados con criterios múltiples (Majumder, 2015). Eso tiene una amplia variedad de aplicaciones que proporciona un trampolín para resolver cualquier problema donde una decisión importante necesita ser tomada.

5.2 Análisis Decisiones Multicriterio.

La evaluación y toma de decisiones es un proceso habitual en el ser humano. En muchas ocasiones nos encontramos ante diferentes alternativas entre las que debemos seleccionar la que, a nuestro juicio, nos parece la mejor o la que satisface el mayor número de las necesidades requeridas.

Se puede afirmar que un individuo o colectivo tiene un problema de decisión, cuando se plantea un conjunto bien definido de alternativas o cursos de acción posibles y un conflicto tal, que es necesario elegir una de las alternativas o bien establecer en ese conjunto las preferencias.

Entendemos que una buena decisión es aquella cuyas consecuencias han resultado favorables. Sin embargo, en la mayoría de las veces no se pueden comparar las consecuencias de una decisión adoptada con las que hubieran ocurrido si se hubiera adoptado otra solución diferente. Por este motivo resulta imprescindible considerar también el proceso mediante el cual se adoptó la decisión final para poder concluir o no que la solución fue la mejor posible, teniendo en cuenta la información disponible en el momento y los recursos que entonces se pudieron emplear.

Se entiende, por tanto, que una decisión ha sido buena si se ha tomado con el mejor procedimiento disponible. En cambio, no se puede calificar una decisión como buena si ha dado buenos resultados, pero no se conoce cómo se procedió en su adopción. Según León (2001) una decisión buena tiene las siguientes características:

- Es una decisión en la que se ha trazado el objetivo que se quiere conseguir.
- Se ha reunido toda la información relevante.
- Se han tenido en cuenta las preferencias del decisor.

De acuerdo con lo anterior, antes de tomar cualquier decisión, los hechos, el conocimiento y la experiencia se deben reunir y evaluar en el contexto del problema. El proceso de toma de decisiones normalmente se apoya en la experiencia del decisor o en la semejanza a decisiones anteriormente tomadas que llevaron a buenos resultados, y raras veces se basa en un método sistemático o herramienta de apoyo a la resolución de tal disyuntiva. El Análisis de Decisiones Multicriterio (en inglés Multicriteria Decision Analysis MCDA) se presenta como una valiosa herramienta para ayudar al decisor durante este proceso de toma de decisiones.

Los métodos propuestos desde esta disciplina permiten abordar, de forma sistemática y ordenada, un problema en el que subyace una gran subjetividad. Ayudan a que todas las partes afectadas por el proceso de decisión participen en el mismo, suministran una gran cantidad de información, facilitan la búsqueda de consenso, permiten que el decisor aprenda sobre el propio problema de decisión y, en definitiva, ayudan a racionalizar un proceso complejo. Con estas técnicas no se pretende sustituir al decisor en el proceso de toma de decisiones, sino que éste, sea capaz de determinar sus preferencias mediante una metodología que le aportará información y transparencia.

5.2.1 El proceso de red analítica (ANP)

Uno de los métodos más populares de MCDM utilizado en una amplia variedad de los estudios es el Proceso analítico de la jerarquía (AHP). El método AHP se basa en juicios cualitativos y cuantitativos asignando importancia relativa a cada criterio incorporado en cada nivel de la jerarquía estructura de AHP.

AHP considera las comparaciones por pares que se expresan en nítidos números reales usando la escala de nueve puntos de Saaty (Saaty, 1980). Sin embargo, al decidir sobre problemas de decisión complejos, hay algunas deficiencias en relación con el marco AHP unidireccional, ejemplo de esto es un estudio realizado en República Dominicana por investigadores de la universidad politécnica de Cartagena donde se efectuó un análisis de toma de decisión con AHP/ANP de energías renovables, donde el análisis comparativo arrojó que el método ANP abordó con mayor precisión y profundidad el problema.

Teles deficiencias son abordadas por el método ANP desarrollado por Saaty (1996). ANP tiene en cuenta el complejo efecto de interacción entre los componentes dentro de los criterios de decisión lo que permite una mejor representación en la evaluación del complejo problema de decisión. ANP ejemplifica una estructura de red multidimensional integral que considera el juicio del responsable de la toma de decisiones sobre los diferentes componentes como objetivo del problema, criterios, subcriterios, alternativas y su interacción dentro del grupo (dependencia interna) y también entre los grupos (dependencia externa) (Saaty, 2001).

5.2.2 Descripción del ANP

De acuerdo con Saaty (2001), en el método ANP se representa un problema de decisión como una red en la que son posibles las interdependencias entre todos los elementos que lo componen, lo que permite una modelización más aproximada de la realidad (Figura 7). Un modelo en red está formado por elementos o nodos (alternativas y criterios de decisión) agrupados en componentes, grupos o clústeres. Los clústeres, se denotan por C_h (siendo $h = 1, 2, \dots, m$) y se establece que cada clúster contiene e_{nh} elementos que se denotan por $e_{1h}, e_{2h}, \dots, e_{nh}$. Un elemento de un clúster en la red puede tener influencia sobre algunos o todos los elementos de ese mismo clúster o de otro diferente en la red. Se denomina realimentación a la

relación que existe entre los elementos de un mismo clúster y se denomina interdependencia a la relación que existe entre elementos de distintos clústeres.

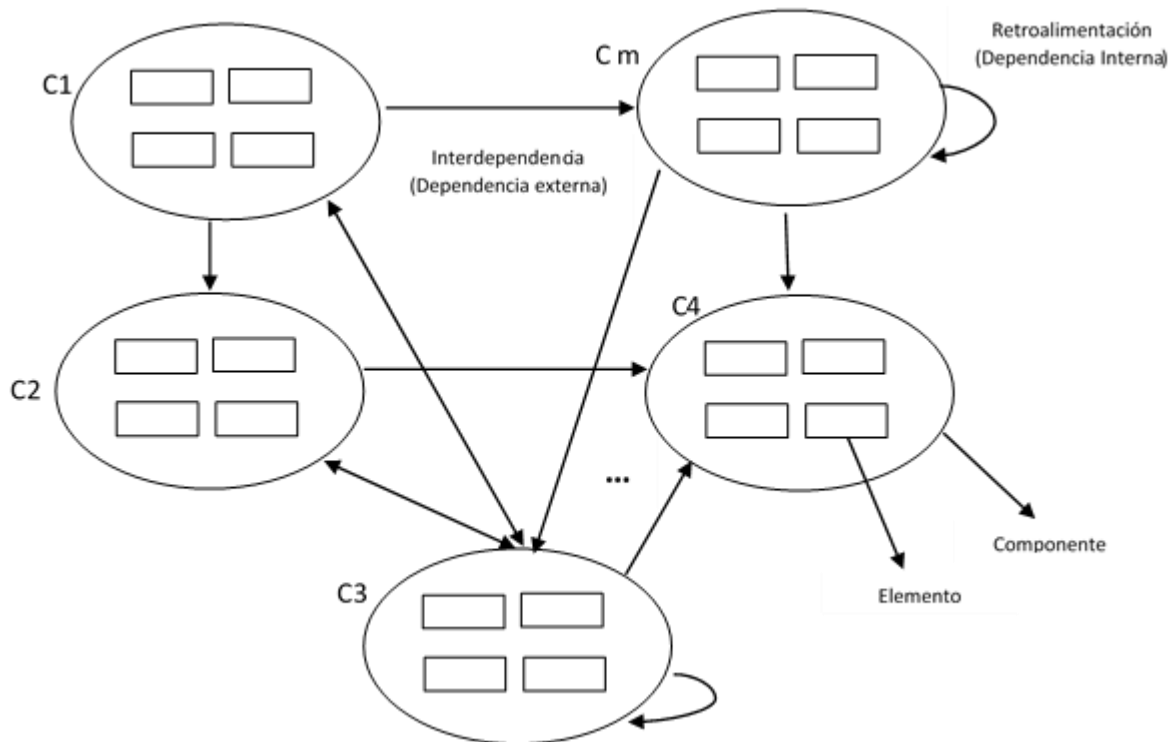


Figura 7: Modelo en Red, elaboración propia, (Saaty 2001)

El método ANP se compone de siete pasos principales:

El primer paso consiste en modelizar el problema de decisión como una red. La calidad de la red depende en gran medida del grado de conocimiento que se posea del problema. La modelización del problema se puede dividir en tres subtarefas sucesivas: (i) identificar los elementos de la red (criterios de decisión y alternativas); (ii) agrupar los elementos en clústeres por alguna característica común; (iii) analizar las relaciones entre elementos de la red.

Segundo paso, se realizan comparaciones pareadas entre elementos mediante el planteamiento de matrices de comparación pareada entre elementos. El procedimiento para completar las matrices de comparación pareada en el ANP es utilizando el concepto de dominancia. Según Saaty (2001), dominancia significa mayor influencia con respecto a una cierta propiedad. Este concepto, dice Saaty, se interpreta habitualmente como importancia cuando se comparan los criterios y como preferencia cuando se comparan las alternativas en base a los criterios. La escala fundamental de Saaty empleada para completar las entradas de las matrices de comparación pareada es del 1 al 9 (Tabla 4). Existen tantas matrices de

comparación pareada entre elementos asociadas a un elemento de la red como grupos de elementos pertenecientes a un mismo clúster influyen sobre dicho elemento.

En tercer lugar, se construye la denominada supermatriz inicial con los vectores de pesos de importancia relativa de los elementos. Las entradas de la supermatriz recogen los pesos de la influencia relativa de los elementos situados en las filas de la matriz sobre los elementos situados en las columnas.

Cuarto paso, se calculan las prioridades relativas entre clústeres mediante el planteamiento de matrices de comparación pareada entre clústeres. Una matriz de comparación pareada entre clústeres asociada a un clúster de la red dado es aquella cuyas filas y columnas están formadas por todos los clústeres de la red que tienen influencia sobre dicho componente dado. Existen tantas matrices de comparación pareada entre clústeres en el modelo como grupos de clústeres influyen sobre algún clúster de la red.

El quinto paso consiste en ponderar los bloques de la supermatriz inicial, mediante los pesos correspondientes de los componentes, para transformarla en la supermatriz ponderada.

En el sexto paso, se normaliza la supermatriz ponderada, dividiendo cada valor por la suma de las columnas. De esta forma, se obtiene una matriz estocástica por columnas, es decir, cuyas columnas sumen la unidad (supermatriz ponderada estocástica).

Por último (séptimo paso), se eleva la supermatriz ponderada estocástica a potencias sucesivas hasta que sus entradas converjan y permanezcan estables. La supermatriz obtenida se denomina límite y todas sus columnas son iguales, consecuencia de partir de una matriz estocástica, y sus valores indican la prioridad global de todos los elementos presentes en la red. Si se desea conocer la prioridad global de las alternativas del problema de decisión, con el fin de ordenarlas de mayor a menor interés, basta con fijarse en las entradas de una columna cualquiera de la supermatriz límite correspondientes a las filas asociadas a las alternativas. Estos valores no sumarán uno, pero se pueden normalizar.

5.3 El problema de la decisión de tercerización

La literatura existente cita problemas de decisión de tercerización (Chen, Wang y Wu, 2011) la decisión de tercerización, que está definida como la decisión de internalizar o externalizar un proceso, es considerada como una decisión estratégica de la empresa, sin embargo, durante muchos años solo se basó en cuestiones de costos, hasta ahora la literatura que aborda esta problemática puede dividirse en dos corrientes, primero, se basa en factores financieros basados en teoría del costo de transacción y segundo en factores no financieros o estratégicos.

5.3.1 Externalizar (Outsourcing)

Corresponde al análisis de la relación entre los lineamientos estratégicos y la eficiencia operacional del proceso, para definirlo y situarlo como una de las herramientas de gestión disponibles. Según (Milgrom & Robert; 1993), una empresa puede intentar ser más eficaz en su trabajo si corta de raíz los malos hábitos creados y plantea una reingeniería que pueda traducirse en beneficio inmediato para su negocio. Lo que el sentido común sugiere es que no intente hacer de todo, ya que eso llevaría a la empresa a diversificar sus funciones y descuidar su planteamiento estratégico. Las actividades ajenas al objetivo que la empresa se ha trazado como propio y prioritario pueden definirse como actividades de soporte, logística o no distintiva. Hay que destacar que aquellas relacionadas con su objetivo serán sus actividades distintivas, lo que se conoce actividades del *Core business*.

Es en este sentido que (Schneider; 2004), establece que el externalizar es la delegación total o parcial de un proceso interno. Esta posibilidad les permite a las empresas ser más flexibles en su estructura organizacional y optimizar su estructura de costos operativos. Cabe destacar, que a medida que la empresa contratada es especialista en el servicio que presta, éste será más eficiente en términos económicos. De aquí se desprende que los beneficios del *outsourcing* radiquen en su capacidad para mejorar el desempleo de la empresa. El desarrollo del *outsourcing* ha surgido como una respuesta a los altos costos de infraestructura, material y personal, que, por no estar directamente relacionada con las actividades distintivas o actividades del *Core Business* de la empresa, resultan innecesarias absorberlas.

5.3.1.1 Justificaciones para Externalizar

Según (Quin & Hilmer; 2000), explican que, desde el punto de vista práctico, el *outsourcing* resulta evidentemente beneficioso de establecer como una herramienta que contribuya al logro de la eficiencia operativa.

a) Reduce y controla los costos operativos:

Los costos operativos de una organización resultan ser, por lo general, extremadamente altos en comparación con los costos de contratar proveedores externos. En segundo lugar, en términos de gestión, resulta mucho más sencillo y económico identificar los costos de transacción con un proveedor externo, explícitos en la negociación que se lleva a cabo con él, que identificar los costos de transacción internos, muchos de los cuales no es posible identificar plenamente.

b) Permite el acceso a habilidades de clase mundial:

Se abren las puertas para que la organización pueda contratar un proveedor de servicios cuya especialización permita la generación de valor, mejora las aplicaciones de tecnología y tarifas realmente competitivas.

c) Provee estabilidad de gestión:

La contratación de un proveedor para determinadas actividades ofrece un mayor control sobre el desempeño de la actividad externalizada, pero una menor garantía respecto de su nivel de calidad.

d) Libera recursos internos para otros propósitos:

Se permite reasignar personal a otras funciones más estratégicas para la empresa, lo cual da lugar a una mayor flexibilidad en los procesos y costos. Además de liberar a la empresa de la carga de mantener departamentos que no son parte de su *Core Business*.

e) Comparte Riesgo:

Dado que el proveedor del servicio internaliza las necesidades y compromisos del cliente, este se convierte en un socio estratégico. Este hecho implica que ambos trabajan juntos en beneficio mutuo, ello permite que la administración de la organización obtener un servicio de mayor productividad a menores costos.

f) Proporciona garantía de servicio:

Durante la formación de un acuerdo de externalización, se especifica el acuerdo del nivel de servicios. Este acuerdo identifica quién es el responsable por la comprobación de la calidad y evaluación en el control de la misma.

g) Mejora el enfoque estratégico de organización:

Algunas de las funciones al interior de la organización pueden ser muy demorosas. Es por esto que la aplicación de la externalización en áreas que no forman parte de los objetivos centrales del negocio permite a la organización dedicar todo su potencial a su *Core Business*.

La propuesta de éxito empresarial de una empresa según (Quin & Doorley; 1998), se establece en función de la estrategia y la eficiencia operacional, si bien estos dos procesos administrativos son diferentes, al complementarse pueden llegar a potenciar las habilidades y recursos de la organización. Debido a la gran importancia que los ejecutivos logren identificar y potenciar las actividades distintivas de la organización que permitan crear y generar un mayor valor.

5.3.2 Internalización (Insourcing)

Es (Badáñová; 2013), quien define que el *Insourcing* es una estrategia que consiste en traer a casa una actividad o función que estaba desempeñándose fuera de la empresa, y de esta manera conseguir mejorar el proceso y potenciar una ventaja competitiva con respecto a las demás empresas.

En ocasiones, la acción de internalizar puede ser una estrategia de costos, pero en otras es mejorar el proceso haciéndolo dentro de la empresa por la razón que sea. No quiere decir que es traer adentro de la empresa cualquier actividad, sino aquella actividad integrada que puede ser asumida mejor por parte de la empresa consiguiendo un mayor beneficio a los clientes, enfocándose en las actividades distintivas o *Core*.

Una de las razones para hacer esto, es que se quiere redefinir el concepto del sector o industria. Para ganar terreno en nuevos dominios competitivos, la empresa tiene que desarrollar los recursos que tiene, combinándolos con ciertas características estratégicas o ventajas competitivas.

Esta estrategia busca el uso de los recursos internos de la organización para ser más competitiva. Una de las principales ventajas es que mantiene el control sobre

ese proceso, teniendo en cuenta también las personas que desarrollan cada una de las actividades relacionadas con él, por lo tanto, lo ideal es la búsqueda de talentos dentro de la empresa para que desarrollen esta actividad de la manera más eficiente posible mejorando el proceso que si la hiciera una empresa externa.

Hay que tener en cuenta que quien conoce la realidad de la empresa es quien está dentro de ella, y los de afuera no son capaces de entender ciertas cosas, aunque también es cierto que existen actividades o procesos mediante los cuales no es posible el *insourcing*.

5.3.2.1 Justificación para Internalizar

Según (Rueda; 2000), es importante reconocer el valor y las limitaciones de una internalizar.

a) El Valor del implementar un *Insourcing*:

La popularidad de la internalización puede atribuirse en parte a la necesidad de aumentar la eficiencia. Además, este enfoque permite a una organización aprovechar y cultivar una colección interna de talentos.

Los ejes principales en los que se genera valor y beneficios son los siguientes:

- Mayor nivel de control.
- Uso de equipo y personal interno.
- Mayor desarrollo de empleo.
- Mayor vinculación con la estrategia de la empresa.
- Imagen corporativa y seguridad para inversión.

De este modo se permite que los empleados se sientan importantes para el éxito general de la empresa mientras se contribuye a la sinergia entre los diferentes equipos y departamentos.

b) Limitaciones del implementar un *Insourcing*:

Las empresas con presupuesto y recursos limitados pueden no ser capaces de mantenerse al día con los costos de la internalización. Construir o reconstruir un equipo de trabajo desde cero es a menudo un

proceso lento y caro; si se elige el personal equivocado los costos pueden ser aún más altos.

Las empresas que deciden gestionar servicios internamente también deben identificar los siguientes factores de carácter táctico / operativo / estratégico.

- Identificar un grupo de talento para extraer y formar un grupo de trabajo.
- Identificar las funciones críticas y crear un plan de acción para ellas.
- Identificar los recursos existentes para apoyar y gestionar el equipo
- Identificar los proveedores de servicio existente.

5.4 Literatura sobre el Marco- BSC-ANP

Ha habido un número limitado de estudios que aplican criterios múltiples modelos para evaluar la decisión de tercerización, particularmente en el contexto de la industria minera, (Tjader et al 2014) proponen un modelo de decisión que combina ANP y BSC para determinar estrategia de subcontratación de TI a nivel de empresa. El efecto de interacción de los indicadores dentro y entre las perspectivas BSC del marco estratégico BSC-ANP de decisión han sido debidamente explorados a través de la aplicación de la técnica ANP, el BSC proporciona elementos responsables de evaluar el rendimiento de la empresa, mientras que ANP ayuda al responsable de tomar decisiones.

El BSC consolidado con técnica ANP ha sido explotado en una serie de estudios. Un marco conceptual era desarrollado por (Stoš, Lenort, Wicher y Holman 2015) que se aplicaron BSC-ANP para apoyar la estrategia de transporte verde (GTS) en industria empresas y en sus cadenas de suministro. Una colaboración interorganizacional el enfoque de toma de decisiones fue propuesto por (Bhattacharya et al. 2014), donde los investigadores utilizaron el BSC verde basado en ANP Fuzzy para evaluar el rendimiento de una empresa de fabricación de alfombras con sede en el Reino Unido. Un modelo integral de (Tjader et al. 2014) tiene en cuenta los indicadores y su efecto de interacción dentro de las perspectivas de BSC para Identificar la mejor estrategia de outsourcing para una tercerización de nivel de empresa de TI decisión utilizando la técnica ANP. (Yüksel y Dađdeviren 2010) demuestran BSC como una herramienta de evaluación estratégica integrada con Fuzzy-ANP técnica para determinar el rendimiento de un negocio basado en su visión y estrategias.

5.5 Metodología de investigación y recopilación de datos

Se aplica un enfoque integrado BSC-ANP para generar un conjunto de elementos de decisión que permitan decidir sobre estrategias de tercerización del mantenimiento, determinar los pesos de los elementos de decisión y la taxonomía actual para alternativas.

Como se mencionó anteriormente, el marco BSC se implementa para determinar los elementos de decisión estratégica, ANP, por otro lado, incorpora juicios subjetivos junto con evaluación cuantitativa para evaluar los elementos de decisión. La identificación y evaluación de los criterios del BSC han sido determinados usando el método Delphi.

Delphi es una técnica grupal de toma de decisiones que se basa en una compilación sistemática de expertos anónimos que opinan través de un formato escrito acerca de un tema particular hasta que se logre un consenso mutuo.

La metodología adoptada para el presente estudio se muestra en la Fig. 8. Los pasos esenciales involucrados en el análisis y la implementación de El marco BSC-ANP se resume en las siguientes secciones.

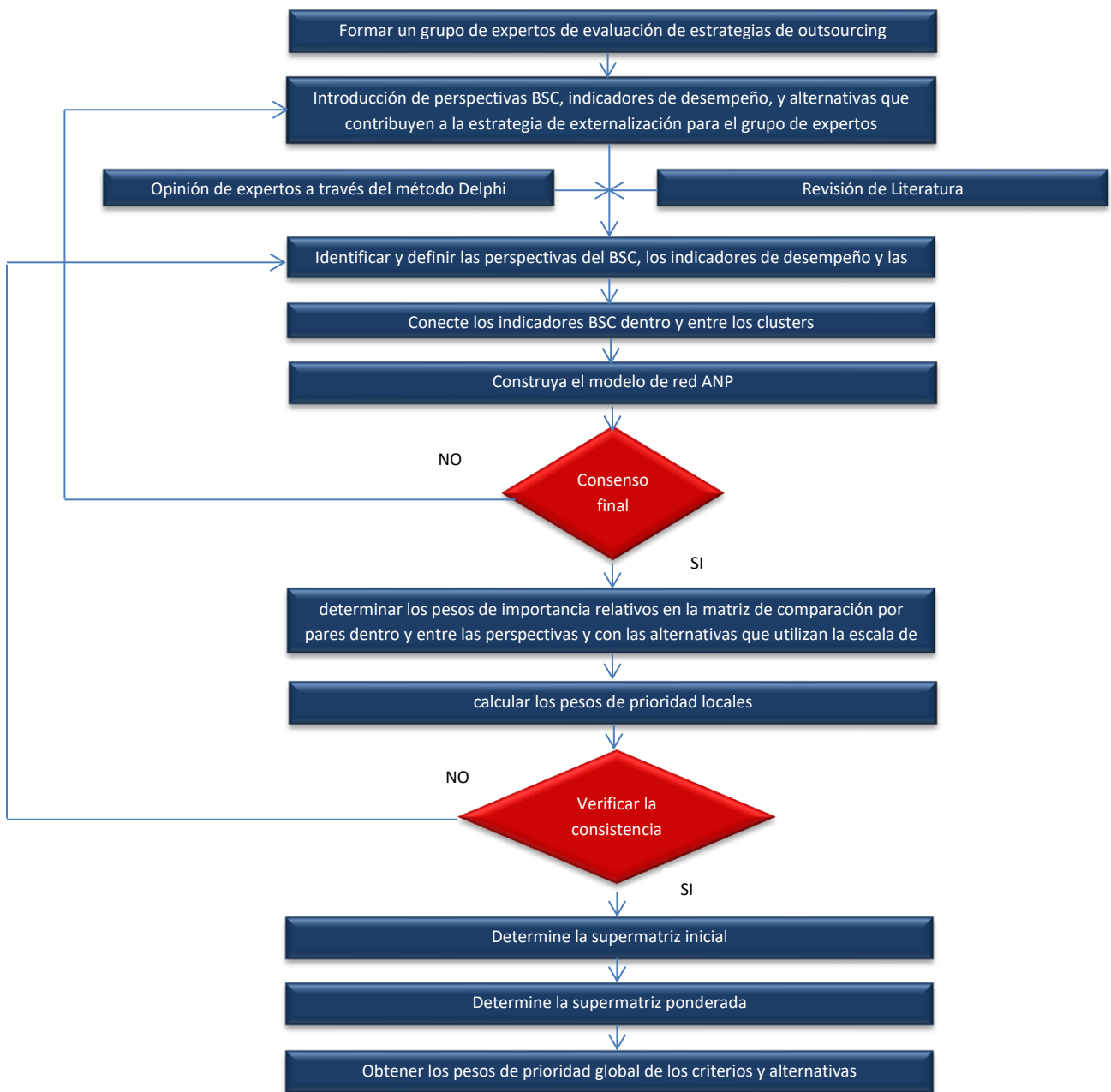


Figura 8, Diagrama de flujo, elaboración propia, (Modak 2018)

6 Desarrollo De Propuesta

6.1 Antecedentes Caso de Estudio

El caso de estudio se desarrollará en una minera Centinela, donde se debe tomar la decisión de evaluar el modelo estratégico de mantenimiento a una flota de transporte, que tal como se mencionó anteriormente (Capítulo 4), es la encargada de trasladar el material mineralizado o lastre desde el yacimiento hacia los botaderos, acopios de stock o chancadores.

Hoy en día, Minera Centinela cuenta con una flota de transporte propia, que consideran equipos de diferentes marcas y capacidades que se detalla en la siguiente tabla.

MODELO EQUIPO	MARCA
797 B	CATERPILLAR
797 F	CATERPILLAR
793 C	CATERPILLAR
793 F	CATERPILLAR
930E	KOMATSU

Tabla 2: Equipos transporte Minera Centinela, elaboración propia.

Actualmente la gestión de mantenimiento del 18% de la flota, esta externalizado a través de un contrato con una empresa representante de la marca en Chile, este acuerdo comercial se encuentra próximo a vencer, por lo tanto, se debe evaluar la gestión de mantenimiento, si ella continuará bajo un acuerdo con un externo o se internaliza con recursos propios de la compañía.

6.2 Marco BSC-ANP propuesto

- El primer paso del estudio Delphi se basó en la formación de un grupo de expertos (panel Delphi) para la evaluación de la estrategia de externalización. El panel consto de ejecutivos y expertos, activamente asociados con la toma de decisiones empresariales relacionadas con la subcontratación, en especial con servicios de mantenimiento. Estos participantes estaban ocupando puestos de alta dirección en la empresa con mínimo diez años de experiencia. La selección de dicho panel con conocimiento conceptual y práctico ayudó a considerar diversas perspectivas sobre el área de enfoque.

Para la técnica Delphi, es recomendable restringir el número de miembros del grupo de entre cinco y cincuenta como mínimo y máximo respectivamente, por lo tanto, un grupo de cinco expertos se seleccionó en el contexto del presente estudio.

- El segundo paso del estudio comenzó con un cuestionario abierto que sirvió de base para solicitar información específica sobre el tema en particular. En este paso, los panelistas de Delphi se presentaron a la definición del problema y su relación con el marco BSC y las alternativas. Luego se les pidió que expresaran sus puntos de vista para para listar las variables de decisión dentro del marco BSC (cliente, operaciones financieras internas, aprendizaje y crecimiento de la compañía) eso influye en una decisión de outsourcing. Llevando a cabo una extensa revisión de literatura ayudó a identificar indicadores pertenecientes a las perspectivas BSC (Hsu y Sandford, 2007).

- Basado en la entrevista de expertos antes mencionada, 8 indicadores de desempeño dentro de las cuatro perspectivas del BSC que se encontraron más relevantes en el contexto de este estudio fueron documentados.

- En el paso cuatro, se pidió a los encuestados que determinaran la conexión entre los indicadores dentro de las perspectivas BSC y entre las perspectivas y también con las alternativas de manera tal que la estructura de red ANP puede ser establecida.

- En el paso cinco, se desarrolló un cuestionario basado en el formato AHP comparando cada perspectiva BSC y los indicadores dentro y entre perspectivas y también con las alternativas. Se les pidió a los fabricantes que compararan dos criterios a la vez usando Saaty's escala de nueve puntos (Saaty, 1977) que actuó como entradas para la comparación matrices.

- En el paso seis, los panelistas de Delphi recibieron el cuestionario completo, que incluyó elementos de decisión con las calificaciones correspondientes resumido en el paso anterior y luego se les pidió que revisaran sus respuestas en función de su juicio.
- En el último paso, la lista final de elementos con sus calificaciones finales se distribuyó entre los panelistas de Delphi y se proporcionó una última oportunidad final para revisar sus juicios.

6.3 Propuesta de Cuadro de mando integral (BSC)

BSC facilita la gestión al proporcionar una visión completa del negocio a través de sus cuatro perspectivas: financiera, cliente, operaciones internas y aprendizaje. El presente estudio explota el concepto de BSC al seleccionar la mejor estrategia de tercerización para actividades de mantenimiento a través de sus cuatro perspectivas que comprende elementos de decisión dentro de ellos. La relevancia del BSC en la toma de decisiones de tercerización fue capturada a través del proceso Delphi.

6.3.1 Perspectiva financiera

El lema elemental detrás de cualquier decisión de outsourcing de una organización es obtener una ventaja financiera en términos de mano de obra reducida y adquisición de recursos de terceros.

La determinación del costo unitario es la más importante finalidad de la contabilidad de costos, y el empleo de su información juega un papel esencial en las empresas. Al respecto, (Del Río González 2011), lo define como el valor de un artículo en particular.

En el caso de la minería, los costos operacionales son el resultado de combinar las condiciones propias de las operaciones con de la gestión realizada sobre los distintos procesos productivos.

Los criterios de decisión de la BSC en la perspectiva financiera para el caso propuestos son:

- **Costo de Mantenimiento por tonelada transportada.**

Considera el costo total del mantenimiento (salarios, repuestos, materiales, componentes, lubricantes, servicios) frente a las unidades de producción (toneladas transportadas)

En el caso de estudio el indicador de costo utilizado será (US/Ton).

- **Costo de Mantenimiento por horas operativas.**

Considera el costo total del mantenimiento (salarios, repuestos, materiales, componentes, lubricantes, servicios) frente a las horas operativas de la flota de equipos de transporte.

En el caso de estudio el indicador de costo utilizado será (US/hora).

6.3.2 Perspectiva del cliente

Confiabilidad y disponibilidad, forman parte de la cotidianidad del mantenimiento. Si se analiza la definición moderna de mantenimiento, se verifica que la misión de este es “garantizar” la disponibilidad de la función de los equipos e instalaciones, de tal modo que permita atender a un proceso de producción o de servicio con calidad, confiabilidad, seguridad, preservación del medio ambiente y costo adecuado.

Los conceptos de confiabilidad y disponibilidad están fuertemente relacionados, debido a que, ambos buscan maximizar los activos llevándolos a capacidad de diseño.

Los criterios de decisión de BSC dentro de la perspectiva del cliente, que en el caso corresponde a el área de operaciones mina son:

- **Confiabilidad.**

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. Otra definición importante de confiabilidad es, probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas.

- **Disponibilidad.**

La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.

En otras palabras, mide la eficacia de los trabajos de mantenimiento sobre un bien.

6.3.3 Perspectiva de operaciones internas

La perspectiva de operaciones internas se relaciona con aquellos procesos que son fundamentales para satisfacer a los clientes. En esta perspectiva, la administración trata de identificar los procesos centrales que agregan valor y procesos sin valor agregado en la organización con el interés de lograr objetivos comunes.

En la minería del cobre en Chile, existen una variedad de proveedores competentes con experiencia e infraestructura, que se dedican a actividades y procesos relacionados con el mantenimiento, actividad crítica para lograr el objetivo de producción, a menudo, son percibidos por el mercado como organizaciones con mayor capacidad para gestionar activos, esto debido a su mano de obra, tecnología y servicios actualizados (algunos son representantes de la marca). Sin embargo, como estas actividades son fundamentales para la organización, un mecanismo de control adecuado debe ser aplicado para salvaguardar a la organización de perder parte de su “core business”.

En la minería actual, las normas de salud, seguridad y medio ambiente son inevitables, el cumplimiento de tales normativas es de necesidad absoluta, por lo tanto, la selección de un proveedor debe garantizar una estructura organizativa que permita una operación sostenible y en línea con los requerimientos legales.

En este contexto, los criterios de decisión de la BSC en la perspectiva de las operaciones internas definidos son:

- **Plan de Mantenimiento:**
Agrupa las actividades correctivas, preventivas y sintomáticas que permitan llevar al activo a su capacidad de diseño, necesariamente debe recoger las recomendaciones de fabricante y de cliente.
- **Adherencia a las normativas:**
Asegurar el cumplimiento de las normativas dictadas en legislación chilena referente a salud, seguridad y medio ambiente.

6.3.4 Perspectiva de aprendizaje y crecimiento de la compañía

El aprendizaje de la compañía y la perspectiva de crecimiento toman en consideración los factores que son en su mayoría intangibles en la naturaleza y son los requisitos previos para lograr la satisfacción del cliente, alcanzar objetivos financieros, y mejorar las operaciones comerciales internas. La perspectiva describe la influencia del empleado, la gerencia y la cultura organizacional para apoyar las decisiones estratégicas de la organización. Mejorando la habilidad de los empleados, mejorando las capacidades de gestión, construyendo sobre una cultura de organización motivadora y solidaria son los caminos críticos para la implementación exitosa de cualquier estrategia de decisión.

Perfeccionando las habilidades de los empleados a través de la formación profesional e industrial junto con un programa de desarrollo en el diverso campo del mantenimiento, ayudara al crecimiento de la organización, además, la capacitación en seguridad, salud y medio ambiente reduciría considerablemente las tasas de accidentabilidad.

Con mayor entrenamiento hay mayor grado de satisfacción del empleado por consiguiente la productividad aumenta, sin embargo, la externalización ha llevado a la insatisfacción y angustia entre los empleados que pertenecen a empresas que no invierten en capacitación ni desarrollo.

Por otro lado, y en la minería actual, el futuro de las operaciones apunta a estar totalmente automatizado, la que alguna vez fue vista como una industria con entornos y operaciones peligrosas y desafiantes, gracias a la revolución tecnológica está lista para cambiar dramáticamente nuestra percepción mediante la innovación. La principal razón para este cambio es la necesidad de la industria por ser más eficiente, productiva, segura e ingeniosa para afrontar adversidades,

especialmente si se tiene en cuenta las dificultades climatológicas y los crecientes costos energéticos que enfrenta la industria todos los días.

Bajo este contexto, los criterios de decisión del BSC dentro del aprendizaje y crecimiento de la compañía incluyen (a) entrenamiento, (b) Innovación.

- **Entrenamiento**

Asegurar un plan de capacitación y desarrollo para todos los trabajadores pertenecientes a la organización.

- **Innovación**

Incorporar tecnología que permitan automatizar los procesos de mantenimiento con un enfoque en productividad, disminución de riesgos y disminución de costos.

6.4 Alternativas para la toma de decisiones de tercerización.

6.4.1 Internalización

Esta opción estratégica implica mantener actividades dentro de los límites de la organización. Si la organización ha estado externalizando tales actividades (ya sea parcial o totalmente) debe incorporarlo nuevamente

Tercerizar tales actividades requiere un servicio capaz y un proveedor competente que pueda proporcionar a la organización beneficios financieros, no solo a corto plazo sino también competitividad a largo plazo.

La identificación y la evaluación de tales proveedores es una tarea difícil y puede ser desafiante a veces.

6.4.2 Externalización

Esta alternativa implica una relación de libre competencia con el proveedor de servicios que delega actividades fuera de la organización para mejorar la eficiencia y la rentabilidad donde la empresa subcontratada retiene el control estratégico. En este tipo de relación, ni el proveedor del servicio ni el cliente se preocupan por el bienestar del uno al otro. Tal opción estratégica es preferida cuando la organización

descubre mejores fuentes externas que son más competentes para obtener una ventaja competitiva que las capacidades poseídas dentro de la organización.

Seleccionar un proveedor de servicios apropiado permitirá a la organización tener acceso a las capacidades mejoradas y la experiencia, adicional recursos físicos y tecnologías. Sin embargo, puede haber ciertos riesgos asociados con esta opción de externalización, como la pérdida de competencia, escalada de costos, incumplimiento deliberado del servicio proveedor en una situación cerrada, incertidumbre del entorno legal son por nombrar algunos.

6.5 Matriz de Influencias

La metodología propuesta tiene como objetivo determinar la estrategia optima de tercerización para actividades de mantenimiento. La Tabla 3, representa la propuesta de decisión BSC-ANP, donde los cuatro conglomerados abordan las perspectivas financieras, cliente, procesos internos, y aprendizaje. Los criterios son 8 indicadores BSC obtenidos a través de entrevistas a panel de expertos según metodología delphie, mientras que las alternativas son las dos estrategias de tercerización. Los indicadores BSC dentro de la perspectiva financiera son costo por tonelada, costo por hora mientras que la perspectiva cliente abarca confiabilidad y disponibilidad, la perspectiva de procesos internos incluye plan de mantenimiento y adherencia a la normativa mientras que el aprendizaje y crecimiento de la compañía comprende indicadores como entrenamiento e innovación. Las alternativas consideradas para el estudio son dos estrategias de tercerización, externalización e internalización.

Para resumir toda esta información y hacerla más fácil de entender elaboramos la *Matriz de Influencias para los Elementos*, que permite identificar todas las relaciones descritas anteriormente de una manera más visual.

Para completar la matriz de influencias debemos plantear cuestiones como la siguiente: “¿El elemento de la fila *i* influye sobre el elemento de la columna *j*?”, e ir rellenando las columnas de la matriz bloque a bloque para no dejarnos nada sin evaluar, la diagonal de esta matriz está formada por 0, pues un elemento no influye sobre sí mismo. Por otro lado, la influencia entre elementos se representa con un valor 1, pero puede haber elementos que no estén relacionados entre sí, lo cual se representará mediante un valor 0.

Perspectiva BSC	Financiero		Cliente		Procesos Internos		Aprendizaje	
	[us/hr]	[us/ton]	Disponibilidad	Confiabilidad	Plan Mtto.	Adh.Nor. Lega.	Entrenamiento	Innovación
Costo/Hora [us/hr]	0	1	0	0	0	0	0	0
Costo/Toneladas [us/ton]	1	0	0	0	0	0	0	0
Disponibilidad	1	0	0	0	1	0	0	0
Confiabilidad	1	0	1	0	1	0	0	0
Plan Mantenimiento	1	1	1	1	0	0	0	0
Adherencia a normativa legal	1	1	0	0	0	0	0	0
Entrenamiento	1	1	1	1	0	0	0	1
Innovación	1	1	1	1	0	0	0	0

Tabla 3: Matriz de influencias, elaboración propia, (Fuente Saaty 2001)

6.6 Modelo en Red

La figura 9 representa el diagrama de red detallado que muestra las interacciones e interdependencias entre los criterios identificados dentro y entre los clusters BSC. Flechas de una sola dirección en la red diagrama significan la influencia de un criterio sobre el otro mientras las flechas de dos vías representan la interacción entre dos criterios. Por ejemplo, el costo por tonelada está conectado con la disponibilidad por una flecha de sentido único que significa que la disponibilidad influye en el costo por tonelada.

El objetivo de esta estructura de red es seleccionar la mejor alternativa entre las dos estrategias de outsourcing (externalizar) como insourcing (internalizar). Considerando la compleja estructura del modelo de red ANP que es difícil de desarrollar de forma manual y para mantener la precisión, todo el diagrama de red ha sido diseñado y ejecutado utilizando el software SuperDecisions (2.4.6) (SuperDecisions Software, 2016), que está fácilmente disponible y su interfaz gráfica de usuario lo hace fácil de usar. La Figura 10 representa el diagrama.

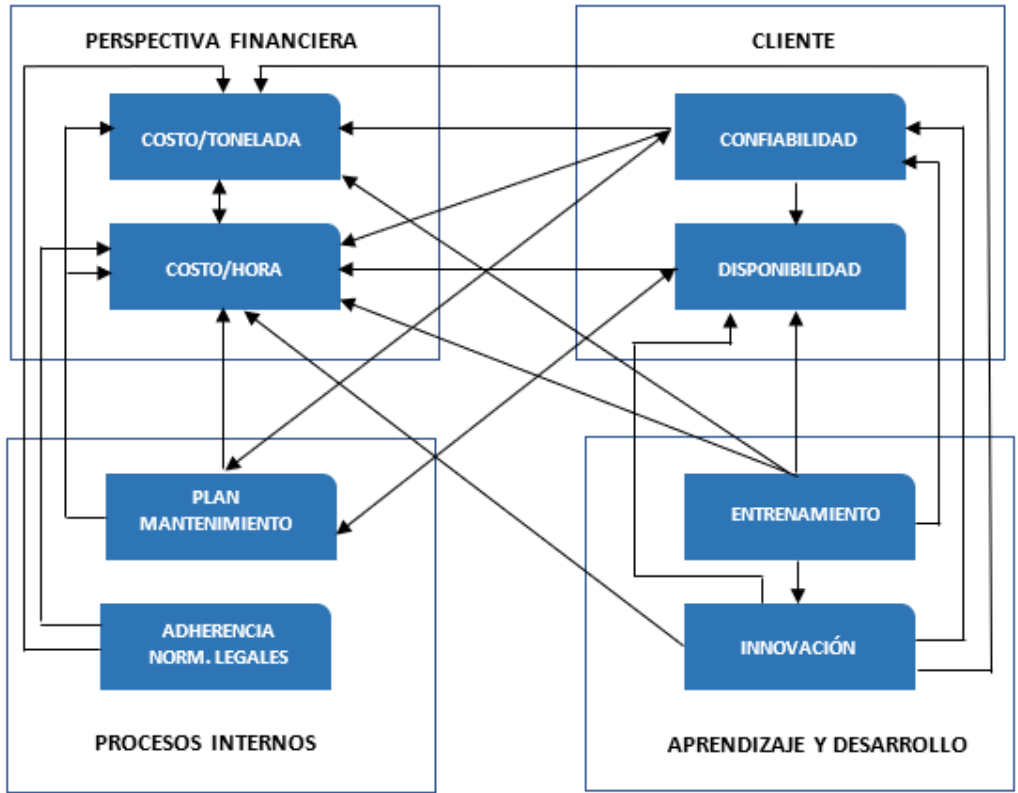


Figura 9: Diagrama de influencias, elaboración propia, (Fuente Saaty 2001)

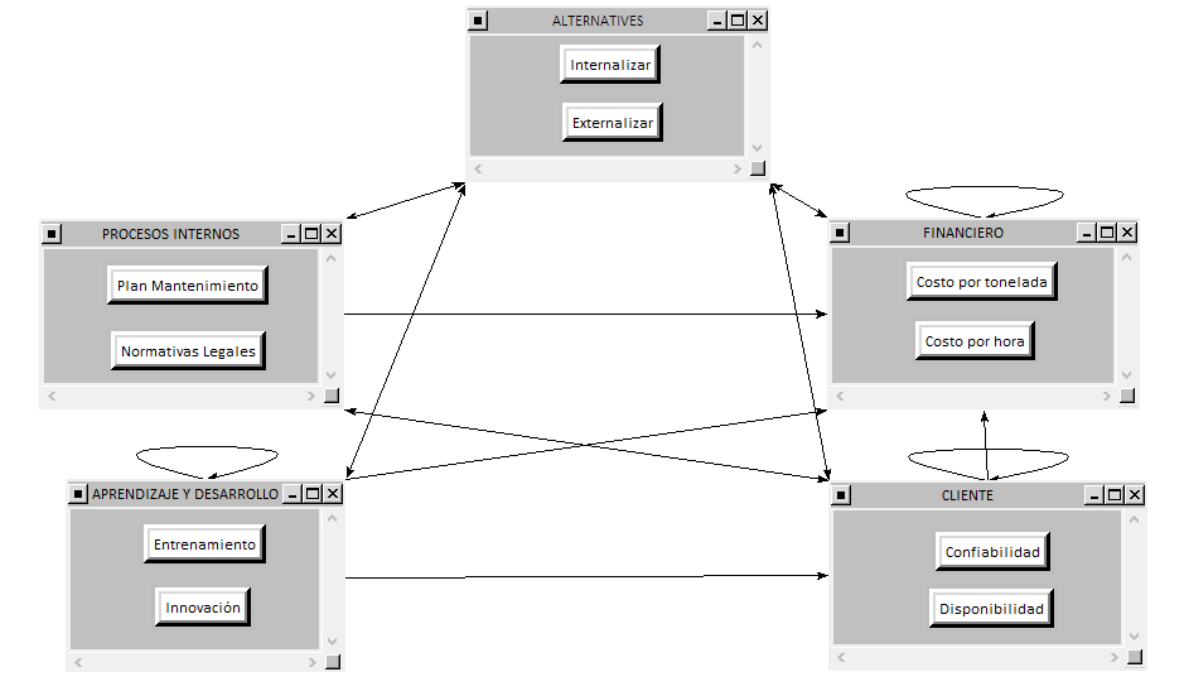


Figura 10: Modelo en Red, software superdecisions, (2016)

6.7 Construcción de matrices de comparación por pares

Se adopta una comparación por pares basada en el método AHP para estimar la importancia relativa de un criterio sobre el otro. En este estudio, ANP se aplica para tratar las complejas interdependencias dentro de marco BSC multi-criterios. Para este estudio, se ha enviado un cuestionario desarrollado en base al formato AHP para determinar los pesos relativos de los criterios dentro y entre los grupos y con las alternativas. Se pidió a los expertos que proporcionaran sus preferencias en la comparación de matrices del cuestionario. Los criterios (indicadores) fueron por parejas en comparación dentro y entre las perspectivas, así como con las alternativas usando la escala de nueve puntos de Saaty como se muestra en la Tabla 4 (Saaty, 1977).

Clasificación Numeral	Escala verbal	Descripción
1	Igual importancia de ambos elementos	Ambos elementos son igualmente favorecidos
3	Y el elemento es moderadamente importante que el otro	Y el elemento se favorece sobre otro basado en la experiencia y el juicio
5	Y el elemento es muy importante que el otro	Y el elemento se favorece fuertemente sobre otro
7	Y el elemento es muy, muy importante que el otro	Y el elemento es muy favorecido sobre otro
9	Y el elemento es extremadamente importante que el otro	Y el elemento es extremadamente favorecido por encima de otro
2,4,6,8	Valores intermedios	En medio de los valores utilizados para negociar entre dos juicios

Tabla 4: Escala de 9 puntos, elaboración propia, (Fuente Saaty 1977)

A continuación, la matriz de preferencia o juicio matriz se obtiene a través de las preferencias del tomador de decisiones basado en las sugerencias del panel de expertos.

Una puntuación de '1' indica la misma importancia que elementos en comparación, mientras que una puntuación de '9' indica extremo dominio del elemento considerado (elemento fila) sobre el elemento en el componente de columna mientras que cuando el elemento de columna es más dominante que el elemento fila luego el valor recíproco se le asigna un rango de 1 a 1/9 (Saaty, 1980).

Otra forma de leer las influencias o dominancias en la tabla de comparación pareada es formular preguntas, tomaremos como ejemplo la Tabla n° 5 donde la interrogante es la siguiente: "Respecto a "entrenamiento", ¿Cuál de las dos perspectivas, Costo/Hora o Costo/Tonelada, es más influyente?". Según tabla de Saaty (Tabla 4) Costo/Hora es de moderada a fuertemente más importante que Costo / tonelada.

Perspectiva BSC	Financiero	
	Costo/Hora [us/hr]	Costo/Tonelada [us/ton]
Costo/Hora [us/hr]	1	4
Costo/Toneladas [us/ton]	1/4	1

Tabla 5: comparación por pares respecto a “Entrenamiento” en clúster financiero

Para efectos de resumen, solo se mostrarán las comparaciones por parejas de los indicadores que interactúan dentro del clúster financiero, el mismo ejercicio se realiza con los otros nodos para obtener los resultados descritos en tablas siguientes.

Perspectiva BSC	Financiero	
	Costo/Hora [us/hr]	Costo/Toneladas [us/ton]
Costo/Hora [us/hr]	1	6
Costo/Toneladas [us/ton]	1/6	1

Tabla 6: comparación por pares respecto a “Innovación” en clúster financiero

Perspectiva BSC	Financiero	
	Costo/Hora [us/hr]	Costo/Toneladas [us/ton]
Costo/Hora [us/hr]	1	4
Costo/Toneladas [us/ton]	1/4	1

Tabla 7: comparación por pares respecto a “Normativas Legales” en clúster financiero

perspectiva BSC	Financiero	
	Costo/Hora [us/hr]	Costo/Toneladas [us/ton]
Costo/Hora [us/hr]	1	6
Costo/Toneladas [us/ton]	1/6	1

Tabla 8: comparación por pares respecto a “Plan de mantenimiento” en clúster financiero

6.8 Análisis de influencia entre los Clúster o componentes del sistema.

En el modelo se representan flechas conectando dos componentes cuando algunos o todos los elementos de dichos componentes tengan algún tipo de interacción entre sí.

En la Tabla n°9 se identifica la matriz de influencia entre clúster.

Perspectiva BSC	Alternativas	Financiero	Cliente	Procesos Internos	Aprendizaje y Desarrollo
Alternativas	0	1	1	1	1
Financiero	1	1	0	0	0
Cliente	1	1	1	1	0
Procesos Internos	1	1	1	0	0
Aprendizaje y Desarrollo	1	1	1	0	1

Tabla 9: Matriz de influencias entre Clústers

La forma de interpretar esta matriz es igual que la de la *Matriz de Influencias para los Cluster* (el componente de la fila i tiene influencia sobre el componente de la columna j cuando toma valor 1), con la salvedad de que en este caso los elementos de la diagonal si puede tomar valor 1, ya que un clúster puede influenciar en sí mismo si un elemento de dicho clúster tiene influencia sobre otro elemento perteneciente al mismo clúster.

6.9 Comprobación de consistencia de las comparaciones por pares

Los valores de todas las matrices de comparación por pares se calculan para verificar coherencia de las sentencias dictadas por los responsables de la toma de decisiones (Saaty, 1980). Donde:

λ_{max} : es el valor propio máximo de la comparación por pares matriz

CI: índice de consistencia

CR: Ratio de consistencia

RI: Índice de coherencia aleatorio (Valores sugeridos por Saaty, Tabla 10)

Ecuaciones. (1) y (2) se aplican para determinar los valores de CI y CR respectivamente (Saaty, 2000).

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

El índice de consistencia debe ser menor a 0,1 para certificar su consistencia y aceptabilidad. (Saaty 1980), ejemplifiquemos verificando el índice e tabla xxx donde se realiza la comparación pareada entre clúster.

En Tabla 10 se aprecian los valores RI (índice de coherencia aleatorio) sugeridos por Saaty, donde la primera fila es tan solo el orden de la matriz; esto es, para una matriz de orden 3x3 tenemos un índice de coherencia aleatorio de valor 0,58.

Tamaño de la Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla 10: Índice de consistencia aleatorio para tamaño de matriz, Saaty 1980

Para explicar el proceso, tomaremos como ejemplo la comparación entre clúster respecto al ítem “alternativas”.

Perspectiva Cluster	Aprendizaje	Cliente	Financiero	Procesos Internos
Aprendizaje	1	1/5	1/6	1/2
Cliente	5	1	1/3	6
Financiero	6	3	1	5
Procesos Internos	2	1/6	1/5	1

Tabla 11: comparación entre clúster respecto a “ALTERNATIVAS”, elaboración propia

El primer paso tiene relación con la normalización de la matriz, esto se realiza dividiendo cada elemento de la matriz por la suma de la columna resultando en la matriz normalizada cuyos resultados se aprecian en la Tabla 12

Perspectiva Cluster	Aprendizaje	Cliente	Financiero	Procesos Internos
Aprendizaje	0,0714	0,0458	0,0980	0,0400
Cliente	0,3571	0,2290	0,1961	0,4800
Financiero	0,4286	0,6870	0,5882	0,4000
Procesos Internos	0,1429	0,0382	0,1176	0,0800

Tabla 12: Normalización matriz respecto a “ALTERNATIVAS”, elaboración propia

Una vez obtenida la columna normalizada, se procede a determinar los pesos de cada alternativa, esto se obtiene promediando los valores de cada fila. La Tabla 13 muestra los resultados obtenidos.

Perspectiva Cluster	Aprendizaje	Cliente	Financiero	Procesos Internos	Pesos Alternativas
Aprendizaje	0,0714	0,0458	0,0980	0,0400	0,0638
Cliente	0,3571	0,2290	0,1961	0,4800	0,3156
Financiero	0,4286	0,6870	0,5882	0,4000	0,5260
Procesos Internos	0,1429	0,0382	0,1176	0,0800	0,0947

Tabla 13: Determinación pesos matriz respecto a “ALTERNATIVAS”, elaboración propia

Finalmente, con la multiplicación de la matriz original por “peso de las alternativas” se obtiene λ_{max} como se aprecia en Tabla 14

Perspectiva Cluster	Aprendizaje	Cliente	Financiero	Procesos Internos	Pesos Alternativas	λ
Aprendizaje	1	1/5	1/6	1/2	0,06080	0,25686
Cliente	5	1	1/3	6	0,31253	1,32023
Financiero	6	3	1	5	0,53934	2,27833
Procesos Internos	2	1/6	1/5	1	0,08732	0,36888
						λ_{max} 4,22429

Tabla 14: Determinación λ_{max} respecto a “ALTERNATIVAS”, elaboración propia

Donde:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - 1)}{(n-1)} \quad CI = \frac{(4,22429-1)}{(4-1)} \quad CI = 0,07476411$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad CR = \frac{0,07476411}{0,9} \quad CR = 0,08307123$$

Por lo tanto: $0,08307123 \leq 0,1$ (el Nivel de inconsistencia es aceptable)

6.10 Super Matriz Inicial

La supermatriz Inicial es la matriz que contiene las ponderaciones por pares, es decir, proporciona el cálculo del autovector asociado al autovalor dominante de cada *Matriz de Comparación por Pares para los Nodos*. La normalización de estos vectores y su correcta inserción por filas formarán la llamada Supermatriz inicial. Al igual que con la *Matriz de Influencias*, aquellos elementos que no estén relacionados entre sí en términos de influencias su correspondiente elemento de la matriz tomará valor nulo.

La Tabla 15 presenta la supermatriz inicial que resume todos los valores de comparación por parejas.

		ALTERNATIVAS		APRENDIZAJE Y DESARROLLO		CLIENTE		FINANCIERO		PROCESOS INTERNOS	
		Externalizar	Internalizar	Entrenamiento	Innovación	Confiabilidad	Disponibilidad	Costo por hora	Costo por tonelada	Normativas Legales	Plan Mantenimiento
ALTERNATIVAS	Externalizar	0,00000	0,00000	0,33330	0,20000	0,87500	0,33330	0,33330	0,50000	0,33330	0,25000
	Internalizar	0,00000	0,00000	0,66670	0,80000	0,12500	0,66670	0,66670	0,50000	0,66670	0,75000
APRENDIZAJE Y DESARROLLO	Entrenamiento	0,33330	0,75000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Innovación	0,66670	0,25000	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
CLIENTE	Confiabilidad	0,12500	0,12500	0,20000	0,80000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,33330
	Disponibilidad	0,87500	0,87500	0,80000	0,20000	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,66670
FINANCIERO	Costo por hora	0,83330	0,75000	0,80000	0,85710	0,50000	0,50000	0,00000	1,00000	0,80000	0,85710
	Costo por tonelada	0,16670	0,25000	0,20000	0,14290	0,50000	0,50000	1,00000	0,00000	0,20000	0,14290
PROCESOS INTERNOS	Normativas Legales	0,20000	0,16670	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Plan Mantenimiento	0,80000	0,83330	0,00000	0,00000	1,00000	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 15: Supermatriz inicial, elaboración propia (Fuente superdecisiones).

En cada columna de la Supermatriz inicial puede existir más de un vector de prioridad, la tabla 16 explica gráficamente la existencia de varios vectores de prioridad en una misma columna.

		ALTERNATIVAS	
		Externalizar	Internalizar
ALTERNATIVAS	Externalizar	0,00000	0,00000
	Internalizar	0,00000	0,00000
APRENDIZAJE Y DESARROLLO	Entrenamiento	0,33330	0,75000
	Innovación	0,66670	0,25000
CLIENTE	Confiabledad	0,12500	0,12500
	Disponibilidad	0,87500	0,87500
FINANCIERO	Costo por hora	0,83330	0,75000
	Costo por tonelada	0,16670	0,25000
PROCESOS INTERNOS	Normativas Legales	0,20000	0,16670
	Plan Mantenimiento	0,80000	0,83330

Tabla 16: Vector de prioridad, elaboración propia (Fuente superdecisiones).

El vector de prioridad de cada uno de los factores de “Aprendizaje y Desarrollo” sobre el elemento “Externalizar” se observa enmarcado en rojo. Por otra parte, en la misma columna se visualiza en amarillo el vector de prioridad de cada factor “Financiero” sobre el elemento “Externalizar”. El resto de los vectores de prioridad se pueden identificar de la misma forma.

6.11 Super Matriz Ponderada

En este apartado es necesario calcular a partir de la Supermatriz inicial, una matriz estocástica por columnas, es decir, que todas las columnas sumen uno. Al estar formadas las columnas de esta matriz por varios vectores normalizados, que representan los pesos relativos entre nodos, por normal general, la suma de cada columna de la Supermatriz inicial es igual al número de vectores de prioridad no nulos que contienen, generalmente distinto de uno.

Para convertir la Supermatriz inicial en una matriz estocástica por columnas (Ponderada), se utilizan los Vectores de Pesos Relativos de los Clúster que se calcularon en tabla 14.

Para obtener el valor se multiplica el Vector de Pesos Relativos de Clúster por los bloques correspondientes de la Supermatriz inicial obtendremos que las columnas asociadas a dicho bloque sumen la unidad.

Para visualizar mejor este concepto procedemos a realizar el cálculo para la primera columna de la Supermatriz inicial, para ello, partimos de la primera columna de la Supermatriz inicial (Tabla 15), y del Vector de Pesos Relativos respecto al Cluster Alternativas (quinta columna Tabla 14). La forma de proceder es multiplicando cada elemento de la primera columna de la Supermatriz original por el Vector de Pesos Relativos. Como se puede comprobar la primera columna de la Supermatriz ponderada suma 1.

Primera Columna Supermatriz Original	Vector Pesos relativos Clúster Alternativas	Primera Columna Supermatriz Ponderada
0,00000	0,00000	0,00000
0,00000		0,00000
0,33330	0,06080	0,0203
0,66670		0,0405
0,12500	0,31253	0,0391
0,87500		0,2735
0,83330	0,53930	0,4494
0,16670		0,0899
0,20000	0,08732	0,0175
0,80000		0,0699
Suma		1

Tabla 17: Calculo Supermatriz ponderada, elaboración propia

La siguiente tabla muestra todos los valores calculados para todos los nodos.

	ALTERNATIVAS		APRENDIZAJE Y DESARROLLO		CLIENTE		FINANCIERO		PROCESOS INTERNOS	
	Externalizar	Internalizar	Entrenamiento	Innovación	Confiabilidad	Disponibilidad	Costo por hora	Costo por tonelada	Normativas Legales	Plan Mantenimiento
ALTERNATIVAS										
Externalizar	0,0000	0,0000	0,0356	0,0232	0,0547	0,0314	0,0370	0,0556	0,0355	0,0210
Internalizar	0,0000	0,0000	0,0712	0,0928	0,0078	0,0627	0,0741	0,0556	0,0711	0,0631
APRENDIZAJE Y DESARROLLO										
Entrenamiento	0,0203	0,0456	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Innovación	0,0405	0,0152	0,0787	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CLIENTE										
Confiabilidad	0,0391	0,0391	0,0583	0,2531	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0703
Disponibilidad	0,2735	0,2735	0,2332	0,0633	0,3353	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1406
FINANCIERO										
Costo por hora	0,4494	0,4045	0,4184	0,4866	0,2619	0,3940	0,0000	0,8889	0,7147	0,6042
Costo por tonelada	0,0899	0,1348	0,1046	0,0811	0,2619	0,3940	0,8889	0,0000	0,1787	0,1007
PROCESOS INTERNOS										
Normativas Legales	0,0175	0,0146	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Plan Mantenimiento	0,0699	0,0728	0,0000	0,0000	0,0783	0,1179	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabla 18: Supermatriz ponderada, elaboración propia (Fuente superdecisiones)

6.12 Supermatriz Límite

El objetivo de calcular la supermatriz límite, es obtener los pesos globales de todos los elementos de la red, para ello, se eleva la Supermatriz Ponderada a potencias sucesivas hasta que converja a un determinado valor. Cuando esto se consigue, todas las columnas de la Supermatriz Límite son iguales y sus valores indican el vector de peso global.

El elevar la Supermatriz Ponderada a sucesivas potencias se justifica por la necesidad de evaluar la transmisión de influencias a lo largo de todos los posibles caminos de la red.

La tabla 19, muestra la a ponderación o importancia de las alternativas como de las variables, en este caso se aprecia que la variable “normativas legales” es la que menor importancia tiene sobre las demás variables.

		ALTERNATIVAS	
		Externalizar	Internalizar
ALTERNATIVAS	Externalizar	0,04070	0,04070
	Internalizar	0,05830	0,05830
APRENDIZAJE Y DESARROLLO	Entrenamiento	0,00348	0,00348
	Innovación	0,00281	0,00281
CLIENTE	Confiabilidad	0,00557	0,00557
	Disponibilidad	0,03151	0,03151
FINANCIERO	Costo por hora	0,43276	0,43276
	Costo por tonelada	0,41207	0,41207
PROCESOS INTERNOS	Normativas Legales	0,00156	0,00156
	Plan Mantenimiento	0,01124	0,01124

Tabla 19: Calculo Supermatriz limite ponderada, elaboración propia (Fuente superdecisions)

En tabla 20 se aprecian los pesos globales para toda la matriz.

		ALTERNATIVAS		APRENDIZAJE Y DESARROLLO		CLIENTE		FINANCIERO		PROCESOS INTERNOS	
		Externalizar	Internalizar	Entrenamiento	Innovación	Confiabilidad	Disponibilidad	Costo por hora	Costo por tonelada	Normativas Legales	Plan Mantenimiento
ALTERNATIVAS	Externalizar	0,04070	0,04070	0,04070	0,04070	0,04070	0,04070	0,04070	0,04070	0,04070	0,04070
	Internalizar	0,05830	0,05830	0,05830	0,05830	0,05830	0,05830	0,05830	0,05830	0,05830	0,05830
APRENDIZAJE Y DESARROLLO	Entrenamiento	0,00348	0,00348	0,00348	0,00348	0,00348	0,00348	0,00348	0,00348	0,00348	0,00348
	Innovación	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281
CLIENTE	Confiabilidad	0,00557	0,00557	0,00557	0,00557	0,00557	0,00557	0,00557	0,00557	0,00557	0,00557
	Disponibilidad	0,03151	0,03151	0,03151	0,03151	0,03151	0,03151	0,03151	0,03151	0,03151	0,03151
FINANCIERO	Costo por hora	0,43276	0,43276	0,43276	0,43276	0,43276	0,43276	0,43276	0,43276	0,43276	0,43276
	Costo por tonelada	0,41207	0,41207	0,41207	0,41207	0,41207	0,41207	0,41207	0,41207	0,41207	0,41207
PROCESOS INTERNOS	Normativas Legales	0,00156	0,00156	0,00156	0,00156	0,00156	0,00156	0,00156	0,00156	0,00156	0,00156
	Plan Mantenimiento	0,01124	0,01124	0,01124	0,01124	0,01124	0,01124	0,01124	0,01124	0,01124	0,01124

Tabla 20: Supermatriz límite, elaboración propia (Fuente software superdecisiones)

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando los pesos de los criterios, la Tabla 21 muestra los pesos de los criterios globales con su ranking correspondiente. Se puede observar que el costo por hora (perspectiva financiera), costo tonelada (perspectiva financiera) y disponibilidad (perspectiva del cliente) son principales indicadores con pesos de criterios como 0.432763, 0.412074, y 0.031510 respectivamente, por lo tanto, tales indicadores son críticos y prerrequisito para cualquier planificación estratégica.

		Peso Global	Ranking
APRENDIZAJE Y DESARROLLO	Entrenamiento	0,003483	6
	Innovación	0,002810	7
CLIENTE	Confiabilidad	0,005572	5
	Disponibilidad	0,031510	3
FINANCIERO	Costo por hora	0,432763	1
	Costo por tonelada	0,412074	2
PROCESOS INTERNOS	Normativas Legales	0,001559	8
	Plan Mantenimiento	0,011236	4

Tabla 21: Pesos globales, elaboración propia (Fuente superdecisiones)

Indicadores como el plan de mantenimiento (perspectiva operaciones internas) y confiabilidad (perspectiva cliente) se clasifican con pesos relativos más bajos como 0.011236 y 0.05572 respectivamente. Dichos indicadores son relativamente menos críticos en comparación a lo antes mencionado; sin embargo, al optar por internalizar, permite complementar el plan de mantenimiento con el plan de producción, utilizando mejor los recursos, aumentando la confiabilidad disminuyendo la variabilidad del proceso.

Indicadores como entrenamiento e Innovación (perspectiva de aprendizaje y desarrollo), y adherencia a las normativas legales (procesos internos) se encuentran retrasados en el ranking con pesos de 0.03483, 0.002810 y 0.001559 respectivamente. El internalizar permite mayor fidelización de los trabajadores con la misión y visión de la empresa, además desarrolla con mayor eficacia las competencias y capacidades del equipo humano para mejorar el rendimiento

organizacional, y al mismo tiempo desplegar recursos para administrar la gestión de seguridad y la protección del medio ambiente.

Los esfuerzos de investigación y desarrollo deben ser alentados con vistas a mejorar las capacidades organizativas en términos de modernizar los métodos de minería, la productividad y la sostenibilidad de operaciones.

Los resultados retratados en la tabla 17 muestran que para este caso la internalización es la mejor estrategia de mantenimiento por sobre la externalización. La internalización permite a la organización manejar su core business aumentando el control sobre los procesos permitiendo optimizar los costos operativos generando una ventaja competitiva en la industria.

ALTERNATIVA	IDEALS	NORMAL	RAW
EXTERNALIZAR	0,698054	0,411091	0,040695
INTERNALIZAR	1,000000	0,588909	0,058298

Tabla 22: Resultados alternativas (Fuente superdecisions)

7.1 Análisis de sensibilidad

Como ANP se entiende como una estructura de red compleja debido a su interacciones e influencias entre los criterios de decisión y las alternativas. El análisis de sensibilidad facilita exhibir la solidez del marco propuesto teniendo en cuenta el diferente nivel de importancia de los criterios. El análisis de sensibilidad también se conoce como análisis what-if, que en síntesis captura la sensibilidad de la decisión preferida con respecto al cambio en los juicios de los criterios usando SuperDecisions Software (2.4.0).

El análisis de sensibilidad de un criterio fue cambiado a la vez manteniendo inalteradas las ponderaciones de los otros criterios para capturar el efecto en las clasificaciones alternativas. El análisis what-if proporciona al tomador de decisión una guía para prever su estrategia tercerización (alternativa), cambiando los pesos de los criterios.

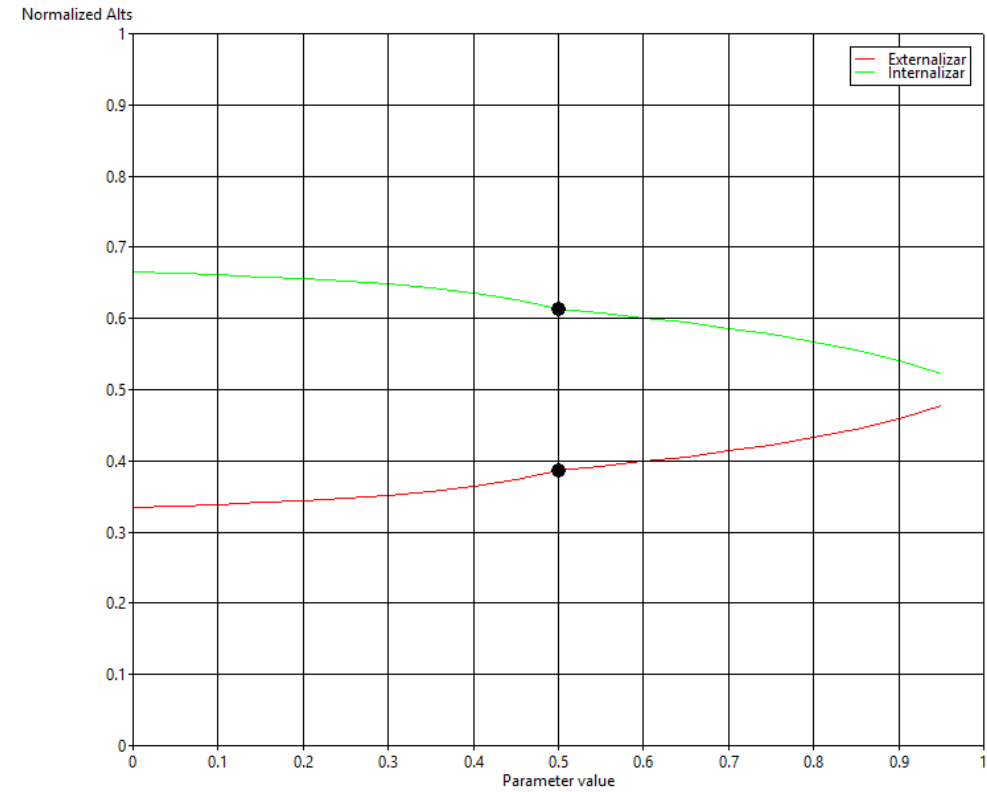


Figura 11: análisis sensibilidad costo por tonelada (Fuente superdecisiones)

Por ejemplo, cuando se cambia el valor de los criterios de costo por tonelada de 0.0001 a 0.9999, se descubrió que la internalización sigue como la mejor estrategia de tercerización del mantenimiento (Figura 11).

Resulta interesante observar que, al variar los valores de costo por hora, que es otro de los criterios que se encuentran entre los mejores puntajes en los pesos de criterios generales, la internalización se mantiene como la mejor alternativa (Figura 12).

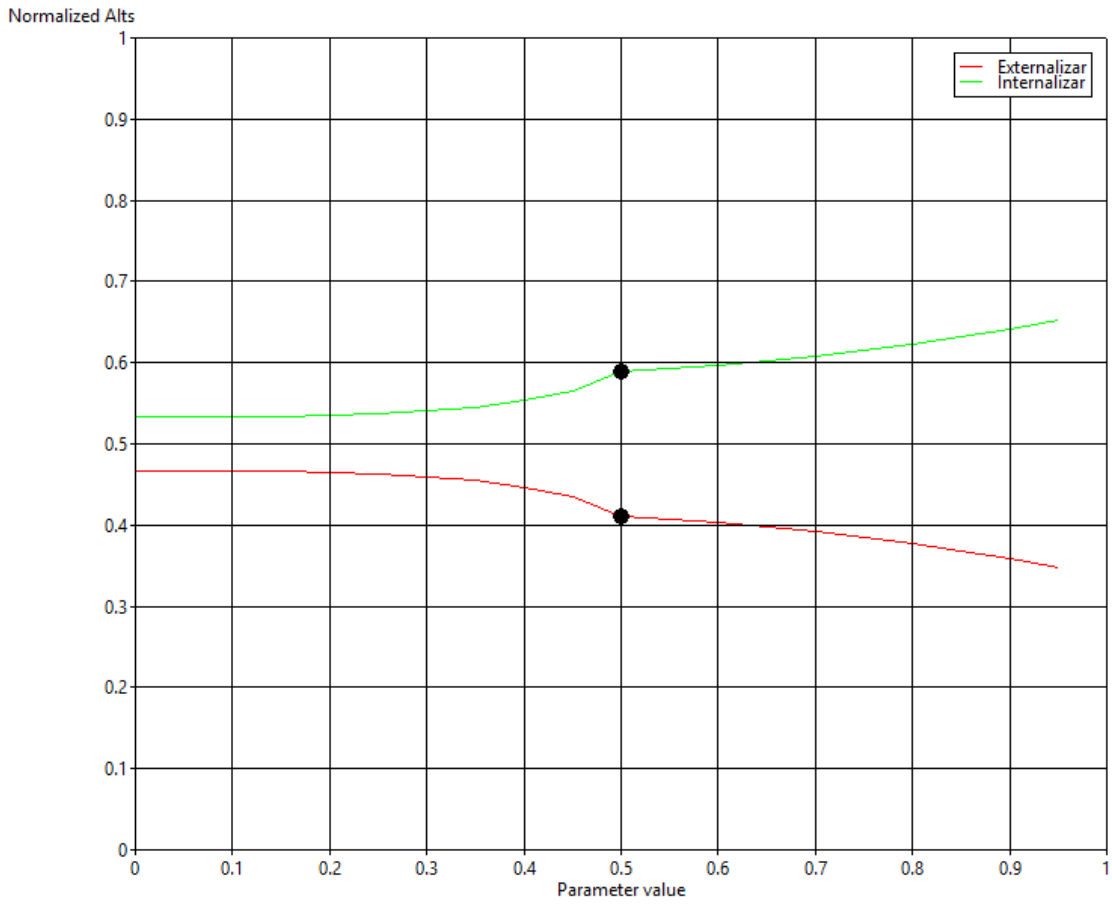


Figura 12: análisis sensibilidad costo por Hora (Fuente superdecisiones)

8 CONCLUSIONES

Los hallazgos del presente estudio describen la importancia de la Marco BSC-ANP para la selección de la mejor estrategia de tercerización del mantenimiento.

El estudio se centra en el desarrollo de una metodología sistemática y ordenada para la selección de la mejor alternativa del mantenimiento. Como la tercerización es un problema de decisión complejo que trata con las intrincadas interacciones e interdependencias dentro de los criterios, una demostración paso a paso puede ser útil para comprender la aplicabilidad y la viabilidad del sistema integrado BSC-ANP implementado en el estudio.

La aplicación de BSC contribuye sustancialmente en la comprensión del impacto de la decisión de tercerización sobre el rendimiento del negocio a través de sus dimensiones estratégicas mientras que ANP ha ayudado a realizar el efecto de interacción de los indicadores BSC dentro y entre las perspectivas y por lo tanto priorizar los elementos de decisión para derivar los juicios finales.

BSC proporcione un marco integral que incorpora elementos esenciales de toma de decisiones. ANP facilito el efecto de interacción dentro de los indicadores BSC a la vez que les da prioridad para determinar la mejor alternativa de tercerización.

La aplicación del marco BSC-ANP propuesto puede facilitar la captura de distintas perspectivas e indicadores a los encargados de tomar las decisiones dentro de un marco global para evaluar el rendimiento de la empresa. Además, la relación (efecto de interacción) dentro y entre los criterios, así como la importancia de tal relación puede ser debidamente explorada.

Aunque el estudio puede estar limitado en la literatura existente, tiene el potencial para ampliar aplicabilidad en diversos sectores de la minería.

El análisis de sensibilidad puede proporcionar a los tomadores de decisiones una guía para prever su decisión de tercerización al variar los pesos de los criterios.

Bibliografía.

- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (2001). In R. Publications (Vol. Ed.), The analytic network process (2nd ed.) Vol. IX. Pittsburgh: RWS Publications.
- Yüksel, İ., & Dağdeviren, M. (2010). Using the fuzzy analytic network process (ANP) for balanced scorecard (BSC): A case study for a manufacturing firm. Expert Systems with Applications.
- Bhattacharya, A., Mohapatra, P., Kumar, V., Dey, P. K., Brady, M., Tiwari, M. K., & Nudurupati, S. S. (2014). Green supply chain performance measurement using fuzzy ANP-based balanced scorecard: A collaborative decision-making approach.
- Chen, Y. H., Wang, T. C., & Wu, C. Y. (2011). Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing. Expert Systems with Application.
- Tjader, Y., May, J. H., Shang, J., Vargas, L. G., & Gao, N. (2014). Firm-level outsourcing decision making: A balanced scorecard-based analytic network process model.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The balanced scorecard-measures that drive performance.
- Mousumi Modak, Kunal Kanti Ghosh, Khanindra Pathak: A BSC-ANP approach to organizational outsourcing decision support-A case study.
- Pascual, R, Godoy, D & Figueroa, H. 2013 "Optimizing Maintenance Service Contracts under Imperfect Maintenance and a Finite Time Horizon". Applied tochastic Model in Business and Industry,
- Milgrom, P.& Roberts, J. 1993] "Economía, Organización y Gestión de empresa", Ariel Economía, Barcelona.
- Quinn, JB & Hilmer, F. 1994] "Strategic outsourcing sloan management review", Harvard Deusto Business Review.

- Quinn, JB, Doorley, T & Paquette, P. 1995]”Beyond products: Services based strategy”, Harvard Deusto Business Review.
- QUINN, JB, DOORLEY, T & PAQUETTE, P. 1995]”Beyond products: Services based strategy”, Harvard Deusto Business Review.
- García Pedro G,2010 “Una propuesta metodológica para la aplicación del proceso analítico jerárquico en la selección de aerogeneradores”.
- Comisión Chilena del Cobre (Cochilco)

Índice de Figuras.

Figura 1: Flow Sheet Minera Centinela	13
Figura 2: Modelo Mantenimiento Minera Centinela, elaboración propia	18
Figura 3: pirámide contratos de servicios, elaboración propia.....	19
Figura 4: “curva de la bañera” elaboración propia (Fuente Pascual 2014).....	20
Figura 5: Contratos en función del riesgo (Pascual 2014).....	20
Figura 6: Marco multidimensional BSC, elaboración propia, (fuente Kaplan/Norton 1992). 22	
Figura 7: Modelo en Red, elaboración propia, (Saaty 2001).....	27
Figura 8: Diagrama de flujo, elaboración propia, (Modak 2018)	35
Figura 9: Diagrama de influencias, elaboración propia, (Fuente Saaty 2001)	45
Figura 10: Modelo en Red, software superdecisions, (2016).....	45
Figura 11: análisis sensibilidad costo por tonelada (Fuente superdecisions).....	59

Índice de Tablas

Tabla 1: fases “curva de la bañera” elaboración propia (Fuente Pascual 2014)	20
Tabla 2: Equipos transporte Minera Centinela, elaboración propia	36
Tabla 3: Matriz de influencias, elaboración propia, (Fuente Saaty 2001)	44
Tabla 4: Escala de 9 puntos, elaboración propia, (Fuente Saaty 1977).....	46
Tabla 5: comparación por pares respecto a “Entrenamiento” en clúster financiero	47
Tabla 6: comparación por pares respecto a “Innovación” en clúster financiero	47
Tabla 7: comparación por pares respecto a “Normativas Legales” en clúster financiero ...	47
Tabla 8: comparación por pares respecto a “Plan de mantenimiento” en clúster financiero	48
Tabla 9: Matriz de influencias entre Clústers	48
Tabla 10: Índice de consistencia aleatorio para tamaño de matriz, Saaty 1980	49
Tabla 11: comparación entre clúster respecto a “ALTERNATIVAS”, elaboración propia... 50	50
Tabla 12: Normalización matriz respecto a “ALTERNATIVAS”, elaboración propia	50
Tabla 13: Determinación pesos matriz respecto a “ALTERNATIVAS”, elaboración propia	51
Tabla 14: Determinación λ_{max} respecto a “ALTERNATIVAS”, elaboración propia	51
Tabla 15: Supermatriz inicial, elaboración propia (Fuente superdecisions).	52
Tabla 16: Vector de prioridad, elaboración propia (Fuente superdecisions).....	53
Tabla 17: Calculo Supermatriz ponderada, elaboración propia	54
Tabla 18: Supermatriz ponderada, elaboración propia (Fuente superdecisions).....	54
Tabla 19: Calculo Supermatriz limite ponderada, elaboración propia (Fuente superdecisions).....	55
Tabla 20: Supermatriz límite, elaboración propia (Fuente software superdecisions)	56
Tabla 21: Pesos globales, elaboración propia (Fuente superdecisions)	57
Tabla 22: Resultados alternativas (Fuente superdecisions).....	58

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Elaboración propia (Fuente Cochilco)	11
Gráfico 2: Evolución precio del cobre, elaboración propia	11

Anexos

Carta a los expertos (Metodo Delphie)

Viña del Mar, 2018
Estimado Sr...../Sra.....
<p>Estoy realizando una tesina en grado de magister cuyo objetivo es desarrollar un método para seleccionar una alternativa de mantenimiento a equipos de transporte minero en función de múltiples criterios de evaluación. Para llevarla a cabo, es necesario conocer la opinión de los expertos sobre la situación actual y cuáles son las tendencias que se visualizan en el futuro, estableciendo para ello un horizonte temporal situado en el año 2018. Para tal efecto se ha desarrollado un cuestionario y un listado de características que someto a su consideración.</p> <p>Los destinatarios del cuestionario serán ejecutivos y especialistas en contratos vinculados a mantenimiento de equipos mineros.</p> <p>Como puede apreciar, el cuestionario será constituido por una serie de preguntas abiertas y cerradas, las primeras solo requieren un breve comentario por parte de los expertos encuestados. La primera parte del cuestionario solicita información sobre aspectos personales de los encuestados y la institución en que trabajan, a fin de obtener datos que permitan caracterizarlos y referencias sus perspectivas. La segunda parte trata de que el experto de su opinión sobre los aspectos generales que puedan reflejar las tendencias en el área del mantenimiento y especialmente en el campo del Mantenimiento a equipos de transporte utilizados en la gran minería.</p> <p>Teniendo en cuenta la orientación del cuestionario le solicito que lo evalúe y ruego reformular las preguntas que estime conveniente e indique otros aspectos que a su criterio mejorarían el cuestionario.</p> <p>Agradezco muy sinceramente su disponibilidad y colaboración.</p> <p>Atentamente</p> <p>Mauricio Duarte</p>

Diseño Cuestionario

Estimado encuestado

Con la finalidad de primar una fácil comprensión, se construyo un menú desplegable para comparar cada par de elementos (criterios, subcriterios o alternativas) mediante unas escala verbal y no numérica, lo que evita a usted tener que consultar frecuentemente la tabla Saaty.

La siguiente figura muestra un menú desplegado y la escala verbal utilizada. Para graficar con un ejemplo, se comparan los clústeres con respecto a "alternativas", en donde se aprecia el menú desplegable.

Aprendizaje y desarrollo		Cliente
Aprendizaje y desarrollo		Financiero
Aprendizaje y desarrollo		Procesos Internos
Cliente		Financiero
Cliente		Procesos Internos
Financiero		Procesos Internos

Es fuertemente mas importante que
Es notablemente mas importante que
Es levemente mas importante que
Es igualmente importante que
Es levemente menos importante que
Es notablemente menos importante que
Es fuertemente menos importante que
Es extremadamente menos importante que