

2016

ESTRUCTURA JERARQUICA DEL MERCADO ACCIONARIO CHILENO

CARVALLO OSSA, TOMÁS IGNACIO

<http://hdl.handle.net/11673/23276>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
VALPARAÍSO-CHILE



“ESTRUCTURA JERARQUICA DEL MERCADO ACCIONARIO CHILENO”

TOMAS IGNACIO CARVALLO OSSA

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO
CIVIL INDUSTRIAL**

**PROFESORES GUÍAS: SR. WERNER KRISTJANPOLLER RODRÍGUEZ
SR. RODOLFO SALAZAR ALBORNOZ**

NOVIEMBRE - 2016

Agradecimientos

Agradecer desde el fondo de mi corazón a mi familia, mi madre Bernardita Ossa por darme la vida, criarme, aguantarme y estar siempre presente para apoyarme siempre que lo he necesitado, mi padre Fernando Carvallo por aconsejarme, guiarme y brindarme todo el apoyo que he requerido y mi hermano Sebastián Carvallo por ser mi mejor amigo siempre. En conjunto han sido un pilar fundamental en el desarrollo de mis objetivos propuestos, ya que, siempre están ahí entregándome energías para seguir adelante.

Agradecer también a Mauricio Cottin, una persona muy importante para mí, que ha tenido la paciencia suficiente para guiarme y aconsejarme en los momentos difíciles de mi vida. Además, me ha brindado parte de sus conocimientos que me ayudaron de sobremanera al desarrollo de mi tesis.

A mi mejor amiga Debbie Kovacevic por entregarme siempre un apoyo incondicional y sincero en cada momento difícil que pase. Además, de ser una persona que me impulsa a superarme y cumplir mis metas.

Y a todos mis amigos que constantemente me apoyaron para que pudiera cerrar este ciclo universitario y estarán para apoyarme en los siguientes ciclos que tendrá la vida para mí.

“Querer es poder”

Asociada a Albert Einstein

Resumen

El mapa del mercado accionario chileno se conforma a partir de nodos, cada uno de ellos representa una acción, y por enlaces los cuales unen cada nodo con la que posea la relación más fuerte en el mercado. Esta relación es obtenida a través de un análisis de correlaciones. Este análisis, no permite el diseño del grafo debido a que no satisface los tres axiomas que obliga la métrica Euclideana, por ende, es necesario utilizar una función de distancias para obtener la matriz de distancias **D**. Posteriormente, se utilizará una metodología de filtración llamada árbol de expansión mínima, que nace a partir de la teoría de grafos, la cual entregará las distancias mínimas entre cada nodo (relación más fuerte) denominada distancia ultra métrica. A partir de ellas, se confeccionará el grafo relacionando cada nodo con el que corresponda, todas estas conexiones se realizan con la ayuda de un programa llamado "Pajek" que, finalmente, entrega el grafo de mercado accionario chileno y con él su respectiva estructura jerárquica.

Abstract

The Chilean stock market map is made up of nodes, each representing an action, and by links which link each node with the one with the strongest relationship in the market. This relationship is obtained through an analysis of correlations. This analysis does not allow the design of the graph because it does not satisfy the three axioms required by the Euclidean metric, therefore, it is necessary to use a distance function to obtain the distance matrix **D**. Subsequently, a filtering methodology will be used minimum spanning tree, which is born from the theory of graphs, which will deliver the minimum distances between each node (stronger relationship) called ultrametric distance. From these, the graph will be made relating each node to which it corresponds, all these connections are made with the help of a program called "Pajek" that, finally, delivers the Chilean stock market graph and with it its respective hierarchical structure .

Índice General

<i>Agradecimientos</i>	<i>i</i>
<i>Resumen</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>iii</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>vi</i>
<i>Índice de Tablas</i>	<i>vii</i>
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 Introducción	8
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo General	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
Capítulo 2 MARCO TEORICO	11
2.1 Teoría de grafos.	11
2.1.1 Introducción.	11
2.1.2 Características de los grafos.....	12
2.1.3 Definiciones básicas.	13
2.1.4 Algoritmos generadores de árboles de coste mínimo.....	15
2.1.5 Aplicaciones.....	18
2.2 Global Industry Classification Standard (GICS).	19
2.3 Grupos Económicos más importantes en Chile.	22
2.4 Introducción teoría de portafolio.	24
Capítulo 3 METODOLOGÍA	26
3.1 Manejo de Data	26
3.2 Matriz de correlación.	27
3.3 Métrica Eucladiana y matriz de distancia.	31
3.4 Selección y aplicación del algoritmo de minimización.	34

3.5	Características del mapa.....	35
3.6	Software de Redes.....	36
3.6.1	Selección software de redes.	36
3.6.2	Confección del grafo en Pajek.	37
3.7	Clasificación de Industrias.....	39
3.8	Conceptos para caracterizar los árboles dinámicos.	40
3.8.1	Introducir el nodo central.....	40
3.8.2	Distancia normalizada.	41
3.8.3	Nivel de ocupación.....	42
Capítulo 4	<i>Presentación del Grafo.....</i>	43
Capítulo 5	<i>Análisis del Grafo.....</i>	47
5.1	Visión Global.....	47
5.2	Aspectos Particulares	49
5.3	Análisis Cuantitativo	51
5.3.1	Introducir el nodo central.....	51
5.3.2	Distancia normalizada	51
5.3.3	Nivel de ocupación.....	54
5.4	Evolución	57
5.5	Construcción de Portfolios.....	61
Capítulo 6	<i>Conclusiones.....</i>	63
Capítulo 7	<i>Bibliografía.....</i>	65
Anexo A	<i>Descripción empresas participantes.....</i>	67
Anexo B	<i>Código Pajek</i>	90

Índice de Figuras

Figura 2.1: Puente de Königsberg.....	11
Figura 2.2: Grafo del puente de Königsberg.....	11
Figura 2.3: Grafo conexo y no conexo.....	12
Figura 2.4: Ejemplo de árbol.....	13
Figura 2.5: Ejemplo de grafos.	13
Figura 2.6: Grafo con aristas orientadas.	14
Figura 2.7: Código Algoritmo de Prim. Fuente: (Fontenla, 2014)	16
Figura 2.8: Ejemplo de Algoritmo de Prim. Fuente: (Fontenla, 2014).....	16
Figura 2.9: Código algoritmo de Kruskal: Fuente (Fontenla, 2014).....	17
Figura 2.10: Ejemplo Algoritmo de Kruskal. Fuente: (Fontenla, 2014).....	18
Figura 2.11: Ranking grupos económicos de Chile. Fuente: (Universidad del Desarrollo, 2016).....	22
Figura 2.12: Programación teoría del portfolio de Markowitz	24
Figura 3.1: Ejemplo gráfico de distribución normal	29
Figura 3.2: Relación entre el coeficiente de correlación y la distancia métrica según la función de distancias.	33
Figura 3.3: Ejemplo código en Pajek	38
Figura 3.4: Página de inicio programa Pajek.	38
Figura 3.5: Diferencia visual entre un grafo recién constituido y otro grafo que se le aplicó el algoritmo Kamada-Kawai, entregado por el software Pajek.....	40
Figura 5.1: Grafo para facilitar la obtención de los niveles de ocupación.	55
Figura 5.2: Grafo de la Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno con data del 2010 al 2014.....	58
Figura 5.3: Mapa Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno con data de los últimos 12 meses.	60

Índice de Tablas

Tabla 4.1: Acciones del mercado chileno con su respectivo número, que representa el código que utilizaran en los posteriores análisis. Las acciones con cuadro amarillo pertenecen al IPSA.	43
Tabla 4.2: Matriz de distancias ultra métricas D^* , obtenida a partir del análisis de la matriz de distancias mediante el algoritmo de Prim.	44
Tabla 4.3: GICS (Global Industry Classification Standard) del Mercado accionario chileno.	45
Tabla 5.1: Acciones conectadas con sus respectivos grupos económicos.	50
Tabla 5.2: Distancia normalizada del grafo completo y de las acciones pertenecientes al IPSA.	51
Tabla 5.3: Distancia normalizada de cada sector de la economía chilena.	52
Tabla 5.4: Distancia normalizada versus ramas relevantes.	53
Tabla 5.5: Distancia normalizada versus grupos económicos	53
Tabla 5.6: Niveles de ocupación de las acciones chilenas.	56
Tabla 5.7: Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno	57

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Hace algunos años, un grupo de físicos y matemáticos comenzaron a investigar los mercados financieros usando herramientas y metodologías específicas de su ciencia. Esta elección ha sido motivada principalmente debido a que estos mercados son un claro ejemplo de sistemas complejos. Un sistema complejo está compuesto por varias partes interconectadas o entrelazadas que, al unirse entre sí, generan información adicional no visible por el observador. Como resultado de las interacciones, surgen propiedades nuevas que no pueden explicarse a partir de las propiedades de los elementos independientes. Para describirlos, hace falta no sólo conocer el funcionamiento de las partes, sino conocer el funcionamiento del sistema completo una vez relacionadas sus partes entre sí. Estos sistemas han evolucionado en el tiempo con el fin de romper el paradigma de la matemática financiera, el cual indica que las series de tiempo de los diversos activos financieros son *impredecibles*.

Dado lo difícil y complejo que es hoy en día poder predecir de manera cuantitativa los mercados financieros, es necesario encontrar alguna herramienta que entregue la información necesaria de una manera simplificada y, que a la vez, utilice un número de variables reducido en su análisis de resolución. Hoy en día, la mayoría de los modelos que se utilizan poseen un número de variables elevado, lo que dificulta aún más la búsqueda de la ruptura del paradigma mencionado anteriormente.

Actualmente, Chile es un país que está en una etapa de crecimiento en el desarrollo de metodologías aplicadas a los mercados financieros tanto locales, como internacionales. Dado lo anterior, no existe un número suficiente de herramientas que entreguen una visión global del estado actual del país, menos aún de manera visual. Por lo que es necesario el desarrollo de nuevas metodologías aplicables al mercado chileno. Para obtener esa visión del país sería apropiado utilizar el mercado accionario, con el análisis de las principales empresas del país se podría obtener el resultado buscado. Con ello, se podría obtener valiosa información, como por ejemplo, cuales son los principales agentes económicos de la nación, que sectores industriales lideran el mercado y como se relacionan entre sí, que grupos económicos son los líderes en el país, etc.

Para realizar dicho análisis del mercado accionario chileno, se empleará, en gran medida, una metodología desarrollada por el señor Rosario N. Mantenga en el año 1999, en la cual, a partir de la *sola información de precios históricos* de un portafolio de acciones seleccionadas del IGPA (índice general de precios y asociados), y utilizando una técnicas matemáticas de filtración se obtendrá una estructura jerárquica del mercado accionario chileno. La representación visual se logra mediante la construcción de un árbol o grafo conexo que representa el esqueleto de las relaciones más fuertes entre los participantes del mercado. El grafo está conformado por nodos, los cuales representan a una acción del portafolio a analizar, y por aristas, las cuales unen cada nodo con el que posea la relación *más fuerte* en el mercado. Esta relación, es obtenida a través de las correlaciones de los precios históricos de las acciones en conjunto con la aplicación de algunas técnicas matemáticas de filtración que serán explicadas posteriormente.

El mapa entrega como información principal que el motor de la economía del país es el sector energético a través de Copec. A él se asocia el sector del retail que depende del consumo del país. Por otro lado, aparece el sector de materiales unido al sector industrial, principalmente el área de la construcción, lo que es muy lógico, ya que los materiales son necesarios para el desarrollo de las obras de construcción. Una rama no menor es la del sector financiero, que aparece conectada a Copec, la cual, permite inferir, que depende más de la demanda del país que del financiamiento de grandes proyectos. El sector transporte también es asociado a Copec, claramente impactado por el combustible. Para finalizar, el sector de las eléctricas (utilidades) queda relativamente conectado gracias a Colbun y Copec.

Algunas aplicaciones que tiene esta metodología son: permite una fácil construcción de portafolios diversificados, detección de activos líderes del mercado a analizar, estudios de escenarios de impactos y vías de propagación (que ocurre con una acción debido al efecto de una noticia relevante en otra acción correlacionada o simplemente que acciones pueden verse más o menos afectadas por los movimientos de otra), aplicación de algunas estrategias de trading como el arbitraje estadístico.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- *Obtener una estructura jerárquica del mercado accionario chileno, a partir del desarrollo de una herramienta cuantitativa y de fácil visualización.*

1.2.2 Objetivos Específicos

- *Generar una base de datos con los precios de cierre históricos diarios de las acciones del mercado chileno dentro del periodo de tiempo a analizar.*
- *Encontrar un software de redes que permita generar, de manera óptima, el grafo.*
- *Escoger un estándar de clasificación de industrias que sea apropiado para el mercado accionario chileno y, con él, clasificar al mismo.*
- *Realizar un análisis de la información obtenida en el grafo de la estructura jerárquica del mercado accionario chileno.*

Capítulo 2 MARCO TEORICO

2.1 Teoría de grafos.

2.1.1 Introducción.

El nacimiento del concepto GRAFOS se puede situar, por el año 1730, cuando Euler (matemático) se convirtió en el padre de la teoría de grafos al modelar un famoso problema no resuelto, llamado el "problema de los puentes de Königsberg" (Toranzos, 1976).

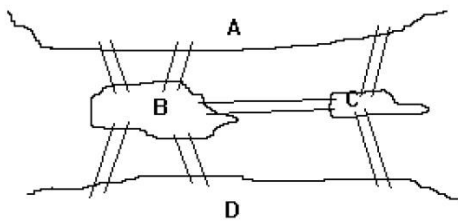


Figura 2.1: Puente de Königsberg

Un río con dos islas atraviesa la ciudad. Las islas están unidas, entre si y con las orillas, a través de siete puentes. El problema consistía en establecer un recorrido que pasara una y solo una vez por cada uno de los siete puentes, partiendo de cualquier punto y regresando al mismo lugar.

Para probar que no era posible, Euler sustituyó cada zona de partida por un punto y cada puente por un arco, creando así un grafo, el primer grafo, diseñado para resolver un problema.

Mostrar que el problema no tiene solución equivale a mostrar que el grafo no puede ser recorrido según criterios determinados.

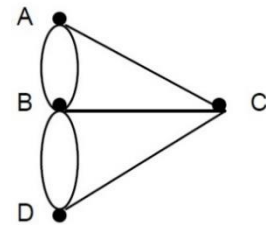


Figura 2.2: Grafo del puente de Königsberg

Problema: dado un grafo (con múltiples líneas entre pares de puntos) encontrar un camino que recorra el grafo pasando por cada arista exactamente una vez.

Solución: El grafo debe ser conexo y en cada punto deben incidir un número par de líneas. Esta condición es suficiente para definir lo que se llama un ciclo Euleriano.

A partir de Euler, el continuo modelado mediante grafos fue desarrollando esta gran metodología hasta convertirse en la actualidad, en una herramienta de trabajo para ciencias tan diferentes como la física, la química, la economía, la lingüística, etc. La teoría de grafos está íntimamente relacionada con varias ramas de la matemática como por ejemplo: la teoría

de conjuntos, el análisis numérico, probabilidad, topología, etc. y es la base conceptual en el tratamiento de problemas combinatorios.

La eficacia de los grafos se basa en su gran poderío de abstracción y la muy clara representación de cualquier relación (de orden, precedencia, entre otras) lo que facilita enormemente tanto la fase de modelado como de resolución del problema. Gracias a la teoría de grafos se han desarrollado una gran variedad de algoritmos y métodos de resolución eficaces que permiten tomar mejores decisiones.

No se debe confundir el grafo con el sistema real al que está asociado. El grafo es una estructura que admitimos adecuada en lo concerniente a las propiedades que nos interesan, donde luego aplicamos las deducciones y reglas matemáticas para obtener datos y poder decidir.

2.1.2 Características de los grafos

2.1.2.1 Grafos simples.

Un grafo es simple si a lo más existe una arista uniendo dos vértices cualesquiera. Esto es equivalente a decir que una arista cualquiera es la única que une dos vértices específicos. Un grafo que no es simple se denomina *multígrafo*.

2.1.2.2 Grafos conexos.

Un grafo es conexo si cada par de vértices está conectado por un camino; es decir, si para cualquier par de vértices (a, b) , existe al menos un camino posible desde a hacia b .

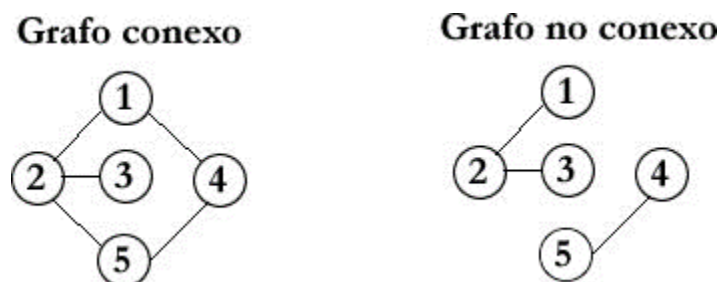


Figura 2.3: Grafo conexo y no conexo

2.1.2.3 Grafos completos

Un grafo es completo si existen aristas uniendo todos los pares posibles de vértices. Es decir, todo par de vértices (a, b) debe tener una arista e que los une.

El conjunto de los grafos completos es denominado usualmente K , siendo K_n el grafo completo de n vértices.

Un K_n , es decir, grafo completo de n vértices tiene exactamente $\frac{n(n-1)}{2}$ aristas.

La representación gráfica de los K_n como los vértices de un polígono regular da cuenta de su peculiar estructura.

2.1.2.4 Árboles

Un grafo que no tiene ciclos y que conecta a todos los puntos (conexo), se llama un árbol. En un grafo con n vértices, los árboles tienen exactamente $n - 1$ aristas, y hay n^{n-2} árboles posibles. Su importancia radica en que los árboles *son grafos que conectan todos los vértices utilizando el menor número posible de aristas*.

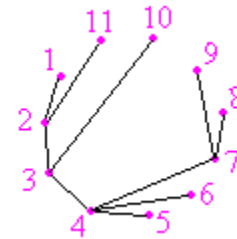


Figura 2.4: Ejemplo de árbol

2.1.3 Definiciones básicas.

2.1.3.1 Grafo.

Un grafo es una pareja de conjuntos $G = (V, A)$, donde V es el conjunto de vértices, y A es el conjunto de aristas, este último es un conjunto de pares de la forma (u, v) tal que $u, v \in V$. Para simplificar, se notará la arista (a, b) como ab (Toranzos, 1976).

En teoría de grafos, solo queda lo esencial del dibujo: la forma de las aristas no son relevantes, solo importa a que vértices están unidas. La posición de los vértices tampoco importa, y se puede variar para obtener un dibujo más claro.

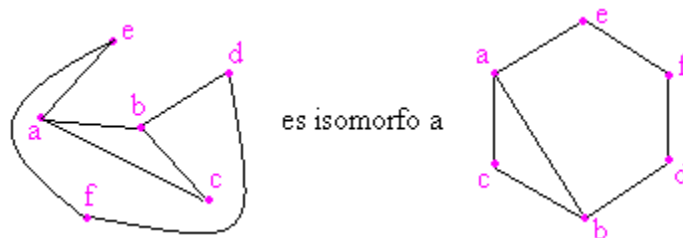


Figura 2.5: Ejemplo de grafos.

En la figura, $V = \{a, b, c, d, e, f\}$, y $A = \{ab, ac, ae, bc, bd, df, ef\}$.

Muchas redes de uso cotidiano pueden ser modeladas con un grafo: una red de carreteras que conecta ciudades, una red eléctrica o la red de drenaje de una ciudad.

2.1.3.2 Sub-grafo.

Un sub-grafo de un grafo G es un grafo cuyos conjuntos de vértices y aristas son subconjuntos de los de G . Se dice que un grafo G contiene a otro grafo H si algún sub-grafo de G es H o es isomorfo a H (dependiendo de las necesidades de la situación).

El sub-grafo inducido de G es un sub-grafo G' de G tal que contiene todas las aristas adyacentes al subconjunto de vértices de G .

2.1.3.3 Aristas dirigidas y no dirigidas.

En algunos casos es necesario asignar un sentido a las aristas, por ejemplo, si se quiere representar la red de las calles de una ciudad con sus direcciones únicas. El conjunto de aristas será ahora un subconjunto de todos los posibles pares ordenados de vértices, con $(a, b) \neq (b, a)$. Los grafos que contienen aristas dirigidas se denominan grafos orientados, como el siguiente ejemplo:

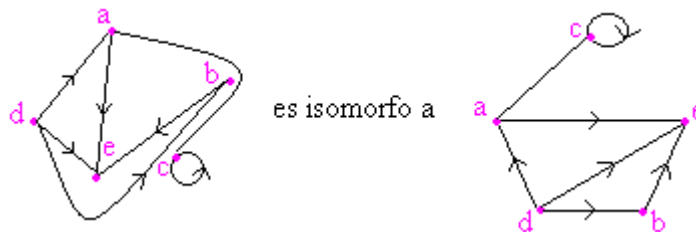


Figura 2.6: Grafo con aristas orientadas.

Las aristas no orientadas se consideran bidireccionales para efectos prácticos (equivale a decir que existen dos aristas orientadas entre los nodos, cada una en un sentido).

En el grafo anterior se ha utilizado una arista que tiene sus dos extremos idénticos: es un lazo (o bucle), y aparece también una arista bidireccional, y corresponde a dos aristas orientadas.

Aquí $V = \{a, b, c, d, e\}$, y $A = \{(a, c), (d, a), (d, e), (a, e), (b, e), (c, a), (c, c), (d, b)\}$.

Se considera la característica de "grado" (positivo o negativo) de un vértice, como la cantidad de aristas que llegan o salen de él; para el caso de grafos no orientados, el grado de un vértice es simplemente la cantidad de aristas incidentes a este vértice. Por ejemplo, el grado positivo (salidas) de d es 3, mientras que el grado negativo (llegadas) de d es 0.

2.1.3.4 Ciclos.

Un ciclo es una sucesión de aristas adyacentes, donde no se recorre dos veces la misma arista para regresar al punto inicial. Se llama ciclo hamiltoniano aquel recorre todos los vértices exactamente una vez (excepto el vértice del que parte y al cual llega).

2.1.4 Algoritmos generadores de árboles de coste mínimo.

2.1.4.1 Algoritmo de Prim.

Robert Prim en 1957 descubrió un algoritmo para la resolución del problema del árbol de peso mínimo (minimum spanning tree - MST). Este problema, es un dilema típico de optimización combinatoria, que fue considerado originalmente por Otakar Boruvka en 1926 mientras estudiaba la necesidad de electrificación rural en el sur de Moravia en Checoslovaquia.

El algoritmo de Prim construye un árbol de mínima expansión a partir de un grafo no dirigido, ponderado y conexo. Un grafo ponderado es aquel que posee valores numéricos en sus aristas, por ejemplo peso, longitud, etc. El algoritmo de Prim parte de un grafo inicial y al terminar las iteraciones se obtiene un árbol donde la suma de todos los pesos es la menor de todos los posibles árboles.

Este algoritmo se utiliza regularmente para ahorrar recursos, su aplicación más común es en la implementación de cables de una red. Por ejemplo, si una compañía de televisión por cable se quiere instalar en una ciudad, claramente para ella es conveniente utilizar la menor cantidad de cable manteniendo la conexión con todos los clientes. Utilizando el algoritmo de Prim se podría obtener una red de cableado mínima y, gracias a ellos, se minimizarían los costos de construcción de la red de cableado. Encontrar el árbol de mínima expansión es necesario para encontrar soluciones en otras áreas como el diseño de redes de transporte, diseño de redes de telecomunicaciones, sistemas de distribución, etc.

La solución al problema propuesta por Prim se basa en la idea de ir conectando nodos secuencialmente hasta alcanzarlos a todos. El algoritmo empieza a construir el árbol a partir de un nodo seleccionado arbitrariamente como punto de inicio. A continuación itera seleccionando en cada etapa la arista de menor coste (uno cualquiera si hay varios) que une un nodo del árbol con otro que aún no está en él; incorporando dicha arista y el nodo de

destino al árbol. El proceso se repite hasta añadir todos los nodos, obteniendo como resultado un árbol de expansión cuyo coste será mínimo (Fontenla, 2014).

Algoritmo: Prim

Entrada: $G = (V, A)$; C ; $s \in V$ // grafo no dirigido, matriz de costes y nodo de inicio

1: $A^T \leftarrow \emptyset$ // conjunto de arcos del árbol a formar

2: $V^T \leftarrow \{s\}$ // conjunto de nodos del árbol a formar

3: **mientras** $|V^T| < |V|$ **hacer**

4: seleccionar un arco $(i, j) \in A$ con $i \in V^T$ y $j \in V \setminus V^T$ cuyo c_{ij} sea mínimo

5: $A^T \leftarrow A^T \cup \{(i, j)\}$ // añadir arco al árbol

6: $V^T \leftarrow V^T \cup \{j\}$ // añadir nuevo nodo al árbol

7: **fin mientras**

Salida: $G^T = (V^T, A^T)$ // árbol de expansión de coste mínimo

Figura 2.7: Código Algoritmo de Prim. Fuente: (Fontenla, 2014)

Algunas características del algoritmo son:

- Es posible empezar desde cualquier nodo.
- Marca solo un nodo y una arista por iteración.
- Las aristas que se consideran son aquellas que tienen un extremo marcado y el otro no.
- El árbol de expansión mínimo está completamente construido cuando no quedan más nodos por agregar o el número de arcos es igual al número de nodos menos uno.

A continuación se presenta un ejemplo aclarar el desarrollo del algoritmo.

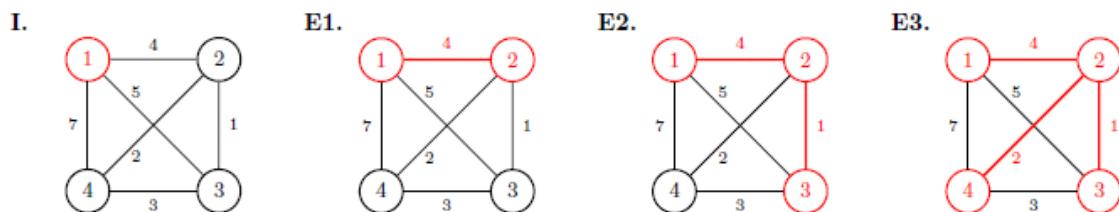


Figura 2.8: Ejemplo de Algoritmo de Prim. Fuente: (Fontenla, 2014)

Como nodo de inicio se escoge el número 1, de manera aleatoria. En la primera etapa la distancia mínima de las aristas que pasan por el nodo 1 se encuentra en la arista (1,2), por ende, se agrega junto con el nodo número 2. Luego, en la segunda etapa la distancia mínima que pasa por el nodo 1 o 2 está en la arista (2,3), seleccionándose y agregándose el nodo 3.

La siguiente selección se encuentra en la arista (2,4) conformándose así el árbol de expansión mínima a través del algoritmo de Prim, ya que, se han seleccionado todos los nodos del grafo.

2.1.4.2 Algoritmo de Kruskal

No hay que ir demasiado lejos para encontrar un segundo algoritmo capaz de resolver el problema de los árboles de coste mínimo. Su creación se debe a Joseph Kruskal, compañero de Prim en Bell Labs, quien lo propuso en 1956. Conocido desde entonces por su apellido, la idea principal del algoritmo de Kruskal se resume en conectar aristas, y no nodos, secuencialmente. De esta forma hace innecesaria la elección de un nodo de partida.

Empezando con el conjunto inicial de aristas, el algoritmo de Kruskal selecciona aquel con el menor coste, uno cualquiera si hay varios, y lo incorpora al árbol. A partir de ahí repite dicho paso en cada etapa, asegurándose de que no se producen ciclos, hasta que logra añadir el número suficiente de arcos para formar un árbol de expansión que será de coste mínimo (Fontenla, 2014).

Algoritmo: Kruskal

Entrada: $G = (V, A); C$	<i>// grafo no dirigido y matriz de costes</i>
1: $A^T \leftarrow \emptyset$	<i>// conjunto de arcos del árbol a formar</i>
2: $M \leftarrow V$	<i>// conjunto inicial de componentes</i>
3: mientras $ A^T < (V - 1)$ hacer	
4: seleccionar un arco $(i, j) \in A$ cuyo c_{ij} sea mínimo	
5: si $M_i \neq M_j$ entonces	<i>// comprobar que no forman ciclo</i>
6: $A^T \leftarrow A^T \cup \{(i, j)\}$	<i>// añadir arco al árbol</i>
7: $M_k \leftarrow M_i$ para todo $k \in \{1, \dots, M \}$ tal que $M_k = M_j$	<i>// unir componentes</i>
8: fin si	
9: $A \leftarrow A \setminus \{(i, j)\}$	<i>// eliminar arco de la lista</i>
10: fin mientras	
11: $V^T \leftarrow V$	<i>// añadir conjunto de nodos del árbol</i>
Salida: $G^T = (V^T, A^T)$	<i>// árbol de expansión de coste mínimo</i>

Figura 2.9: Código algoritmo de Kruskal: Fuente (Fontenla, 2014)

En el pseudocódigo se aprecia la reducción en la comprobación necesaria para asegurarse de que no se produzcan ciclos, llevando cuenta de las componentes en las que se divide el árbol. Eso es así porque los ciclos se forman al añadir una arista que une dos nodos de una misma componente. De esta forma, permite establecer inicialmente que cada nodo se corresponda con una componente distinta y que estas se vayan uniendo conforme se incorporen aristas al árbol hasta que solo quede una. En cada iteración hay que asegurarse de

que la arista a añadir no une nodos de una misma componente, eliminando la arista seleccionada para evitar volver a comprobarlo.

Ejemplo:

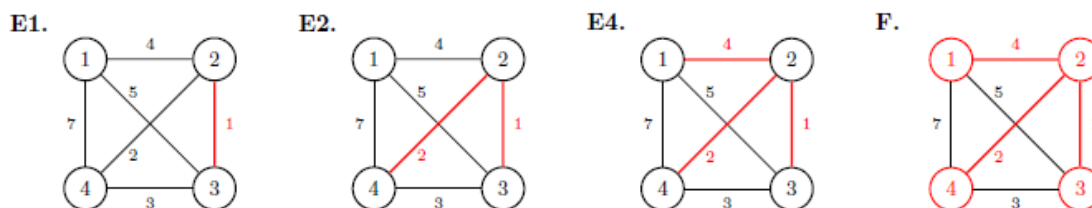


Figura 2.10: Ejemplo Algoritmo de Kruskal. Fuente: (Fontenla, 2014)

En la etapa 1 se selecciona la arista con el menor peso, la cual es (2,3). En la etapa 2 se repite el mismo procedimiento y queda la (2,4). En la etapa 3 se debería seleccionar la arista (3,4), pero esta conformaría un grafo cíclico y ambas componentes ya están en el grafo por lo cual se descarta. En la cuarta etapa se elige la arista (1,2). Como todos los nodos han sido relacionados y hay $n - 1$ aristas seleccionadas, o sea 3, se obtiene el grafo de expansión mínima a través del algoritmo de Kruskal.

2.1.5 Aplicaciones.

Ejemplos de estructuras que se pueden modelar por grafos aparecen por todas partes y muchos problemas de interés práctico se pueden representar por grafos. La estructura de un sitio web se puede representar por un grafo dirigido: los vértices son las páginas web disponibles en el sitio y existe una arista dirigida entre la página A y la página B si y sólo si la página A contiene un vínculo a la página B. A partir del momento en el que el análisis de redes adquirió un interés comercial, la teoría de grafos se convirtió en una rama de las matemáticas aplicadas, y despertó un gran interés, no sólo en el mundo académico sino también en la comunidad general.

Los grafos se utilizan también para modelar trayectos como el de una línea de autobús a través de las calles de una ciudad, en el que se puede obtener caminos óptimos para el trayecto aplicando diversos algoritmos.

Para la administración de proyectos, se utilizan técnicas como PERT en las que se modelan los mismos utilizando grafos y optimizando los tiempos de concreción.

La teoría de grafos también ha servido de inspiración para las ciencias sociales, en especial para desarrollar un concepto no metafórico de red social que sustituye los nodos por los actores sociales y verifica la posición, centralidad e importancia de cada actor dentro de la red. Esta medida permite cuantificar y abstraer relaciones complejas, de manera que la estructura social puede representarse gráficamente. Por ejemplo, una red social puede representar la estructura de poder dentro de una sociedad al identificar los vínculos (aristas), su dirección e intensidad y da idea de la manera en que el poder se transmite y a quienes.

Los grafos son importantes en el estudio de la biología y el hábitat. El vértice representa un hábitat y las aristas representan los senderos de los animales o las migraciones. Con esta información, los científicos pueden entender como esto puede cambiar o afectar a las especies en su hábitat.

2.2 Global Industry Classification Standard (GICS).

En 1999, Standard & Poor y MSCI / Barra desarrollaron conjuntamente la Clasificación Industrial Estándar Global (GICS) para establecer un estándar global para la clasificación de empresas en sectores e industrias. GICS fue desarrollado en respuesta a las necesidades de la comunidad financiera global para un completo y consistente conjunto de definiciones del sector y de la industria a nivel mundial, permitiendo de este modo a los propietarios de activos, gestores de activos y especialistas en estudios de inversión hacer comparaciones transparentes entre empresas del sector y/o de la industria tanto a nivel nacional, como mundial (Standar&Poor's, 2006).

GICS se ha convertido en un modelo ampliamente reconocido por los participantes en el mercado en todo el mundo. En él se establecen las bases para la creación de carteras replicables, adaptadas a las necesidades del mercado actual, permitiendo realizar comparaciones significativas de los sectores e industrias de todo el mundo.

GICS fue desarrollado y es mantenido por dos proveedores líderes mundiales de clasificación de índices. Ha sido diseñado específicamente para clasificar a las empresas en todo el mundo, tanto en las economías desarrolladas, como en desarrollo.

La metodología de GICS ha sido comúnmente aceptada como un marco para el análisis de la industria de investigación de inversiones, gestión de cartera y asignación de activos. El sistema de clasificación GICS actualmente consta de 10 sectores, 24 grupos de la industria, 67 industrias y 147 sub-sectores. Los sectores GICS son:

- **Energía:** este sector está constituido por empresas cuyos negocios están dominados por cualquiera de las siguientes actividades: la construcción o el suministro de plataformas de petróleo, equipos de perforación y otros servicios y equipos relacionados con la energía, incluyendo la recolección de datos sísmicos. Además, todas aquellas empresas dedicadas a la exploración, producción, comercialización, refinado y / o transporte de productos petrolíferos y de gas.
- **Materiales:** el sector de los materiales GICS abarca una amplia gama de industrias manufactureras relacionadas con materias primas. Se incluyen en este sector son las empresas que fabrican productos químicos, materiales de construcción, vidrio, papel, productos forestales y productos relacionados con el empaque y los metales, los minerales y las empresas mineras, incluidos los productores de acero.
- **Industrial:** lo componen las empresas cuyos negocios están dominados por una de las siguientes actividades: la fabricación y distribución de bienes de capital, incluyendo el sector aeroespacial y de defensa, construcción, productos de ingeniería y construcción, equipos eléctricos y maquinaria industrial. Además, la prestación de servicios de transporte, incluidas las líneas aéreas, mensajeros, marina, carretera y ferrocarril y la infraestructura de transporte.
- **Consumo discrecional:** abarca aquellas industrias que tienden a ser los más sensibles a los ciclos económicos. Su segmento incluye automóviles, bienes duraderos para el hogar, textiles, ropa y los equipamientos de ocio. El segmento incluye los servicios de hoteles, restaurantes, otras instalaciones de ocio, la producción de medios de comunicación y servicios de venta al por menor.
- **Consumo básico:** esta clasificación incluye a las empresas cuyos negocios son menos sensibles a los ciclos económicos. Forman parte de él fabricantes y distribuidores de alimentos, bebidas y tabaco, productores de bienes no duraderos para el hogar y

productos personales. También incluye las empresas de alimentos, así como hipermercados.

- **Salud:** el sector de la salud abarca dos grupos principales de la industria. La primera incluye a las empresas que fabrican equipos para el cuidado de la salud o prestan servicios relacionados con la salud, como proveedores de servicios de atención primaria de salud y los propietarios y operadores de instalaciones y organizaciones de salud. La segunda agrupa a las empresas que participan principalmente en la investigación, desarrollo, producción y comercialización de productos farmacéuticos y de biotecnología.
- **Financiero:** el sector financiero contiene a las empresas que participan en actividades tales como la banca, financiación de hipotecas, financiación al consumo, financiación especializada, banca de inversión y corretaje, administración y custodia de activos, préstamos corporativos y seguros.
- **Tecnología de la información:** este sector cubre las siguientes áreas generales: en primer lugar, la tecnología de Software y Servicios, incluidas las empresas que desarrollan principalmente software en diversos campos, tales como la Internet, aplicaciones, sistemas, gestión de bases de datos y/o entretenimiento en el hogar, y las empresas que proporcionan información de consultoría tecnológica y de servicios, así como el procesamiento de datos y servicios subcontratados; y en segundo lugar, tecnología hardware y equipos, incluidos los fabricantes y distribuidores de equipos de comunicaciones, ordenadores y periféricos, equipos electrónicos e instrumentos relacionados.
- **Telecomunicaciones:** el sector de servicios de telecomunicaciones contiene las empresas que prestan servicios de comunicaciones principalmente a través de una línea de telefonía fija, móvil, inalámbrica, de banda ancha y / o red de cable de fibra óptica.
- **Utilidades:** el sector utilidades abarca aquellas empresas consideradas eléctricas, los servicios públicos de gas o agua y las compañías que operan siendo productores y/o distribuidores de energía independientes.

2.3 Grupos Económicos más importantes en Chile.

Se define como grupo económico, el grupo de empresas en las cuales un grupo de inversionistas con vínculos de consanguineidad hasta de segundo grado, tiene propiedad en ellas. Este concepto se diferencia de los grupos empresariales, en los cuales un grupo de inversionistas tiene vínculos en torno a un proyecto o una actividad en común, lo que se materializa en pactos de accionistas. De esta forma, el concepto de grupo económico incorpora la propiedad en empresas que pueden formar o no parte de grupos empresariales, pero que sin embargo pertenecen a un grupo de personas con vínculos familiares.

Existe un ranking de los grupos económicos de Chile, realizado por la facultad de economía y negocios de la Universidad del Desarrollo, el cual sigue la evolución trimestral de los activos, ingresos y patrimonio bursátil de los 33 principales grupos económicos del país, incorporando los hechos destacados y cambios en la estructura consolidada de su propiedad en las diferentes empresas y sociedades relacionadas que los componen. El último ranking fue realizado hasta marzo del 2016 y se presenta a continuación (Universidad del Desarrollo, 2016):

GRUPO ECONÓMICO	Ranking General	Cambio Posición Ranking General (dic. 2015 - mar. 2016)
SAID	1	+7
SOLARI	2	-1
MATTE	3	-1
YARUR	4	+0
HURTADO VICUÑA	5	+1
SECURITY	6	+4
ANGELINI	7	-4
FERNANDEZ LEÓN	8	-3
SAIEH	9	+6
SIGDO KOPPERS	10	-3
EMBONOR	11	+2
BOFILL	12	-3
PAULMANN	13	+1
PONCE LEROU	14	-2
NAVARRO	15	+7
PENTA	16	+0
SALFACORP	17	+11
CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRU	18	-1
FORUS	19	+10
CALDERÓN	20	-2
LUKSIC	21	-10
CUETO	22	-1
GUILISASTI - LARRAÍN	23	-4
CAP	24	+6
TATTERSALL	25	-2
LECAROS MENENDEZ	26	-2
MULTIEXPORT FOODS	27	+0
SOCOVESA	28	+3
CLARO	29	-4
BEZANILLA	30	-4
URENDA	31	-11
CGE	32	+0
BRIONES	33	+0

Figura 2.11: Ranking grupos económicos de Chile. Fuente: (Universidad del Desarrollo, 2016).

El ranking permite identificar los grupos económicos más relevantes del país. Para futuros análisis también se requieren las principales inversiones poseen algunos de los grupos económicos más importantes de Chile, estas son (El Mercurio, 2014), (Willprendedor, 2016):

- *Grupo Said: Embotelladora Andina (13,2%); Banco BBVA (16,3%); Envases del Pacífico S.A. (45,0%); Parque Arauco S.A. (15,7%); Isapre Cruz Blanca S.*
- *Grupo Solari: Falabella, Aguas Andina, LATAM, Azul-azul*
- *Grupo Matte: Empresas CMPC S.A. (56%); Minera Valparaíso S.A. (78%); Colbún S.A. (49%); Almendral S.A. (32%); Bicecorp S.A. (97%); Banco BICE (100% Bicecorp); Entel.*
- *Grupo Yarur: Bci y filiales (55%); Salcobrand (100%).*
- *Grupo Hurtado Vicuña: Entel; Almendral; Pacífico V Región; Punta de Cobre.*
- *Grupo Angelini: AntarChile S.A. (60,82%), Copec (99,9%).*
- *Grupo Fernandez León: Consorcio (47,7%); Entel (11,84%); Banmédica (28,7%); Punta de Cobre; FFV Almendral (9,6%).*
- *Grupo Saieh: CorpGroup (CorpBanca y CorpVida).*
- *Grupo Sigdo Koppers: Ingeniería y Construcción Sigdo Koppers S.A. (60,43%); Puerto Ventanas (50,01%); Enaex S.A. (50,62%).*
- *Grupo Paulmann: Cencosud (100%).*
- *Grupo Ponce Lerou: Soquimich Comercial; Soquimich; Sociedad de Inversión Oro Blanco; Norte Grande.*
- *Grupo Navarro: Sonda; Salfacorp.*
- *Grupo Penta: Banmédica (27,67%); Penta Security (69,97%); Cuprum (63,44%).*
- *Grupo Calderón: Ripley Internacional (99,9%).*
- *Grupo Luksic: Banco de Chile (61,4% en asociación con Citibank); CCU (66,1% en asociación con Heineken); Invexans (45,2%); Quiñenco.*
- *Grupo Claro: Elecmetal (50%), Cristalerías Chile (52,14%), Compañía Sudamericana de Vapores (48%).*
- *Grupo CGE: CGE Distribución (99,6%), Conafe (99,5%), Edelmag (55,1%), Gasco (56,62%), Cemento Polpaico (40%).*

- Grupo Agbar: Aguas Andina; IAM.
- Grupo CAP: CAP; Invercap; Cintac.

2.4 Introducción teoría de portafolio.

El enfoque propuesto por Harry Markowitz (Markowitz, 1952), sobre la conformación de portafolios de inversión, revolucionó el campo de las finanzas, entregando principios, como el de portafolios eficientes, que están presentes en una gran cantidad de modelos de construcción de carteras.

Un portafolio eficiente, según Markowitz, es aquel que tiene un *mínimo riesgo*, para un retorno dado o, equivalentemente un portafolio con un *máximo retorno* para un nivel de riesgo dado.

Una de las formas de encontrar este conjunto de portafolios eficientes es a través del siguiente modelo, que sólo considera la *minimización de la varianza* del portafolio y que corresponde al siguiente esquema de programación no lineal.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \sigma_c^2 \\
 & \text{s/ a} \\
 & \sum_{i=1}^N \bar{R}_i x_i = R \\
 & \sum_{i=1}^N x_i = 1
 \end{aligned}$$

donde $\sigma_c^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij}$

Figura 2.12: Programación teoría del portafolio de Markowitz

Una vez que el problema es resuelto con alguna técnica de programación matemática, se logra obtener la proporción de cada activo dentro de la cartera de inversiones y que satisfacen las restricciones planteadas en el modelo, sin considerar las condiciones de no negatividad para las ponderaciones de los activos. Para este estudio se resuelve el problema por medio de la técnica de Multiplicadores de Lagrange.

El modelo de Markowitz necesita los retornos esperados de los activos que integrarán la cartera y la matriz de varianza-covarianza entre los retornos de los activos.

El rendimiento o retorno promedio, es la estimación del retorno esperado y que se expresa como:

$$\bar{R}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_{i,t} \quad (2.1)$$

Donde:

$R_{i,t}$: es el retorno del activo i al tiempo t .

T : es el periodo de tiempo sobre la cual se está considerando el rendimiento o retorno promedio.

La matriz de varianza covarianza representa toda la variabilidad y, por ende, el riesgo de los activos financieros. Su estimación precisa es fundamental en la determinación de la cartera eficiente en el modelo de media-varianza, ya que contiene la información acerca de la volatilidad de los activos financieros, así como el movimiento correlacionado de dos o más activos.

Una de las críticas al modelo es que no considera la volatilidad de una serie financiera suponiendo que la varianza es constante en el tiempo (homocedasticidad), por el contrario es muy frecuente la heterocidad, es decir, la varianza tiene cambios sistemáticos en el tiempo.

Capítulo 3 METODOLOGÍA

3.1 Manejo de Data.

La data utilizada en el estudio consiste en los precios de cierre diarios ajustados de 82 acciones pertenecientes al mercado accionario chileno desde el 01 de noviembre de 2012 hasta el 31 de octubre de 2016.

Se selecciona el periodo de tiempo de 4 años debido a que se requiere una visión global del mercado actual del mercado accionario chileno. Un análisis de 5 años o más no entregaría una visión actual de la estructura del mercado, también entregaría información muy suavizada y con pocos impactos, estos últimos podrían causar cambios en la conformación del grafo, aportando cierto grado de información si se utilizara un horizonte de tiempo correcto. Si se realizará el grafo con un horizonte de tiempo de 1 a 2 años se analizarían hechos muy transitorios y los impactos parciales, como por ejemplo una crisis, generaría una desestructura en el grafo entregando información errónea para satisfacer el objetivo general de este trabajo. Por las razones expuestas anteriormente, un periodo ideal de análisis de datos es de 3 a 4 años, finalmente se decide tomar el mayor de ellos.

Toda la información de la data es obtenida en el sitio web de la bolsa de comercio de Santiago (Comercio, 2016) en formato Excel (.xlsx).

La data incluye toda acción perteneciente al mercado que tenga una missing data (data perdida o no transada) menor al 40%. Se determinó este porcentaje porque se consideró que si una acción no se transa al menos tres veces a la semana en promedio, no es importante para el mercado local, por ende, su inclusión no va a aportar información relevante para la visión global del mercado. Además, una acción que no tenga más del 60% de su data total a analizar, genera una excesiva manipulación de la misma, dando lugar a la opción de obtener conclusiones erróneas una vez finalizado el análisis.

Al tener una base de datos incompleta, se requiere encontrar la forma de manipular los datos para poder completarla. Entonces, para la obtención de la missing data, se aplicó el siguiente supuesto: *El precio de cierre de la acción en un día en que no fue transada es igual al precio de cierre del último día en que hubo transacción de la misma.* El supuesto se considera válido porque si una acción se tranzó en un día x , y el valor de la misma no sufrió

modificaciones al (los) día(s) siguiente(s), entonces es el mismo del último día en que sí se realizaron transacciones. Con lo anterior, se completa la base de datos para dar paso al análisis de la misma.

3.2 Matriz de correlación.

Una vez completa la base de datos, es necesario seleccionar una herramienta estadística que permita relacionar los datos de las acciones entre sí, las correlaciones satisfacen esta necesidad siendo, hoy en día, muy utilizadas en los mercados financieros, principalmente para estudiar los vínculos entre diferentes activos.

El coeficiente de correlación es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. Este coeficiente permite el análisis del portafolio de acciones en estudio, conformando una matriz $n \times n$ donde n es el número de acciones a utilizar. Además, cabe mencionar, que la matriz conformada es simétrica cuya diagonal tiene un valor de 1 y que el número de coeficientes de correlación en el portafolio es $n * (n-1) / 2$ (Mantenga, 1999), (Bonnano, 2000), (Caldarelli G., 2002).

El valor del índice de correlación varía en el intervalo $[-1,1]$:

- *Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.*
- *Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.*
- *Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.*
- *Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.*
- *Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.*

R.N. Mantenga en su metodología utiliza la correlación de Pearson buscando cuantificar el grado de similitud entre un par de acciones de la serie de tiempo a estudiar. Esta se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$\rho_{ij} = \frac{\langle Y_i Y_j \rangle - \langle Y_i \rangle \langle Y_j \rangle}{\sqrt{(\langle Y_i^2 \rangle - \langle Y_i \rangle^2)(\langle Y_j^2 \rangle - \langle Y_j \rangle^2)}} \quad (3.1)$$

Donde i y j son las acciones a relacionar e Y_i es el retorno de la acción utilizada, el cual se obtiene a través de la diferencia del logaritmo natural del precio de cierre actual con el del periodo anterior, expresado en la siguiente ecuación:

$$Y_i = \ln P_i(t) - \ln P_i(t - 1) \quad (3.2)$$

$P_i(t)$ es el precio de cierre de la acción i en el día t .

Con respecto al uso de los retornos logarítmicos, es necesario analizar las razones de porque se utilizan de esta manera, dado que perfectamente podrían usarse con su valor nominal. Existen dos principales razones para utilizar los retornos logarítmicos en el siguiente análisis, ellas son:

- ***Problemas entre la rentabilidad simple y la distribución normal.***

La metodología que está siendo presentada y muchos de los modelos de evaluación del riesgo se basan en la distribución normal de las series de datos. Pero el problema es que este tipo de distribución puede no ser adecuada para representar la rentabilidad simple. Para comprobar lo anterior se presentará un ejemplo. Antes de ello, es necesario conocer dos conceptos:

- *La rentabilidad simple: es la variación porcentual del precio en un periodo de tiempo determinado.*

$$R_s = (P_f - P_i)/P_i \quad (3.3)$$

- *La rentabilidad logarítmica o capitalización compuesta se calcula usando logaritmo natural de la siguiente manera:*

$$R_c = \ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right) \quad (3.4)$$

$$R_c = \ln(1 + R_s) \quad (3.5)$$

Ahora el ejemplo:

Se supone una inversión anual en una acción de bolsa, simple sin apalancamiento. Asumiendo que el retorno sigue una distribución normal con una media de 0.05 (5%) y una desviación típica de 0.5 (50%). Siendo reflejado en el siguiente gráfico:

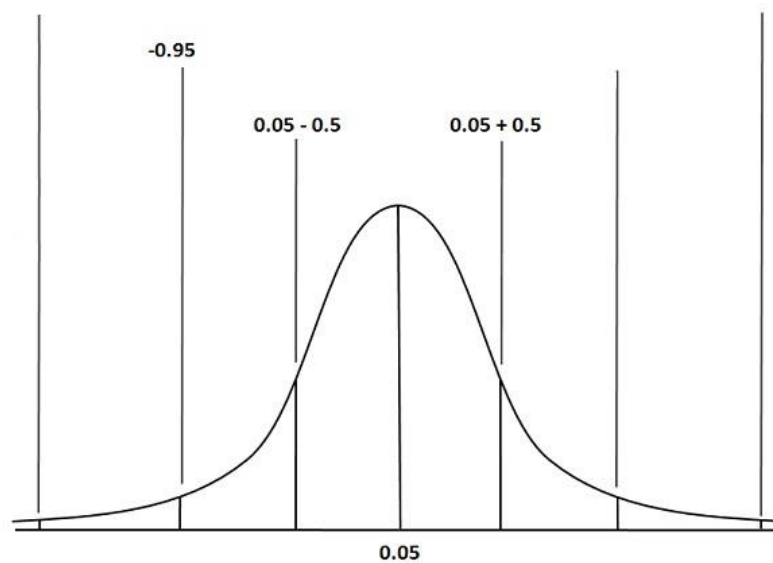


Figura 3.1: Ejemplo gráfico de distribución normal

Para el caso que la rentabilidad fuera igual a -1 desviación estándar se obtendría un resultado de -0.45, por lo que se perdería el 45% de la inversión.

Si sobre el mismo lado, ahora se estudia el resultado con -2 desviaciones, entonces se obtiene que $0.05 - (2 \cdot 0.5) = -0.95$, por ende, una pérdida del 95% del dinero.

Al analizar -3 desviaciones se encuentra que el resultado es $0.05 - (3 \cdot 0.5) = -1.45$, obteniéndose un resultado imposible, ya que, indica que se perdería más del 100% de la inversión.

El problema viene porque la distribución normal está definida para todos los valores reales, lo que comprende rentabilidades entre $-\infty$ y $+\infty$. Pero no se puede tener rentabilidades infinitas negativas, la mayor pérdida que en realidad se puede tener es el 100% de la inversión, no cumpliéndose para el caso de rentabilidades que tienden al $-\infty$.

¿Qué pasaría si se utilizara la rentabilidad logarítmica, en vez de los retornos simples?

Se toma el mismo ejemplo de antes, pero en este caso asumimos que la rentabilidad logarítmica sigue una distribución normal (se continua con una media de 0.05 y una desviación estándar de 0.5).

Tomando directamente el caso particular de -3 desviaciones, se obtiene una rentabilidad compuesta de -1.45 ($0.05 - 3 \cdot 0.5$). Con ella, se procede a calcular la rentabilidad que buscamos, la cual se obtiene despejando el retorno simple de la fórmula 3.5.

$$R_s = e^{R_c} - 1 \quad (3.6)$$

La rentabilidad simple obtenida es -0.765, la cual es igual a una pérdida del 76.5% de la inversión.

Cabe destacar, que si se obtiene una rentabilidad logarítmica de $-\infty$, la rentabilidad será de -1, lo que implica matemáticamente una pérdida máxima del 100% de la inversión. (Recordar que $e^{-\infty} = 0$)

La rentabilidad logarítmica puede ser menor a -1, ya que puede ser definida para cualquier valor entre $-\infty$ y $+\infty$, a diferencia de la rentabilidad simple. Esta es la primera razón de porque se utilizarán los retornos logarítmicos para calcular probabilidades basadas en la distribución normal.

- ***Permite sumar rentabilidades en el tiempo.***

Cuando se trabaja con rentabilidades simples, la relación entre los periodos es por multiplicación. Por ejemplo, en una inversión anual la rentabilidad es la media geométrica de las rentabilidades mensuales.

El problema viene por esta relación de multiplicación, ya que el producto de variables normalmente distribuidas no es una variable normal. En cambio, la suma de las variables distribuidas normalmente si es normal. Por lo que es mejor utilizar la suma de rentabilidades que la multiplicación.

Con la rentabilidad logarítmica sí se puede sumar la rentabilidad de los distintos periodos para obtener la rentabilidad total. Por lo que la rentabilidad compuesta de n periodos, no es más que la diferencia entre $\ln(P_f) - \ln(P_i)$. Siendo la segunda razón para la decisión de la utilización de retornos logarítmicos.

3.3 Métrica Eucladiana y matriz de distancia.

Una vez obtenida la matriz de correlación $n \times n$, es necesario definir una métrica Euclidean que entregue una distancia relativa entre las acciones del portafolio con el fin de encontrar una taxonomía (clasificación) de las acciones del mercado en estudio. Para llevar este propósito a cabo, no es posible utilizar el coeficiente de correlación, debido a que no cumple con los tres axiomas de la métrica Euclidean, definidos a continuación (Mantenga, 1999).

$$(i) d(i, j) = 0 \leftrightarrow i = j$$

$$(ii) d(i, j) = d(j, i)$$

$$(iii) d(i, j) \leq d(i, k) + d(k, j)$$

- *El axioma (i) no se cumple debido a que por definición del concepto de correlación, la diagonal de la matriz tiene valor 1 (completamente correlacionados), es por ello, que la correlación de una acción consigo misma es igual a 1 y no 0 como lo demanda el axioma.*

- El axioma (ii) se cumple, ya que, la matriz de correlación conceptualmente hablando se define como simétrica.
- El axioma (iii) de la desigualdad triangular no se cumple para todos los casos, debido a que, los valores negativos (anti-correlacionados) provocan una desigualdad en casos particulares.

Debido a lo anterior se requiere obtener una función que entregue las distancias relativas entre las acción y que satisfaga los tres axiomas de la métrica Euclideana.

Para lo anterior, se denotó como Y_i el vector de los retornos logarítmicos definidos en la ecuación 3.2. Para el propósito de definir una métrica se requiere el vector unitario o normalizado del mismo, el cual lo entrega la siguiente ecuación:

$$\tilde{Y}_i = \frac{Y_i - \langle Y_i \rangle}{\sqrt{\langle Y_i^2 \rangle - \langle Y_i \rangle^2}} \quad (3.7)$$

Para definir la distancia Euclideana entre dos vectores de acciones, fue necesario agregar una componente k en un espacio T para cada uno (Gower, 1966). Con ello, se utiliza la clásica ecuación para calcular distancias entre vectores:

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^T (\tilde{Y}_{ik} - \tilde{Y}_{jk})^2 \quad (3.8)$$

Para reducir la expresión anterior, se utilizó una propiedad de la longitud de los vectores unitarios, la cual es:

$$\sum_{k=1}^T \tilde{Y}_{ik}^2 = 1 \quad (3.9)$$

Entonces:

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^T (\widetilde{Y}_{ik}^2 + \widetilde{Y}_{jk}^2 - 2\widetilde{Y}_{ik}\widetilde{Y}_{jk}) = 2 - 2 \sum \widetilde{Y}_{ik}\widetilde{Y}_{jk} \quad (3.10)$$

La sumatoria de la derecha, $\sum \widetilde{Y}_{ik}\widetilde{Y}_{jk}$ coincide con la definición de ρ_{ij} expuesta anteriormente en la ecuación 3.1. Esto permite compactar la expresión para las distancias entre dos acciones i y j , para finalmente obtener la función que permitirá encontrar la distancia relativa entre los dos activos a analizar utilizando las correlaciones de los mismos.

$$d(i, j) = \sqrt{2(1 - \rho_{ij})} \quad (3.11)$$

Esta función conformará la matriz $N \times N$ de distancias $\mathbf{D}$, la cual permitirá la aplicación de la técnica de filtración del árbol de mínima expansión de la teoría de grafos.

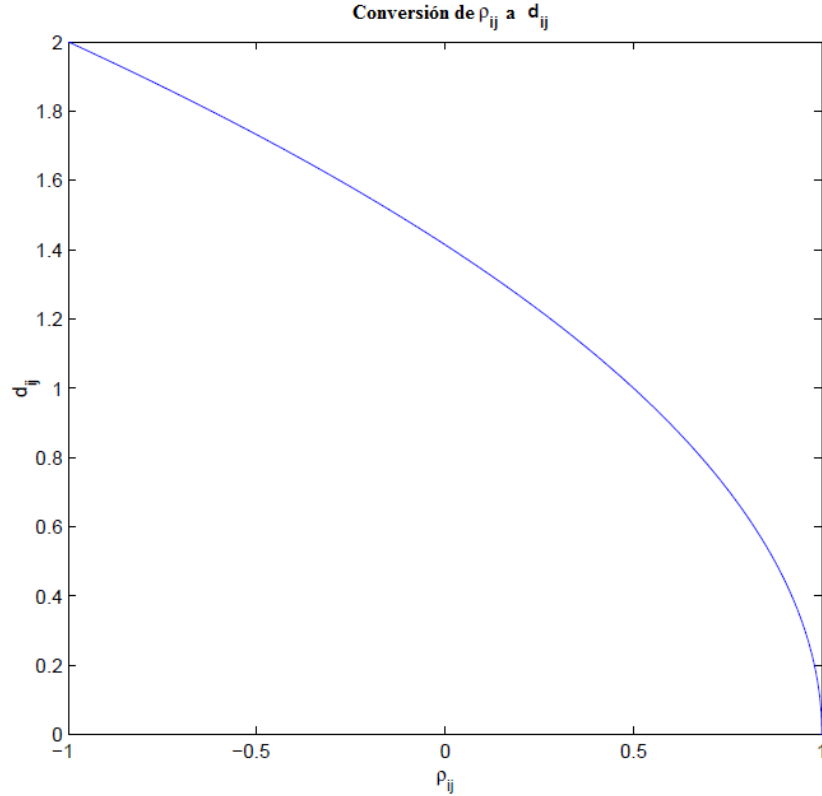


Figura 3.2: Relación entre el coeficiente de correlación y la distancia métrica según la función de distancias.

Se observa en la figura que los coeficientes de correlación fluctúan entre -1, 0 y +1 y los valores de la distancia métrica se encuentran en 2, $\sqrt{2}$ y 0 respectivamente.

Instintivamente, esta relación cuantitativa entre la correlación y la distancia hace mucho sentido. Debido a que, por un lado tenemos las acciones completamente anti-correlacionadas con un valor de -1, ubicándose bastante lejos entre sí en la construcción de un futuro portafolio. Por otro lado, acciones cuya correlación es máxima +1, se ubican a una distancia menor en el portafolio a confeccionar.

Con respecto a la función de distancias, ésta cumple con los tres axiomas de la métrica Euclideana.

- *El primer axioma es válido porque para todo $\rho_{ij} = 1, d(i, j) = 0 \leftrightarrow i = j$.*
- *El segundo axioma se cumple dado que por concepto es una matriz simétrica.*
- *El tercer axioma es válido porque la ecuación 3.11 es obtenida a partir de la distancia Euclideana entre dos vectores $\tilde{Y}_i$ e $\tilde{Y}_j$ desarrollado anteriormente. Análisis que conceptualmente satisface el en su plenitud la desigualdad triangular.*

3.4 Selección y aplicación del algoritmo de minimización.

Una vez obtenida la matriz de **D**, gracias a la función de distancias obtenida en el capítulo anterior, hay que seleccionar que algoritmo, de la teoría de grafos, se utilizará para encontrar el árbol de mínima expansión (minimum spanning tree, MST). Para ello, existen dos metodologías que se podrían utilizar, las cuales son:

- *Algoritmo de Prim.*
- *Algoritmo de Kruskal.*

Ambos algoritmos de minimización son muy similares entre sí, ellos son capaces de encontrar un grafo de mínima expansión de manera óptima, ya que, en muchas ocasiones entregarán como resultado final el mismo MST. La principal diferencia entre ambos es que el algoritmo de Prim tiene como punto de partida un nodo aleatorio, en cambio, el de Kruskal comienza con la mínima distancia (mínima arista) que haya en el grafo a analizar. Esta diferencia permite al algoritmo de Prim formar un grafo conectado en cada etapa de la

ejecución del mismo, en cambio, el algoritmo de Kruskal genera muchos sub-grafos corriendo el riesgo en que al detenerse antes de tiempo, se obtenga un grupo de grafos y no un grafo conexo que es el que se busca. En segundo lugar, existen diferencias en los tiempos de ejecución de los algoritmos, la notación big-O, que es la representación relativa de la complejidad de un algoritmo, indica que el algoritmo de Kruskal es mejor si el grafo no es denso, caso contrario para el algoritmo de Prim, el cual es más rápido para algoritmos más densos (Fontenla, 2014).

La selección del algoritmo a utilizar se basa en las dos razones presentadas anteriormente, en primer lugar sirve mucho más, para el caso particular a trabajar, un grafo que sea conexo desde el comienzo y no tenga riesgo de cortarse generando sub-grafos y en, segundo lugar, al trabajar con un gran número de nodos el algoritmo de Prim es más rápido que el de Kruskal, por ambas razones, se decidió utilizar el algoritmo de Prim.

Es momento de aplicar el algoritmo seleccionado a la matriz de distancias **D** con el objetivo de encontrar la mínima distancia que tenga cada elemento con su similar, recordar que esta mínima distancia representa la conexión más relevante que tiene cada elemento del conjunto, esta mínima distancia obtenida por cada nodo se denominará distancia ultra métrica (d^*) y todos en su conjunto conformaran la matriz de distancias ultra métricas **D***.

A partir de esta nueva matriz obtenida **D***, se podrá confeccionar finalmente el árbol de expansión mínima (MST). Este método enlaza a un conjunto de n nodos en un grafo conexo, sin ciclos, no dirigido y ponderado, obteniéndose un total de $n - 1$ aristas.

El grafo a obtener representará el esqueleto de las relaciones más fuertes existentes entre los diversos participantes del mercado y entregará una clasificación financiera de los elementos investigados los cuales son definidos de manera única y sin ninguna suposición adicional.

3.5 Características del mapa

Para la mejor visualización del mapa es necesario comprender que representa cada símbolo del grafo, y además, agregar algunas características que entreguen información relevante para el observador.

- *Cada nodo representa una acción seleccionada del mercado accionario chileno.*

- *El tamaño de cada nodo, representa la capitalización bursátil que tiene esa acción con respecto al mercado chileno. La capitalización bursátil es el valor total de todas las acciones de una empresa que cotiza en bolsa. Los datos fueron obtenidos en la página web de la bolsa electrónica de Chile. (Chile, Bolsa Electrónica de Chile, 2016)*
- *Cada arista representa la relación más fuerte que posee la acción i con la acción j.*
- *El grosor de la arista indica el nivel de la fortaleza de la relación entre ambas acciones en relación al mercado chileno. La relación entre las acciones es la más fuerte entre ellas, pero eso no significa que sea muy relevante en el mercado, por ello, es necesario detectar cuales relaciones generaban un gran impacto en el mercado nacional o cuáles no. Para su desarrollo, simplemente se arman tres grupos, por ende tres tipos de grosores de las aristas, separados entre sí por una división de manera lineal entre la acción que tenía la menor y la mayor distancia.*

3.6 Software de Redes.

3.6.1 Selección software de redes.

Hoy en día, el análisis y visualización de grandes redes ha crecido en comparación a años anteriores, aumentando considerablemente la demanda de estos últimos por parte de diversos profesionales.

Existe una gran cantidad de softwares y herramientas para el análisis y visualización de redes, entre los más destacados encontramos:

- *Centrifuge*
- *EgoNet*
- *Gephi*
- *Graph-tool*
- *InFlow*
- *NetDraw*
- *NetMiner*
- *NodeXL*
- *Pajek*

Para el desarrollo del grafo se seleccionó el software llamado Pajek, proveniente de Eslovenia, Pajek en español significa *araña*. Se elige este programa en primer lugar porque es gratis, un tema no menor, ya que la mayoría de los otros softwares tienen un valor bastante elevado. Otro tema relevante es que Pajek es un programa para el análisis y visualización de grandes redes que pueden llegar a tener miles de vértices. Además, la simpleza en su utilización fue otro punto importante, porque tiene un manual bastante corto, en el cual, explica todas los procedimientos que tiene el software para la realización de las redes los cuales son bastantes rápidos de aprender. Y, finalmente, Pajek posee una funcionalidad bastante avanzada, cubriendo todos los requerimientos para la confección del grafo del mercado accionario chileno (Batagelj, 2011).

Según sus creadores, la principal motivación para el desarrollo de Pajek fue la observación de que existen varias fuentes de grandes redes que no pueden desarrollar todo su potencial, debido a que no tienen una herramienta de apoyo que satisfaga sus requerimientos. Por lo anterior, los principales objetivos en el diseño de Pajek son los siguientes:

- *Apoyar la abstracción en la descomposición de una gran red en varias redes más pequeñas que se pueden tratar adicionalmente usando métodos más sofisticados.*
- *Proporcionar al usuario algunas herramientas de visualización de gran alcance.*
- *Poner en práctica una selección de algoritmos eficientes para efectuar diversos análisis.*

3.6.2 Confección del grafo en Pajek.

Una vez definida la matriz D^* , se comienza a confeccionar el grafo del mercado accionario chileno. En primer lugar, hay que diseñar un código en un archivo .txt, el cual es bastante sencillo. Este código consta de dos partes:

- *Primera parte: se comienza utilizando el comando *Vertice x donde x representa el número total de vértices o nodos utilizados en el grafo. A continuación, se asocia cada nodo, vértice o acción a un número de la siguiente manera: 1 “y” donde y representa el nombre de la acción a asociar.*

- Segunda parte: el comando principal es **edges* y, luego, se asocian los nodos entre sí, simplemente anotando sus números separados por un espacio. A continuación se presenta un ejemplo para su comprensión.

```
*Vertice 5
1 "Entel"
2 "Falabella"
3 "Iansa"
4 "Lan"
5 "Quiñenco"
*edges
1 2
1 3
1 4
4 5
```

Figura 3.3: Ejemplo código en Pajek

Recordar que hay $n - 1$ enlaces y que el algoritmo de minimización es el de Prim, el cual requiere elegir un nodo al azar para comenzar con la construcción del árbol, este nodo por lo general es el número 1.

Una vez desarrollado el código, se comienza a trabajar en el programa.

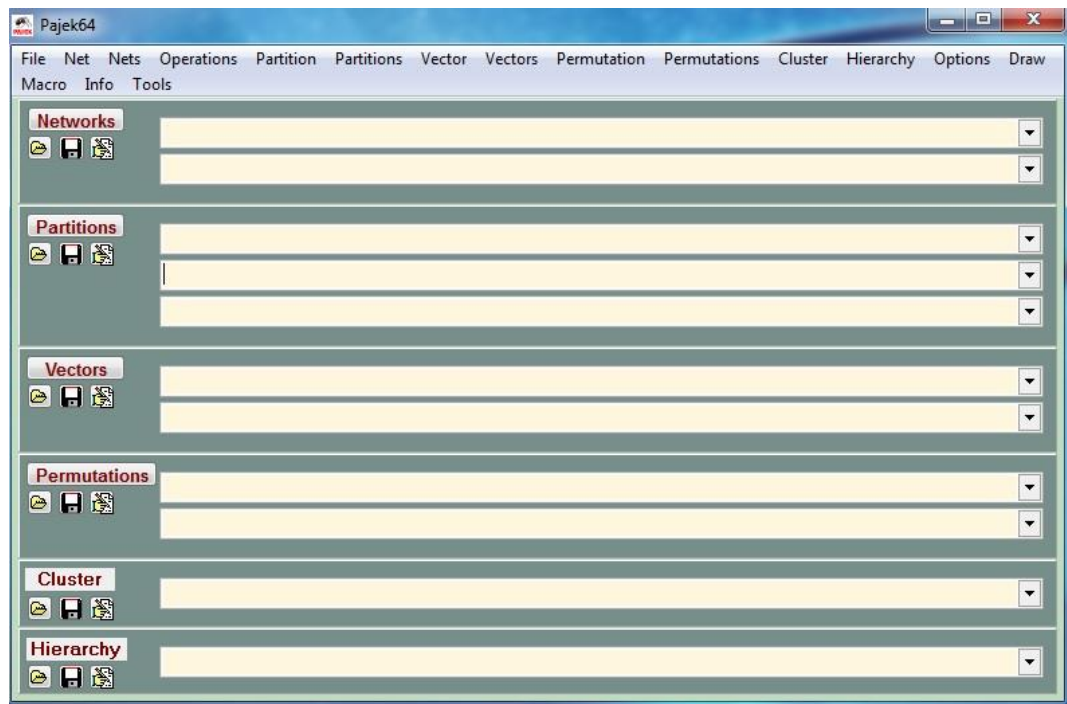


Figura 3.4: Página de inicio programa Pajek.

En la pestaña Networks se abre el código en formato .txt. Después, se crea una partición constante, la cual permite modificar los colores de los nodos del grafo, mediante el ingreso del respectivo número del color deseado al momento de editar la partición. Los números respectivos a cada color se encuentran en el manual de Pajek (Batagelj, 2011).

Al tener los dos archivos abiertos en las pestañas de Networks y Partitions, se procede a dibujar el grafo, para ello, en la pestaña Draw se presiona Draw-Partition o Ctrl+P directamente, con ello, se obtiene el grafo en primera instancia. El grafo generado será en forma de círculo y todas las aristas superpuestas, para solucionar aquello, hay que ir a la pestaña Layout / Energy / Kamada – Kawai / Free, para finalmente exportarlo en el formato que se desee según las opciones que entregue el programa Pajek.

3.7 Clasificación de Industrias

Existen muchas maneras hoy por hoy de clasificar todas las industrias de un mercado, pero es necesario utilizar algún índice estandarizado que permita tener un mayor grado de objetividad en dicha clasificación. Por aquella razón, se requiere seleccionar un índice de clasificación de industrias que se adapte de la mejor manera posible al mercado chileno, para ello, es necesario conocer algunos de los principales índices mundiales, entre los que encontramos:

- *International Standar Industrial Classification (ISIC): índice utilizado por las Naciones Unidas para clasificar todas las actividades económicas.*
- *North American Industry Classification System (NAICS): índice utilizado principalmente por Estados Unidos, Canadá y México.*
- *Statistical Classification of Economic Activities in the European Community (NACE): índice de clasificación de industrias para la comunidad europea.*
- *Estándar Industrial Classification (SIC): índice utilizado en Estados Unidos, fue sustituido por el NAICS en el año 1987.*
- *Global Industry Classification Standard (GICS): índice utilizado en Estados Unidos, principalmente por Standard & Poor's.*

Para la selección de que índice de clasificación de industrias se utilizará, se basó en clasificaciones previas realizadas por dos entidades diferentes, en el cual, ambas entidades

analizaban las acciones del mercado chileno utilizando la clasificación GICS. La primera entidad fue la bolsa electrónica de Chile (Chile, Índice accionario Chile 65 y subíndices, 2008) y la segunda fue RobecoSAM la cual es una empresa especialista en inversiones centrada exclusivamente en la sostenibilidad en el tiempo de las mismas (RobecoSAM, 2015).

Como conclusión el índice GICS se utilizará como método de clasificación de industrias del mercado accionario chileno.

3.8 Conceptos para caracterizar los árboles dinámicos.

3.8.1 Introducir el nodo central.

Gracias al reordenamiento otorgado por Pajek mediante el algoritmo Kamada-Kawai, se puede obtener una visión más clara del grafo para tomar la decisión de cuál será el nodo central del grafo.

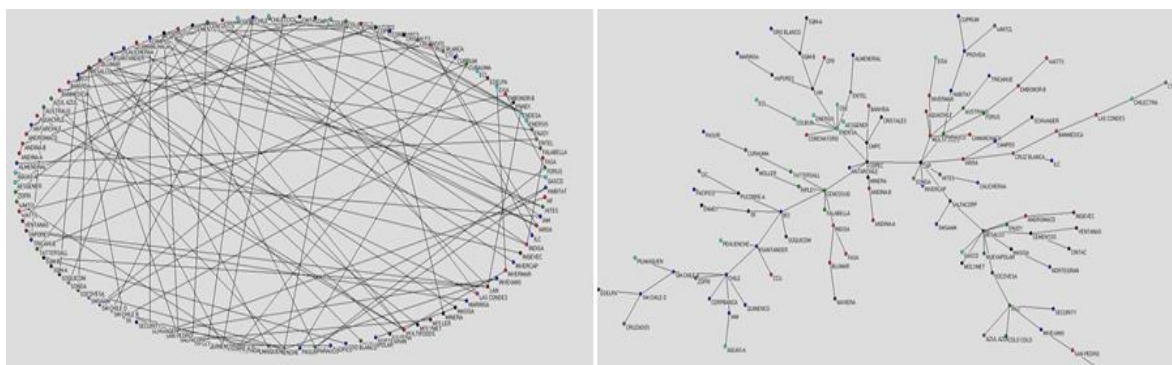


Figura 3.5: Diferencia visual entre un grafo recién constituido y otro grafo que se le aplicó el algoritmo Kamada-Kawai, entregado por el software Pajek.

Con esta nueva visión, se obtiene un número muy reducido de nodos que pueden convertirse en el nodo central del grafo. El siguiente criterio de selección es aquel nodo que abra un mayor número de ramas relevantes (mayor grosor de la arista) y, que a su vez, las ramas abiertas tengan una mayor cantidad de conexiones.

La selección del nodo central del grafo puede ser un poco subjetiva, pero utilizando los dos criterios mencionados anteriormente, se puede obtener un nodo central de manera simple y muy efectiva.

3.8.2 Distancia normalizada.

Este concepto es utilizado para caracterizar cada árbol o rama, ya que, son bastantes dinámicos. Una interesante medida es la longitud total del árbol, la cual es calculada sumando todos los pesos (distancias) de todas las aristas. Sin embargo, para propósitos de comparar distintos árboles los cuales no posean la misma cantidad de nodos, se normaliza la distancia por el número total de aristas $n - 1$. Esto es lo mismo que la distancia promedio de las aristas de un árbol, pero el termino *distancia normalizada* del árbol, denotado $L(t)$ es preferido, ya que crea más fácilmente una asociación con el árbol, o el sistema en su conjunto, en lugar de con las aristas individuales del árbol. (Onela, 2002)

$$L(t) = \frac{1}{n - 1} \sum_{d_{ij} \in T^t} d_{ij} \quad (3.12)$$

El valor de t denota la evolución que ocurre sobre las distintas etapas de tiempo a analizar. El valor de T^t representa el grafo analizado en el periodo t . Cabe destacar, que todos los árboles realizados por esta metodología son dinámicos, varían mucho en el tiempo, es por eso que este concepto toma gran fuerza, ya que, permite analizar cómo evoluciona a través del tiempo un mercado, como impacta algún hecho mundial o nacional en él, como se estructura un mercado si el horizonte de tiempo a analizar es mayor al anterior, entre tantas otras opciones posibles a analizar.

Además de generar un análisis de los diversos árboles entre sí, esta distancia normalizada permite hacer análisis dentro del mismo árbol tomando un conjunto de ramas del mismo.

Al igual que la distancia Euclideana obtenida anteriormente el valor de L se encuentra entre 0 y 2. Si L posee un valor cercano a 0 significa que el árbol o la rama están fuertemente correlacionada. Para valores cercanos a $\sqrt{2}$ (1,41) no hay mucha correlación del árbol o la(s) rama(s) analizada(s). Un árbol fuertemente correlacionado indica que los cambios que tengan la mayoría de los activos, va a repercutir fuertemente en el mercado global, tanto de manera positiva, como negativa, ya que afectan directamente a la gran cantidad de los participantes de ese mercado. En cambio, un mercado no correlacionado permitirá a los inversionistas una

fácil confección de un portafolio diversificado, ya que si un activo se desploma, su capital no se va a ver mayormente afectado debido a que no repercutirá en la mayoría de los participantes de la misma manera.

3.8.3 Nivel de ocupación

El nivel de ocupación es el mayor número de aristas que tenga un nodo a lo largo del grafo siguiendo el camino que comienza en el nodo central, comienza el conteo del nivel 0, hasta llegar a los nodos extremos. Los nodos extremos son separados del nodo central por un número variado de aristas, lo que llevará a que los nodos extremos tendrán diversos valores de nivel de ocupación. Al nodo central se le asigna un valor de 0, al siguiente nodo un valor de 1, al siguiente 2 y así sucesivamente hasta llegar al nodo extremo de aquella rama. El nivel de ocupación es denotado por $lev(v_i)$. (Onela, 2002)

Este sistema de numeración permite determinar el nivel de importancia de cada nodo en el grafo, un nodo con un menor nivel de ocupación va a ser más relevante para el mercado que uno que posea un número mayor.

Un grafo cuyo mayor valor de nivel de ocupación de sus nodos extremos sea bajo implica que se encuentra en un mercado desestructurado, esto implica que los impactos en las acciones líderes del mercado van a afectar a la mayoría de la economía de esa nación, por ende, la correlación de los activos será elevada lo que podría provocar una crisis en el mercado local en el caso que las acciones líderes se vean afectadas por algunos hechos fortuitos. Por otro lado, cuando el nivel de ocupación del grafo es alto (nodo extremo) existe un mercado accionario estructurado, evento que se encuentra dentro de los parámetros normales en las economías mundiales hoy en día.

Capítulo 4 Presentación del Grafo

Al presentarse la metodología de trabajo en el capítulo anterior, en conjunto con la obtención de la data de las 82 acciones seleccionadas del mercado accionario chileno, da lugar a la confección del grafo.

Todo el análisis cuantitativo necesario para la generación del mapa se realizará mediante la herramienta Excel, para luego dar paso al diseño del grafo con el software de redes seleccionado. En primer lugar, es necesario obtener la matriz de correlaciones, la cual se obtiene fácilmente con las herramientas del programa, luego se diseña la matriz de distancias **D** de 82 x 82, solo se requiere transformar la matriz de correlaciones con la respectiva fórmula 3.11, expuesta en el capítulo anterior. Para realizar la búsqueda del árbol de expansión mínima, mediante el algoritmo de Prim, se utiliza una macros, que realiza la búsqueda requerida y, con ello, se obtiene la matriz de distancias ultra métricas **D*** necesaria para la confección del grafo.

Tabla 4.1: Acciones del mercado chileno con su respectivo número, que representa el código que utilizaran en los posteriores análisis. Las acciones con cuadro amarillo pertenecen al IPSA.

Acciones		Acciones		Acciones		Acciones	
1	AESGENER	21	CGE	42	HF	63	PAZ
2	AGUAS-A	22	CHILE	43	HITES	64	PEHUENCHE
3	ALMENDRAL	23	CMPC	44	IAM	65	PROVIDA
4	ANDINA-A	24	COLBUN	45	IANSA	66	QUINENCO
5	ANDINA-B	25	COLO COLO	46	ILC	67	RIPLEY
6	ANTARCHILE	26	CONCHATORO	47	INDISA	68	SALFACORP
7	AQUACHILE	27	COPEC	48	INVERCAP	69	SCHWAGER
8	AUSTRALIS	28	CRISTALES	49	INVERMAR	70	SECURITY
9	AZUL AZUL	29	CRUZADOS	50	INVEXANS	71	SK
10	BANMEDICA	30	CTC-A	51	ITAUCORP	72	SM-CHILE B
11	BANVIDA	31	ECL	52	LAN	73	SM-CHILE D
12	BCI	32	EISA	53	LAS CONDES	74	SMSAAM
13	BESALCO	33	EMBNOR-B	54	MARINSA	75	SOCOVESA
14	BSANTANDER	34	ENELCHILE	55	MASISA	76	SONDA
15	CAMANCHACA	35	ENERSIS-AM	56	MINERA	77	SOQUICOM
16	CAMPOS	36	ENJOY	57	MOLYMET	78	SQM-B
17	CAP	37	ENTEL	58	MULTIFOODS	79	VAPORES
18	CCU	38	FALABELLA	59	NORTEGRAN	80	VSPT
19	CEMENTOS	39	FORUS	60	NUEVAPOLAR	81	WATTS
20	CENCOSUD	40	GASCO	61	ORO BLANCO	82	ZOFRI
		41	HABITAT	62	PARAUCO		

Tabla 4.2: Matriz de distancias ultra métricas D*, obtenida a partir del análisis de la matriz de distancias mediante el algoritmo de Prim.

Conexión		Distancia		Conexión		Distancia		Conexión		Distancia		Conexión		Distancia	
22	2	1,24		14	22	1,02		70	42	1,34		27	62	1,21	
37	3	1,25		24	23	1,05		67	43	1,24		75	63	1,23	
5	4	1,21		1	24	1,10		2	44	1,11		51	64	1,35	
18	5	1,20		63	25	1,35		7	45	1,29		82	65	1,33	
27	6	1,02		38	26	1,19		71	46	1,25		22	66	1,27	
58	7	1,16		23	27	0,95		59	47	1,34		20	67	1,21	
15	8	1,23		77	28	1,36		17	48	0,99		23	68	1,22	
24	9	1,36		52	29	1,36		58	49	1,28		9	69	1,36	
46	10	1,31		48	30	1,33		38	50	1,34		17	70	1,31	
52	11	1,33		24	31	1,17		22	51	1,14		6	71	1,23	
27	12	1,07		36	32	1,34		27	52	1,09		22	72	1,13	
68	13	1,20		68	33	1,25		14	53	1,33		72	73	1,32	
27	14	1,00		27	34	1,20		26	54	1,35		68	74	1,24	
58	15	1,22		27	35	1,09		68	55	1,28		68	75	1,23	
45	16	1,06		58	36	1,27		51	56	1,36		27	76	1,16	
52	17	1,19		23	37	1,15		13	57	1,35		78	77	1,32	
14	18	1,14		27	38	1,05		13	58	1,28		52	78	1,19	
55	19	1,33		68	39	1,26		61	59	1,26		27	79	1,20	
38	20	1,08		21	40	1,31		67	60	1,30		65	80	1,34	
20	21	1,34		46	41	1,25		78	61	1,24		31	81	1,36	
												27	82	1,33	

Ahora es el momento de utilizar el software de redes, Pajek, que va a permitir el diseño del grafo del mercado accionario chileno con el árbol de expansión mínima obtenido anteriormente, numéricamente hablando. Para ello, es necesario desarrollar un código bastante simple para la presentación de los datos al programa. Este código se presenta en Anexos B.

Antes de ingresar el código al programa, es necesario clasificar las acciones mediante la GICS. Dicha clasificación se realiza y se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4.3: GICS (Global Industry Classification Standard) del Mercado accionario chileno.

Consumo Básico	Consumo Discrecional	Energía y Utilidades	Financiero	Industrial	Materiales	Salud	Telec. y tecnológica
Andina-A	Azul Azul	Aesgener	Almendral	Besalco	CAP	Banmédica	CTC-A
Andina-B	Cencosud	Aguas-A	Antarchile	LAN	Cementos	Banvida	Entel
Aquachile	Colo Colo	CGE	BCI	Paz	CMPC	Indisa	Sonda
Australis	Cruzados	Colbun	BSantander	Salfacorp	Cristales	Las Condes	
Camanchaca	Enjoy	Copec	Campos	Socovesa	Masisa		
CCU	Falabella	ECL	Chile	Vapores	Minera		
Conchatoro	Forus	EISA	Habitat		Molymet		
Embonor-B	Hites	EnElChile	IAM		Schwager		
HF	NuevaPolar	Enersis-AM	ILC		SK		
Iansa	Parauco	Gasco	Invercap		Soquicom		
Invermar	Ripley	Pehuenche	Invexans		SQM-B		
Multifoods	Zofri		ItauCorp				
VSPT			Marinsa				
Watts			Nortegran				
			Oro Blanco				
			Provida				
			Quinenco				
			Security				
			SM-Chile B				
			SM-Chile D				
			SMSAAM				

Con el código desarrollado y la clasificación GICS realizada se trabaja con el programa Pajek, como se explicó en la metodología para conformar el grafo que se desea, tanto con el código, como con la asignación de los colores deseados a los nodos, para finalmente confeccionar el Mapa de la Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno. Recibe el nombre de “mapa” para entregarle un sentido más comercial al grafo y “estructura jerárquica” debido a que se busca obtener una clasificación de las acciones del mercado según si nivel de importancia que tengan en el mismo.

Mapa Estructura Jerárquica MERCADO ACCIONARIO CHILENO

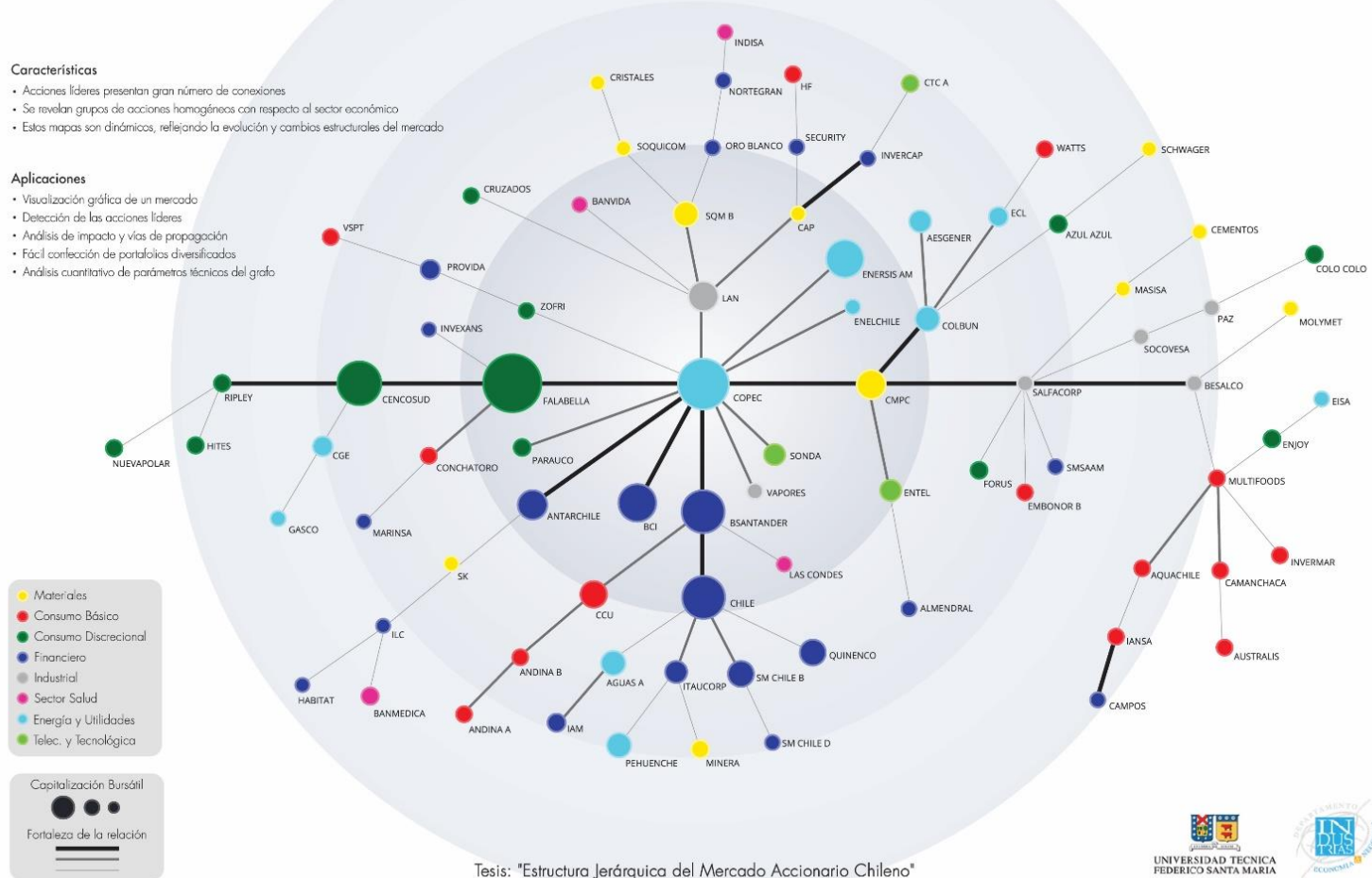
Este mapa, de fácil visualización, es un árbol o grafo conectado que representa el esqueleto de las relaciones más fuertes existentes entre los participantes del mercado. A partir de **sólo la información de precios** históricos y mediante el empleo de técnicas matemáticas de filtración, se revela una estructura organizada que contiene valiosa información económica.

Características

- Acciones líderes presentan gran número de conexiones
- Se revelan grupos de acciones homogéneas con respecto al sector económico
- Estos mapas son dinámicos, reflejando la evolución y cambios estructurales del mercado

Aplicaciones

- Visualización gráfica de un mercado
- Detección de las acciones líderes
- Análisis de impacto y vías de propagación
- Fácil confección de portafolios diversificados
- Análisis cuantitativo de parámetros técnicos del grafo



Capítulo 5 Análisis del Grafo

5.1 Visión Global

En primer lugar para realizar el análisis del grafo, se efectúa una visión global del mismo de manera cualitativa con el propósito de apreciar todos aquellos aspectos que parezcan relevantes en el mapa del mercado accionario chileno obtenido.

Se aprecia un claro nodo central en la economía nacional, éste es Copec, de él se desprenden muchas ramas de varios sectores industriales. Como rama principal del mercado de Chile, se encuentra la que pasa por Falabella, Copec, CMPC y SalfaCorp, en ella se encuentran inmersos los principales sectores de la economía del país los cuales son: el sector retail, energético, materiales y construcción. Levemente desviado, pero asociado a Copec, se encuentra el sector financiero.

A la izquierda de Copec, se encuentra la rama de color verde que representa al retail nacional, comandado por Falabella y seguidos por Cencosud, Ripley, Hites y Nueva Polar, también de manera cercana se encuentra Zofri y Parauco. Es bastante racional que el sector retail se asocie a la industria energética, debido a que ellos dependen del consumo del país y el consumo de la energía es un claro indicador de la economía actual del mismo.

A la derecha del nodo central, se encuentra CMPC, están unidos entre sí, ya que, comparten el negocio de la celulosa y son líderes a nivel mundial del mismo. Luego, el sector de materiales se conecta con todo el sector de construcción e inmobiliarias del país, liderados por Salfacorp, ya que en este sector se requiere toda aquella producción del sector de materiales para llevar a cabo sus obras. Lo anterior queda reflejado también debido a que una sub-rama del sector de la construcción se encuentran todas aquellas empresas que realizan materiales destinados al área de la construcción como lo son Masisa, Cementos y un poco más alejado esta Molymet. Continuando en ese mismo cluster, aparecen todas las pesqueras comandadas por Multifood, siendo la construcción de sus plantas un factor crítico en el desarrollo de estas últimas. Un poco más atrás, en CMPC se abre otra rama relevante, la cual es el sector de las eléctricas, con una conexión muy fuerte entre CMPC y Colbún, la cual será estudiada posteriormente. Colbún lidera el sector de las eléctricas conectando a Aesgener y

ECL. Un poco más alejadas, pero conectadas a Copec, se encuentran EnElChile y Enersis-AM, para completar este sector.

Debajo de Copec, se encuentra la rama del sector financiero, liderada por BSantander, esta unión refleja que el sector financiero es muy sensible a la demanda que tenga el país, por medio de sus consumidores y no se beneficia tanto financiando proyectos de mayor envergadura, de los sectores de materiales e industriales por ejemplo. Continúa la rama el banco de Chile con sus respectivas sociedades de inversión e ItauCorp para terminar el sector bancario. Desde el BSantander nace una rama que relaciona a CCU con la Embotelladora Andina, ambos pertenecientes al mismo mercado y principales competidores entre sí, además puede influir en su conexión las diversas variaciones impositivas aplicadas por el gobierno en el mercado de los bebestibles.

Arriba del nodo central, aparece relacionado a Copec el sector industrial de transportes con Lan y Vapores, el transporte depende en gran medida de los costos en combustibles requeridos para ello, por lo que es muy normal su directa relación. Unidos a Lan se encuentran dos empresas del sector de materiales las cuales son CAP y SQM-B, lo cual indica, que el transporte de sus materias primas es muy relevante para ambas empresas. Posteriormente, SQM-B se conecta con sus sociedades de inversión y filial, caso similar al de CAP.

En resumen, el motor de la economía del país es el sector energético a través de Copec. A él se asocia el sector del retail que depende del consumo del país. Por otro lado, está unido CMPC debido a que comparten el mismo negocio, la celulosa. Continuando esa rama, aparece conectado al sector de materiales el área de la construcción (sector industrial), lo que es muy lógico, ya que son necesarios para el desarrollo de las obras. Una rama no menor es la del sector financiero, que aparece conectada a Copec, el cual depende más de la demanda del país que del financiamiento de grandes proyectos. El sector transporte asociado a Copec, claramente impactado por el combustible. Con respecto al sector del consumo básico, se aprecia que dependen exclusivamente de sus rubros particulares y de esa manera algunos quedan conectados, otros no debido a su poco protagonismo en la economía nacional, ubicándose en los extremos del grafo. Lo mismo ocurre con el sector salud, no es preponderante su participación en el grafo, ubicándose sus nodos en los extremos de este

último. Para finalizar el sector de las eléctricas (sector utilidades) queda relativamente conectado gracias a Colbun y Copec.

5.2 Aspectos Particulares

Además de obtener una visión global, es bueno también observar aspectos particulares del mapa.

En primer lugar, se aprecian a todas las empresas unidas a sus respectivas sociedades de inversión. Por ejemplo: Chile con Quiñenco y SM-Chile B, Aguas-A – IAM, Entel – Almendral, Iansa – Campos, Copec – Antarchile, SQM-B – Oro Blanco y CAP – Invercap. Además, se conectan la mayoría de las matrices con sus filiales, como SQM-B – Soquicom, CGE – Gasco, ILC – Habitat, entre otra que puede no estar por falta de información. Notar que las últimas dos uniones no es trivial comprender que eran matrices y filiales respectivamente, para ello, se requirió información adicional encontrada en las siguientes referencias (ILC, 2016), (CGE, 2016). Estas conexiones reflejan la gran relación entre cada una de estas uniones, ya que, esa última es la más fuerte que tiene la acción en el mercado global.

Se detectan que algunas acciones se relacionan por grupos económicos, las cuales son reflejadas en la siguiente tabla.

Tabla 5.1: Acciones conectadas con sus respectivos grupos económicos.

Sector Económico	Acciones
Angelini	AntarChile
	Copec
Matte	CMPC
	Entel
	Almendral
	Colbún
Hurtado Vicuña	Entel
	Almendral
Luksic	Chile
	Quiñenco
	CCU
Ponce Lerou	SQM-B
	Soquicom
	Oro Blanco
	Norte Grande
CGE	Gasco
	CGE
CAP	CAP
	Invercap
Fernández León	Entel
	Almendral
Agbar	Aguas-A
	IAM

La mayoría de los grupos económicos se conecta a través de acciones relacionadas entre ellas, como matrices, filiales o sociedades de inversión. Pero el caso que llama profundamente la atención es el que presenta el grupo Matte, debido a que conecta a tres empresas de diversos sectores de la economía, las cuales son: Colbún, CMPC y Entel (Almendral no se considera, ya que, es la sociedad de inversión de Entel). Se realizó una búsqueda de información para encontrar la conexión entre estas empresas y se encontró la noticia de que en el año 2014 Bernardo Matte abandona Colbún para trabajar en CMPC y Entel (Matte, 2016). Es impresionante apreciar, como una noticia de carácter cualitativo, se puede llegar a cuantificar y expresar como una conexión en el grafo desarrollado, lo que le entrega un mayor valor a la metodología desarrollada.

En la constante búsqueda de explicar la mayor cantidad de relaciones en el grafo, se obtiene que BSantander y CCU comparten el mismo director don Vittorio Corbo (Santander, 2016), razón que explicaría en gran medida su conexión.

Los equipos de fútbol se encuentran en la periferia del mapa debido a que dependen de sus resultados particulares y no del mercado en sí, quedando sin protagonismo en él.

5.3 Análisis Cuantitativo

Después de un análisis cualitativo, es momento de utilizar los conceptos requeridos para caracterizar los árboles dinámicos, estos son: Introducir en nodo central, distancia normalizada y nivel de ocupación.

5.3.1 Introducir el nodo central

Visualmente hablando, queda bastante claro que el nodo central del mapa de la estructura del mercado accionario chileno es Copec. No es necesario realizar un gran análisis para darse cuenta que Copec es el nodo que abre un mayor número de ramas relevantes y que éstas, a su vez, tienen un gran número de conexiones. Un análisis visual, para este caso, es suficiente para concluir con el nodo central de la economía nacional es Copec.

5.3.2 Distancia normalizada

Otro punto relevante en el análisis cuantitativo del grafo es medir la distancia normalizada del mismo, de los sectores industriales, grupos económicos y de alguna rama que aparezca relevante.

Para este grafo se midió la distancia normalizada total y la de las acciones pertenecientes al IPSA. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 5.2: Distancia normalizada del grafo completo y de las acciones pertenecientes al IPSA.

	Distancia Normalizada
Grafo Completo	1,23
Acciones IPSA	1,17

Como punto de comparación la distancia mínima del grafo fue de 0,95 y es la conexión más fuerte del grafo entre Copec y CMC, en cambio, la conexión más débil del mismo fue entre Minera e ItauCorp con 1,36. Conociendo el rango en que se mueven las distancias ultra métricas, se puede concluir que la distancia normalizada del grafo es cercana al valor donde no hay correlación, $1,41 (\sqrt{2})$, lo que implica que estamos en presencia a una

economía estructurada y robusta, ya que, sus niveles de correlación son bastante bajos. Con respecto al resultado obtenido por las acciones del IPSA, era bastante predecible que la distancia iba a ser menor, debido a que sus acciones están mucho más relacionadas entre sí, que las del total del mercado.

A continuación se presenta una tabla con los valores de distancias normalizadas según clasificación económica GICS.

Tabla 5.3: Distancia normalizada de cada sector de la economía chilena.

GICS	Distancia Normalizada
Consumo Básico	1,26
Consumo Discrecional	1,25
Energía y Utilidades	1,24
Financiero	1,19
Industrial	1,20
Materiales	1,28
Salud	1,33
Telec. y tecnológica	1,21

Se aprecia en la tabla que el sector financiero es el más correlacionado de todos, esto se explica debido a que las empresas están muy asociadas a sus sociedades de inversión, las cuales forman parte de este sector, como la conexión entre ambas es muy fuerte, aumenta el grado de correlación del sector. Además, la rama del sector bancario está muy conectada entre sí, siendo un aporte para que el sector financiero se convierta en el que tenga las conexiones más fuertes de todo el mercado. Le sigue muy de cerca el sector industrial, conformado por una gran conexión, demostrada en el grafo, de todas las constructoras e inmobiliarias del mercado y, también, de manera muy cercana se encuentra las acciones de transporte conectadas a un nodo común, Copec. Caso opuesto, y mencionado anteriormente en la visión global, se encuentra el sector salud, el cual tiene la más alta distancia ultra métrica, por ende, su nivel de conexión es el más débil del mercado y por esa razón, sus participantes se encuentran en los extremos del grafo.

Como ramas relevantes de la economía nacional, según el grafo, hay cuatro. Las cuales son:

Tabla 5.4: Distancia normalizada versus ramas relevantes.

Ramas relevantes	Distancia Normalizada
Retail	1,21
Bancaria y financiera	1,20
Construcción	1,22
Pesqueras	1,22

La rama del retail es conformada por Falabella, Cencosud, Ripley, Hites y Nueva Polar. La del sector bancario y financiera lo componen BSantander, Chile, ItauCorp, Quiñenco, SM-Chile B y SM-Chile D. Las conexiones relativas al sector de la construcción son SalfaCorp, Besalco, Socovesa y Paz. Para finalizar, las del sector pesquero las componen Multifoods, Camanchaca, Australis, Invermar y Aquachile.

Según la tabla anterior, la rama del sector bancario es la que presenta una mayor fortaleza en las conexiones de sus miembros de todo el mercado. Aunque la diferencia con las otras tres ramas es mínima, lo que nos lleva a concluir que las cuatro ramas son prácticamente igual de relevantes para el mercado nacional, destacándose de sobremanera en el grafo obtenido.

Otro tema relevante es medir la distancia normalizada en las conexiones que pertenecen a los grupos económicos nacionales. Estas son presentadas a continuación:

Tabla 5.5: Distancia normalizada versus grupos económicos

Grupos Económicos	Distancia Normalizada
Angelini	1,02
Matte	1,15
Hurtado Vicuña	1,25
Luksic	1,27
Ponce Lerou	1,27
CGE	1,31
CAP	0,99
Fernández León	1,25
Agbar	1,11

Se aprecia que el grupo CAP y Angelini son los que presentan las conexiones más fuertes del mercado, pero esta conexión se lleva a cabo solamente entre la empresa y su respectiva sociedad de inversión, tema que se puede presumir con anterioridad. Mismo caso

se aplica a los grupos Hurtado Vicuña, Luksic, Fernández León y Agbar. Casos distintos para los grupos restantes Matte, Ponce Lerou y CGE que si es necesario analizar.

Se inicia con el grupo Matte, las conexiones analizadas se encuentran en la tabla xxx presentada anteriormente. El valor de la distancia normalizada de este grupo es de 1,15, un valor por debajo del promedio del grafo general y, también del valor de las conexiones del IPSA, por lo que se puede decir que es una conexión bastante fuerte en relación al mercado, se presume como causa probable de esta fuerte relación, la administración de las empresas por un personaje común, como fue descrito en el capítulo anterior.

El grupo económico de Ponce Lerou compacta su empresa SQM-B junto a su filial y sus sociedades de inversión. El valor de la distancia normalizada de sus rama es de 1,27, un valor por sobre el promedio del grafo en general, algo inesperado, ya que, se podría pensar que ese conjunto de acciones debería estar muy correlacionada entre sí.

Para terminar el grupo CGE el cual tiene una conexión de 1,31. También un valor alto, lo que indica, que a pesar de que CGE controle el 56% de Gasco, esto no garantiza que ambas empresas quedarán con una conexión extremadamente fuerte.

5.3.3 Nivel de ocupación

Medir el nivel de ocupación de las acciones, permitirá encontrar una estructura jerárquica del mercado chileno. Para ello, se presenta el grafo de una manera particular, para optimizar su visión.

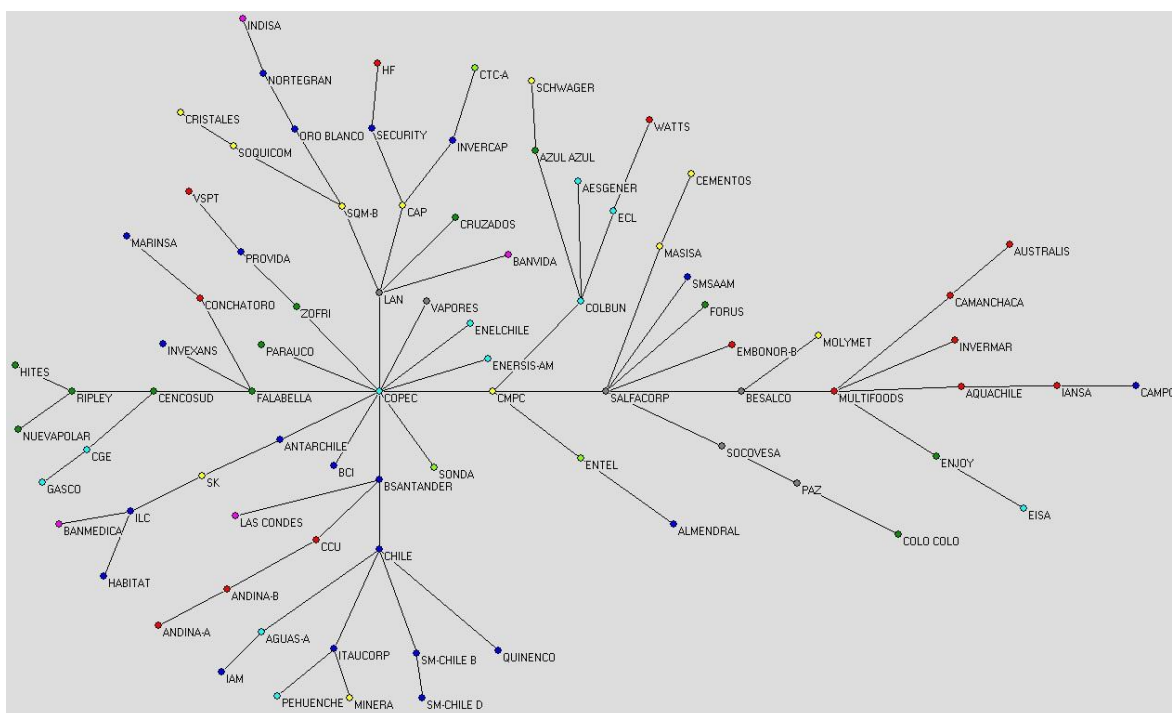


Figura 5.1: Grafo para facilitar la obtención de los niveles de ocupación.

En el grafo se aprecia claramente que el nodo más alejado del nodo central es Campos, el cual será denominado con el nivel 7. Lo siguen de manera continua las acciones de Australis, Iansa y EISA con el nivel 6. Se incorpora al nivel 5 la acción Indisa que viene de otra rama, ya que, tiene cinco aristas de distancia al nodo central, al igual que las respectivas acciones de la rama antiguamente utilizada. Y así, sucesivamente se van agregando las acciones a los diversos niveles de ocupación. La totalidad de las acciones y sus respectivos niveles son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 5.6: Niveles de ocupación de las acciones chilenas.

Nivel de Ocupación	Acciones	Nivel de Ocupación	Acciones	Nivel de Ocupación	Acciones	Nivel de Ocupación	Acciones	Nivel de Ocupación	Acciones
7	Campos	4	Nueva Polar	3	Ripley	2	Cencosud	1	Falabella
6	Australis		Hites		Marinsa		Invexans		Parauco
	Iansa		Cristales		VSPT		Conchatoro		Zofri
	EISA		Nortegran		Soquicom		Provida		LAN
5	Indisa		HF		Oro Blanco		SQM-B		Vapores
	Camanchaca		CTC-A		Security		CAP		EnElChile
	Invermar		Schawager		Invercap		Cruzados		Enersis-AM
	Aquachile		Watts		Azul Azul		Banvida		CMPC
	Enjoy		Cementos		Aesgener		Colbún		Sonda
	Colo Colo		Molymet		ECL		Salfacorp		BSantander
			Multifoods		Masisa		Entel		BCI
			Paz		SMSaam		Chile		Antarchile
			SM-Chile D		Forus		CCU	0	Copec
			Minera		Embonor-B		Las Condes		
			Pehuenche		Besalco		SK		
			IAM		Socovesa				
			Andina-A		Almendral				
			Habitat		Quiñenco				
			Banmedica		SM-Chile B				
			Gasco		ItauCorp				
					Aguas-A				
					Andina-B				
					ILC				
					CGE				

Como se señaló en el capítulo 3.8.3., a medida que una acción se ubica en un nivel de ocupación más bajo, ésta es más relevante para el mercado en estudio, además, las acciones que posean un mayor número de conexiones aumentará su nivel de importancia dentro de su respectivo grupo. Las acciones con un recuadro amarillo son las más relevantes de su nivel de ocupación, lo que permite generar una estructura jerárquica del mercado.

En primer lugar de relevancia del mercado chileno se encuentra Copec. En el siguiente nivel se encuentran las cuatro principales acciones de los sectores económicos más relevantes del país, estas acciones son: Falabella, LAN, CMPC y BSantander. Ya en un tercer nivel de importancia se observan a Cencosud, SQM-B, CAP, Colbún, Salfacorp y Chile apareciendo un nuevo sector económico, el de utilidades a través de Colbún. En el nivel de ocupación número cuatro aparece Ripley, Besalco, ItauCorp e ILC. Para finalizar con Multifoods en el quinto nivel de relevancia. Con lo anterior, se jerarquizan las acciones del mercado chileno y se encuentran cuales son más relevantes para el mismo.

Tabla 5.7: Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno

Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno	
Copec	1
BSantander	2
CMPC	
LAN	
Falabella	
CAP	3
Cencosud	
Chile	
Colbún	
Salfacorp	
SQM-B	
Besalco	4
ILC	
ItauCorp	
Ripley	
Multifoods	5

5.4 Evolución

La particularidad que poseen estos mapas es que son dinámicos, reflejan la evolución y cambios estructurales del mercado a medida que transcurre el tiempo. Por ello, se presentará un grafo con el mismo horizonte de tiempo, cuatro años, pero con data desde el 2010 hasta el 2014 para evaluar los cambios que ha tenido el mercado en el transcurso del tiempo.

Mapa Estructura Jerárquica MERCADO ACCIONARIO CHILENO

Este mapa, de fácil visualización, es un árbol o grafo conectado que representa el esqueleto de las relaciones más fuertes existentes entre los participantes del mercado. A partir de *sólo la información de precios históricos* y mediante el empleo de técnicas matemáticas de filtración, se revela una estructura organizada que contiene valiosa información económica.

Características

- Acciones líderes presentan gran número de conexiones
- Se revelan grupos de acciones homogéneas con respecto al sector económico
- Estos mapas son dinámicos, reflejando la evolución y cambios estructurales del mercado

Aplicaciones

- Visualización gráfica de un mercado
- Detección de las acciones líderes
- Análisis de impacto y vías de propagación
- Fácil confección de portafolios diversificados
- Análisis cuantitativo de parámetros técnicos del grafo

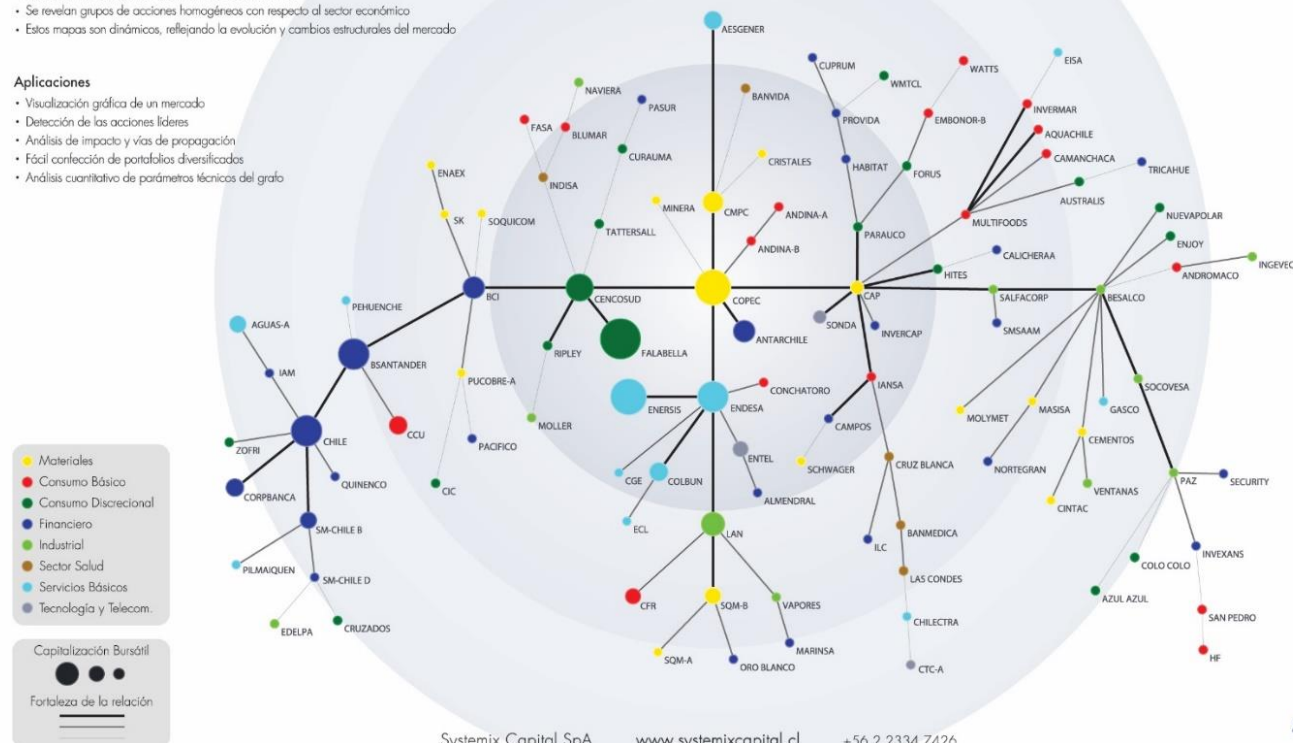


Figura 5.2: Grafo de la Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno con data del 2010 al 2014

En primer lugar, se aprecia un grafo con un mayor número de conexiones fuertes, lo que podría indicar que la economía nacional en aquel tiempo estuvo más correlacionada que en la actualidad.

Hay una gran pérdida en la relevancia de CAP estos últimos años, cuya causa probable es la baja considerable en el precio del acero en los últimos años.

El sector bancario ya no se conecta mediante el retail, lo que indica que es más sensible a la economía nacional, representada por Copec, y no tan así a la búsqueda de financiar el consumo del país.

Lan tomo un papel más protagónico en la economía nacional, favorecido por la fusión con la empresa TAM y también por la baja del crudo en los últimos años.

Aumento del protagonismo de algunas empresas como por ejemplo: Falabella que lidera el sector del retail, CMPC que hace lo propio con el sector de materiales, BSantander lo mismo para el sector financiero.

Con la salida de Cruz Blanca de la bolsa perdió protagonismo el sector salud en la economía nacional.

Los sectores que no han tenido mayores cambios son los de construcción y las pesqueras, manteniéndose de manera muy similar a pesar de los cambios globales en la economía del país.

Para continuar con el análisis de las evoluciones de los grafos, se presenta un mapa con data de los últimos 12 meses, para evaluar sus diferencias.

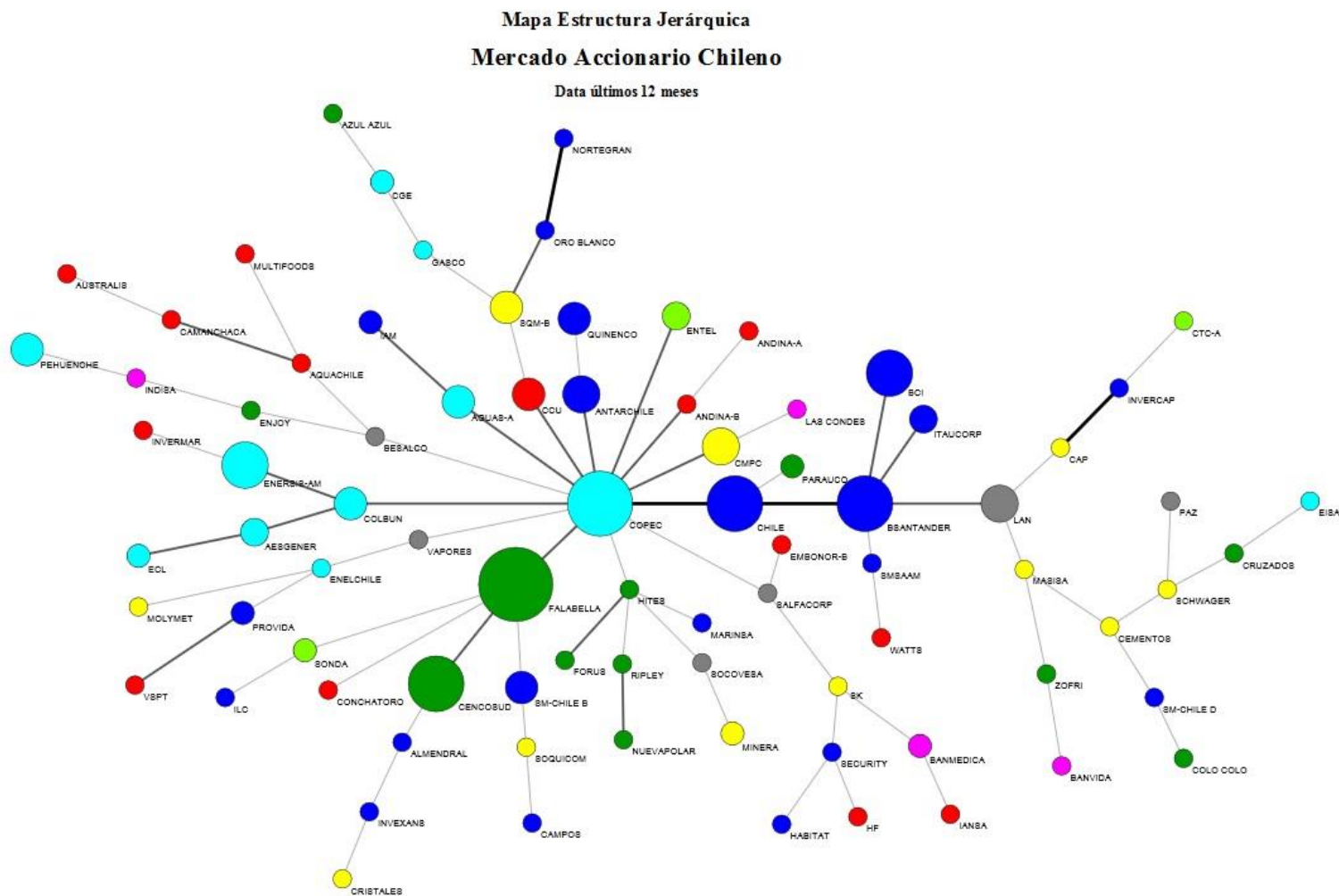


Figura 5.3: Mapa Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno con data de los últimos 12 meses.

Lo primero que llama profundamente la atención es que hay una pérdida en la estructura de la conformación de los sectores económicos. Como por ejemplo la desconexión del sector retail, del sector de construcción y el de materiales, todos muy bien constituidos en el grafo original.

Coppec pasa a ser aún más relevante para la economía nacional, aumentando el número de sus conexiones.

Se conforma la rama de las utilidades (eléctricas) comandadas por Colbun.

Pérdida de protagonismo de LAN y BSantander, ahora es el Banco Chile que comanda el sector financiero (banca).

El valor de la distancia normalizada de este grafo es de 1,2, valor menor al grafo cuyo horizonte de tiempo era de cuatro años. Lo que indica que las conexiones de este grafo son más fuertes, creando un mercado más correlacionado que el anterior.

Otro tema relevante es la pérdida de algunas conexiones entre empresas y sus sociedades de inversión como es el caso de Entel y Almendral, Chile con Quiñenco y sus respectivas sociedades, Iansa con Campos, entre alguna otra posible. También se desconectan algunas empresas con sus filiales como ILC con Habitat y SQM-B con Soquicom.

Lo anterior, se ve reflejado con la poca solidez que refleja la data de 12 meses, ya que, al ser tan pequeña es muy vulnerable a hechos particulares afectando a la información a entregar en el grafo. Por ende, para que el mapa agarre cierto grado de solidez requiere un mayor horizonte de tiempo para su análisis, para así amortizar los impactos que tengan los datos ante eventuales sucesos económicos.

5.5 Construcción de Portfolios

Esta metodología permite la confección de portafolios diversificados aplicando los conceptos propuestos por el señor Markowitz, el cual busca obtener el máximo retorno con la mínima varianza.

Este análisis cuantitativo proviene de (Tola, 2005) y (Onnela J.P., 2003), el cual concluye que definiendo a manera correcta el nodo central y calculando los respectivos niveles de ocupación, numéricamente se aprecia que los portafolios de mínima varianza se

obtienen en los niveles extremos del grafo, debido principalmente a que ahí existe una máxima diversificación del posicionamiento de los activos.

Con la conclusión anterior, se puede fácilmente confeccionar portfolios diversificados si se seleccionan las acciones de los extremos del grafo, que provengan de diferentes ramas, que difieran en las clasificaciones de industrias y que no sean del mismo grupo económico.

Un ejemplo claro sería:

- *Nueva Polar del sector consumo discrecional (retail).*
- *Cristales de materiales.*
- *Aesgener de las utilidades.*
- *Paz del sector industrial (construcción).*
- *Australis del consumo básico.*
- *SM-Chile B del sector financiero (bancario).*
- *Banmedica del área de la salud.*
- *CTC-A de las telecomunicaciones.*

Capítulo 6 Conclusiones

Como primera conclusión se tiene que el centro de la economía chilena es a través del sector energético, específicamente mediante Copec, posteriormente aparecen cuatro sectores rodeando a Copec, los cuales son: Consumo Discrecional (retail), Industrial (transporte), Materiales y Financiero (banca), los cuales obtienen el nivel dos de importancia en la economía. Como comandantes de esos sectores están: Falabella, LAN, CMPC y Santander. El sector retail y de la banca continúa con sus respectivos participantes, pero el sector de transporte trae consigo a dos acciones del sector de materiales (dependientes del transporte) las cuales se incorporan al siguiente nivel de importancia en el mercado y, por otro lado, el sector de materiales abre a las ramas del sector de las utilidades y del sector industrial (construcción). Con lo anterior, se obtiene la estructura jerárquica del mercado accionario cumpliendo el objetivo general planteado al comienzo del documento.

De un total de 247 acciones del mercado chileno, gracias a los dos supuestos expresados en el capítulo 3.1, permitió generar una base de datos de 82 acciones la cual reflejo un grafo sólido, en el que se encontraron grupos homogéneos como se esperaba y relaciono muy bien a todas las empresas con sus sociedades de inversión o filiales, lo que nos permite concluir que los supuestos aplicados fueron óptimos para la selección del portfolio a analizar. En conjunto con lo anterior, el que se encontraran ramas con similares sectores de la economía indica que el estándar de clasificación seleccionado fue óptimo. Se aprecian al menos seis grupos homogéneos de colores en el grafo, lo que indica que la GICS es bastante apropiada para clasificar el mercado accionario chileno, tal y como, lo presentaban los dos estudios referenciados en el capítulo 3.7.

La metodología es bastante particular, ya que, no solo entrega información relevante del mercado accionario chileno, conectando a empresas que tengan una clara relación, sino que también entrega información “oculta”, la cual no es visible al observador de manera instantánea, como el caso de la conexión de BSantander y CCU, era poco probable saber que ambos compartían al gerente general y, dado ello, se obtenía esa conexión, así como otros casos mencionados en el capítulo 5.2.

La metodología otorga una facilidad en la comprensión del mercado a estudiar, debido a que es muy diferente el análisis de $(N - 1)$ elementos, después de la aplicación del algoritmo de Prim, a analizar $\frac{1}{2} N (N - 1)$, totalidad de datos. Lo que permite concluir, que a pesar de no realizar el grafo correspondiente, es válido aplicar la metodología al análisis de cualquier mercado con el objetivo de reducir de manera significativa los elementos a estudiar.

La versatilidad que tiene la aplicación de esta metodología va más allá de solo el mercado financiero, ya que, es posible analizar cualquier sistema que posea N elementos realizados entre sí a través de una variable, lo que permite exportarla a problemas sociales, biológicos, químicos, entre todas aquellas ciencias donde sea posible.

Se cree que los resultados presentados en este trabajo demuestran que los árboles de activos dinámicos pueden contribuir al campo de las finanzas. Se mostró cómo se pueden utilizar para estudiar la taxonomía de los activos financieros. Animados por todo lo encontrado, se planea continuar la investigación en el campo. Sólo el tiempo dirá cuánto dinámica de activos árboles pueden contribuir a la comprensión del mercado financiero como un sistema complejo de evolución.

Capítulo 7 Bibliografía

- Batagelj, V. M. (2011). *Program for Analysis nad Visualization of Large Networks*. Ljubljana.
- Bonnano, G. V. (2000). *Taxonomy of Stock Market Indices*. Palermo.
- Caldarelli G., B. G. (2002). *Topology of correlation based minimal spanning trees in real and model markets*. Roma.
- CGE. (5 de Noviembre de 2016). *CGE*. Obtenido de <http://www.cge.cl/sector-gas/gasco/>
- Chile, B. E. (2008). *Indice accionario Chile 65 y subíndices*. Santiago.
- Chile, B. E. (30 de Octubre de 2016). *Bolsa Electrónica de Chile*. Obtenido de [http://www.bolchile.cl/ListadoAcciones?menu=EMP_LISTADA]
- Comercio, B. d. (2 de Noviembre de 2016). *Bolsa de Comercio*. Obtenido de www.bolsadesantiago.com
- El Mercurio. (18 de Agosto de 2014). Grupos económicos de Chile. *El Mercurio*, pág. B6.
- Fontenla, M. (2014). *Optimal Trees*. Santiago de Compostela.
- Gower, J. (1966). *Biometrika Trust*.
- ILC. (5 de Noviembre de 2016). *ILC*. Obtenido de http://www.ilcinversiones.cl/sector_previsional.aspx
- Mantenga, R. (1999). *Hierarchical structure in financial markets*. Palermo.
- Markowitz, H. (1952). *The journal of finance*. Wiley.
- Matte, B. (5 de Noviembre de 2016). *Revistaei*. Obtenido de <http://www.revistaei.cl/2014/05/29/bernardo-matte-deja-colbun-y-se-concentra-en-cmpc-celulosa-y-entel/>
- Onela, J. (2002). *Taxonomy of Financial Assets*. Helsinki.
- Onnela J.P., C. A. (2003). *Dynamics of markets correlations: Taxonomy and portfolio analysis*. Helsinki.
- RobecoSAM. (2015). *Dow Jones Sustainability Chile Index*. Mc Graw-Hill.

- Santander. (6 de Noviembre de 2016). *Santander*. Obtenido de https://www.santander.cl/accionistas/pdf/2014/boletines/Informe_Accionistas_2014_04.pdf
- Standar&Poor's. (2006). *Global Industry Classification Standard (GICS)*. The McGraw-Hill.
- Tola, V. L. (2005). *Cluster analysis for portfolio optimization*. Roma.
- Toranzos, F. A. (1976). *Introducción a la Teoría de Grafos*. Washington, D.C.: OEA.
- Universidad del Desarrollo. (2016). *Ranking de grupos económicos RGE*. Santiago.
- Willprendedor. (25 de Octubre de 2016). *Willprendedor*. Obtenido de <https://willprendedor.wordpress.com/2011/01/25/%C2%BFdonde-invierten-los-grandes-grupos-empresariales-de-chile/>

Anexo A Descripción empresas participantes

En este anexo se presentan a todas las acciones utilizadas en el análisis con una reseña de cada compañía, obtenido en la bolsa de comercio de Santiago.

- AES Gener es una compañía de generación de electricidad en 4 mercados: Sistema Interconectado Central (SIC) y Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) en Chile, Sistema Interconectado Nacional (SIN) en Colombia y Sistema Argentino de Interconexión (SADI). En Chile, con 3.440 MW es la 2da generadora con participación de mercado de 22%. En Colombia posee 1.000 MW y en Argentina 643 MW. Desde 2007, se han incorporado 10 proyectos por 1.694 MW. Actualmente cuenta con un atractivo portfolio de proyectos en construcción que agregarán 1.235 MW en el período 2015- 2018. AES Gener es controlada en 71% por AES Corp.
- Aguas Andinas S.A. es la principal empresa del sector sanitario en Chile, y una de las mayores en Latinoamérica. La compañía abastece de servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas a más de 2,0 millones de clientes, quienes representan una población estimada de aproximadamente de 8 millones de habitantes a nivel consolidado. Las zonas de concesión de Aguas Andinas incluyen un territorio de 70 mil hectáreas ubicado en la Región Metropolitana, más un área de 67 mil hectáreas emplazado en las regiones De Los Lagos y De Los Ríos. Aguas Andinas a nivel consolidado atiende al 43,0% del mercado nacional.
- Almendral crea valor para sus accionistas y la sociedad, a través de inversiones en empresas líderes que contribuyan en forma relevante al desarrollo de los sectores en los que están insertas. Mantener el control de las compañías, directamente o mediante alianzas, es parte de su estrategia, así como también, el compromiso con una política financiera conservadora y una filosofía corporativa basada en el trabajo bien hecho, la honestidad y la transparencia. Actualmente, con el 54,76% de la propiedad, es el accionista controlador de ENTEL, la mayor empresa de telecomunicaciones de Chile, y posee activos inmobiliarios menores. Al 31 de diciembre de 2013, ENTEL representa más del 99% de sus inversiones. Creada en 1981, Almendral ha sido un actor relevante también en los sectores energético y sanitario.

- Coca-Cola Andina es uno de los tres mayores embotelladores de Coca-Cola en América Latina, atendiendo territorios franquiciados con casi 52,2 millones de habitantes, en los que entregó más de 4.600 millones de litros de bebidas gaseosas, jugos y aguas embotelladas en 2015. La Compañía tiene la franquicia para producir y comercializar los productos Coca-Cola en ciertos territorios de Argentina, Brasil, Chile y en todo el territorio de Paraguay. Las familias Chadwick Claro, Garcés Silva, Hurtado Berger, Said Handal y Said Somavía controlan Coca-Cola Andina en partes iguales.
- AntarChile S.A. fue constituida en 1984 como una sociedad holding del Grupo de Empresas Angelini, que controla el 74,36% de las acciones de esta compañía. Actualmente su capitalización de mercado alcanza los US\$ 4.200 millones. Gestiona activos por más US\$ 20.000 millones. Su principal inversión es la propiedad del 60,82% de las acciones de Empresas Copec S.A., una de las compañías más grandes y destacadas del país, con un valor bursátil que supera los US\$ 12.000 millones. AntarChile S.A. y sus empresas filiales han alcanzado una posición de liderazgo en distintos sectores productivos en que participa, como son el forestal, energético, distribución de combustibles y pesquero, entre otros, en los cuales presentan importantes ventajas competitivas y positivas perspectivas de desarrollo. Actualmente, a través de sus filiales comercializa sus productos en más de 80 países y cuenta con importantes plataformas productivas en Chile, Argentina, Brasil, Canadá, Colombia, Estados Unidos y Uruguay.
- Aquachile empresa que produce alimentos a partir del cultivo de especies acuícolas: Salmón del Atlántico, Salmón del Pacífico, Truchas y Tilapias. Opera en Chile, Costa Rica, Panamá y Estados Unidos, vendiendo y comercializando sus productos en todo el mundo. Da trabajo a más de 5.900 personas en Chile, Estados Unidos, Costa Rica y Panamá, y es uno de los mayores productores de Salmón del Pacífico y Trucha a nivel mundial, siendo además, uno de los principales proveedores de Tilapia fresca a los Estados Unidos.

- Australis Seafoods participa en el negocio de producción y comercialización de Salmónidos, tanto en la etapa de agua dulce como de agua de mar. En la etapa de agua dulce, la empresa participa en la incubación, alevinaje y smoltificación de salmones. En la etapa de agua de mar, la empresa participa en el negocio de engorda, proceso y comercialización de salmones, contando con concesiones acuícolas equipadas con tecnología de última generación, además de un equipo experimentado de primera línea.
- Azul Azul S.A., nace el año 2007 y es la concesionaria, al menos por 30 años, de todos los derechos de la Corporación de Fútbol Profesional de la Universidad de Chile. El plantel de honor compite en la Primera División del Campeonato Nacional del Fútbol Chileno donde ha alcanzado 16 títulos, además de la Copa Sudamericana en el año 2011. La sociedad se desempeña en Santiago, en el Centro Deportivo Azul (CDA), el cual está equipado con las más modernas instalaciones y tecnología, al mismo nivel de los mejores centros de entrenamiento del mundo. Además, cuenta con series formativas de fútbol femenino y de fútbol joven masculino, las cuales son el semillero de los futuros ídolos del fútbol chileno.
- Empresas Banmédica es la organización de salud privada más importante de Chile. Con más de 20 años de presencia en el mercado, reúne las más importantes y modernas clínicas del país, centros médicos, isapres y unidad de rescate móvil. Posee experiencia internacional en el negocio asegurador y prestador en Colombia y Perú. En Chile cuenta con más de 1.125 camas hospitalarias, 780 box de consultas médicas y 279.181m² construidos. Las isapres mantienen más de 790.000 beneficiarios y Help sobre los 136.000 beneficiarios. En Colombia y Perú existen 663 camas hospitalarias, 16 unidades de toma de muestra y más de 536.000 beneficiarios de seguros de salud.
- La sociedad Banvida S.A. se constituyó en diciembre de 1998 como consecuencia de la división de Banmédica S.A. entre si y una nueva sociedad anónima con efecto al día primero de enero de 1998. La división de Banmédica S.A. consistió en distribuir el patrimonio entre sí y la nueva sociedad Banvida S.A., correspondiendo a los accionistas la misma proporción en el capital de cada una de las sociedades resultantes que aquella que poseían de Banmédica S.A.. Banvida S.A. concentró su inversión en

los negocios de seguros de vida, a través de su 24,87% del Consorcio Nacional de Seguros de Vida.

- BCI corporación financiera chilena controlada por la familia Yarur desde su fundación hace 76 años. Es el tercer mayor banco privado en Chile y cuenta con una sólida clasificación de riesgo internacional (A1: Moody's, A: S&P y Fitch ratings: A-). Cuenta con 384 puntos de contacto a lo largo de Chile y presencia internacional en EEUU, Colombia, Perú, Brasil, México y España. Ofrece productos tales como cuentas corrientes, depósitos, préstamos, tarjetas de crédito, factoring, leasing, cash management, comercio exterior, fondos mutuos, asesorías financieras, operaciones de mesa de dinero, intermediación de acciones, bonos y seguros entre otros. Durante 2013 fue premiada en Chile como la empresa más transparente, con mejor gobierno corporativo, como el mejor grupo financiero, como la mejor banca privada, como la mejor administradora de fondos mutuos y reconocida con el mejor servicio y experiencia de clientes en la categoría bancos grandes (encuestas Ipsos/Izo).
- Besalco es una de las principales constructoras, con 70 años de experiencia en la industria local y presente en Perú. Abarca diversos mercados desarrollando negocios de corto y largo plazo. En obras civiles opera con construcciones, montaje industrial y Kipreos dedicada a la construcción de líneas de transmisión eléctricas. Otras filiales se dedican a proyectos inmobiliarios en Chile y Perú, concesiones de obras públicas, y un innovador negocio de transporte de material para la gran minería y para diversos clientes, incluidos clientes forestales. Recientemente inició la operación de su primera mini central hidroeléctrica, la que forma parte de un plan de desarrollo por 175MW.
- Banco Santander Chile es el mayor Banco del país con US\$49.719 millones en activos, US\$36.089 millones en créditos netos de provisiones, US\$27.171 millones en depósitos y US\$4.202 millones en patrimonio. El Banco tiene 475 sucursales, 1.692 cajeros automáticos y 11.493 empleados. Al cierre de septiembre 2014, el Banco tenía un 19,1% del mercado de préstamos destacando la cuota de 22,1% en el mercado de individuos. Asimismo, el Banco es una de las empresas con mejores clasificaciones de riesgo en Latinoamérica con un ratina Aa3 de Moody's, A+ de Fitch y A de Standard and Poor's.

- Camanchaca inició operaciones en el año 1963, centrada en la pesca convencional y procesamiento de camarones y langostinos. Actualmente, la Compañía participa en el negocio de la pesca pelágica, en acuicultura de salmón y cultivo de mejillones y abalones, exportando sus productos a más de 50 países. Camanchaca está integrada verticalmente en su cadena productiva y de distribución. El crecimiento de la Compañía la ha llevado a un lugar de privilegio en los mercados internacionales.
- La visión de Campos es ser reconocidos como el holding líder en América en la producción y comercialización de azúcar y biocombustibles, que gestiona cada uno de sus proyectos comprometidos con el medio ambiente y con las comunidades donde estos se insertan. El objeto de Campos Chilenos incluye actividades en las cuales la sociedad puede desarrollar actuando por cuenta propia o ajena como por ejemplo la inversión en toda clase de bienes muebles, corporales e incorporeales, acciones, bonos, letras de crédito, debentures, cuotas, derechos reales y/o personales, valores mobiliarios, efectos de comercio y en cualquier otro título de crédito o de inversión, comprendiéndose su adquisición, enajenación, administración y la percepción de sus frutos y rentas.
- El grupo CAP concentra sus actividades en las distintas etapas de la producción ferrífera, agregando así, secuencialmente, valor a sus productos. La primera etapa se realiza a través de la Compañía Minera del Pacífico S.A. y consiste en la extracción y concentración de mineral de hierro, desde nuestros yacimientos en el Norte de Chile. Esta producción se vende como materia prima entre productores siderúrgicos, principalmente en el mercado asiático (China, Japón, e Indonesia). La segunda etapa se realiza a través de Compañía Siderurgia Huachipato S.A. y consiste en la utilización en Chile de parte de nuestra producción de minerales de hierro para producir aceros planos y largos, para las más variadas industrias nacionales. La tercera y última etapa de nuestra actividad, utilizando a su vez parte de la producción de acero, consiste en el desarrollo de productos de valor agregado en acero, procesados por empresas filiales en Chile, Perú y Argentina, para su uso en la construcción, industria e infraestructura. Esta etapa de nuestra actividad se desarrolla a través de Cintac S.A. e Intasa S.A. y sus respectivas filiales.

- CCU es una empresa diversificada de bebidas, con operaciones principalmente en Chile, Argentina y Uruguay. Sus títulos se transan en las bolsas Chilenas y en la Bolsa de Nueva York (NYSE). CCU es el mayor cervecero chileno, el segundo cervecero en Argentina, el segundo mayor productor de bebidas gaseosas en Chile, el segundo mayor productor de vinos, el mayor embotellador de agua mineral y néctares en Chile, el mayor distribuidor de pisco y también participa en el negocio de HOD, ron y confites en Chile. La Compañía tiene contratos de licencia con Heineken Brouwerijen B.V., Anheuser-Busch Incorporated, PepsiCo Inc., Paulaner Brauerei AG, Schweppes Holdings Limited, Guinness Brewing Worldwide Limited,
- Cementos Bío Bío S.A. es la sociedad matriz, y holding de un grupo de empresas, que desarrollan y participan en negocios diversos, pero con una visión común, estando todas ellas centradas en crear valor para sus clientes, accionistas y trabajadores, a través de la entrega de productos y servicios de reconocida calidad, buscando siempre maximizar el retorno de sus inversiones y teniendo como eje de sus operaciones, el respeto por el medioambiente, las personas y la ética empresarial. El holding actualmente está agrupado en dos Segmentos de Negocio: (i) Segmento Cemento, que incluye las áreas del cemento propiamente tal, el hormigón y la cal; (ii) Segmento Otros, donde se agrupan básicamente las sociedades con actividades en la minería, los morteros, los áridos y los resultados de la sociedad Matriz. Sociétés des Produits Nestlé S.A., Pernod Ricard y Cía Pisquera Bauzá S.A.
- Cencosud S.A. es una de las principales y más prestigiosas Compañías en el mercado de Retail en Latino América, con presencia en los 5 mercados más desarrollados de la región y líder en estrategia de retail integrado en multi-formato y multi-marca. Con casa matriz en Chile, cuenta con operaciones en Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Perú, además de una oficina comercial en Shanghai, dando empleo a más de 140.000 personas. A fin del año 2015 mantiene 944 supermercados, 95 tiendas de Mejoramiento del Hogar, 88 Tiendas por Departamento, 53 Centros Comerciales y una cartera de retail financiero que alcanza aproximadamente USD 1.8 MM en toda la región que, en conjunto ha incrementado la utilidad neta en más de un 21% desde el año 2014. En términos de participación en la región somos una de las 3 mayores empresas en participación de mercado en cada uno de los negocios y países donde

estamos localizados, nos caracterizamos por poner a nuestros clientes en el centro de las decisiones y mantenemos un respeto a la cultura local.

- CGE, filial de Gas Natural Fenosa, es la matriz de un conglomerado energético que participa de los negocios de distribución y transmisión eléctrica y de distribución y comercialización de gas licuado y gas natural. En distribución eléctrica posee 2,6 millones de clientes en Chile y 850 mil clientes en Argentina. En el sector gas, a través de GASCO, participa en el negocio mayorista y minorista de GLP de Chile, y tiene presencia en Colombia. En distribución de gas natural, a través de METROGAS, GAS SUR Y GASCO MAGALLANES poseen 630 mil clientes en Chile y otros 475 mil clientes en Argentina.
- Banco de Chile es la institución más rentable y segura del sistema financiero chileno. El Banco posee un modelo de negocios que se basa en un adecuado equilibrio de los riesgos y retornos en los diferentes segmentos de mercado. El Banco posee activos por cerca de US\$50 mil millones, 1,9 millones de clientes, una red de distribución de sobre 400 sucursales, y una clasificación de grado de inversión S&P: A+; Moody's: Aa3.
- Fundada en 1920, CMPC es una empresa líder mundial en la producción y comercialización de productos forestales, celulosa, papeles, productos tissue y productos de embalaje. CMPC tiene activos industriales de clase mundial, ventajas competitivas en costos en sus áreas de negocios, comercializando sus productos a más de 30.000 clientes en más de 45 países. CMPC posee más de 16.000 trabajadores; operaciones industriales en Chile, Brasil, Argentina, Perú, Uruguay, México, Colombia y Ecuador; y un patrimonio forestal de más de 1 millón de hectáreas en Chile, Argentina y Brasil.
- Colbún S.A. es una compañía chilena que se dedica a la generación y comercialización de energía eléctrica. La empresa contribuye 2.962 MW de capacidad (43% hídrica y 57% térmica) al Sistema Interconectado Central (SIC). Su base de activos incluye 15 centrales hidroeléctricas, 7 centrales termoeléctricas que operan con: petróleo diesel y/o gas natural y una con carbón y 892 km de líneas de transmisión, distribuidos en 7 regiones del SIC. En términos de capacidad instalada, es la segunda generadora más grande de este sistema, donde concentra sus

operaciones y clientes. Es controlada por el Grupo Matte, principalmente a través de su filial Minera Valparaíso.

- Colo Colo Sociedad cuyo objeto es organizar, producir, comercializar y participar en espectáculos y actividades profesionales de entretenimiento y esparcimiento de carácter deportivo y recreacional. El 24 de junio de 2005 la sociedad suscribió un contrato de concesión con la Corporación Club Social y Deportivo Colo-Colo, a fin de gestionar todos los activos de ésta iniciando sus actividades operacionales el 1° de Julio de 2005. Sus principales áreas de gestión son las siguientes: Fútbol Profesional, Fútbol Joven o cadetes, Proyectos Comerciales basados en el desarrollo intensivo de su marca y productos asociados.
- Viña Concha y Toro es el principal productor de vinos de Latinoamérica con una destacada posición entre las compañías de vino más importantes del mundo y una presencia en 145 países. La compañía posee aproximadamente 10.700 hectáreas plantadas de viñedos en Chile, Argentina y Estados Unidos. Su reconocido portfolio de vinos incluye diversos orígenes de dichos países, donde destacan los íconos Don Melchor y Almaviva, y su marca emblemática Casillero del Diablo, además de los vinos de sus filiales extranjeras Trivento y Fetzer
- Empresas Copec es una de las principales sociedades anónimas de Chile y está presente en dos grandes áreas de actividad: recursos naturales, donde se cuenta con claras ventajas competitivas, y energía, estrechamente ligada al crecimiento y desarrollo productivo. En cada uno de estos sectores, la Compañía está permanentemente impulsando importantes programas de inversión, con el objetivo de elevar la escala de sus operaciones, expandir sus fronteras, aprovechar sinergias y velar por la sustentabilidad en todas sus actividades. Actualmente, Empresas Copec comercializa sus productos en más de 80 países y cuenta con importantes plataformas productivas en Chile, Argentina, Brasil, Canadá, Colombia, Estados Unidos y Uruguay.
- Cristales Creada en 1904, principal negocio es la fabricación de envases de vidrio; controlada por el Grupo Elecmetal. Es Líder en producción y venta de envases de vidrios del país, retornables, no retornables, con diferentes bocas, decorados, pintados y etiquetados. Atiende diversos sectores: vinos, cervezas, bebidas gaseosas, jugos,

aguas minerales, licores, alimentos y laboratorios. Tiene una capacidad de producción de 520.000 tons/año de envases de vidrio entre sus dos plantas productivas (Padre Hurtado y Llay-Llay). Participa en las siguientes áreas de negocios: Vitivinícola (Viña Santa Rita); Comunicaciones: Ediciones Financieras (Diario Financiero); Ediciones e Impresos (Revistas Capital y ED) y Educaria S.A.

- Cruzados desde 1937, Universidad Católica ha sido uno de los principales protagonistas del fútbol profesional chileno, obteniendo diez campeonatos nacionales y uno internacional, entre otros logros. Además, ha aportado al balompié nacional con la formación de grandes talentos. Organizar, producir, comercializar y participar en actividades deportivas de carácter profesional, relacionados exclusivamente con el fútbol, son el principal foco de Cruzados. La sociedad anónima profesional, mediante un contrato de concesión, sigue utilizando las instalaciones de San Carlos de Apoquindo.
- Telefónica Chile S.A. (CTC) provee servicios de telecomunicaciones a lo largo de todo Chile, lo que incluye servicios de banda ancha, televisión de pago, datos y servicios de telefonía fija, larga distancia y telefonía pública, entre otros. Telefónica Chile S.A. provee servicios de telecomunicaciones a lo largo de todo Chile, lo que incluye servicios de banda ancha, televisión de pago, datos y servicios de telefonía fija, larga distancia y telefonía pública, entre otros. La Compañía atiende una amplia gama de clientes: residenciales, pequeñas y medianas empresas y corporaciones, alcanzando más de 3 millones de accesos y situándose como el mayor proveedor de servicios de telecomunicaciones fijas en Chile en términos de accesos e ingresos. Además opera la red fija más extensa del país. La Compañía es 98% propiedad de Telefónica S.A. (España), la novena empresa de telecomunicaciones a nivel mundial por capitalización bursátil.
- E.CL participa en la generación, transmisión y suministro de electricidad y en el transporte de gas natural en el norte de Chile. E.CL es el cuarto mayor generador de electricidad de Chile y el mayor generador de electricidad en el Sistema Interconectado del Norte Grande (“SING”) con un 53% de la capacidad de generación instalada del SING. E.CL provee electricidad a grandes clientes mineros e industriales y también a EMEL, el único grupo de distribución eléctrica en el SING. E.CL

pertenece en un 52,77% a GDF Suez. El 47,23% restante se transa públicamente la Bolsa de Comercio de Santiago.

- EISA empresa de Ingeniería y Construcción chilena con más de 35 años, que está presente en Chile, Perú, Argentina, Brasil y Colombia. Enfoca sus actividades en dos áreas de negocios: Ingeniería y Construcción, ejecutando obras civiles, subterráneas, hospitales, edificios habitacionales y de oficinas, montaje de estructuras pesadas y equipos electromecánicos, construcción e instalación de fundaciones especiales y remediación de suelos, postensados, izajes pesados y mantenciones industriales, entre otros; y Desarrollo Inmobiliario, administrando proyectos y vendiendo casas, departamentos, oficinas y centros comerciales.
- Coca Cola Emboonor S.A. es una empresa dedicada a la fabricación y distribución de bebidas analcohólicas bajo licencia de The Coca-Cola Company. En 1962 inicia sus operaciones con la primera planta embotelladora que abastecía a las ciudades de Arica e Iquique. Entre los años 1995-1996 adquiere las franquicias bolivianas de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Sucre, Tarija y Oruro. En 1999, suma las franquicias en Chile de Viña del Mar, Talca, Concepción, Temuco y Puerto Montt. Atiende a 17 millones de habitantes, entregando durante el 2013 más de 1.380 millones de litros de bebidas gaseosas, jugos y aguas embotelladas.
- EnElChile (Endesa o Endesa Chile) es una empresa de generación eléctrica chilena, filial de ENERSIS y subsidiaria de la empresa española Endesa y esta de la italiana Enel. En la actualidad, Endesa Chile y sus filiales operan 179 unidades en cuatro países de Latinoamérica, con una capacidad instalada total de 14.715 MW. Si se incluye el 50 % de la potencia de la Central Termoeléctrica Atacama, de la sociedad de control conjunto GasAtacama, se alcanza un total de 182 unidades, con una capacidad instalada de 13.846 MW. La compañía participa también en el mercado brasileño, a través de su asociada Endesa Brasil, en sociedad con Enersis y la matriz Endesa (España). Endesa Brasil cuenta con 987 MW de capacidad instalada, a través de Endesa Cachoeira y Endesa Fortaleza. Fue creada durante el Gobierno de Juan Antonio Ríos y su plan de Industrialización y Tecnologización Chilena como filial de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) el 1 de diciembre de 1943 y privatizada en 1989.

- Enersis Américas es una de las principales multinacionales eléctricas privadas de Latinoamérica. Actualmente, posee participación directa e indirecta en los negocio de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, y áreas relacionadas. Cuenta con operaciones en cinco países de la región: Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Perú. Las compañías generadoras del Grupo Enersis suman al 31-12-2015 una capacidad instalada de 10.950 MW, y a través de sus empresas distribuidoras suministra electricidad a cerca de 13 millones de clientes.
- Con casi 40 años de experiencia Enjoy la compañía ofrece toda una gama de alternativas a sus clientes: hotelería, gastronomía, centros de convenciones, espectáculos de nivel internacional, turismo, cultura, nightclubs, y juego. Enjoy se consagra como la cadena más grande de entretención integral en el cono sur de América. Además de innovadora, su propuesta de valor es diferenciadora y busca explotar las ventajas de una promesa de entretención en un espacio único con infraestructura de primer nivel.
- Con ingresos anuales de Ch\$ 1.792.84 millones reportado a Diciembre del 2015, Empresa Nacional de Telecomunicaciones S.A. es un proveedor integral de servicios de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información para los mercados Personas, Empresas y Corporaciones. Adicionalmente, provee servicios de arriendo de infraestructura de redes a otros operadores y negocio de tráfico mayoristas. La compañía opera en Chile con una posición líder en la industria. En Perú, en octubre de 2014 lanzó la marca Entel Perú, donde ofrece servicios de voz y datos móviles para todos los segmentos. Además en Perú cuenta con operaciones de redes fijas y call center.
- Falabella es uno de las principales compañías de retail de Latinoamérica. Con más de 125 años de trayectoria, cuenta con operaciones en Chile, Perú, Colombia, Argentina y Brasil, y a partir del año 2015 sumará Uruguay. El Grupo cuenta con cinco áreas de negocios principales: Tiendas por Departamento, Mejoramiento del Hogar, Supermercados, Servicios Financieros e Inmobiliaria. En el negocio de las tiendas por departamento es líder en todos los países en que tiene operaciones, mientras que en mejoramiento del hogar, lidera los mercados de Chile, Perú y Colombia. Además, es

el principal emisor de tarjetas de crédito en Chile y Perú y el mayor operador de centros comerciales en ambos países.

- Forus es una empresa chilena líder en retail con 36 años en el mercado. Con 502 tiendas distribuidas en Latinoamérica, tiene presencia en Chile, Colombia, Perú y Uruguay, con un portafolio de 32 marcas y 19 diferentes conceptos de tiendas. Es una empresa que fabrica, diseña, comercializa y distribuye productos de reconocidas marcas nacionales e internacionales, de calzado, ropa y accesorios, a través de sus propios canales de Retail, como también a través de canales mayoristas.
- Desde 1856, Gasco se ha consolidado como una de las empresas más prestigiosas del país, desarrollando proyectos de gran trascendencia para el mercado energético nacional, en la distribución de gas. Su mayor accionista, es Compañía General de Electricidad S.A. (CGE), con un 56,62% de la propiedad. Actualmente participa en el negocio de distribución de Gas Licuado, Gas Natural y Gas Vehicular, con operaciones en Chile, Colombia y Argentina.
- AFP Habitat nació en 1981, con la misión de “mejorar la calidad de vida de sus clientes otorgando un servicio previsional de excelencia”. Es la segunda mayor AFP del país, en N° de afiliados, cotizantes y activos administrados. Sus más de 2 millones de afiliados cuentan con una cobertura nacional en más de 200 puntos de atención, 22 agencias móviles, además de una amplia gama de servicios. Ofrece productos de administración de fondos de pensiones de Ahorro Obligatorio, Ahorro Previsional Voluntario y Cuenta de Ahorro Voluntario, al igual que pagos de pensiones bajo la modalidad de Retiro Programado.
- Hortifrut es una empresa global, dedicada al desarrollo genético, producción, exportación y comercialización de berries en Chile y el mundo, con un modelo de negocio único y exitoso, integrado desde la genética hasta el cliente final. Dispone de una oferta diversificada a través de plataformas comerciales y marcas propias, garantizando abastecimiento al hemisferio norte y sur los 12 meses del año. Presente en 37 países, junto a sus asociados, es líder mundial en berries. Su foco en innovación se traduce en un desarrollo exitoso de genética, nuevos productos con valor agregado y nuevos mercados.

- Hites es una compañía con más de 70 años, desarrollando el negocio del retail financiado, siendo exitosa en su modelo de negocio que le permite atender de manera eficiente y exclusiva a consumidores de segmentos socioeconómicos C3-D de la población, con localizaciones y propuestas comerciales acordes a sus hábitos, gustos y preferencias, por medio de sus 18 multitiendas ubicadas tanto en Santiago como en regiones. Cuenta con dos líneas de negocios: El Negocio Retail, a través de la venta al detalle de productos de vestuario, electrónica y artículos para el hogar. Y el Negocio Financiero, permitiendo a sus clientes comprar al crédito a través de la tarjeta Hites.
- Inversiones Aguas Metropolitanas es el holding controlador de Aguas Andinas, principal empresa del sector sanitario en Chile, y una de las mayores en Latinoamérica. Aguas Andinas en conjunto con sus filiales sanitarias abastecen de servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas a más de 2,0 millones de clientes, quienes representan una población estimada de más de 6,8 millones de habitantes. Las concesiones de Aguas Andinas y sus filiales abarcan un territorio de 70 mil hectáreas en la Región Metropolitana, además de un área de 67 mil hectáreas en la X y XI regiones del sur de Chile.
- Iansa es una de las principales compañías agroindustriales del país, especializada en la comercialización y producción de azúcar y subproductos de la remolacha. Para alcanzar el liderazgo que hoy ostenta, la compañía está focalizada en las necesidades de sus clientes y ha fortalecido las áreas agrícola, productiva, industrial y financiera. A través de su apoyo técnico a agricultores, e inversiones en investigación y desarrollo, ha logrado obtener excelentes resultados en los rendimientos de remolacha, y una destacada presencia en la comercialización de insumos agrícolas y otorgamiento de crédito a remolacheros. En años recientes, la compañía también ha fortalecido sus áreas de negocios de endulzantes no-calóricos (con su marca Iansa OK), alimentos para mascotas (con sus marcas Cannes y Minninos), y alimentos para ganado bovino y equino, donde es líder del mercado.
- Inversiones La Construcción S.A. (ILC) es una compañía chilena fundada en Santiago en 1980. ILC participa en varias industrias tales como fondos de pensiones (a través de AFP Habitat), seguros obligatorios y complementarios de salud (mediante Isapre

Consalud y Vida Cámara, respectivamente), seguros de vida (a través de Confuturo y Corpseguros), bancaria (mediante Banco Internacional), hospitalaria basada en una red de clínicas y centros médicos (manejados por Red Salud). La Compañía ocupa un lugar relevante en las industrias en las que opera, siendo uno de los 3 mayores operadores en los segmentos que participa. ILC se encuentra actualmente en Chile y Perú, con una dotación cercana a los 12.900 trabajadores. La Compañía está controlada por la Cámara Chilena de la Construcción (“CChC”), una de las asociaciones gremiales más relevantes y tradicionales del país.

- Indisa es una Empresa del área de la salud que desarrolla operaciones globales en los distintos ámbitos del sector, en beneficio de la sociedad, mediante la aplicación de los conceptos de excelencia en el servicio, eficiencia en la operación y calidez en la atención, dentro de los principios fundamentales de la ética y con apoyo tecnológico biomédico de avanzada.
- INVERCAP S.A. fue creada con la división de CAP S.A. en 1994, como una sociedad de inversiones. Ha consolidado y desarrollado sus principales actividades y negocios en sus inversiones en el área del acero, en operaciones siderúrgicas y mineras, en el área de procesamiento de acero y como también en los sectores que favorezcan al crecimiento de Chile. Concentra sus inversiones en CAP S.A., principal empresa minero – siderúrgica del país y CINTAC S.A. e INTASA S.A. a través de la sociedad holding NOVACERO, sin embargo a partir del año 2006 la sociedad está participando en el desarrollo de proyectos de energías renovables no convencionales mediante la construcción de centrales hidroeléctricas de pasada de tamaño medio en su filial EPA S.A. Los riesgos de las actividades de INVERCAP S.A. son los propios de los negocios internacionales de mineral de hierro y siderúrgicos, de las actividades comerciales en el mercado local de los productos de acero como también de la construcción y operaciones de Centrales Hidroeléctricas de Pasada de tamaño medio y los relacionados al mercado eléctrico.
- Invermar es una empresa integrada verticalmente, productora, elaboradora y exportadora de salmones. También participa en el negocio del ostión a través de Invertec Ostimar (79,9% de la propiedad). La compañía está enfocada en la

elaboración de productos de valor agregado, donde sus principales clientes son las grandes cadenas de supermercados del mundo e importantes cadenas de restaurantes.

- Invexans S.A. nace como compañía continuadora de Madeco S.A., luego de su división en 2013. El principal objetivo de la compañía es la generación de valor a través de su participación en la compañía multinacional Francesa Nexans, de la cuál es su principal accionista. Con ventas anuales cercanas a los 7 mil millones de euros, presencia industrial en 40 países y más de 25.000 trabajadores, Nexans es uno de los principales actores a nivel mundial en la producción de cables.
- ITAÚ CORPBANCA es la entidad resultante de la fusión entre CorpBanca and Banco Itaú Chile el 1° de abril de 2016. El banco fusionado es el cuarto mayor banco privado medido por colocaciones en Chile y dará lugar a una plataforma bancaria regional para la futura expansión en América Latina, específicamente en Chile, Colombia, Perú y Centroamérica. Itaú CorpBanca es un banco comercial basado en Chile con operaciones también en Colombia y Panamá. Adicionalmente, Itaú CorpBanca tiene una sucursal en New York y una oficina de representación en Madrid. Focalizado en grandes y medianas empresas y en personas, Itaú CorpBanca ofrece productos de banco universal. En 2012 el ex-CorpBanca inició un proceso de regionalización y a la fecha había adquirido dos bancos en Colombia -Banco CorpBanca Colombia y Helm Bank-, convirtiéndose en el primer banco chileno en tener filiales bancarias en el exterior. Este proceso se fortaleció con la fusión con Banco Itaú Chile y la próxima combinación de negocios de ambos en Colombia.
- LATAM Airlines Group S.A. es el grupo de aerolíneas líder de Latinoamérica en el transporte de pasajeros y carga, incluye a LAN Airlines y sus filiales en Perú, Argentina, Colombia y Ecuador, LAN CARGO y sus filiales; además de TAM S.A y sus filiales TAM Linhas Aéreas S.A, incluyendo sus unidades de negocio TAM Transportes Aéreos Del Mercosur S.A. y Multiplus S.A. Este grupo genera una red de conexiones que transporta pasajeros a alrededor de 135 destinos en 24 países y ofrece servicios de carga hacia alrededor de 145 destinos en 27 países, con una flota de cerca de 325 aviones y con más de 52 mil empleados.
- Clínica Las Condes S.A., cubre prácticamente la totalidad de las especialidades médicas y dispone de una estructura y equipamiento definidos según los más altos

estándares de la industria, con sistemas de control de calidad que le han valido el reconocimiento de la comunidad médica local e internacional, así como de la autoridad del sector y agencias internacionales. Desarrolla actividades, tanto de tipo hospitalario como ambulatorio, contando para ello con: hospitalización médica y quirúrgica, unidades de cuidados intensivos e intermedios, de adulto, pediátrica y de neonatología, pabellones quirúrgicos, recuperación post-operatoria, laboratorios clínicos, radiología, tomografía computarizada, resonancia magnética, radioterapia, medicina nuclear, ecotomografía, hemodiálisis y un conjunto de servicios de procedimientos ambulatorios que abarcan todas las ramas de la medicina. A ello, se agrega un Servicio de Urgencia, dotado para atender oportunamente.

- Marinsa la sociedad tiene por objeto social realizar actividades de inversión en bienes inmuebles, corporales o incorporeales, urbanos o rurales. La sociedad tiene por objeto social realizar actividades de inversión en bienes inmuebles, corporales o incorporeales, urbanos o rurales. Realizar actividades de inversión en bienes muebles incorporeales, como acciones, bonos, debentures, derechos en sociedades de personas, pagarés, letras de cambio, certificados de depósito, documentos negociables y valores mobiliarios y efectos de comercio en general, sean emitidos por el Estado, por instituciones públicas o por entidades o sociedades privadas, nacionales o extranjeras”. Los negocios de la sociedad, desde su creación, se han desarrollado fundamentalmente en el ámbito financiero a través de instrumentos a plazo en bancos y en la adquisición de acciones de empresas ya existentes como es el caso de las inversiones permanentes en la sociedad controlada Cía. Sud Americana de Vapores S.A. (CSAV) y Cía. Electro Metalúrgica S.A. (relacionada).
- Masisa productor y comercializador de tableros de madera (MDF y MDP/PB) para muebles y arquitectura de interiores. Posee 10 complejos industriales en Chile, Argentina, Brasil, Venezuela y México, con una capacidad instalada de producción de tableros de 3.427 mil m³, siendo la mayor compañía en Latinoamérica (ex Brasil). Tiene 224 mil hectáreas de plantaciones de pino y eucaliptus en Chile, Argentina, Brasil y Venezuela, las que son manejadas bajo altos estándares medio ambientales (FSC). Su unidad de retail cuenta con un canal de distribución estratégico, Placacentro, con 345 tiendas (50 propias).

- Minera Valparaíso S.A. tiene como objetivo la generación, distribución, adquisición y venta de energía eléctrica; la prospección y explotación minera; la construcción y explotación de bienes raíces; la actividad forestal, incluyendo la industrialización de la madera, su transporte terrestre y marítimo y la explotación de muelles y puertos para este fin. Sus actividades están orientadas a la generación y venta de energía eléctrica, servicios portuarios, actividad forestal y actividad inmobiliaria. Mantiene inversiones en instrumentos financieros de alta liquidez, instituciones de primera categoría y organismos del Estado.
- Molybmet constituida en 1975, de la división de la sociedad Carburo y Metalurgia S.A. Su negocio principal consiste en el procesamiento de concentrados de molibdeno para la obtención y comercialización de diversos productos y subproductos finales de molibdeno. Con más de 40 años de experiencia en la industria, cuenta con plantas en Chile, México, Bélgica, Alemania y China, y oficinas comerciales en Inglaterra, China, Estados Unidos, Brasil y Chile. Además, desde el año 2012, participa en la industria de las Tierras Raras a través de la compañía norteamericana Molycorp Inc. (20.82%), consolidando su liderazgo en la industria de los Metales Estratégicos a nivel mundial.
- Multifoods compañía chilena líder en la producción de salmón atlántico y trucha de cultivo. La empresa está integrada verticalmente, desde la reproducción hasta la comercialización y distribución al cliente final. La compañía cuenta con operaciones en tres regiones de Chile, en las que realiza pisciculturas de agua dulce, concesiones de engorda en agua de mar, plantas de proceso de productos frescos, congelados y ahumados. Cuenta con una red comercial que atiende a todos los mercados del mundo, la cual incluye una filial en Estados Unidos. Es reconocida por la calidad de sus productos y por su gestión empresarial.
- Norte Grande S.A. es controlador directo y accionista mayoritario de Sociedad de Inversiones Oro Blanco S.A., y de Nitratos de Chile S.A. teniendo una participación de 76,34% respectivamente sobre dichas sociedades. Norte Grande S.A. es controlador directo y accionista mayoritario de Sociedad de Inversiones Oro Blanco S.A., y de Nitratos de Chile S.A. teniendo una participación de 76,34% respectivamente sobre dichas sociedades.

- La Polar S.A. es una de las mayores compañías del sector retail en Chile. El principal negocio de La Polar es la venta al detalle de vestuario, accesorios y productos para el hogar a través de tiendas por departamento, acompañado por un negocio financiero a través del crédito directo a sus clientes a través de la Tarjeta La Polar. Actualmente administra 40tiendas por departamento en Chile con una superficie de venta total de aproximadamente 160.500 m² y 5 tiendas por departamento en Colombia con una superficie de venta total superior a los 25.600 m².
- Sociedad de Inversiones Oro Blanco S.A. es controlador directo y accionista mayoritario de Sociedad de Inversiones Pampa Calichera S.A. Al 31 de diciembre de 2010 tiene una participación de 75,5% sobre dicha sociedad.
- Parque Arauco S.A. desarrolla y administra activos inmobiliarios multiformato, principalmente de uso comercial, orientados hacia distintos sectores socioeconómicos en Chile, Perú y Colombia.
- Paz una de las principales inmobiliarias con presencia en Chile, Perú y Brasil, con más de 40 años de experiencia en el mercado. La compañía presenta un modelo de negocio integrado, que contempla diversas etapas: el estudio del mercado inmobiliario, la elección y compra de terrenos; la arquitectura y gestión inmobiliaria; la construcción de los proyectos; la comercialización y el servicio de post venta. La integración en el modelo, su excelencia en gestión y sólido conocimiento del negocio le han permitido posicionarse como una de las principales firmas del rubro en Chile y Perú.
- Pehuenche es una compañía de generación eléctrica conectada al Sistema Interconectado Central (SIC), que posee y opera tres plantas hidroeléctricas ubicadas en la zona centro sur del país en la cuenca hidrológica del río Maule, con una capacidad instalada total de 699 MW.Pehuenche S.A. se constituyó en 1986 y su primera central, Pehuenche -actualmente la segunda planta de generación hidráulica más grande del sistema eléctrico chileno-, posee una capacidad instalada de 570 MW. A fines de 1993 comenzó a operar su central Curillinque y, en agosto de 1997, su central Loma Alta.

- Provida fundada en mayo de 1981 bajo el alero del Decreto Ley 3.500 que lanzó en Chile un revolucionario y moderno sistema de pensiones privado, replicado desde hace 15 años en países de América Latina (tales como México, Perú y Colombia) y, además, en Europa del Este. En Chile, por su parte, esta Administradora absorbió a fines de los 90 la gestión de fondos de otras AFP's; AFP Protección asociada al Grupo Security y AFP Unión a Interamericana. Más de 30 años de trayectoria como líder del Sistema, han transformado a Provida en una empresa exitosa, con una sólida posición de liderazgo en un mercado cada vez más complejo.
- Quiñenco es el centro corporativo de uno de los conglomerados de negocios más importantes de Chile, con activos consolidados de aproximadamente US\$52.500 millones. Es la entidad controladora de empresas líderes en diversos sectores de la economía chilena. Actualmente, Quiñenco mantiene inversiones en los sectores financiero (Banco de Chile), de bebidas y alimentos (CCU), manufacturero (Invexans y Techpack), energía (Enex), transporte (CSAV) y servicios navieros y portuarios (SM SAAM), principalmente.
- Ripley Corp es una de las principales compañías de retail de Chile, Perú y Colombia, a través de las 74 tiendas por departamento que opera en estos tres países. También participa en el negocio financiero a través de Banco Ripley (Chile), Banco Ripley del Perú y Ripley Colombia Compañía de Financiamiento, con más de \$1.500 millones de dólares en colocaciones y 3,5 millones de Tarjetas de Crédito Ripley activas. Asimismo, Ripley actúa en el negocio inmobiliario, mediante la participación en la propiedad de 9 centros comerciales en Chile y 4 en Perú.
- SalfaCorp S.A. es una de las principales empresas de América Latina ligada al sector de la Ingeniería, Construcción e Inmobiliaria, con 85 años de historia, indiscutido liderazgo en Chile y con presencia en los mercados de Perú, Colombia y Panamá. A través de sus filiales, Salfa Ingeniería y Construcción S.A. y Aconcagua S.A., ofrece especialidades tales como montaje, mantenimiento industrial, minería subterránea, movimiento de tierra, perforaciones y tronaduras, obras civiles, obras marítimas, geotecnia y postensados, desarrollo inmobiliario y edificación. Al 30/09/14 cuenta con ventas consolidadas por US\$ 1.609 millones y una capitalización bursátil de US\$ 336 millones.

- Schwager Mining&Energy es una empresa diversificada en los negocios de la minería y de las energías renovables. La Compañía hoy cuenta con un crecimiento y desarrollo significativo dentro del área de servicios y de apoyo a la minería, con contratos comprometidos con las principales compañías cupríferas de Chile, tales como Minera Escondida, Lomas Bayas, divisiones El Teniente, Ministro Hales, Radomiro Tomic y Chuquicamata de Codelco, entregando servicios de mantenimiento a la operación minera y suministro de equipos e integración de sistemas a las mismas. A su vez Schwager a través de sus filiales ha desarrollado negocios y proyectos en el área de las ERNC brindando soluciones energéticas y ambientales de Biogás, centrales de pasada y centrales solares. Para mayor información visite www.schwager.cl
- Grupo Security S.A. es un holding financiero diversificado con base en Chile, con servicios bancarios, de seguros, inversiones y otros servicios a empresas grandes y medianas y a personas. A través de un enfoque en una oferta de servicios financieros diferenciada e innovadora ajustada a su nicho, aprovecha sinergias operativas y financieras a través de crecimiento orgánico y adquisiciones.
- Sigdo Koppers es un conglomerado de capitales chilenos, líder en servicios y productos para la minería e industria. Agrupa empresas productoras de nitrato de amonio y servicios de fragmentación de roca, Enaex; fabricación de bolas de molienda y piezas de desgaste, Magotteaux; construcción y montaje industrial de gran escala, ICSK; comercialización, arriendo y distribución de maquinarias, SKC; transferencia portuaria y almacenamiento de gránulos sólidos y líquidos, PVSA; transporte ferroviario, FEPASA; comercialización de vehículos livianos, SKBergé; y soluciones de tecnología, SK Godelius.
- En 1894 inicia sus operaciones el Banco de Chile, el cual operó como banco comercial hasta 1996, cuando sus accionistas acordaron convertirse en una sociedad de inversiones de giro exclusivo, regida por la Ley N°19.396, cambiando su nombre por Sociedad Matriz del Banco de Chile S.A. (SM-Chile). Simultáneamente, SM-Chile creó un banco comercial con el nombre de Banco de Chile al cual le traspasó todos sus activos y pasivos, con excepción de la obligación subordinada con el Banco Central de Chile, asumida por la crisis bancaria de los años 1982 – 1984.

- SAAM S.A. es una empresa líder en la prestación de servicios integrados a las compañías navieras, aéreas y exportadores e importadores en todo el proceso de movilización de carga, operando a través de sus tres áreas de negocio: terminales portuarios, remolcadores y logística, en los principales mercados de América; Chile, Perú, Brasil, Uruguay, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México, EEUU y Canadá. SAAM es el mayor operador portuario en América del Sur y el cuarto operador de remolcadores en el mundo.
- Socovesa compañía inmobiliaria y constructora, cuya cadena de valor abarca desde el estudio de proyectos hasta el servicio de postventa. La Compañía posee dos unidades de negocio: Área Inmobiliaria y Área de Ingeniería y Construcción. El área Inmobiliaria, negocio principal de la Compañía que está formada por Socovesa, que abarca los proyectos de casas a lo largo del país; Almagro, que desarrolla departamentos en altura principalmente para los segmentos ABC1/C2; Pilares, que construye departamentos en altura en zonas urbanas para el C2/C3; y Socovesa Desarrollos Comerciales, que cubre los proyectos inmobiliarios no habitacionales. El área de Ingeniería y Construcción está centrada en la ejecución de proyectos de montaje para terceros, siendo un negocio de nicho para Empresas Socovesa.
- SONDA es la mayor firma latinoamericana de Servicios de Tecnologías de la Información (TI) e Integración de Sistemas. Fundada en Chile en 1974, cuenta con una red de servicios que abarca los mercados más importantes de América Latina. La Compañía tiene presencia en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú y Uruguay, con más de 5.000 clientes y una dotación aproximada de 22.000 personas. Su oferta comprende servicios relacionados con las Tecnologías de la Información (TI), desde la ejecución de proyectos de integración de sistemas de gran complejidad, hasta la provisión de infraestructura computacional.
- Soquimich Comercial S.A. (SQMC) fue creada en 1987 como filial de la Sociedad Química y Minera de Chile S.A (SQM). Desde su creación se orienta principalmente afertilizantes y productos o insumos agrícolas, artículos destinados a la actividad de la agricultura y nutrientes vegetales de especialidad (fertilizantes), commodities en sus líneas Qrop ® (Granulados), Qrop Mix ® (mezclas granulares), Ultrasol ® (solubles) y agroinsumos a través de una extensa red de distribución a lo largo del país.

- SQM es un productor y comercializador integrado de nutrientes vegetales de especialidad, fertilizantes potásicos, yodo, litio, y químicos industriales. Sus productos se basan en el desarrollo de recursos naturales de alta calidad que le permiten ser líder en costos, apoyado por una red comercial internacional especializada con ventas en más de 115 países. La estrategia de desarrollo de SQM apunta a mantener y profundizar el liderazgo mundial en cada uno de sus negocios.
- Compañía Sud Americana de Vapores S.A. (CSAV) es una empresa naviera basada en Chile, y luego de la combinación de negocios realizada en diciembre de 2014 con Hapag-Lloyd (HLAG), es el mayor accionista de esta empresa alemana, una de las mayores navieras mundiales de transporte de carga en contenedores. HLAG opera una red global compuesta por más de 120 servicios de línea con cerca de 350 oficinas en 117 países y una flota cercana a las 180 naves. CSAV ofrece directamente otros servicios de transporte marítimo, principalmente de vehículos y de graneles líquidos, como también los servicios de freight forwarder y operación logística.
- VSPT Wine Group nace en 2008, de la fusión de dos grupos vitivinícolas chilenos, Viña San Pedro, controlado por CCU S.A. y Viña Tarapacá Ex Zavala. VSPT Wine Group tiene una larga trayectoria vitivinícola. Actualmente exporta sus productos a más de 80 países, y es el segundo grupo exportador más grande de vino chileno. En Chile es uno de los tres principales productores de la industria, liderando el mercado en venta de botella fina. El Grupo está compuesto por siete bodegas chilenas y dos argentinas: San Pedro, Tarapacá, Leyda, Santa Helena, Misiones de Rengo, Viñamar y Casa Rivas en Chile; La Celia y Tamarí en Argentina.
- Watts compañía con ventas por US\$620MM, con participaciones relevantes en productos como leches líquidas, en polvo, mantequillas, quesos, aceites, margarinas, jugos, néctares, mermeladas, dulces, conservas de fruta y verdura, salsas, pastas frescas y hortalizas congeladas, con marcas relevantes como Watt's, Loncoleche, Calo, Las Parcelas de Valdivia, Yogu-Yogu, Belmont, Chef, Mazzola, Wasil, Frugo, Regimel, Il Gastronómico Frutos del Maipo, entre otras. Presencia internacional, a través de filial en Perú, además de sus exportaciones a variados países. Matriz de Viña Santa Carolina, la que destaca en el rubro vitivinícola con Santa Carolina, Ochagavía, Casablanca y Finca el Origen en Argentina.

- Zofri es una Sociedad Anónima Abierta con participación mayoritaria del Estado de Chile y forma parte del Sistema de Empresas Públicas. Por contrato de concesión con el Estado, debe administrar y explotar el Sistema Franco de Iquique. Este es un eficiente centro de negocios de más de 340 hectáreas de terrenos y numerosas instalaciones, en donde operan más de 2.000 empresas, las cuales efectúan compras y ventas de mercancías, o procesos industriales, bajo un régimen de exenciones tributarias y aduaneras en la macro zona. Esta fuerte actividad comercial la ubica como la zona franca comercial más importante de Sudamérica.

Anexo B Código Pajek

En este anexo se presenta el código del programa Pajek para la obtención del Mapa de la Estructura Jerárquica del Mercado Accionario Chileno.

```
*Vertices 82
1 "AESGENER" x_fact 3 y_fact 3 lr 18 lphi 300
2 "AGUAS-A" x_fact 3.5 y_fact 3.5 lr 20 lphi 305
3 "ALMENDRAL" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
4 "ANDINA-A" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
5 "ANDINA-B" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
6 "ANTARCHILE" x_fact 4 y_fact 4 lr 21 lphi 305
7 "AQUACHILE" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
8 "AUSTRALIS" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
9 "AZUL AZUL" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
10 "BANMEDICA" x_fact 2.5 y_fact 2.5 lr 17 lphi 300
11 "BANVIDA" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
12 "BCI" x_fact 5 y_fact 5 lr 25 lphi 310
13 "BESALCO" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
14 "BSANTANDER" x_fact 6 y_fact 6 lr 30 lphi 310
15 "CAMANCHACA" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
16 "CAMPOS" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
17 "CAP" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
18 "CCU" x_fact 3.5 y_fact 3.5 lr 20 lphi 305
19 "CEMENTOS" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
20 "CENCOSUD" x_fact 6 y_fact 6 lr 30 lphi 310
21 "CGE" x_fact 2.5 y_fact 2.5 lr 17 lphi 300
22 "CHILE" x_fact 6 y_fact 6 lr 30 lphi 310
23 "CMPC" x_fact 4 y_fact 4 lr 21 lphi 305
24 "COLBUN" x_fact 3.5 y_fact 3.5 lr 20 lphi 305
25 "COLO COLO" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
26 "CONCHATORO" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
27 "COPEC" x_fact 7 y_fact 7 lr 33 lphi 320
28 "CRISTALES" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
29 "CRUZADOS" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
30 "CTC-A" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
31 "ECL" x_fact 2.5 y_fact 2.5 lr 17 lphi 300
32 "EISA" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
33 "EMBOROR-B" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
34 "ENELCHILE" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
35 "ENERGIS-AM" x_fact 5 y_fact 5 lr 25 lphi 310
36 "ENJOY" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
37 "ENTEL" x_fact 3 y_fact 3 lr 18 lphi 300
38 "FALABELLA" x_fact 8 y_fact 8 lr 37 lphi 320
39 "FORUS" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
40 "GASCO" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
41 "HABITAT" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
42 "HF" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
43 "HITES" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
44 "IAM" x_fact 2.5 y_fact 2.5 lr 17 lphi 300
45 "IANSA" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
46 "ILC" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
47 "INDISA" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
48 "INVERCAP" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
49 "INVERMAR" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
50 "INVEXANS" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
51 "ITAUCORP" x_fact 3 y_fact 3 lr 18 lphi 300
52 "LAN" x_fact 4 y_fact 4 lr 21 lphi 305
53 "LAS CONDES" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
54 "MARINSA" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
55 "MASISA" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
56 "MINERA" x_fact 2.5 y_fact 2.5 lr 17 lphi 300
57 "MOLYMET" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
58 "MULTIFOODS" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
```

```

59 "NORTEGRAN" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
60 "NUEVAPOLAR" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
61 "ORO BLANCO" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
62 "PARAUCO" x_fact 2.5 y_fact 2.5 lr 17 lphi 300
63 "PAZ" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
64 "PEHUENCHE" x_fact 3.5 y_fact 3.5 lr 20 lphi 305
65 "PROVIDA" x_fact 2.5 y_fact 2.5 lr 17 lphi 300
66 "QUINENCO" x_fact 3.5 y_fact 3.5 lr 20 lphi 305
67 "RIPLEY" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
68 "SALFACORP" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
69 "SCHWAGER" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
70 "SECURITY" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
71 "SK" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 315
72 "SM-CHILE B" x_fact 3.5 y_fact 3.5 lr 20 lphi 305
73 "SM-CHILE D" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
74 "SMSAAM" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
75 "SOCOVESA" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
76 "SONDA" x_fact 2.5 y_fact 2.5 lr 17 lphi 300
77 "SOQUICOM" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
78 "SQM-B" x_fact 3.5 y_fact 3.5 lr 20 lphi 305
79 "VAPORES" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
80 "VSPT" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
81 "WATTS" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
82 "ZOFRI" x_fact 2 y_fact 2 lr 15 lphi 300
*edges
22 2 0.6
37 3 0.6
5 4 0.7
18 5 0.7
27 6 0.9
58 7 0.7
15 8 0.6
24 9 0.6
46 10 0.6
52 11 0.6
27 12 0.9
68 13 0.7
27 14 0.9
58 15 0.7
45 16 0.9
52 17 0.7
14 18 0.7
55 19 0.6
38 20 0.9
20 21 0.6
14 22 0.9
24 23 0.9
1 24 0.7
63 25 0.6
38 26 0.7
23 27 0.9
77 28 0.6
52 29 0.6
48 30 0.6
24 31 0.7
36 32 0.6
68 33 0.6
27 34 0.7
27 35 0.7

```

58	36	0.6
23	37	0.7
27	38	0.9
68	39	0.6
21	40	0.6
46	41	0.6
70	42	0.6
67	43	0.6
2	44	0.7
7	45	0.6
71	46	0.6
59	47	0.6
17	48	0.9
58	49	0.6
38	50	0.6
22	51	0.7
27	52	0.7
14	53	0.6
26	54	0.6
68	55	0.6
51	56	0.6
13	57	0.6
13	58	0.6
61	59	0.6
67	60	0.6
78	61	0.6
27	62	0.7
75	63	0.6
51	64	0.6
82	65	0.6
22	66	0.6
20	67	0.7
23	68	0.7
9	69	0.6
17	70	0.6
6	71	0.6
22	72	0.7
72	73	0.6
68	74	0.6
68	75	0.6
27	76	0.7
78	77	0.6
52	78	0.7
27	79	0.7
65	80	0.6
31	81	0.6
27	82	0.6