

UNIVERSIDAD DE ATACAMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. DE INDUSTRIA Y NEGOCIOS**



**FACTORES DE ÉXITO EN LA IMPLANTACIÓN DE ERP EN
EMPRESAS MINERAS DE LA REGIÓN DE ATACAMA.**

SUSANA ANES ARAYA - CAROL FUENTES CORTEZ
Copiapó, Chile 2021

UNIVERSIDAD DE ATACAMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. DE INDUSTRIA Y NEGOCIOS**



**FACTORES DE ÉXITO EN LA IMPLANTACIÓN DE ERP EN
EMPRESAS MINERAS DE LA REGIÓN DE ATACAMA.**

**"TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS
REQUISITOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL"**

**PROFESOR GUÍA:
ALEXANDER BORGER FERRARI**

**SUSANA ANES ARAYA - CAROL FUENTES CORTEZ
Copiapó, Chile 2021**

Agradecimientos

En esta etapa tan importante de mi vida, la cual fue un proceso largo y difícil para llegar a ser una profesional, donde hubo momentos en que creí que no llegaría tan lejos, también llenos de emociones, tanto buenas como malas y obstáculos, los cuales supe superar gracias a mi esfuerzo y perseverancia. Primero dar gracias a Dios por darme la salud y de darme la dicha de tener una familia la cual siempre me entregó su apoyo, a mis profesores quienes entregaron su tiempo y paciencia enseñando y entregando su conocimiento, a mis compañeros quienes fueron parte de este proceso entregando risas y ayuda en estos años de estudio.

Pero en especial quiero agradecer a mis padres Marcela Araya y Elias Anes, quienes me han ayudado en este arduo proceso, quienes además me han ayudado en el cuidado de mi hijo entregándome la oportunidad de estudiar, dándome ánimos cuando me veían decaída, entregándonos los mejores valores a mí, a mis hermanas y a mi hijo, quien me ha dado la fortaleza de salir adelante.

Finalmente agradecer a mi compañera de Tesis Carol Fuentes, quien ha sido una gran persona dedicada en todo ámbito, en el cual nos hemos apoyado, también quiero agradecer a nuestro profesor guía Alexander Borger por ayudarnos y dedicar parte de su tiempo en nuestro trabajo de titulación que es el paso que permite culminar nuestra etapa como profesional.

Muchas gracias a todos.

Susana Anes Araya

Agradecimientos

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mí caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial es a mis padres Guicella Cortez Muñoz y Alcides Fuentes Muñoz por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, a mi pareja y amor Eder Campos Olivares por ser la mayor motivación en mi vida, apoyándome y acompañándome en todo momento difícil que me tocó enfrentar, agradeciéndole por todo su cariño, compromiso y paciencia hacia mí ya que sin él este camino hubiese sido imposible de terminar.

Finalmente me gustaría expresar mi profunda gratitud a los profesores que fueron parte de mi vida universitaria en especial a nuestro profesor guía Alexander Borger por su paciente orientación, su entusiasta aliento y sus útiles críticas de este trabajo de investigación. También me gustaría agradecer a mi compañera Susana Anes por su dedicación y compromiso en esta investigación que juntas logramos.

Gracias, infinitas a todos

Carol Fuentes Cortez

Resumen

En vista del gran avance que han tenido los ERP (Enterprise Resource Planning) a nivel mundial en su implantación en empresas, se busca analizar, comprobar y determinar los factores que afectan el éxito en la implantación de estos sistemas ERP en las empresas Mineras de la Región de Atacama. En este contexto la actividad minera es una de las más relevantes en la zona, lo que detona el interés en el estudio de fenómenos asociados a este rubro. Mediante el estudio de la literatura relacionada a la adopción de innovaciones tecnológicas entre los años 1998 al 2004 se extraen 8 variables que determinan el éxito en la implantación de los ERP. Se encuestaron 12 empresas del sector minero, con la finalidad de analizar las 8 variables seleccionadas que serán ingresadas en un software llamado Statgraphics, el cual mediante un análisis factorial arroja en definitiva 4 factores de mayor influencia para el fenómeno que explica las variables que tienen mayor relación con el éxito en la implantación de ERP. Posteriormente se aplica el método de selección de modelos de regresión en el Software para obtener los factores con el mínimo error residual y con la menor cantidad posible de coeficientes, para ello se aplicó el Criterio de Información Akaike (AIC) y el modelo con mayor r^2 ajustado, obteniendo un coeficiente de determinación muy acertado en ambos modelos, quedando en definitiva 3 factores, definidos como; **Calidad del sistema de gestión empresarial, reinversión y Plan de negocios**. Finalmente, del análisis de regresión se concluye que el modelo explica o determina el éxito de la implantación de un sistema ERP en un 82,4%.

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Problema	1
1.1.1 Alcance.....	1
1.1.2 Antecedentes Generales	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
Capítulo 2. Sistemas ERP	4
2.1 Concepto de sistemas de información.....	4
2.2 Historia de los sistemas ERP	5
2.2.1 Historia de los sistemas ERP en Chile	6
2.2.2 Definición de ERP	8
2.2.4 Características de un sistema ERP	10
2.2.5 Módulos de los sistemas ERP	11
2.2.6 Proveedores ERP	14
Capítulo 3. Marco teórico	15
3.1 Concepto de Factores Críticos de Éxito	17
3.2 Factores críticos de éxito	17
3.2.1 Éxito de implantación ERP	20
3.2.2 Definición de implantación	24
3.2.3 Metodología de adopción.....	25
3.3 Empresas Encuestadas	25
3.4 Variables de Estudio	28
Capítulo 4. Metodología.....	32
4.1 Tipo de investigación	32
4.1.1 Población y tamaño de la muestra	32
4.1.1.1 Población.....	32
4.1.1.2 Tamaño de la muestra	34

4.1.1.3 Instrumento utilizado	34
Capítulo 5. Teoría	36
5.1 Análisis Factorial	36
5.1.1 Planteamiento del problema	36
5.1.1.2 Rotación de la solución	40
5.1.1.3 Fases en la Resolución del Problema	41
5.1.2 Criterio de selección del modelo	43
5.1.2.1 Criterio de Akaike	43
5.1.3.1 Prueba de hipótesis en Regresión Lineal Múltiple	49
5.1.3.2 Prueba de Significancia de la Regresión	50
5.1.3.3 Prueba de la Hipótesis General Lineal	50
5.1.3.4 Intervalo de confianza en Regresión Múltiple	52
5.1.3.5 Estimación del intervalo de confianza de la respuesta media	52
Capítulo 6. Desarrollo del Trabajo.....	53
6.2 Análisis Factorial	53
6.2.1 Análisis.....	53
6.3 Cálculo de la Matriz de Valores de Factores	56
6.4 Selección del Modelo de Regresión	57
6.5 Obtención de la Ecuación del Modelo Final	63
6.5.1 Análisis e interpretación de los resultados.....	66
6.5.2 Análisis e Interpretación del Modelo de Predicción	66
6.5.3 Variables excluidas del modelo	68
6.5.4 Caracterización de las empresas con alto nivel de éxito en la implantación de ERP:.....	69
6.5.5 Caracterización de las empresas con bajo nivel de éxito en la implantación de ERP:.....	70
6.6 Análisis de los resultados de la encuesta	71
Capítulo 7. Conclusión y Recomendaciones.....	73
7.1 Conclusiones	73
7.2 Recomendaciones	74
Referencias Bibliográficas	76

Anexos	87
Anexo 1. Gráficos representativos de la encuesta	87
Anexo 2. Encuesta.....	93
Anexo 3. Clasificación respuestas de la encuesta	97

Índice de tablas

Tabla 3.1 Factores críticos de éxito en la implantación ERP	16
Tabla 3.1. Autores que han estudiado los Factores Críticos.	22
Tabla 3.2 Factores críticos seleccionados	29
Tabla 3.3 Variables seleccionadas con sus preguntas.....	31
Tabla 4. Empresas Mineras de la Región de Atacama, Chile.	33
Tabla 4.1 Empresas mineras de la región de Atacama	33
Tabla 6.1: Matriz de Cargas de Factores después de Varimax rotación	53
Tabla 6.2 Matriz de valores de factores	56
Tabla 6.3 Modelos con Mejor Criterio de Información (AIC).....	58
Tabla 6.4 Modelos con Mayor R-Cuadrado Ajustado.....	59
Tabla 6.5 Modelos con Mejor Criterio de Información (AIC).....	61
Tabla 6.6 Modelos con Mayor R-Cuadrado Ajustado.....	62
Tabla 6.7: Transformación Cochran-Orcutt aplicada.....	64
Tabla 6.8 ANOVA Análisis de Varianza.....	65
Tabla 6.9: Características del modelo	65

Índice de Figuras

Figura 4.1 Metodología.....	35
Figura 5.1 Gráfico de matriz Λ	39
Figura 5.2 Rotación de la solución	40
Figura 5.3 Plano de regresión para el modelo $E(y) = 50 + 10x_1 + 7x_2$	46
Figura 5.4 Gráfica de curvas de nivel	47
Figura 5.5 Gráfica tridimensional del modelo de regresión.....	48
Figura 5.6 Gráfica de curvas de nivel	48
Figura 6.1 Gráfico de sedimentación.....	55

Capítulo 1. Introducción

1.1 Problema

Determinar los factores que permitan explicar el fenómeno del Éxito en la implantación de ERP en empresas mineras de la Región de Atacama.

1.1.1 Alcance

El estudio consiste en realizar un modelo de predicción capaz de determinar las variables con mayor importancia en los factores de la adopción en los sistemas ERP en las empresas Mineras de la Región de Atacama.

1.1.2 Antecedentes Generales

Mediante la revisión de la literatura sobre los Factores que afectan el éxito en la implantación de los sistemas ERP, se escogen algunos de estos con la intención de medir su efecto sobre la adopción de innovaciones en la realidad de la tercera región de Chile.

El marco teórico y de análisis de los determinantes del éxito de la implementación de ERP, conlleva a variables escogidas en base a la teoría estudiada. Los sistemas ERP, Enterprise Resource Planning, como sus siglas en inglés lo indican “Planificación de Recursos Empresariales”, el que cada vez toma mayor posicionamiento en las empresas que buscan integrar de mejor forma sus áreas internas, automatizando sus procesos, disminuyendo tiempo y ofreciendo una mayor productividad.

Considerando la Región de Atacama, la cual se encuentra ubicada en la zona norte de Chile, se destaca por su fuerte actividad minera que remonta desde años inmemoriales, donde comienza con pirquineros y luego crece alrededor de los años 1830 y 1920 donde ocurre una transición de una minería sumamente artesanal a una explotación bien tecnificada, la cual ha ido creciendo y por ende han aumentado sus necesidades y exigencias, como contar con información confiable, precisa e integrada en cuanto a sus áreas, lo que permite a la organización tener una ventaja competitiva o en su defecto alinearse comparativamente con sus competidores encontrando en la organización la disponibilidad de una respuesta adecuada de información a la medida de sus necesidades,

estableciendo una solución que permitirá una integración total de todas las operaciones, con el fin de gestionar adecuadamente cada una de las áreas de la empresa.

En el primer capítulo se verá el problema, el alcance y los antecedentes generales del éxito en la implantación de ERP.

En el segundo capítulo se define lo que son los sistemas de información (SI) para tener una base de donde provienen los sistemas ERP, su historia, en qué consiste y en la forma en que se emplea para dar sustento a esta investigación.

El tercer capítulo menciona las variables a utilizar respaldadas por sus respectivos autores, las que son aplicadas por medio de una encuesta a 12 empresas Mineras de la región de Atacama en Chile, detallando en qué consisten las variables que son parte del factor crítico del éxito en la implantación de los ERP.

El cuarto capítulo se explica la metodología a desarrollar en la investigación, señalando los mecanismos utilizados para la cuantificación y caracterización del sector, describiendo la población y el tamaño de la muestra para el análisis. También se describe el instrumento utilizado para poder realizar el análisis de estudio.

En el quinto capítulo se expone el desarrollo de la investigación, donde se definen las variables que explican el Éxito en la implantación de los ERP. Mediante un software se obtienen el análisis factorial, el cálculo de la matriz de valores de factores, la selección del modelo de regresión, el análisis de la encuesta y finalmente una reflexión en base a los resultados obtenidos.

En el sexto y último capítulo se describe una conclusión de esta investigación y sus respectivas recomendaciones.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Estudiar y medir los factores que afectan el éxito en la implantación de ERP en las empresas mineras de la Región de Atacama, a través de la aplicación del modelo estadístico y predictivo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Revisar la Literatura.
- Evaluar cuáles son los factores involucrados en la implantación de ERP en la Industria de minería metálica en la Región de Atacama.
- Identificar los factores claves que conllevan al éxito en la implantación de ERP en la industria de minería metálica en la Región de Atacama.
- Determinar si existe relación entre variables.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos en la encuesta, con el fin de poder realizar conclusiones sobre la adopción de los sistemas ERP en las empresas mineras de Atacama.

Capítulo 2. Sistemas ERP

2.1 Concepto de sistemas de información

Los Sistemas de información son un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar los procesos de toma de decisiones y de control en una organización (Laudon & Laudon, 2004), son elementos interrelacionados con el propósito de prestar atención a las demandas de información de una organización, para elevar el nivel de conocimientos que permitan un mejor apoyo a la toma de decisiones y desarrollo de acciones (Peña, 2006), estos son un conjunto formal de procesos que, operando con un conjunto de datos estructurados de acuerdo a las necesidades de una empresa, recopila, elabora y distribuye (parte de) la información necesaria para la operación de dicha empresa, apoyando en parte la toma de decisiones necesaria para desempeñar las funciones y procesos de negocio de la empresa de acuerdo con su estrategia (Andreu, Ricart, & Valor, 1996). Además de apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control, los sistemas de información también pueden ayudar a los gerentes y trabajadores del conocimiento a analizar problemas, visualizar temas complejos y crear nuevos productos (Laudon & Laudon, 2004).

Otros autores definen sistema de información como un conjunto de personas, datos, procesos y tecnología de la información que interactúan para recoger, procesar, almacenar y proveer la información necesaria para el correcto funcionamiento de la organización (Whitten, Bentley, & Barlow, 1996).

Los sistemas de información contienen información sobre personas, lugares y cosas importantes dentro de la organización, o en el entorno que la rodea. Por información nos referimos a los datos que se han modelado en una forma significativa y útil para los seres humanos. Por el contrario, los datos son flujos de elementos en bruto que representan los eventos que ocurren en las organizaciones o en el entorno físico antes de ordenarlos e interpretarlos en una forma que las personas puedan comprender y usar (Laudon & Laudon, 2004).

Las empresas necesitan que determinada información fluya para coordinar sus acciones operativas, y que otra información llegue a tiempo y organizada adecuadamente para que

los responsables tomen sus decisiones con el máximo conocimiento de causa y para que quienes que coordinan las distintas actividades puedan hacerlo en cuanto se detecte la primera desviación relevante de lo previsto y lo real. (Sielber, Valor, & Porta, 2006).

2.2 Historia de los sistemas ERP

Los sistemas de Control y Planeación de Manufactura (MPC, Manufacturing Planning and Control) existieron desde los primeros días de la revolución industrial, para automatizar varias tareas y mejorar la exactitud, confiabilidad y predictibilidad de la manufactura. Después se le dio importancia al punto de reorden (ROP), estos sistemas se automatizaron con la introducción de los mainframes a finales de 1950 e inicios de 1960 (Montalvo, Plancarte y Tapia, 2005).

Según la historia, se dice que, estos sistemas comenzaron a desarrollarse en USA durante la segunda guerra mundial, con el objetivo de apoyar la gestión de los recursos materiales que demandaba el ejército. Fueron llamados MRPS (Material Requirements Planning Systems), o sistemas de planeación de requerimientos de materiales. En la década de los 60, las compañías manufactureras retomaron la idea de MRPS con el fin de gestionar y racionalizar sus inventarios y planificar el uso de recursos acorde a la demanda real de sus productos, por lo que los MRPS evolucionan a MRP (Manufacturing Resource Planning). En los años 80 la utilización de estos sistemas incluía conceptos como “Just in Time”, manejo de la relación con clientes y proveedores, entre otros, es así como los MRP evolucionan completamente hasta lo que se conoce como MRP II (Benvenuto, 2006).

Los sistemas ROP, MRP y MRP II que eventualmente evolucionaron se caracterizaban por usar computadoras mainframe, bases de datos jerárquicas y sistemas de procesamiento de transacciones complejas, ajustándose principalmente hacia la administración de un ambiente de producción de pocos productos, con altos volúmenes, bajo condiciones de demanda constante. Aunque la eficiencia era alta, estos sistemas eran a menudo inflexibles cuando venía la producción de cantidades variables de más productos del cliente en órdenes cortas. (Montalvo, Plancarte y Tapia, 2005).

Los sistemas MRP-II requieren un alto grado de intervención del humano, en hacer los ajustes apropiados a las agendas y en la determinación de la secuencia óptima de las órdenes de manufactura que se adapten mejor al entorno dinámico y a menudo volátil.

Finalmente, en la década de los 90, producto de la globalización las empresas comenzaron a requerir de sistemas que apoyaran la gestión empresarial, integrarán las partes del negocio, promoviendo la eficiencia operativa y sirvieran de soporte a aspectos críticos de la administración. Así, la industria de software en un comienzo desarrolló aplicaciones para integrar los distintos sistemas MRP I y MRP II, que años más tarde se transformaron en los sistemas empresariales integrados, conocidos actualmente como ERP (Enterprise Resource Planning) o Sistemas de Planeación de Recursos Empresariales (Benvenuto, 2006).

2.2.1 Historia de los sistemas ERP en Chile

La fuerte apertura de Chile a los distintos mercados del mundo ha derivado en que las empresas nacionales tomen más en serio el desafío de mejorar su competitividad. Para apoyarlas en esta misión, son varias las herramientas que las compañías podrían utilizar, siendo los sistemas ERP uno de los más demandados en la actualidad (Diario Financiero, 2011). Según cifras de IDC del año 2009, los ingresos en Chile por concepto de licencias para aplicaciones en este tipo de software (como los ERM, SCM, CRM, entre otros) superaron los US\$ 60 millones y las expectativas de este centro de estudios para 2011 son "excelentes". (Diario Financiero, 2011), se tiene conocimiento que, las inversiones en este tipo de tecnología durante el año 2010 se efectuaron en todos los segmentos y sectores industriales como manufactura, comercio, retail, productos de consumo masivo, energía, minería, entre otros (Diario Financiero, 2011).

Por otro lado, de acuerdo con cifras del Estudio Nacional de Tecnologías de Información (ENTI) del CETIUC –una unidad de investigación y extensión de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, el ERP es la solución corporativa más utilizada en las grandes empresas chilenas, ya que casi el 77% cuenta con este tipo de solución. Además, hay rubros en los que casi el 100% los utiliza, como sucede en la minería y en la industria de alimentos y pesca (Vera-Cruz, 2015).

Desde hace muchos años, Chile ha estado a la vanguardia en la región en capacidades de infraestructura tecnológica, con disponibilidad de hardware, alfabetización digital de las empresas, servicios de conectividad y un contexto empresarial y económico en permanente crecimiento. Todo lo anterior ha generado un escenario muy fértil para una variada oferta y la generalizada adopción de diversos tipos de tecnologías y soluciones de tipo ERP, no solo para el segmento de empresas grandes, sino para una importante proporción de empresas medianas, e incluso algunas pequeñas.

“En los últimos años, los grandes proveedores internacionales de tecnologías ERP han innovado con importantes inversiones en cambios tecnológicos orientados a servicios en la nube, en Chile y toda la región, aprovechando los muy notables avances en infraestructuras y servicios en este sector que crecían a tasas superiores a dos dígitos. Todo lo anterior, en conjunto con el fortalecimiento de marcas y proveedores nacionales tradicionales –algunos con presencia de más de dos décadas– y con la irrupción de nuevos sistemas con tecnologías de punta, con oferta muy variada. En este último grupo se incorporan también, muy fuertemente, herramientas con licenciamientos y formatos del mundo open source y toda la comunidad que se genera típicamente con este tipo de filosofías (...)”, explica Francisco Savignone Troncoso, docente de la carrera de Ingeniería en Informática de la sede Padre Alonso de Ovalle de Duoc UC.

Entre las novedades que se han visto en las soluciones de ERP en los últimos años, es que comienzan a tener sinergia con otros módulos de las empresas, afirma Namuncura, de IDC Chile. “Por ejemplo, cómo el ERP interactúa de manera virtuosa con el CRM o la administración del comportamiento del consumidor, la generación de campañas, o temas de logística y abastecimiento, entrega, entre otros. Esto ocurre ya que el mismo uso de los datos que generan las empresas les permite generar acciones predictivas de mantenimiento, de compra, entre otros. Es una retroalimentación constante, ya que cada vez los ERP se integran más a diferentes módulos tecnológicos de las compañías y comienzan a generar sinergias internas”

Para González, de Defontana, la inteligencia artificial aplicada a los ERP es una de las tendencias más importantes e innovadoras en esta área. “Los ERP serán más inteligentes e intuitivos, incluso, predictivos. Entre sus principales ventajas podremos apreciar una

mejora de los procesos de toma de decisiones, mayor automatización de procesos y entrada de datos, aceleración de los procesos empresariales, nueva visión del entorno y capacidad de predicción y mejores resultados comerciales”, anticipa.

Además, los ERP están tendiendo a ser mucho más cercanos y amigables con los usuarios, incluso adoptando mejores prácticas y preocupación en la experiencia de uso. Esto lo valida internamente en las mismas compañías que los emplean como una alternativa para implementación de comercio electrónico y otros tipos de funcionalidades que antiguamente no eran parte de estas suites.

Ciertamente, están migrando a espacios que los vuelven más flexibles, como la nube, explica Savignone, de Duoc UC. “Esto es coincidente con que las necesidades de las industrias han incrementado su adaptación a este tipo de plataformas, cada vez más enfocadas en formatos en la nube. Todo esto apoyándose en las funcionalidades tradicionales que soportan ciclos de negocios comerciales y administrativos estándares, como ventas, facturación y contabilidad. Por otro lado, la pandemia ha enfocado los esfuerzos en fortalecer herramientas integradas que reflejen la nueva forma de trabajar de las empresas. Entre ellas las videoconferencias, gestión de la documentación y asignación de tareas vía módulos colaborativos”, detalla.

2.2.2 Definición de ERP

El ERP (Enterprise Resources Planning) o como sus siglas en inglés lo indican “Planificación de Recursos Empresariales”, son un conjunto de paquetes o aplicaciones informáticas de gestión empresarial que busca integrar todos los departamentos y funciones de la empresa en un único sistema informático, con el fin de tomar las mejores decisiones para sus procesos y estrategias de negocios.

La instauración de este sistema integrado de información transforma los productos y servicios que ofrecen las instituciones, las estrategias de mercadotecnia, las relaciones con los clientes y los proveedores, y los procesos internos, lo que obliga a las empresas y entidades a confortar una estructura organizacional basada en centros especializados de actividades, y a una distribución mejorada de las responsabilidades, los procesos políticos y de administración, cuyo conjunto de clasificaciones y de categorización social

configuran un comportamiento representativo e institucional que se encarga de proveer información, así como de las herramientas necesarias para manipularla.

El trabajo fundamental de un ERP se realiza, como ha sido mencionado anteriormente, a través de un sistema de información, cuya cognición significativa abarca tanto perspectivas técnicas como conductuales, destacando la conciencia de las dimensiones administrativas, organizacionales y tecnológicas. Otra forma de ver el ERP a veces

También se le llama “departamento de sistemas”, porque es precisamente a través del sistema de información que se ofrecen la mayoría de las soluciones, aunque también se le denomina departamento de informática por ser precisamente el proveedor y editor de la información.

2.2.3 Sistemas ERP

El entorno empresarial ha cambiado de forma muy importante en los últimos años. Estos cambios suelen relacionarse principalmente con la creciente globalización de la economía, la consecuente internacionalización de los mercados y la rapidez del cambio tecnológico (Sierra et al., 2007).

Una primera definición de sistema ERP, más bien de carácter operacional, se encuentra en la asociación American Production and Inventory Control Society. Esta asociación define un sistema ERP como un “método para la efectiva planificación y control de todos los recursos necesarios para tomar, producir, enviar y contabilizar los pedidos realizados por los clientes en una compañía de manufactura, distribución o servicios” (Rashid 2002). Por otro lado, Kumar y Hillengersberg (2000) definen al ERP como “paquetes de sistemas configurables de información dentro de los cuales se integra la información a través de áreas funcionales de la organización” (Kumar 2000).

Así diversos autores han dado definiciones y características asociadas a los sistemas ERP (Davenport 1998; Holland 1999; Kumar 2000; Markus 2000; Nah 2001; Shang 2002). A partir de una revisión a estos trabajos, quién refleja una definición más completa es la publicada por Ramírez: “Un ERP es una extensa solución comercial de software empaquetado compuesto de varios módulos configurables que integran, firmemente y en

un solo sistema las actividades empresariales nucleares – finanzas, recursos humanos, manufactura, cadena del abastecimiento, gestión de clientes – a través de la automatización de flujos de información y el uso de una base de datos compartida. Incorporando en este proceso de integración las mejores prácticas para facilitar la rápida toma de decisiones, las reducciones de costos y el mayor control directivo, y logrando con ello el uso eficiente y eficaz de los recursos empresariales”. (Ramirez Correa 2005; Ramirez correa)

Los sistemas ERP están diseñados tal que soportan una variedad de estructuras administrativas lógicas (Al-Mashsari 2003) usados a todo lo largo de su organización entera (Davenport), consecuentemente, hacer a la medida y configurar un software ERP implica crear una estructura lógica que a su vez involucra una o más entidades financieras y una o más entidades operacionales (la manufactura y / o las ventas y las unidades de distribución) (Markus 2000; Al-Mashari 2003). Por lo general, todos los paquetes de un software comercial como ERP prometen la completa integración de toda la información que fluye a través de la compañía: financiera, contable, de recursos humanos, la cadena de proveedores y la información del cliente (Davenport 1998).

Los sistemas ERP tienen el objetivo de facilitar la gestión de todos los recursos de la empresa, a través de la integración de la información de los distintos departamentos y áreas funcionales (Gómez & Suárez, 2006), evolucionaron hasta hoy y continúan en constante evolución, pues intentan de una forma u otra acompañar la evolución de las propias tecnologías computacionales. (Informática Hoy, 2007).

2.2.4 Características de un sistema ERP

Enterprise Resource Planning (ERP), actualmente es una herramienta vital y completa para la integración de los departamentos de una empresa, en un proceso continuo con la capacidad de generar una fuerte ventaja competitiva, para sobrevivir en el mundo actual de negocios. Todo sistema ERP debe reunir tres cualidades primordiales:

- **Integridad**

Permiten controlar los diferentes procesos de la empresa al ser integrales, todos los departamentos de una empresa se relacionan entre sí, de forma que el resultado de un proceso es el punto de inicio del siguiente.

- **Modularidad**

Una ventaja de los ERP, tanto económica como técnicamente es que la funcionalidad se encuentra dividida en módulos, los cuales pueden instalarse en base a los requerimientos del cliente.

- **Adaptabilidad**

Los ERP están creados para adaptarse a la naturaleza de cada empresa. Esto se logra por medio de la configuración de los procesos de acuerdo con las salidas que se necesiten de cada uno. Son soluciones diseñadas para adaptarse a la idiosincrasia de cada empresa, lo que se consigue mediante la parametrización de los diferentes procesos.

Puede decirse que la principal característica que distingue a los sistemas ERP de otras tecnologías de la información es su complejidad, debido al carácter integrador que tienen tanto para actividades administrativas, como para actividades de producción (Uwizeyemungu y Raymond, 2009). Una de las ventajas y a la vez una de las características más atractiva de integrar a los sistemas de información en una base común, es sustituir la fragmentación de la información que era el principal legado de las IT de la década de 1990 y 2000 (Chapman y Kihn, 2009). La premisa fundamental de la filosofía de los sistemas ERP es que el todo es más importante que la suma de sus partes (Botta-Genoulaz y Millet, 2006).

2.2.5 Módulos de los sistemas ERP

Un Sistema del tipo ERP está formado por un conjunto finito de módulos que pueden adquirirse total o parcialmente. Hay, en general, tres grandes grupos. El primero correspondiente al área financiera, un segundo grupo al área logística y finalmente un grupo al área Recursos Humanos. Además, existen soluciones específicas para sectores industriales particulares. Los módulos más frecuentes según el estudio hecho por (Benvenuto, 2006). Según cada grupo son los siguientes:

- **Módulos del área financiera:** Proporcionan una visión completa de funciones contables y financieras e incluyen un amplio sistema de información y de generación de informes para facilitar a los ejecutivos una mayor rapidez en la toma de decisiones (Benvenuto, 2006).
 - **Gestión Financiera:** Proporcionan las funciones que controlan el aspecto operativo de la contabilidad general y la información financiera de la empresa. Se conectan e integran con otros módulos financieros como tesorería y contabilidad de costos, así como con otras aplicaciones de recursos humanos.
 - **Tesorería:** Integra las previsiones y gestión de recursos de caja con las aplicaciones financieras y logísticas. Proporciona las herramientas necesarias para analizar presupuestos, proceso de asientos contables electrónicos, análisis del mercado de divisas, etc.
- **Módulos del Área Logística:** Las aplicaciones de logística forman la mayor área y concentración de aplicaciones R/3 las cuales contienen el mayor número de módulos. Estos módulos son los encargados de gestionar todo el proceso de la cadena de suministros de una organización, desde la adquisición de la materia prima hasta la entrega al cliente y facturación (Benvenuto, 2006).
 - **Gestión de Inventario:** Abarca todas las actividades y funciones logísticas relacionadas con la adquisición, aprovisionamiento y control de inventarios de la cadena de suministro.
 - **Planificación y Control de la Producción:** Contiene módulos para las diferentes fases, tareas y metodologías utilizadas en la planificación de la producción tales como: cantidades y tipos de productos, tiempo de suministro de materiales, etc., además del proceso mismo de la producción. Los componentes del módulo PP están igualmente integrados con otras aplicaciones R/3 como SD (ventas y distribución), MM (gestión de materiales), etc.

- **Control de calidad:** Se encarga de realizar todas aquellas tareas que implican la planificación de la calidad, el control, las inspecciones y el cumplimiento de los estándares de calidad normalizados internacionalmente.
- **Sistemas de gestión de proyectos:** Permite realizar seguimientos de todas las tareas de un proyecto. Se aplica a todo tipo de proyectos: inversión, marketing, investigación y desarrollo, construcciones de instalaciones, etc. El sistema de proyectos da soporte a la gestión de un proyecto a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de éste. Incorpora herramientas gráficas que permiten realizar la estructuración del proyecto utilizando técnicas estándar.
- **Ventas y distribución:** Permite gestionar todos los aspectos de las actividades comerciales de ventas: pedidos, promociones, competencia, ofertas, seguimiento de llamadas, planificación, campañas, etc. Otra de sus características es la habilidad para obtener los productos en forma inmediata. Los clientes se benefician con un mejor y más rápido servicio, pudiendo recibir confirmación directa de sus pedidos por fax, correo, etc.
- **Módulos de Recursos Humanos:** Incluye todos los procesos de negocio necesarios para controlar y gestionar de una manera eficaz las necesidades de recursos humanos de las empresas; desde la gestión de candidatos a puestos de trabajo a la elaboración de nóminas o al desarrollo de personal, así como al control de tiempos. El objetivo de este módulo es que los usuarios introduzcan los datos una sola vez, con lo que estará disponible de manera inmediata para cualquier otra aplicación relacionada, como contabilidad, mantenimiento de planta, sistema de proyectos o workflow (Benvenuto, 2006).
- **Recursos Humanos:** Representa el sistema completamente para apoyar la planificación y controlar las actividades del personal.

Las empresas optan por los módulos que son técnica y económicamente viables para ellos. Los módulos funcionales ayudan al software ERP a lograr la eficiencia de las operaciones, ahorrar costes y contribuir a maximizar los beneficios (Mi Software, 2011).

2.2.6 Proveedores ERP

Las siguientes empresas representan un amplio porcentaje en cuanto a fabricación de soluciones ERP

- **Softland:** software orientado a entregar herramientas tecnológicas a las empresas con el objetivo de ayudarles a cumplir su misión y mejorar a través de su operación, la posición competitiva que tengan en el mercado en el que se desempeñan.
- **DeFontana:** Software de completa solución para controlar y automatizar los procesos de negocios de pequeñas, medianas y grandes empresas. Su ERP es una completa solución 100% Web que conecta en línea las sucursales, bodegas y locales, controlando las empresas en tiempo real
- **Microsoft dynamics GP:** Es un software para la administración de la relación con los clientes creado por Microsoft que proporciona gestión de ventas, servicio al cliente y capacidad de mercado.
- **Oracle:** Software que desarrolla y vende aplicaciones basadas exclusivamente en su motor de base de datos. Dispone de varias aplicaciones que podrían ser consideradas dentro de esta categoría. No obstante, no es un software ERP al uso. El principal cometido de Oracle es la promoción y uso de su sistema de gestión de base de datos.
- **SAP:** Es un software de planificación de recursos empresariales desarrollado por la compañía alemana SAP SE. SAP ERP incorpora las funciones empresariales claves de una organización es uno de los máximos exponentes del ERP mundial. El de mayor expansión.

Capítulo 3. Marco teórico

Las Empresas tienden a seleccionar el ERP que mejor se adapte a la organización, pero no se puede asegurar con certeza que la implantación tenga éxito, es por esta razón que se estudiarán las variables que se ven involucradas en la implantación de los ERP en las empresas mineras de la región de Atacama, realizándose una encuesta para poder determinar la relación que existe entre las variables que fueron obtenidas mediante el estudio literario de los factores críticos de los sistemas ERP.

Para conocer esta relación se realizará un análisis estadístico con las respuestas de las empresas encuestadas y así obtener las conclusiones necesarias que nos permitan comprender si la aplicación de los sistemas ERP es exitosa en las empresas mineras de la región.

El interés científico sobre los sistemas ERP es muy reciente, los primeros artículos académicos publicados en revistas científicas son del año 1998 (Gable, 1998). Sin embargo, y acorde al uso creciente de estos sistemas, se ha registrado un importante desarrollo de este interés académico en los últimos años. Esteves y Pastor (2001) determinaron entre el año 1997 y el año 2000 un total de 189 artículos en conferencias y revistas de sistemas de información que abordan los sistemas ERP, esto con una importante tasa de crecimiento que va de 5 artículos en el año 1997 a 76 artículos en el año 2000. Apoyando lo anterior, Al-Mashari (2003) expresa "... que los sistemas ERP estén en forma reiterativa encabezando las listas de temas en importantes conferencias académicas sobre sistemas de información refleja la necesidad de investigación en este campo". Esta última afirmación es posible comprobarla si revisamos las últimas versiones de Australasian Conference on Information Systems (ACIS), Americas Conference on Information Systems (AMCIS), European Conference on Information Systems (ECIS), Hawaii International Conference on Systems Science (HICSS), International Conference on Information Systems (ICIS) y Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS).

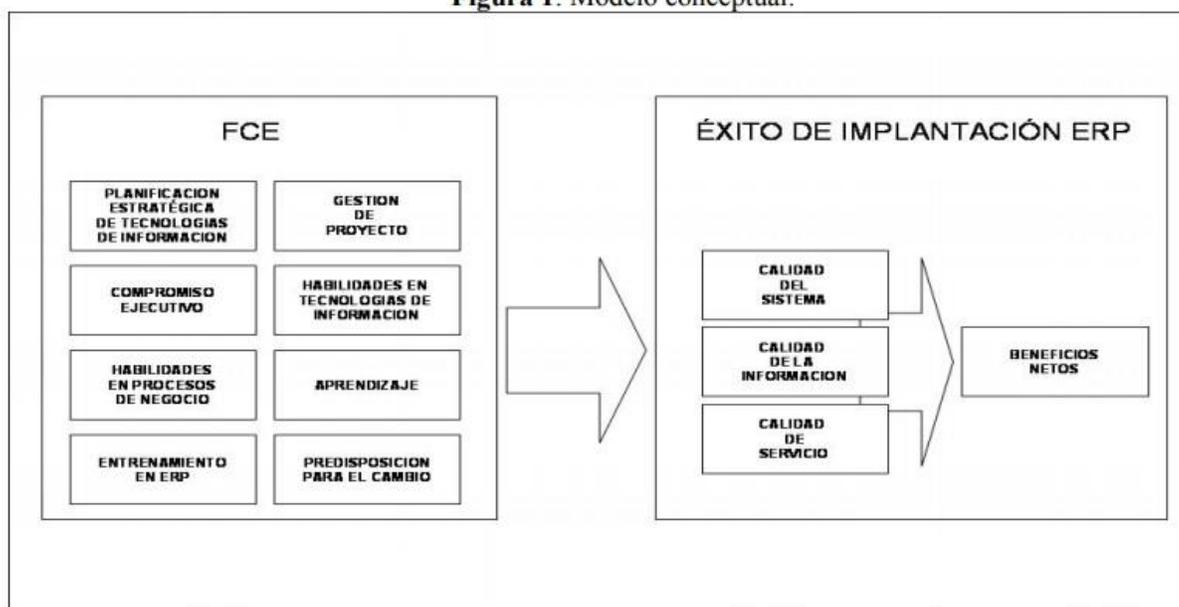
Diversos autores han propuesto estudios para orientar la investigación a los ERP. Una de las más recientes fue confeccionada por Al-Mashari (2003), la cual tiene 3 dimensiones; Adopción del ERP, aspectos técnicos del ERP y ERP en la malla curricular de sistemas de información (SI). Por esto, según Patricio Ramirez, Rosario Garcia y Jorge Arenas

(2004) describen que “el objetivo del estudio realizado es avanzar sobre la primera dimensión propuesta, en particular, sobre los factores que afectan la implantación exitosa de los ERP”.

Tal como lo ilustra la figura 3.1. El modelo conceptual propuesto se compone de un conjunto de ocho factores antecedentes de la implantación de un sistema ERP que impactan en cuatro dimensiones que miden las consecuencias de esta implantación. En el modelo, apoyados por la literatura, denominamos al conjunto de antecedentes factores críticos de éxito y a las consecuencias del éxito de implantación ERP. Los factores críticos de éxito del modelo son: 1) Planificación estratégica de las tecnologías de información; 2) Compromiso ejecutivo; 3) Gestión de proyecto; 4) Habilidades en tecnologías de información; 5) Habilidades en procesos de negocio; 6) Entrenamiento en ERP; 7) Aprendizaje; y 8) Predisposición para el cambio. Las cuatro dimensiones del éxito de implantación ERP, además de ser consecuencias de los factores críticos, se relacionan de forma tal que las primeras tres - calidad del sistema, calidad de la información y calidad de servicio – impactan una cuarta dimensión denominada beneficios netos. A continuación, se resumen tanto los factores críticos de éxito como el éxito de la implantación ERP.

Tabla 3.1 Factores críticos de éxito en la implantación ERP

Figura 1: Modelo conceptual.



Fuente: Éxito de los sistemas ERP, Patricio Ramírez, Rosario García, Jorge Arenas.

3.1 Concepto de Factores Críticos de Éxito

Además de seleccionar el ERP que mejor se adapte a la organización, se debe considerar dos factores básicos para que el proyecto tenga éxito. Por una parte, la presencia de liderazgo por parte de la Gerencia y, por otra, una adecuada gestión de los recursos humanos. Es conveniente replantear los procesos de negocio antes de proceder a la automatización (Benvenuto, 2006). Según Rockart (1979), los FCE son aquellos factores que son críticos para el éxito de una organización, en el sentido que, si los objetivos que están asociados con el factor no se cumplen, entonces la organización fallará en el logro de sus metas y tal vez catastróficamente (Colmenares, 2005).

En el contexto de los sistemas ERP, Holland y Light (1999), los definen como “los factores necesarios para asegurar el éxito en un proyecto de implementación de un sistema ERP (García & Pérez, 2006) pues, representan los ingredientes esenciales sin los cuales un proyecto tiene poca oportunidad de ser exitoso (Colmenares, 2005).

3.2 Factores críticos de éxito

“En la literatura de sistemas de información, y en especial en los estudios sobre sistemas ERP, encontramos en forma constante propuestas sobre la existencia de un conjunto de factores que anteceden el éxito de la implantación de un sistema” según exponen (García y Ramírez, 2005). Siguiendo a Rockart (1979) “hemos denominado a estos antecedentes factores críticos de éxito”. De los estudios que fueron compilados en un meta-análisis Sobre la Implantación de Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) realizado por Patricio Ramírez Correa y Rosario García Cruz (2005), se extraen los 8 factores críticos de éxito en la implantación de sistemas ERP con más referencias por los autores, los cuales son utilizados para realizar las preguntas en la encuesta y así poder analizar el éxito de estos factores en las empresas mineras de la región.

- **Factor crítico de éxito 1: Planificación estratégica de las tecnologías de información (TI).** La planificación estratégica de las tecnologías de información ayuda a asegurar que las metas de desarrollo de las tecnologías de información estén alineadas con las necesidades de la organización (King y Teo, 1996; Segars et al. 1998). Diversos autores destacan la importancia de ella, tanto en términos de

determinación de requerimientos, análisis y diseño de sistemas de información, y control de los recursos (Bowman et al., 1983; King y Zmud, 1981), como para el éxito de proyectos con un alto componente informático (Ginzberg, 1981; Grover et al., 1995; Ang et al., 1995). En la literatura de ERP, la claridad de metas y objetivos asociada a la planificación estratégica de tecnologías de información es indicada como un factor clave de éxito para la implantación de estos sistemas (Scott y Vessey, 2002; Akkermans y Van Helden, 2002; Al-Mashari et al., 2003; Buckhout et al., 1999; Duplaga y Astani, 2003; Holland y Light, 1999; Markus et al., 2000; Nah et al., 2001; Somers y Nelson, 2001; Stratman y Roth, 2002; Umble et al. 2003).

- **Factor crítico de éxito 2: Compromiso ejecutivo.** El compromiso ejecutivo, referido a la buena disposición de la alta dirección con el principal encargado del sistema y a la asignación de los recursos requeridos para el buen fin de la implantación, es un factor de éxito recurrente en la implantación a gran escala de nuevos procesos y de tecnología de información (Larsen y Myers, 1999; Grover et al., 1995; King y Teo, 1996; White, 1981; Bingi et al., 1999). En el caso de los sistemas ERP el compromiso ejecutivo es indicado como un factor clave para el éxito de su implantación por múltiples autores (Sumner, 1999; Scout y Vessey, 2002; Akkermans y Van Helden, 2002; Al-Mashari et al. 2003; Bingi et al. 1999; Brown y Vessey, 1999; Buckhout et al. 1999; Duplaga y Astani, 2003; Gupta, 2000; Holland y Light, 1999; Nah et al. 2001; Rao, 2000; Somers y Nelson, 2001; Stratman y Roth, 2002; Umble et al., 2003; Zhan et al., 2003).
- **Factor crítico de éxito 3: Gestión de proyecto.** “La gestión de proyecto, que involucra el uso de habilidades y conocimiento para planear, coordinar y controlar las complejas y diversas actividades que componen un proyecto (Stratman y Roth, 2002; Zhang et al, 2003), ha sido reconocida como un factor crítico para las principales iniciativas de cambio de procesos en las organizaciones (Grover et al., 1995; White, 1981). En el caso de la implantación de sistemas ERP, y debido a la complejidad del proyecto, la gestión de éste es indicada como un factor clave de

éxito para ella” (Somers y Nelson,2003; Scott y Vessey, 2002; Akkermans y Van Helden,2002; Al-Mashari et al.,2003; Brown y Vessey,1999; Duplaga y Astani, 2003; Gupta, 2000; Markus et al., 2000; McCredie y Updegrove,1999; Nah et al., 2001;Somers y Nelson, 2001; Stratman y Roth,2002; Umble et al. ,2003; Zhan et al.,2003).

- **Factor crítico de éxito 4: Habilidades en tecnologías de información.** Las habilidades en tecnología de información son necesarias para configurar y mantener sistemas de información que apoyen a la organización, su carencia es un impedimento para la integración de modernas tecnologías de información (Cooper et al., 2000; Ang y Teo, 2000). La importancia de ellas para la implantación de un ERP es destacada en la literatura (Swanson, 2000; Holland y Light, 1999; Davenport, 2000; Harris, 2000; Sumner, 1999; Stratman y Roth, 2002), y en específico, quedan de manifiesto en relación a las necesidades de integración de sistemas, adaptación del software ERP, pruebas del software y corrección de fallas, migración datos, estandarización y adecuación entre software y hardware.
- **Factor crítico de éxito 5: Habilidades en procesos de negocio.** Las habilidades en procesos de negocios, que representan las destrezas para entender cómo opera el negocio y para predecir el impacto de una particular decisión o acción en el resto de la empresa (Roth et al., 1995), son una herramienta fundamental para la implantación de un sistema ERP (Stratman y Roth, 2002). Las Habilidades para entender los procesos de negocio de la empresa, tanto del equipo de implantación como de los empleados, son críticas para el éxito del sistema ERP (Cohen y Levinthal, 1990; Legare, 2002; Somers y Nelson, 2001; Sumner, 1999; Sumner, 2000; Pan et al., 2001).
- **Factor crítico de éxito 6: Entrenamiento en ERP.** El entrenamiento en ERP, entendido como el proceso de enseñanza a los diversos grupos de usuarios para utilizar eficientemente el sistema ERP en sus actividades diarias (Stratman y Roth, 2002; Zhang et al., 2003), es reconocido como un factor clave en la implantación

exitosa de un sistema ERP (McCredie y Updegrove ,1999; Al-Mashari et al., 2003; Rajagopal y Tyler, 2000; Mabert et al., 2003; Somers y Nelson, 2001). Inversamente, la carencia de entrenamiento es fuente de problemas en la implantación de un sistema ERP (Duplaga y Astani, 2003; Umble et al. 2003).

- **Factor crítico de éxito 7: Aprendizaje.** El aprendizaje organizacional de los sistemas que utilizan tecnologías de información es una fuente de ventaja competitiva sostenible (Wang, 2002), y el conocimiento adquirido a través de él media los efectos de tales tecnologías en el rendimiento de la empresa (Tippins y Sohi, 2003). En específico, las competencias de aprendizaje, referentes a las actividades diseñadas para identificar las técnicas para el mejoramiento continuo del ERP de fuentes internas y externas, son antecedentes de la mejora del rendimiento de la empresa luego de la implantación del ERP (Markus et al., 2000; Markus et al.2001; Stratman y Roth, 2002; Kalling, 2003).
- **Factor crítico de éxito 8: Predisposición para el cambio.** La implantación de un sistema ERP implica cambios a gran escala que pueden ser resistidos por los empleados de la organización (Somers y Nelson, 2001; Umble et al. 2003; Laudon y Laudon, 2002). La resistencia al cambio no es solo un gran impedimento para el proyecto de implantación, sino que imposibilita alcanzar los beneficios esperados cuando el sistema está en operación (Markus et al., 2000; Nah et al., 2001). Debido a lo anterior, “desarrollar estrategias para superar la resistencia a los cambios en la operación de la empresa es un factor clave para la exitosa implantación de los sistemas ERP” (McCredie y Updegrove,1999; Somers y Nelson, 2001; Stratman y Roth, 2002; Umble et al., 2003).

3.2.1 Éxito de implantación ERP

La propuesta para medir el éxito de Delone y McLean (1992) es ampliamente aceptada. En el caso de los ERP si se utiliza la propuesta general de DeLone y McLean, Gable et al (2003) donde validaron un modelo para medir su éxito en cuatro dimensiones: impacto individual, impacto organizacional, calidad de la información y calidad del sistema. Sin

embargo, DeLone y McLean (2003) proponen cambios a su propuesta original en dos puntos, primero, fusionar impacto individual e impacto organizacional en una sola dimensión llamada beneficios netos, y segundo, adicionar la dimensión calidad y servicio. En este modelo se propone medir el éxito del ERP en cuatro dimensiones:

- **Calidad del sistema:** Se centra en las características del sistema de procesamiento de información en sí mismo. Las características que se evalúan del sistema de procesamiento se asocian a su grado de productividad, portabilidad, fiabilidad y facilidad de uso.
- **Calidad de la información:** Se centra en las características de la información que produce el sistema, en calidad de informes o reportes. La evaluación de la calidad de esta información se asocia a que sea utilizable, concisa, comprensible, pertinente, se encuentre disponible y en un formato correcto.
- **Calidad de servicio:** Captura la calidad del servicio que la función de SI otorga a la organización (DeLone y McLean, 2003). Los factores de tangibilidad, fiabilidad, capacidad de respuesta, y seguridad se consideran determinantes de esta calidad de servicio (Pitt et al. ,1995)

Beneficios netos

Mide los efectos positivos del sistema de información (DeLone y McLean, 2002). DeLone y McLean (2003) indican al respecto que cada estudio debe definir el contexto en el cual se darán estos beneficios, es decir, quien o quienes son los beneficiarios, en el caso de este contexto el beneficiario es la organización, y en particular, el logro de metas del negocio y mejoras en las capacidades operativas a partir de la implantación de ERP.

En la siguiente Tabla 3.1 se muestran los autores que influyeron en sus estudios estos factores críticos.

Tabla 3.1. Autores que han estudiado los Factores Críticos.

FACTORES	AUTORES
<p style="text-align: center;">FACTOR EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO</p>	<p>Al-Mashari et al.(2003) [2], Duplaga y Astani (2003) [6], Gupta (2000) [7], Mabert et al.(2003b) [11], Markus et al.(2000) [13], McCredie y Updegrove (2000) [14], Nah et al. (2001) [16], Rajagopal y Tyler (2000) [17], Schniederjans y Kim (2003) [19], Scott y Vessey (2002) [20], Somers y Nelson (2001) [22], "Stratman y Roth (2002) [23], Summer (1999) [24], Summer (2000) [25], Umble et al.(2003) [26], Zhang et al.(2003) [28],</p>
<p style="text-align: center;">FACTOR APOYO Y COMPROMISO DE LA ALTA DIRECCIÓN</p>	<p>Akkermans y Van Helden (2002) [1], Al-Mashari et al.(2003) [2], Bingi et al. (1999) [3], Brown y Vessey (1999) [4], Buckhout et al. (1999) [5], Duplaga y Astani (2003) [6], Gupta (2000) [7], Holland y Light (1999) [8], McCredie y Updegrove (1999) [15], "Rajagopal y Tyler (2000) [17], Schniederjans y Kim (2003) [19], Scott y Vessey (2002) [20], Somers y Nelson (2001) [22], Stratman y Roth (2002) [23], Summer (2000) [25], Zhang et al.(2003) [28].</p>

<p style="text-align: center;">FACTOR DIRECCIÓN DE PROYECTO DE IMPLANTACIÓN EFICAZ</p>	<p>Akkermans y Van Helden (2002) [1], Al-Mashari et al.(2003) [2], Brown y Vessey (1999) [4], Duplaga y Astani (2003) [6], Gupta (2000) [7], Markus et al.(2000) [13], McCredie y Updegrove (2000) [14], McCredie y Updegrove (1999) [15], Schniederjans y Kim (2003) [19], Scott y Vessey (2002) [20], Somers y Nelson (2003) [21], Somers y Nelson (2001) [22], Summer (2000) [25], Zhang et al.(2003) [28].</p>
<p style="text-align: center;">FACTOR REINGENIERÍA DE PROCESOS DE NEGOCIOS</p>	<p>Al-Mashari et al.(2003) [2], Bingi et al. (1999) [3], Holland y Light (1999) [8], Hong y Kim (2002) [9], Markus et al.(2000) [13], McCredie y Updegrove (1999) [15], Rao (2000) [18], Schniederjans y Kim (2003) [19], Scott y Vessey (2002) [20], Stratman y Roth (2002) [23], Summer (1999) [24], Zhang et al.(2003) [28].</p>
<p style="text-align: center;">FACTOR PLAN DE NEGOCIOS (CLARIDAD DE METAS, ENFOQUE Y ALCANCE)</p>	<p>Akkermans y Van Helden (2002) [1], Al-Mashari et al.(2003) [2], Buckhout et al.(1999) [5], Duplaga y Astani (2003) [6], Holland y Light (1999) [8], Markus et al.(2000) [13], McCredie y Updegrove (1999) [15], "Schniederjans y Kim (2003) [19], Scott y Vessey (2002) [20], Summer (2000) [25].</p>

<p style="text-align: center;">FACTOR GESTIÓN DEL CAMBIO</p>	<p>Bingi et al. (1999) [3], Brown y Vessey (1999) [4], Legare (2002) [10], Mandal y Gunasekaran (2003) [12], McCredie y Updegrave (2000) [14], McCredie y Updegrave (1999) [15], Nah et al. (2001) [16], Schniederjans y Kim (2003) [19], Scott y Vessey (2002) [20], Summer (2000) [25].</p>
<p style="text-align: center;">FACTOR EXPERIENCIA PROFESIONAL EXTERNA (CONSULTORES)</p>	<p>Bingi et al. (1999) [3], Brown y Vessey (1999) [4], Duplaga y Astani (2003) [6], Markus et al. (2000) [13], McCredie y Updegrave (2000) [14], Schniederjans y Kim (2003) [19], Scott y Vessey (2002) [20], Stratman y Roth (2002) [23], Umble et al. (2003) [26].</p>
<p style="text-align: center;">FACTOR PRUEBAS DE SOFTWARE Y CORRECCIÓN DE FALLAS</p>	<p>Al-Mashari et al. (2003) [2], Bingi et al. (1999) [3], Holland y Light (1999) [8], Markus et al. (2000) [13], McCredie y Updegrave (1999) [15], Nah et al. (2001) [16], Umble et al. (2003) [26].</p>

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Definición de implantación

La implantación del sistema comienza con el estudio técnico y funcional, que debe tener en cuenta las restricciones económicas y temporales para la ejecución del proyecto. Ya desde esta primera etapa puede contarse con el apoyo de empresas consultoras con amplia experiencia en la implantación del sistema elegido a fin de garantizar la coherencia y fiabilidad del estudio (Sierra et al., 2007). Este es un paso trascendental en el desarrollo y crecimiento de cualquier empresa, independiente de su tamaño. En los diferentes rubros

productivos, las compañías que optaron por la ejecución de un sistema como éste han registrado en el camino ciertos factores que, bajo parámetros adecuadamente definidos, terminan por conducir a un proceso exitoso (Diario Financiero, 2011). Esta fase implica la formación de los usuarios, la gestión del cambio, la eliminación de las posibles resistencias, etc. En esta fase suelen ponerse de manifiesto problemas como la falta de apoyo de la Alta Dirección y la escasez de recursos destinados al proyecto, destacando especialmente la falta de medios encargado de la implantación y funcionamiento del ERP (Sierra et al., 2007). La adquisición de estos productos, así como los servicios de consultoría requeridos para su correcta implantación, tienen un coste bastante elevado, ya que suelen dirigirse a empresas de dimensión media y grande (Gómez & Suárez, 2006), es por esto que, una vez que la compañía ha seleccionado el sistema y firmado el contrato que determina las condiciones de la adquisición del ERP, comenzaría la implantación propiamente dicha (Sierra et al., 2007).

3.2.3 Metodología de adopción

Uno de los problemas recurrentes en muchas de las implementaciones de ERP es la ausencia de metodologías de adopción, esta consiste en una serie de etapas ordenadas y rigurosas que se comprenden en un esquema que integra los distintos frentes de un proyecto de esta naturaleza. Los proveedores de cualquier ERP toman como marco de trabajo un cronograma estándar, dichos cronogramas son una buena base para tomar en cuenta las actividades a llevar a cabo, pero el dimensionamiento de los tiempos varía dependiendo de la realidad de cada empresa. (Meneses, 2014)

La elección de la forma correcta de implementar un ERP es tan importante como elegir el software adecuado. Las metodologías de implementación de ERP se deben discutir con el vendedor para emplear el método más adecuado.

3.3 Empresas Encuestadas

Según el mapa minero de sonami en la región de Atacama existen 12 empresas mineras dedicadas a la extracción de minerales metálicos, las cuales se agrupan con sus distintos proyectos y holding que se muestran a continuación.

1. **Minera Codelco:** Codelco es una empresa del Estado de Chile. Lidera la producción mundial de cobre e impulsa el desarrollo del país. Sus reservas representan un 6% de las reservas globales de cobre, en la Región de Atacama posee División Salvador ubicada en la comuna de Diego de Almagro, Provincia de Chañaral Tiene a su cargo la mina Inca, de explotación subterránea, y las minas Campamento Antiguo y Damiana Norte, ambas a rajo abierto y Potrerillos fundición de concentrados y refinería para producir cátodos de cobre ubicada en el Salvador.
2. **Empresa Nacional de Minería (ENAMI):** empresa del Estado de Chile que por 60 años ha contribuido de manera decidida al fomento de la pequeña y mediana minería en más de 40 localidades del país, generando desarrollo a través de una experiencia de negocio única, en la Región de Atacama posee Planta Osvaldo Martínez: Planta LX-SX-EW para obtener cátodos de cobre, ubicada en El Salado, Planta Manuel Antonio Matta : Planta de concentración y LX-SX-EW para obtener concentrado y cátodos de cobre, ubicada en Paipote, Fundición Hernan Videla Lira :Fundición que procesa concentrados de la mediana y pequeña minería, para obtener ánodos de cobre, ubicada en Paipote a 9 kms de Copiapó y Planta Vallenar: Planta de concentración y LX-SX-EW para la obtención de concentrado y cátodos de cobre, ubicada en Vallenar.
3. **Minera Manto Verde:** Mina y planta LX-SX-EW, dedicada a la explotación de sulfuros, en especial de cobre y oro, perteneciente a Mantos Copper, está ubicada a 50 kilómetros del puerto de Chañaral, en la Región de Atacama.
4. **Minera Atacama Kozan:** Mina y planta de procesamiento para producir concentrado de cobre, perteneciente a SCM Atacama Kozan, se encuentra ubicado a 16 Km. al sureste de Copiapó en la Región de Atacama.
5. **Minera Caserones:** explotación a rajo abierto, con plantas de concentración y LX-SX-EW para producir concentrado y cátodos de cobre, perteneciente a Lumina Copper, se ubica en la Región de Atacama a 162 kilómetros al sureste de Copiapó, en el cajón superior del valle de la comuna de Tierra Amarilla y a una altura media de 4.300 metros sobre el nivel del mar, en la cordillera de los Andes.

6. **Minera Ojos del Salado:** Compañía Minera Ojos del Salado gestiona una operación ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, a 16 kilómetros de Copiapó, que pertenece al denominado “Distrito Candelaria”. Produce concentrado de cobre a través de la explotación de las minas subterráneas Santos y Alcaparrosa a un promedio de 15.400 toneladas anuales de cobre y la planta de concentradora para producir concentrado de cobre Pedro Aguirre Cerda.
7. **Minera Pucobre:** Empresa Minera de Capitales Chilenos especializada en la explotación de yacimientos de cobre de mediana minería. Sus operaciones se ubican principalmente en la Región de Atacama, contando con diversos puntos de extracción y procesamiento de cobre. Sus oficinas se encuentran localizadas en la ciudad de Copiapó, distante a 805 km. Al norte de Santiago de Chile, cuenta en la región con la Planta Bio Cobre: Planta LX-SX-EW para producir cátodos de cobre.
8. **Compañía Contractual Minera Candelaria:** opera el yacimiento Candelaria, depósito de óxido de hierro, cobre y oro, ubicado a 9 kilómetros al sur de Tierra Amarilla y a 29 kilómetros al suroeste de Copiapó, en la III Región de Atacama. Se explota bajo el sistema mixto de rajo abierto y subterráneo (Mina Candelaria Norte).
9. **Minera Carola:** Coemin S.A. (Compañía Exploradora y Explotadora Minera Chileno Rumana S.A.) cuenta con una planta de flotación en Tierra Amarilla, que beneficia 4.500 TPD, y obtiene aproximadamente 5.000 toneladas mensuales de concentrados de cobre, con subproductos de oro y plata. La empresa está ligada a la familia Gómez Pacheco e hijos, que también posee la mina Carola (SCM Carola). La Planta Cerrillos está ubicada a 30 km al sur de la ciudad de Copiapó, a la entrada de la Quebrada Cerrillos. El mineral que alimenta a esta planta proviene de la Mina Carola, la cual contiene principalmente calcopirita, como mineral de cobre también posee la Planta Cerrillos de concentración para obtener concentrado de cobre.
10. **Kinross:** La Coipa, Lobo Marte y Maricunga son proyectos pertenecientes a Kinross. La Coipa se encuentra en la Región de Atacama, al Norte de Chile, a unos mil kilómetros al norte de Santiago, y a 140 kilómetros al noroeste de Copiapó, principal exportadora de oro. Lobo Marte es un depósito aurífero ubicado en la

franja de Maricunga a 160 km al Este de Copiapó, a una altura aproximada de 4.200 m. sobre el nivel del mar, exportadora de oro y finalmente tenemos la mina a cielo abierto de Maricunga y mina el refugio la cual pertenece a esta, la cual se encuentra en el distrito minero del mismo nombre en la alta cordillera de la Región de Atacama, a unos 170 km. Al Este de la ciudad de Copiapó y está entre 4.200 m. y 4.500 m. Sobre el nivel del mar, también exportadora de oro.

11. **Barrick:** Barrick Gold Corporation es la multinacional minera dedicada a la extracción de oro más grande del mundo, en la región de Atacama cuenta con proyectos como; Norte Abierto un proyecto minero ubicado en la Región que nace el 2017 tras la unión de Cerro Casale y Caspiche, en el que trabajan la extracción a gran escala de oro y cobre y también el proyecto Pascua lama.
12. **CAP Minería Compañía:** Minera del Pacífico es el principal productor de minerales de hierro en la costa americana del Pacífico. Sus principales operaciones se encuentran en las regiones de Atacama y Coquimbo, donde posee una fuerte identidad regional, con un 98% de dotación local. posee Mina Cerro Negro Norte se encuentra ubicada a 32 kilómetros en línea recta al norte de Copiapó y a 42 kilómetros al este de Caldera. La faena está compuesta por un complejo mina-planta en el cual se realiza la explotación del mineral a cielo abierto y el procesamiento de este. Mina Los Colorados se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros al noroeste de Vallenar, en la comuna de Huasco. Su principal objetivo es abastecer de preconcentrado de hierro y Sinter Feed a Planta de Pellets, ubicada en Huasco, La Planta de Pellets está localizada a 5 kilómetros del puerto de Huasco. Su puesta en marcha fue a fines de 1978, con una capacidad nominal de 3.5 millones de toneladas anuales de pellets producto y la Planta de Magnetita ubicada en la Comuna de Tierra Amarilla, recupera por concentración magnética el contenido de Hierro de los relaves mineros, produciendo concentrado de Hierro que es exportado.

3.4 Variables de Estudio

En relación a los factores críticos nombrados en la literatura anteriormente, se escogieron 8 variables para el análisis estadístico, las cuales han sido las más estudiadas por distintos

autores que han sido Analizados, desde años 1979, donde surgen los SI, comienzos de los sistemas ERP, hasta el año 2015, donde existen estudios que pretenden explicar la adopción de los sistemas ERP en la actualidad. Las variables seleccionadas se encuentran destacadas en la tabla 3.2, estas se utilizarán para comprobar si existe alguna influencia en el éxito de la implantación de ERP en las empresas mineras de la zona norte. Véase en la tabla 3.2

Tabla 3.2 Factores críticos seleccionados

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO FCE	Bingi	Colmenares	Duplaga	García y Pérez	Gupta	Ramirez y García	Summer	Zhang	
Apoyo y compromiso de la alta dirección	x	x	x	x	x	x	X	x	8
Claridad en el alcance y metas del proyecto		x							1
Comunicación efectiva		x		x					2
Entrenamiento a los usuarios		x		x		x			3
Pruebas de software y corrección de fallas	x	x		x		x			4
Estrategia de implantación		x				x			
Reingeniería de procesos de negocios	x	x		x				x	4
Grado de cooperación y comunicación interdepartamental		x			x				2
Plan de negocios		x	x	x					3
Nivel de los conocimientos técnicos		x				x			2

y del negocio de los usuarios									
Nivel de integración entre el proveedor del sistema y el cliente		x							
Experiencia profesional externa	x	x		x			X		4
Educación y entrenamiento		x	x	x	x	x	X	x	7
Selección adecuada del proveedor		x		x					2
Uso de herramientas computarizadas de apoyo		x		x					2
Uso del personal mejor preparado a tiempo completo		x					X		2
Prueba y solución de problemas				x			X		2
Habilidades en tecnologías de información						x			1
Dirección de proyecto de implantación eficaz			x		x	x		x	4
Gestión del cambio	x					x	X		3

Fuente: Elaboración propia

Las variables consideradas en este estudio son:

- Educación y entrenamiento
- Apoyo y compromiso de la alta dirección
- Dirección de proyecto de implantación eficaz
- Reingeniería de procesos de negocios
- Plan de negocios
- Gestión del Cambio
- Experiencia profesional Externa
- Pruebas de Software y corrección de fallas.

A su vez para poder medir estas variables, se le asocia una pregunta a la encuesta (la cual se encuentra en el anexo), como se aprecia en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Variables seleccionadas con sus preguntas

Variable	Pregunta
Educación y Entrenamiento	¿Cómo calificaría usted la capacitación que recibió el personal en cuanto al sistema ERP utilizado en la Empresa?
Apoyo y Compromiso de la alta dirección	¿Cómo cree usted que fue el apoyo y compromiso de la Alta Dirección en la implantación del sistema ERP?
Dirección de proyecto de implantación eficaz	¿Dispone su empresa de un sistema de gestión empresarial (ERP)?
Reingeniería de procesos de negocios	¿Cómo calificaría usted la eficiencia en los procesos de implementación de los sistemas ERP en la empresa? (costo, calidad, servicio y rapidez)
Plan de Negocios	¿Hace cuánto tiempo fue implementada la solución ERP?
Gestión del Cambio	¿Cómo calificaría la adopción de las ERP por parte del personal de la empresa?
Experiencia profesional Externa	¿Por quién fue realizada la capacitación a los empleados para el uso del sistema ERP?
Pruebas de Software y corrección de fallas	¿Cómo calificaría usted las habilidades tecnológicas(conocimiento) que poseen los trabajadores al usar las ERP?

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Metodología

4.1 Tipo de investigación

La investigación tiene como punto de partida la definición de los Sistemas de información (SI), para ir profundizando en los factores que afectan en el éxito en la implantación de ERP, donde se eligen los más estudiados por los autores, es por esto que la metodología a seguir se basa en determinar las variables que permiten validar el grado de influencia que tienen en el éxito de la implantación de ERP en las empresas mineras de la región de Atacama.

Se efectúa una investigación cuantitativa, centrada en cuantificar la recopilación y análisis de datos. Los métodos cuantitativos son más fuertes en validez externa ya que con una muestra representativa de la población hacen inferencia de dicha población a partir de una muestra con una seguridad y precisión definidas, por lo tanto una limitación de los métodos cualitativos es la dificultad para generalizar, por otro lado la investigación cuantitativa con las pruebas de hipótesis no sólo permite eliminar el papel del azar descartar o rechazar una hipótesis, sino que permite cuantificar la relevancia de un fenómeno midiendo la reducción relativa del riesgo (Calero, 2000). El proceso de cuantificación se realiza mediante las variables seleccionadas de los factores de éxito en la implantación del sistema ERP y del mapa sonami minero, donde se pueden desprender que empresas mineras se encuentran en la región de Atacama.

4.1.1 Población y tamaño de la muestra

4.1.1.1 Población

Corresponde al conjunto de elementos que se desea investigar, en el caso de esta investigación corresponde a las empresas mineras de minerales metálicos de la región de Atacama, como se muestra en el mapa minero de Sernageomin, véase tabla 4.

Tabla 4. Empresas Mineras de la Región de Atacama, Chile.



Fuente: mapa minero Sernageomin

En cuanto a la investigación de las empresas mineras solo 12 están operativas, las demás solo pasan a ser proyectos mineros de algunas empresas mineras, nombradas en el marco teórico, tales como, Jeronimo, Chimberos, La coipa, Can Can, Inacesa, Marte Lobo, La pepa, Refugio, cerro Casale, Boqueron Chañar, Los Colorados, La productora, El Morro y otras que se encuentran paralizadas debido a diversas circunstancias como San José, Dos Amigos y Pascua.

Tabla 4.1 Empresas mineras de la región de Atacama

N°	Empresas Mineras de la Región de Atacama
1	Minera Codelco
2	Empresa Nacional de Minería (ENAMI)
3	Minera Manto Verde
4	Minera Atacama Kozan
5	Minera Caserones
6	Minera Ojos del Salado

7	Minera Pucobre
8	Cía. Contractual Minera Candelaria
9	Minera Carola
10	Kinross
11	Barrick
12	CAP Minería Compañía

Fuente: elaboración propia

4.1.1.2 Tamaño de la muestra

Corresponde a una parte adecuada y representativa de la población, en este caso la cantidad total de empresas mineras de la región de Atacama serán encuestadas, por lo que el tamaño de la muestra sería 12.

4.1.1.3 Instrumento utilizado

El instrumento utilizado en este estudio es una encuesta que va dirigida a las empresas mineras de la Región de Atacama, donde solo debe responder una persona la cual posea conocimiento de los sistemas ERP.

Para llevar a cabo la recolección de datos se realizó la búsqueda y contacto con altos cargos y personal de informática perteneciente a cada empresa, ya que por lógica son los que poseen mayor uso y conocimiento de los ERP. La encuesta se basa en las 8 variables elegidas, las cuales son; “Factor de educación y entrenamiento”, “Factor apoyo y compromiso de la alta dirección”, “Factor de proyecto de implantación eficaz”, “Factor de reingeniería de procesos de negocios”, “Factor plan de negocios”, “Factor gestión del cambio”, “Factor experiencia profesional externa” y “Factor pruebas de Software y corrección de fallas”. Cabe destacar que estas variables dependen del éxito en la implantación de ERP, por ende, se busca analizar cuál o cuáles son las que tienen una mayor dependencia y mayor influencia.

También se utiliza como herramienta fundamental para el estudio el software o programa estadístico Statgraphics donde se realiza el análisis completo de los datos obtenidos a través de la encuesta realizada donde sus resultados fueron calificados con valoración de 1 a 5, siendo 1 el menos probable o insignificante, subiendo gradualmente hasta 5 que sería lo más probable o acertado. El programa Statgraphics es un software que está diseñado para facilitar el análisis estadístico de datos. Mediante su aplicación es posible realizar un análisis descriptivo de una o varias variables, utilizando gráficos que expliquen su distribución o calculando sus medidas características. Entre sus múltiples funciones también figura el cálculo de intervalos de confianza, contrastes de hipótesis, análisis de regresión, análisis multivariantes, así como diversas técnicas aplicadas en cálculos de estadísticas que se deseen.

En este caso se utilizan las herramientas que proporcionan un análisis factorial, una selección de modelo de regresión y finalmente una regresión múltiple.

A continuación, se presenta un resumen de la metodología que se aplicó en este estudio.

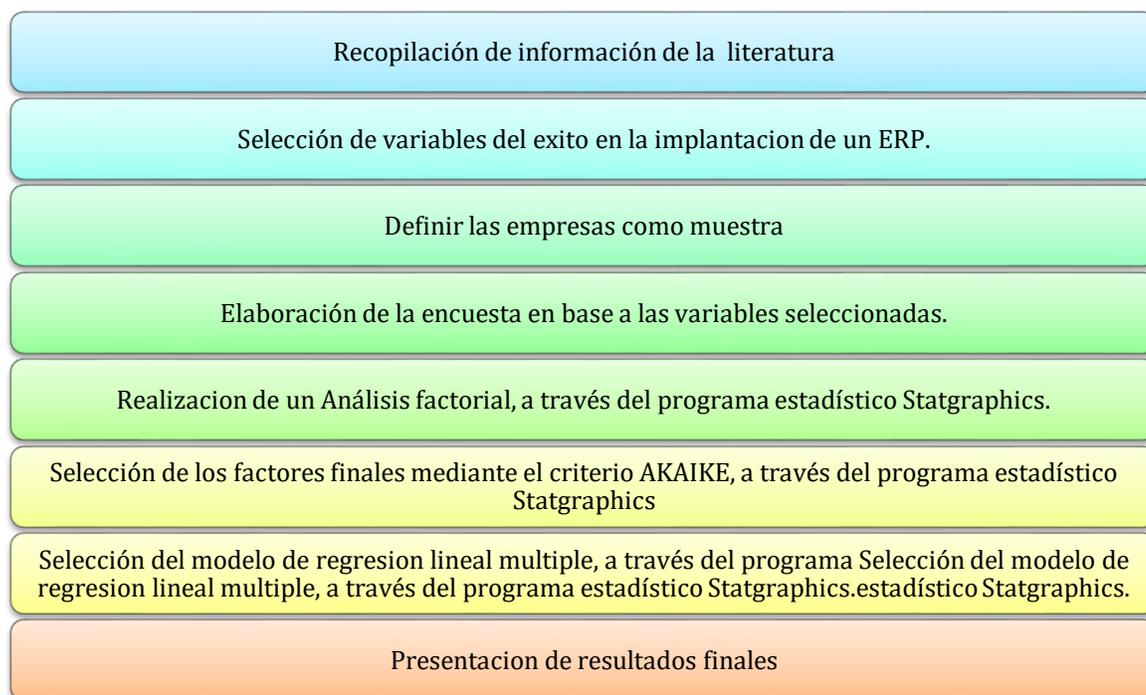


Figura 4.1 Metodología
Fuente: *Elaboración propia*

Capítulo 5. Teoría

5.1 Análisis Factorial

El análisis factorial tiene como objetivo la representación de las p variables del vector aleatorio como puntos de un espacio de la menor dimensión posible, de manera que las variables con una fuerte correlación lineal directa queden próximas en el gráfico obtenido. Se trata pues de un método de formación de conglomerado, aquí agruparemos variables en virtud de un criterio de correlación lineal. Agrupar las variables partiendo de la mera observación de la matriz R es francamente complicado cuando su número es grande, de ahí que se precise, como paso previo, de una técnica de simplificación. Este método se basa, fundamentalmente, en la diagonalización de la matriz de covarianzas o correlaciones, lo cual equivale a centrarse en el estudio de la matriz de correlaciones R en lugar de la matriz de covarianzas S .

Esta es una técnica multivalente que no está exenta de polémica. Se debe a que el modelo estadístico de partida supone la existencia de unas variables no observadas o latentes denominadas factores, a partir de las cuales se obtienen mediante una ecuación lineal las variables realmente observadas, salvo errores incorrelados entre sí. Además, estos factores no están unívocamente determinados, sino que cualquier rotación permite obtener factores igualmente válidos.

5.1.1 Planteamiento del problema

En esta sección se intentará explicar qué ventajas comporta la representación de la matriz de correlaciones R a partir de otra matriz Λ de menores dimensiones.

Se comienza con un ejemplo extremo para dejar claros los objetivos. Considere una muestra aleatoria simple de tamaño n de 5 variables que aporta la siguiente matriz de correlaciones.

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Esta matriz simétrica de dimensiones 5×5 puede expresarse a partir de una matriz Λ de dimensiones 5×2 mediante

$$R = \Lambda \Lambda'$$

Por ejemplo, se puede considerar la matriz

$$\Lambda = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (5.2)$$

No es esta la única matriz 5×2 que nos permite reconstruir R . También se puede optar por la matriz dada como ejemplo

$$\Lambda_* = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \quad (5.3)$$

Se dice que se trata de un caso extremo porque dos variables cualesquiera son incorrelados o presentan una correlación lineal perfecta, ya sea positiva o negativa. No hay posibilidad de término medio alguno.

5.1.1.1 Representación de R en un espacio k-dimensional

En general, el problema consiste en reproducir de la manera más aproximada posible una matriz de correlación a través de otra matriz $\Lambda \in M_{p \times k}$, con k sensiblemente menor que p. Es decir, encontrar $\Lambda \in M_{p \times k}$ tal que

$$R \cong \Lambda \Lambda' \quad (5.4)$$

Veamos qué beneficios se derivarían de semejante reproducción: denótese por $\lambda_1, \dots, \lambda_p$ los vectores de \mathbb{R}^k que constituyen, traspuestos y por ese orden, las filas de Λ . Es claro que el vector λ_i está asociado a la variable aleatoria i-ésima, pues la matriz R se expresaría, aproximadamente, como sigue:

$$R \cong \begin{pmatrix} \|\lambda_1\|^2 & \cdots & \langle \lambda_1, \lambda_p \rangle \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \langle \lambda_p, \lambda_1 \rangle & \cdots & \|\lambda_p\|^2 \end{pmatrix} \quad (5.5)$$

Denótese por Ψ la matriz diferencia $R - \Lambda \Lambda' \in M_{p \times p}$, es decir,

$$r_{ij} = \langle \lambda_i, \lambda_j \rangle + \psi_{ij} \quad 1 \leq i, j \leq p$$

Si la aproximación (5.5) es satisfactoria, podemos identificar, en lo que respecta al problema de correlación lineal, cada variable con su correspondiente punto $\lambda_j \in \mathbb{R}^k$.

¿En qué sentido? En primer lugar, se siguen de (5.6) y de la desigualdad de Cauchy-Schwarz las siguientes desigualdades

$$1 - r_{ij} \leq |\psi_{ii} + \psi_{jj}| + \sqrt{1 + \psi_{ii}} \cdot \|\lambda_i - \lambda_j\| \quad (5.7)$$

$$1 + r_{ij} \leq |\psi_{ii}| + \sqrt{1 + \psi_{ii}} \cdot \|\lambda_i - \lambda_j\| \quad (5.8)$$

Por lo tanto, si λ_i y λ_j son puntos próximos según la métrica euclídea, es decir, si $\|\lambda_i - \lambda_j\| \cong 0$, se sigue de (5.7) que la correlación lineal entre las variables i -ésima y j -ésima será próxima a uno, tanto más cuanto mejor sea la aproximación (5.5) y cuanto mayor sea la cercanía entre los puntos. Análogamente, se sigue de (5.8) que, si λ_j se aproxima al opuesto λ_i a, es decir, si $\|\lambda_i + \lambda_j\| \cong 0$, la correlación entre ambas variables será próxima a -1 . Por último, si los puntos λ_i y λ_j se sitúan en direcciones aproximadamente perpendiculares, es decir, si $\langle \lambda_i, \lambda_j \rangle \cong 0$, se sigue directamente de (5.6) que las variables correspondientes son prácticamente incorreladas.

Por lo tanto, mediante la observación de p puntos en un espacio k -dimensional podemos llegar a determinar, en el mejor de los casos, grupos o conglomerados de variables, de manera que las variables de un mismo grupo presenten fuertes correlaciones lineales, ya sean positivas o negativas, mientras que las correlaciones con las variables de otros grupos serán muy débiles. Dado que esta clasificación se realiza atendiendo a criterios de proximidad y perpendicularidad, el número de conglomerados no puede exceder en ningún caso la dimensión del espacio en cuestiones, es decir, k . Se verá un ejemplo gráfico con ocho variables. Supongamos que la matriz de correlaciones R puede reproducirse salvo pequeños errores mediante un matriz Λ de dimensiones 8×2 . Las filas se corresponden con puntos de \mathbb{R}^2 que se representan como sigue:

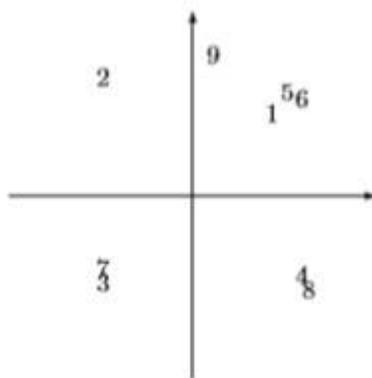


Figura 5.1 Gráfico de matriz Λ

Fuente: Análisis Multivariante, Montanero, J.

En este caso, la interpretación es clara: las variables 1,5 y 6 correlacionan fuerte y directamente entre sí; lo mismo sucede con 3 y 7 que, su vez, correlacionan fuerte pero inversamente con las primeras; por otra parte, las variables 4 y 8 correlacionan fuerte y directamente entre sí e inversamente con 2; estas tres últimas variables son prácticamente incorrelados con las anteriores. Por último, la variable 9 presenta una correlación moderada con todas las demás. En consecuencia, pueden distinguirse claramente dos conglomerados de variables y otra variable más que queda en una situación intermedia.

5.1.1.2 Rotación de la solución

Se ha dado pues la circunstancia de que todos los puntos salvo uno, el 9, quedan recogidos en dos direcciones perpendiculares. Una rotación en \mathbb{R}^2 que convirtiera esas direcciones en ejes de coordenadas podría facilitar la interpretación del resultado. Esta podría ser la solución:

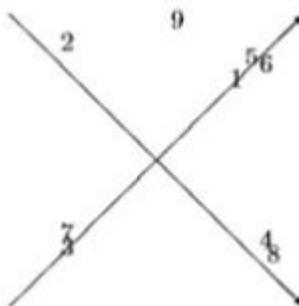


Figura 5.2 Rotación de la solución

Fuente: Análisis Multivariante, Montaner, J.

Como se ve, se tienen dos claros conglomerados de variables se identifica con uno de los ejes de coordenadas. Hay que tener en cuenta que la aplicación de una rotación $\Gamma \in O_{k \times k}$ a los valores $\lambda_1, \dots, \lambda_p$ no afecta a la ecuación (5.6). Efectivamente, si se verifica que $R = \Lambda \Lambda' + \Psi$, también se verificara $R = \Lambda^* \Lambda'^* + \Psi$ para $\Lambda^* = \Lambda \Gamma'$, es decir, cualquier rotación que apliquemos a una solución Λ conduce a una idéntica reproducción de la matriz de correlaciones. Una solución que identifique los conglomerados de variables con los ejes

de coordenadas es más comprensible, en especial cuando $k > 2$, y ese será, por lo tanto, nuestro objetivo. En definitiva, buscamos una matriz ortogonal Γ tal que las componentes de los vectores $\Gamma \lambda_i$ sean próximas a ± 1 o a 0, de manera que queden claramente asociados a un eje. Existen diversas técnicas para intentar conseguirlo. Destacamos dos de ellas:

- **Rotación varimax:** busca la máxima varianza entre las columnas de $\Lambda\Gamma$. Por lo tanto, pretende asociar a cada eje el menor número posible de variables.
- **Rotación quartimax:** busca la máxima varianza entre las filas de $\Lambda\Gamma$. Por lo tanto, pretende asociar a cada variable el menor número posible de ejes.

Existen otros métodos, como el equamax, así como otro tipo de rotación denominada oblicua asociadas a matrices no ortogonales que, por lo tanto, no son rotaciones en el sentido estricto de la palabra.

5.1.1.3 Fases en la Resolución del Problema

Teniendo esto en cuenta, distinguiremos cuatro fases en la resolución del problema

- Analizar las condiciones.
- Buscar una matriz Λ que, con el menor número posible de columnas reproduzca lo más precisamente posible la matriz de correlaciones R .
- Una vez escogida Λ , comprobar que, efectivamente, proporciona una reproducción satisfactoria de la matriz de correlaciones.
- Buscar la rotación que acerque lo más posibles los puntos fila de Λ a los ejes de coordenadas.

¿A qué condiciones se refiere en el primer apartado? Pues depende de qué se pretende conseguir exactamente, y la respuesta es simplificar el problema de correlación agrupando las variables en pocos conglomerados. Es decir, se contaría con pocos conglomerados y muchas variables en cada uno de ellos. La situación que más se aleja de esta simplificación es la incorrelación entre todas las variables, que se correspondería con una matriz de correlaciones igual a la identidad. Esta hipótesis podría contrastarse mediante el test de Barlett, de manera que un resultado no significativo abortaría el análisis factorial pues no

permitiría ninguna reducción de la dimensión original. También hemos de tener en cuenta que, con el esquema deseado, los coeficientes de correlación al cuadrado deben ser muy altos o muy bajos, mientras que las correlaciones parciales al cuadrado entre dos variables cualesquiera dadas las demás deben ser muy bajas. ¿Por qué? Si las variables pertenecen a distintos conglomerados parece relativamente claro; si pertenecen a un mismo conglomerado y éste es suficientemente numeroso, el resto de las variables que lo configuran se encargaran de reducir la correlación parcial. Partiendo de esa idea se propone el coeficiente KMO^1

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} a_{ij}^2} \quad (5.9)$$

Donde los r'_{ij} s denotan las correlaciones y los a'_{ij} s, las correlaciones parciales dadas las demás variables. Un valor alto de KMO invita al optimismo en lo que respecta a la simplificación del problema. En la práctica, se considera que con $KMO < 0,60$ el análisis factorial no aportará una simplificación satisfactoria.

El tercer apartado lo hemos estudiado ya, aunque brevemente. El cuarto apartado está muy claro: una vez escogida la matriz Λ se calcula $MCR = \Lambda\Lambda'$ (matriz de correlaciones reproducidas) y se evalúa su diferencia con R , la cual se denomina matriz residual, que ha sido denotada anteriormente por Ψ . Se trata, obviamente, de que sus componentes sean próximas a 0. Respecto al apartado 2, falta todavía por concretar cómo se escogen k y Λ . En el primer ejemplo, se obtiene una matriz Λ (5.2) que proporciona dos conglomerados perfectos de variables: el primero compuesto por las variables 1,3 y 5 (3 correlaciona inversamente); el segundo está compuesto por 2 y 4. Se trata, como dijimos, de un caso extremo, pues las correlaciones dentro de los conglomerados son perfectas, al igual que las incorrelaciones entre conglomerados distintos. En este caso, $KMO = 1$ y la matriz Ψ es nula (pues R es de rango 2). Además, esta solución identifica el primer conglomerado con el eje OX y el segundo con OY . Por lo tanto, no precisa ser rotada. No obstante, la solución (5.3) es una de las infinitas soluciones que pueden obtenerse a partir de la anterior mediante una rotación. La configuración de los conglomerados no depende, como vemos, de la solución escogida.

5.1.2 Criterio de selección del modelo

5.1.2.1 Criterio de Akaike

El método de máxima verosimilitud supone que la forma del modelo es conocida y solo falta estimar los parámetros. Cuando no es, se debe aplicarse con cuidado. Por ejemplo, supongamos que se desea estimar un vector de parámetros $\theta=(\theta_1, \dots, \theta_p)'$ y admitimos en lugar de un modelo único la secuencia de modelos $M_1 = (\theta_1, 0, \dots, 0), \dots, M_i = (\theta_1, \dots, \theta_i, 0, \dots, 0), \dots, M_p = (\theta_1, \dots, \theta_p)$, es decir el modelo $M_i = (i=1, \dots, p)$ indica que los primeros i parámetros son distintos de cero y los restantes cero. Es claro que, si estimamos los parámetros bajo cada modelo y calculamos el valor máximo del soporte sustituyendo los parámetros por sus estimaciones MV, el modelo con mayor soporte de los datos será el modelo M_p con todos los parámetros libres. Este resultado es general: el método de máxima verosimilitud siempre da mayor soporte al modelo con más parámetros, ya que la verosimilitud solo se puede aumentar si se introduce más parámetros para explicar los datos.

Esta limitación del método de máxima verosimilitud fue percibida por Fisher, que propuso el método en 1936 para estimar los parámetros de un modelo, indicando sus limitaciones para comparar modelos distintos. La solución habitual para seleccionar entre los modelos es hacer un contraste de hipótesis utilizando el contraste de verosimilitudes y eligiendo el modelo M_i frente al M_p mediante

$$\lambda = 2 (L(M_p) - L(M_i)) = D(M_i) - D(M_p) \quad (3.10)$$

Donde $L(M_p)$ es el soporte del modelo M_p al sustituir en la función soporte el parámetro θ por su estimación MV y $L(M_i)$ el soporte del modelo M_i al estimar los parámetros con la restricción $\theta_{i+1} = \dots = \theta_p = 0$, y $D(M_j) = -2L(M_j)$ es la desviación. Suponiendo que el modelo más simple, M_i es correcto, el estadístico λ se distribuye como una X^2 con $p-i$ grados de libertad.

Akaike propuso un enfoque alternativo para resolver el problema de seleccionar el modelo suponiendo que el objetivo es hacer predicciones tan precisas como sea posible.

Sea $f(y|M_i)$ la densidad de una nueva observación bajo el modelo M_i y sea $f(y)$ la verdadera función de densidad que puede o no ser una de las consideradas, es decir, el modelo verdadero puede o no ser uno de los M_i . Queremos seleccionar el modelo de manera que $f(y|M_i)$ sea tan próxima como sea posible a $f(y)$. Una manera razonable de medir la distancia entre estas dos funciones de densidad es mediante la distancia de Kullback-Leibler entre las dos densidades, que se calcula:

$$KL(f(y|M_i), f(y)) = \int \text{Log} \frac{f(y|M_i)}{f(y)} f(y) dy \quad (5.11)$$

Para interpretar esta medida observemos que la diferencia de logaritmos equivale, cuando los valores de ambas funciones son similares, a la diferencia relativa, ya que

$$\text{Log} \frac{f(y|M_i)}{f(y)} = \text{Log} \left(1 + \frac{f(y|M_i) - f(y)}{f(y)} \right) \cong \frac{f(y|M_i) - f(y)}{f(y)} \quad (5.12)$$

Y cuando las diferencias son grandes, el logaritmo es mejor medida de discrepancia que la diferencia relativa. Las discrepancias se promedian respecto a la verdadera distribución de la observación y la medida (5.11) puede demostrarse que es siempre positiva. Una manera alternativa de escribir esta medida es

$$KL(f(y|M_i), f(y)) = E_y \log f(y|M_i) - E_y \log f(y) \quad (5.13)$$

Donde E_y indica obtener la esperanza bajo la verdadera distribución de y . Como esta cantidad es siempre positiva, minimizaremos la distancia entre la verdadera distribución y $f(y|M_i)$ haciendo el primer término lo más pequeño posible. Puede demostrarse que esto equivale a minimizar

$$AIC = -2L(M_i) + 2i = D(M_i) + 2i \quad (5.14)$$

Es decir, se minimiza la suma de la desviación del modelo, que disminuirá si se introducen más parámetros, y el número de parámetros en el modelo, que tiende a corregir por este efecto.

5.1.3 Modelo de Regresión Lineal Múltiple

Se supone que el rendimiento de la conversión, en libras, es un proceso químico, depende de la temperatura y de la concentración del catalizador. Un modelo de regresión múltiple que podría describir esta relación es:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (5.15)$$

Donde y representa el rendimiento, x_1 la temperatura y x_2 la concentración del catalizador. Este es un modelo de regresión lineal múltiple con dos variables regresoras. Se usa el término lineal porque la ecuación (5.15) es una función lineal de los parámetros desconocidos β_0, β_1 y β_2 .

El modelo de regresión de la ecuación (5.15) describe un plano en el espacio tridimensional de y, x_1 y x_2 . La figura (5.4) muestra este plano de regresión para el modelo

$$E(y) = 50 + 10x_1 + 7x_2 \quad (5.16)$$

En el que se ha supuesto que el valor esperado del término ε de error en la ecuación (5.16) es cero. El parámetro β_0 es la ordenada al origen del plano de regresión. Si en el intervalo de datos se incluyen $x_1=x_2=0$ entonces β_0 es el promedio de y cuando $x_1=x_2=0$. Si no es así, β_0 no tiene interpretación física. El parámetro β_1 indica el cambio esperado de la respuesta y por cambio unitario en x_1 , cuando x_2 se mantiene constante.

De igual modo, β_2 mide el cambio esperado de y por unidad de cambio x_2 cuando se mantiene constante x_1 . La figura (5.5) muestra una gráfica de curvas de nivel del modelo de regresión, esto es, de líneas de respuesta esperada $E(z)$ constante, en función de x_1 y x_2 . Las curvas de nivel en esta gráfica son rectas paralelas.

En general, se puede relacionar la respuesta y con k regresores, o variables predictoras.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (5.17)$$

Se llama modelo de regresión lineal múltiple con k regresores. Los parámetros $\beta_j, j = 0, 1, \dots, k$ se llaman coeficientes de regresión. Este modelo describe a un hiperplano en el espacio de k dimensiones de las variables regresoras x_j . El parámetro β_j representa el cambio esperado en la respuesta y por cambio unitario en x_j cuando todas las demás variables regresoras $x_i (i \neq k)$ (se mantienen constantes. Por esta razón, a los parámetros $\beta_j, j = 1, 2, \dots, k$ se les llama con frecuencia coeficientes de regresión parcial.

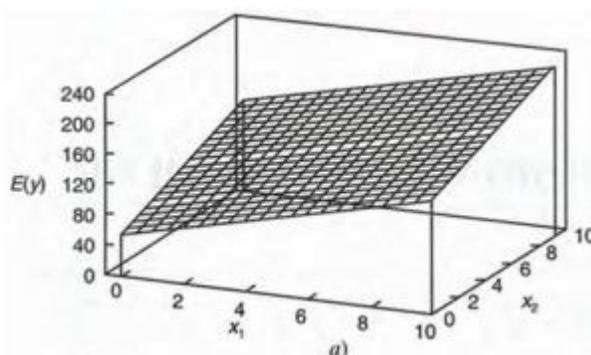


Figura 5.3 Plano de regresión para el modelo $E(y) = 50 + 10x_1 + 7x_2$

Fuente: Introducción al Análisis de Regresión Lineal, Douglas, M.; Peck, E.; Vinning,

G.

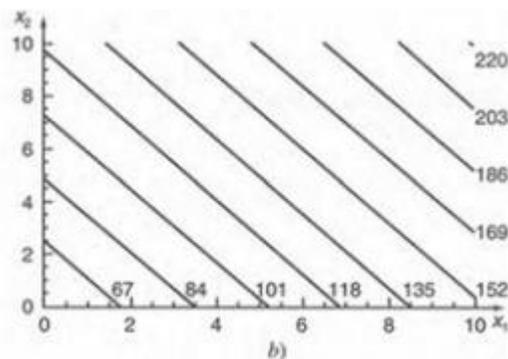


Figura 5.4 Gráfica de curvas de nivel

Fuente: Introducción al Análisis de Regresión Lineal, Douglas, M.; Peck, E.; Vinning, G.

Los modelos de regresión parcial múltiple se usan con frecuencia como modelos empíricos o como funciones de aproximación, ya que se desconoce la relación funcional real entre y y x_1, x_2, \dots, x_k , pero dentro de ciertos márgenes de las variables regresoras, el modelo de regresión lineal es una aproximación adecuada a la función verdadera desconocida.

Los modelos con estructura más complicada que la ecuación (5.17) se pueden analizar muchas veces con técnicas de regresión lineal múltiple. Por ejemplo, se tiene el modelo de polinomio cúbico.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \varepsilon \quad (5.18)$$

Si se hace que $x_1 = x, x_2 = x^2, x_3 = x^3$, entonces se puede escribir la ecuación (5.18) como sigue:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon \quad (5.19)$$

Que es un modelo de regresión lineal múltiple con tres variables regresores. También se pueden analizar modelos que incluyan efectos de interacción con métodos de regresión lineal múltiple. Por ejemplo, si el modelo es:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \varepsilon \quad (5.20)$$

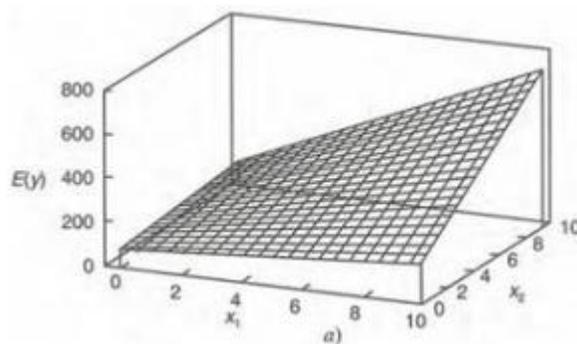


Figura 5.5 Gráfica tridimensional del modelo de regresión

$$E(y) = 50 + 10x_1 + 7x_2$$

Fuente: *Introducción al Análisis de Regresión Lineal*, Douglas, M.; Peck, E.; Vinning, G.

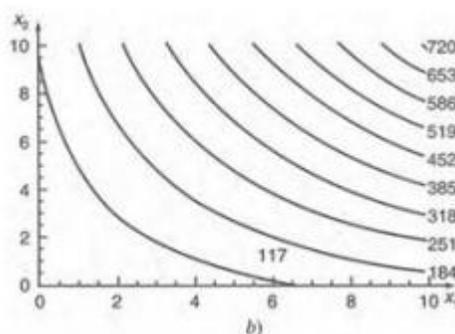


Figura 5.6 Gráfica de curvas de nivel

Fuente: *Introducción al Análisis de Regresión Lineal*, Douglas, M.; Peck, E.; Vinning, G.

Si se hace que $x_3 = x_1x_2$ y que $\beta_3 = \beta_{12}$, la ecuación (5.20) se podrá escribir en la forma

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \varepsilon \quad (5.21)$$

Que es un modelo de regresión lineal.

La figura (5.6) muestra la gráfica tridimensional del modelo de regresión

$$Y=50+10x_1+7x_2+5x_1x_2 \quad (5.22)$$

y la figura (5.7) la gráfica correspondiente bidimensional de curvas de nivel. Obsérvese que, aunque este es un modelo de regresión lineal, la forma de la superficie generada con el modelo no es lineal. En general, todo modelo de regresión que es lineal en los parámetros (las β) es un modelo de regresión lineal, independientemente de la forma de la superficie que genera.

Las figuras (5.6) y (5.7) es una buena interpretación grafica de una interacción. En general, interacción implica que el efecto producido al cambiar una variable (por ejemplo x_1) depende del valor de la otra variable (x_2). Por ejemplo, la figura (5.7) muestra que al cambiar x_1 de 2 a 8 se produce un cambio mucho más pequeño de $E(y)$ cuando $x_2 = 2$ que cuando $x_2 = 10$. Los efectos de interacción se producen con frecuencia al estudiar y analizar los sistemas en el mundo real, y los métodos de regresión son una técnica con las que se pueden describir.

En la mayor parte de los problemas del mundo real no se conocen los valores de los parámetros (los coeficientes β_i) de regresión, ni la varianza del error σ^2 , y se deben estimar a partir de datos muestrales. La ecuación o modelo de regresión ajustada se suele usar para pronosticar observaciones futuras de la variable de respuesta y , o para estimar la respuesta media a determinados valores de las x 's.

5.1.3.1 Prueba de hipótesis en Regresión Lineal Múltiple

Una vez estimados los parámetros del modelo, surgen de inmediato dos preguntas:

- ¿Cuál es la adecuación general del modelo?
- ¿Cuáles regresores específicos parecen importantes?

Hay varios procedimientos de prueba de hipótesis que demuestran su utilidad para contestar estas preguntas. Las pruebas formales requieren que los errores aleatorios sean independientes y tengan una distribución normal con promedio $E(\varepsilon_i) = 0$ y una varianza $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$.

5.1.3.2 Prueba de Significancia de la Regresión

La prueba de la significancia de la regresión es para determinar si hay una relación lineal entre la respuesta y y cualquiera de las variables regresoras x_1, x_2, \dots, x_k . Este procedimiento suele considerarse como una prueba general o global de la adecuación del modelo. Las hipótesis pertinentes son:

$$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \text{ Al menos para una } j$$

El rechazo de la hipótesis nula implica que al menos uno de los regresores x_1, x_2, \dots, x_k contribuye al modelo en forma significativa.

El procedimiento de prueba es una generalización del análisis de varianza que se usó en la regresión lineal simple. La suma total de cuadrados SS_T se divide en una suma de cuadrados debidos a la regresión, SS_R , y a una suma de cuadrados de residuales, SS_{Res} .

Así,

$$SS_T = SS_R + SS_{Res} \quad (5.23)$$

5.1.3.3 Prueba de la Hipótesis General Lineal

Se pueden probar muchas hipótesis acerca de los coeficientes de regresión, si se usa un método unificado. El método de suma extra de cuadrados es un caso especial de este procedimiento. En el procedimiento más general, la suma de cuadrados con la que se calcula la hipótesis es como la diferencia de dos sumas de cuadrados de residuales. A continuación, se describirá el procedimiento.

Supóngase que la hipótesis nula de interés se expresa en la forma $H_0 = T\beta = 0$, donde T es una matriz de constantes $m \times p$, tal que solo r de las m ecuaciones de $T\beta = 0$ son independientes. El modelo completo (FM, Full Model) es $y = X\beta + \varepsilon$, siendo $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y$, y la suma de cuadrados residuales, para el modelo completo es:

$$SS_{Res}(FM) = y'y - \hat{\beta}'X'y \text{ (n-p grados de libertad)} \quad (5.24)$$

Para obtener el modelo reducido, se usan las r ecuaciones independientes en $T\beta = 0$ para calcular los r coeficientes de regresión en el modelo completo, en función de los $p - r$ coeficientes restantes de regresión. Esto conduce al modelo reducido $z = Zy + \varepsilon$, por ejemplo, donde Z es una matriz de $n \times (p-r)$ y y es un vector de $(q - s) \times 1$, de coeficientes desconocidos de regresión. El estimado de y es:

$$\hat{y} = (Z'Z)^{-1}Z'y \quad (5.25)$$

Y la suma de cuadrados residuales, para el modelo reducido (RM, de reducedmodel), es

$$SS_{Res}(RM) = y'y - \hat{y}'Z'y \text{ (n-p+r Grados de libertad)} \quad (5.26)$$

El modelo reducido contiene menos parámetros que el modelo completo, así que $SS_{Res}(RM) \geq SS_{Res}(FM)$. Para probar la hipótesis $H_0: T\beta = 0$ se emplea la diferencia de sumas de cuadrados residuales

$$SS_H = SS_{Res}(RM) - SS_{Res}(FM) \quad (5.27)$$

Con $n - p + r - (n - p) = r$ grados de libertad. En ella, SS_H se llama suma de cuadrados debida a la hipótesis $H_0: T\beta = 0$. El estadístico de prueba para esta hipótesis es

$$F_0 = \frac{SS_H/r}{SS_{Res}(FM)/(n-p)} \quad (5.28)$$

Se rechaza $H_0: T\beta = 0$ si $F_0 > F_{\alpha, r, n-p}$

5.1.3.4 Intervalo de confianza en Regresión Múltiple

Los intervalos de confianza de los coeficientes de regresión individuales, y los intervalos de confianza de la respuesta media, para niveles específicos de los regresores, juegan el mismo papel importante que en la regresión lineal simple. En esta sección se desarrollan los intervalos de confianza, uno por uno, para estos casos.

5.1.3.5 Estimación del intervalo de confianza de la respuesta media

Se puede establecer un intervalo de confianza para la respuesta media en determinado punto como $x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0k}$. Defínase el vector x_0 como sigue:

$$x_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ x_{01} \\ x_{02} \\ \vdots \\ x_{0k} \end{bmatrix}$$

El valor ajustado en este punto es

$$\widehat{y}_0 = x_0 \beta \quad (5.29)$$

Es un estimador insesgado de $E(y|x_0)$, porque $E(\widehat{y}_0) = x_0' \beta = E(y|x_0)$ es

$$Var(\widehat{y}_0) = \sigma^2 x_0' (X'X)^{-1} x_0 \quad (5.30)$$

Por consiguiente, un intervalo de confianza de 100 (1-a) por ciento de la respuesta media en el punto $x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0k}$ es:

$$\widehat{y}_0 - t_{\frac{a}{2}, n-p} \sqrt{\widehat{\sigma}^2 X_0' (X'X)^{-1} x_0} \leq E(y|x_0) \leq \widehat{y}_0 + t_{\frac{a}{2}, n-p} \sqrt{\widehat{\sigma}^2 X_0' (X'X)^{-1} x_0} \quad (5.31)$$

Es una generalización de intervalo de predicción para una futura observación en la regresión lineal simple.

Capítulo 6. Desarrollo del Trabajo

Para la elaboración de este análisis se obtienen 8 variables de la encuesta, por lo cual es necesario registrar cada respuesta como una variable individual, la cual es evaluada en una escala de 1 a 5. Para poder medir el éxito en la implantación de un ERP se clasificaron a las empresas según los años de implantación del ERP, la capacitación que ocuparon para la implantación, la ayuda de la alta dirección, la adopción al cambio, la eficiencia del ERP, el manejo de habilidades y corrección de fallas, si fue exitosa desde el comienzo de su implantación, siendo esta la variable dependiente. De la totalidad de las 8 variables, se utilizó el análisis factorial, el cual permite reducir el número de variables y agruparlas en factores. Luego de realizar el análisis mencionado anteriormente, se procedió a seleccionar el modelo de regresión y finalmente se aplica un modelo de regresión lineal múltiple, a través del software Statgraphics.

6.2 Análisis Factorial

6.2.1 Análisis

Para realizar este análisis se procedió a ingresar las variables independientes a Statgraphics, para determinar los factores seleccionados y su correspondiente tabla de comunalidades, la cual se muestra a continuación:

Tabla 6.1: Matriz de Cargas de Factores después de Varimax rotación

Matriz de Cargas del Factor Después Varimax Rotación					
N	Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
1	Dirección de Proyecto de Implantación Eficaz	-0,0860688	-0,4618300	0,7702180	-0,1702020

2	Plan de Negocios	-0,0986158	0,0138188	-0,0670495	0,9309310
3	Educación y Entrenamiento	0,0444287	0,3333140	0,8764860	0,0463950
4	Experiencia Profesional externa (consultores)	-0,5453210	0,6845890	-0,0382342	-0,4450680
5	Prueba de Software y corrección de fallas	0,9354230	0,0649102	-0,1922100	-0,2427340
6	Gestión del cambio	0,0310480	0,7635710	0,0208097	0,4161660
7	Apoyo y compromiso de la alta dirección	0,9748690	0,1289280	0,1382080	0,0838368
8	Reingeniería de procesos de negocios	0,4008350	0,7907660	0,0730145	-0,2327000

Fuente: Elaboración propia

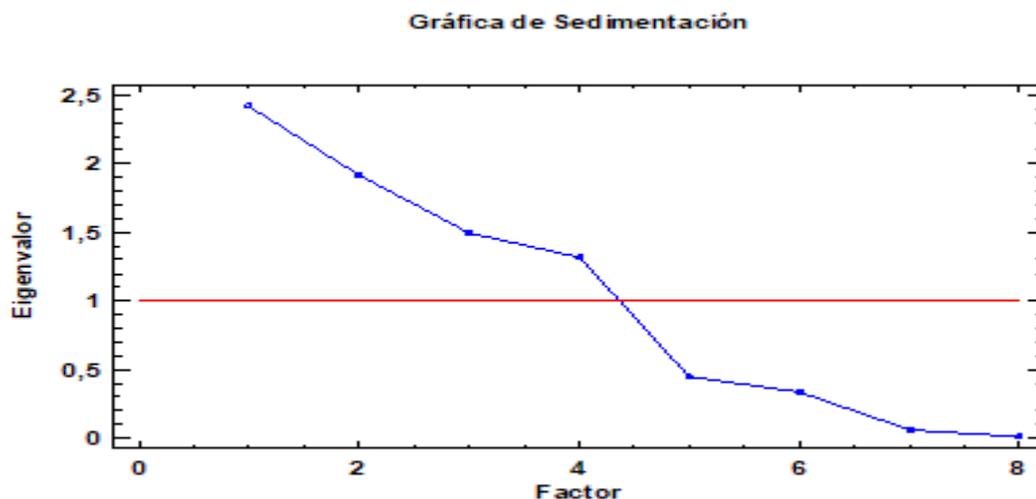


Figura 6.1 Gráfico de sedimentación

Fuente: Elaboración propia

La literatura señala que, para considerar a una variable dentro de un factor, es necesario que el valor absoluto de su comunalidad sea mayor a 0,5. Puede darse el caso de que este criterio de aceptación se cumpla para una variable en un factor, en todos o en ninguno, por lo que es posible dejar de lado variables que no se tomen en cuenta en ningún factor.

En el caso de este estudio el número de factores se reducen de 8 a 4 y como se menciona en el párrafo anterior, no es necesario eliminar ninguna otra variable. Por lo que los factores quedan constituidos de la siguiente manera:

Factor1: Experiencia Profesional externa (consultores), Prueba de Software y corrección de fallas, Apoyo y compromiso de la alta dirección.

Factor2: Gestión del cambio, Reingeniería de procesos de negocios.

Factor3: Dirección de Proyecto de Implantación Eficaz, Educación y Entrenamiento.

Factor4: Plan de Negocios.

6.3 Cálculo de la Matriz de Valores de Factores

Luego de definir los factores con los cuales se realiza el Modelo de Predicción, se modifican los valores en la tabla de datos, ya que ahora se consideraron los 4 factores para integrar al modelo. Para obtener los valores correspondientes a cada factor, se procedió a realizar una matriz de 12 x 4, lo que corresponde a las 12 encuestas aplicadas y los 4 factores resultantes, luego para calcular estos valores, se realiza la suma de cada respuesta de la encuesta correspondiente multiplicada por el valor de cada resultado obtenido en la Matriz de Cargas del Factor, después se aplicó Varimax Rotación del factor que corresponde. Cabe destacar que es en este paso es donde se incluyó la variable dependiente, la cual permite conocer el “Éxito en la implantación de ERP” que tienen las empresas mineras de la región de Atacama y por otro lado las variables independientes están distribuidas y constituidas por los 4 factores anteriormente nombrados.

Tabla 6.2 Matriz de valores de factores

FILA	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOREXITO
1	8,460818	6,21735	6,586816	1,861862	5
2	5,030336	6,98092	4,940112	1,861862	4
3	5,030336	6,21735	4,940112	2,792793	4
4	7,485949	5,45378	4,063626	1,861862	4
5	6,550526	6,21735	5,816598	2,792793	4
6	7,915497	7,77169	5,816598	1,861862	5

7	5,030336	5,45378	6,586816	0,930931	4
8	5,030336	6,21735	5,816598	1,861862	4
9	7,915497	7,00811	5,816598	1,861862	5
10	8,460818	6,21735	5,816598	1,861862	5
11	8,460818	6,21735	4,940112	1,861862	5
12	6,550526	6,21735	6,586816	2,792793	4

Fuente: Elaboración propia

6.4 Selección del Modelo de Regresión

Luego de obtener la matriz de datos ya transformada, se define el modelo de regresión. Gracias a la herramienta estadística Statgraphics es posible realizar el procedimiento de manera eficaz. Esta alternativa del programa, utiliza el valor del criterio de información de Akaike (AIC), el criterio de información se basa en el error cuadrático medio residual con una penalización que crece con el crecimiento del número de coeficientes del modelo. La meta es seleccionar un modelo con el mínimo error residual y con tan pocos coeficientes como sea posible. El mejor modelo es el que minimiza el criterio de información. A menudo, el mejor modelo depende del criterio de información seleccionado, cada uno de los cuales utiliza una fórmula diferente para la penalización.

Para el correcto desarrollo de este método, los factores serán renombrados, solo para simplificar el entendimiento del procedimiento, quedando de la siguiente manera:

Factor 1 como A

Factor 2 como B

Factor 3 como C

Factor 4 como D

A continuación, se muestran las posibles combinaciones de variables para la selección del Modelo de Regresión en base al mejor valor de Akaike (AIC), estos resultados se obtienen al ingresar la matriz de valores de factores 6.2 al software:

Tabla 6.3 Modelos con Mejor Criterio de Información (AIC)

<i>MSE</i>	<i>Coeficientes</i>	<i>AIC</i>	<i>HQC</i>	<i>SBIC</i>	<i>Variables incluidas</i>
0,0467119	4	-2,39709	-2,45693	-2,23545	ABD
0,0615255	3	-2,2883	-2,33319	-2,16708	AB
0,0484287	5	-2,19433	-2,26913	-1,99228	ABCD
0,0817668	2	-2,17055	-2,20047	-2,08973	A
0,0623776	4	-2,10788	-2,16773	-1,94625	ABC
0,0772218	3	-2,06107	-2,10596	-1,93985	AD
0,0830545	3	-1,98826	-2,03314	-1,86703	AC

0,0803067	4	-1,85524	-1,91508	-1,6936	ACD
0,229618	2	-1,138	-1,16793	-1,05719	B
0,223296	3	-0,999259	-1,04414	-0,878032	BD
0,265152	2	-0,96595	-0,995871	-0,885132	D
0,265152	2	-0,928129	-0,95805	-0,847311	C
0,248689	3	-0,891552	-0,936435	-0,770326	BC
0,247143	4	-0,731121	-0,790965	-0,569486	BCD

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de este análisis arroja que, el modelo con mejor respuesta es el que proporciona “A”, “B”, “D” correspondientes a los factores “1”, “2” y “4” dejando fuera del modelo el factor “3” correspondiente a “C” Ahora si se analiza a través de la misma herramienta estadística, pero viendo el resultado de los R-Cuadrados Ajustados se obtiene un resultado similar.

Tabla 6.4 Modelos con Mayor R-Cuadrado Ajustado

<i>CME</i>	<i>R- Cuadrada</i>	<i>R- Cuadrada Ajustada</i>	<i>Cp</i>	<i>Variables Incluidas</i>
0,0467119	87,1876	82,3829	3,7164	ABD
0,0484287	88,3771	81,7354	5,0	ABCD

0,0615255	81,015	76,7961	5,43391	AB
0,0623776	82,8907	76,4747	6,30423	ABC
0,0772218	76,1715	70,8763	8,35091	AD
0,0803067	77,973	69,7129	9,26596	ACD
0,0817668	71,9657	69,1623	8,88394	A
0,0830545	74,3717	68,6766	9,43486	AC
0,223296	31,0973	15,7856	35,4973	BD
0,229618	21,2737	13,4011	39,4136	B
0,247143	32,2122	6,79178	36,8259	BCD
0,248689	23,2617	6,20875	40,2164	BC
0,265152	9,09091	0,0	48,3152	D
0,265152	9,09091	0,0	50,4859	C

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente a lo realizado, se vuelve a utilizar el Criterio de Información Akaike (AIC) con los nuevos factores seleccionados, sin incorporar el factor “C” correspondiente a “3” ya que este fue eliminado, con la intención de poder corroborar si se elimina algún otro factor y así mejorar el modelo. Para el correcto desarrollo de este método, los factores

serán renombrados nuevamente, solo para simplificar el entendimiento del procedimiento, quedando de la siguiente manera:

Factor 1 como A

Factor 2 como B

Factor 4 como D

A continuación, se muestran las posibles combinaciones de variables para la selección del nuevo Modelo de Regresión en base al mejor valor de Akaike (AIC) estos resultados se obtienen al ingresar la matriz de valores de factores 6.2 pero dejando fuera como se menciona anteriormente el factor denominado “C” al software:

Tabla 6.5 Modelos con Mejor Criterio de Información (AIC)

<i>MSE</i>	<i>Coeficientes</i>	<i>AIC</i>	<i>HQC</i>	<i>SBIC</i>	<i>Variables incluidas</i>
0,0467119	4	-2,39709	-2,45693	-2,23545	ABD
0,0615255	3	-2,2883	-2,33319	-2,16708	AB
0,0817668	2	-2,17055	-2,20047	-2,08973	A
0,0772218	3	-2,06107	-2,10596	-1,93985	AD
0,229618	2	-1,138	-1,16793	-1,05719	B
0,223296	3	-0,999259	-1,04414	-0,878032	BD

0,265152	2	-0,96595	-0,995871	-0,885132	D
----------	---	----------	-----------	-----------	---

Fuente: Elaboración propia.

Al estudiar los resultados del segundo análisis del Criterio de Información de Akaike (AIC) se obtiene nuevamente la combinación “A”, “B”, “D” **correspondientes a los factores “1”, “2”, “4”,** quedando como las variables más representativas del modelo, ya que no se elimina ninguna otra.

En cuanto al análisis de Los R-Cuadrados Ajustados, el resultado de la combinación de factores no disminuye su cantidad, ni varía su composición, por lo tanto, se mantiene. El resultado de estos valores arroja que el modelo con mejor respuesta es el que proporciona la misma combinación de la primera Iteración la cual vendría a ser entre las letras “A”, “B”, “D”, correspondientes a los factores “1”, “2”, “4”, dejando fuera del modelo al factor nombrado anteriormente “C” correspondiente al número “3”.

Tabla 6.6 Modelos con Mayor R-Cuadrado Ajustado

<i>CME</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajustada</i>	<i>Cp</i>	<i>Variables Incluidas</i>
0,0467119	87,1876	82,3829	4,0	ABD
0,0615255	81,015	76,7961	5,85414	AB
0,0772218	76,1715	70,8763	8,87835	AD
0,0817668	71,9657	69,1623	9,50447	A
0,223296	31,0973	15,7856	37,0224	BD

0,229618	21,2737	13,4011	41,1562	B
0,265152	9,09091	0,0	50,3849	D

Fuente: Elaboración propia.

Este modelo tiene el mejor valor de R-Cuadrado ajustado, que es equivalente a 82,3829%.

Una vez que se obtienen los factores finales a utilizar, se procede a identificar cada uno de estos y nombrarlos.

6.5 Obtención de la Ecuación del Modelo Final

Finalmente se realiza un modelo de Regresión Lineal Múltiple, ingresando la tabla 6.2 al software dejando fuera el factor “C” que se descartó en el análisis anterior, en el cual se prueban los criterios de: Mínimos cuadrados, Optimización de Cochrane-Orcult, Selección paso a paso hacia adelante, Selección paso a paso hacia atrás y Optimización Box-Cox. De esta forma se elige el mejor modelo de acuerdo a su R^2 ajustado y su error estándar, obteniendo como resultado una Regresión lineal múltiple con el método de Optimización de Cochrane-Orcult, la cual se define a continuación:

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Éxito En La Implantación De ERP} = 1,26907 + 0,268259*A + 0,310042*B - 0,326969*D$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * \text{Factor Calidad del sistema de gestión empresarial} + \beta_2 * \text{Factor Reinversión} - \beta_3 * \text{Factor Plan de negocios}$$

Ahora, al realizar la regresión se obtienen los siguientes valores correspondientes al cálculo de los parámetros de regresión β_0 , β_1 , β_2 , β_3 .

Tabla 6.7: Transformación Cochrane-Orcutt aplicada:
autocorrelación = -0,433928

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	1,26907	0,694907	1,82624	0,1106
A	0,268259	0,0411176	6,52419	0,0003
B	0,310042	0,104155	2,97674	0,0206
D	-0,326969	0,112361	-2,91	0,0227

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, los valores de los parámetros de estimación del modelo quedan conformados según la tabla 6.7:

- $\beta_0 = 1,26907$; corresponde a la estimación de la constante
- $\beta_1 = 0,268259$; corresponde a la estimación de A
- $\beta_2 = 0,310042$; corresponde a la estimación de B
- $\beta_3 = -0,326969$; corresponde a la estimación de D

A través de la misma plataforma estadística se pueden obtener los valores del análisis de varianza y las características generales del modelo.

Tabla 6.8 ANOVA Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Modelo</i>	2,91129	3	0,97043	22,24	0,0006
<i>Residuo</i>	0,305483	7	0,0436405		
<i>Total (Corr.)</i>	3,21677	10			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.9: Características del modelo

<i>Estadísticas de la regresión</i>	<i>Valor</i>
R^2	90,5034%
R^2 ajustado	86,4335 %
<i>Error estándar del est.</i>	0,208903
<i>Estadístico Durbin-Watson</i>	1,59031
<i>Observaciones</i>	12

Fuente: Elaboración propia.

6.5.1 Análisis e interpretación de los resultados

Como se aprecia anteriormente, la muestra que se debe analizar está compuesta por empresas mineras de la región de Atacama, que poseen un sistema ERP y que no se sabe con certeza la eficiencia de este.

6.5.2 Análisis e Interpretación del Modelo de Predicción

El modelo de predicción ajustado queda finalmente de la siguiente manera:

$$\text{Éxito en la implantación de ERP (Y)} = 1,26907 + 0,268259 * \text{Factor Calidad del sistema de gestión empresarial} + 0,310042 * \text{Factor Reinvención} - 0,326969 * \text{Factor Plan de negocios}$$

Dicha ecuación a su vez se encuentra representada no solo por 3 factores ya que estos envuelven a variables que se encuentran dentro de estos. De esta manera el modelo queda en término de 6 variables, las cuales son:

- Experiencia Profesional externa (consultores)
- Prueba de Software y corrección de fallas
- Apoyo y compromiso de la alta dirección.
- Gestión del cambio
- Reingeniería de procesos de negocios.
- Plan de Negocios.

Se les renombrara como un factor:

- **Factor 1:** Este factor está compuesto por 3 variables, las cuales son: “Experiencia profesional externa (consultores)”, “Prueba de software y corrección de fallas” y “Apoyo y compromiso de la Alta dirección”, teniendo características en común. Por lo cual el nombre de este factor será: **Factor Calidad del sistema de gestión empresarial**
- **Factor 2:** Este factor está compuesto por 2 variables las cuales son: “Gestión del cambio” y “Reingeniería de procesos de negocios, teniendo características en común, por lo cual el nombre de este factor sea: **Factor Reinversión**
- **Factor 4:** Este factor está compuesto por 1 variable, la cual es Plan de Negocios, por lo que su nombre será: **Factor Plan de Negocios.**

Tomando en cuenta el concepto de Ceteris-Paribus (o coeteris paribus, del latín, significa en español “todo lo demás constante”) se puede obtener el siguiente análisis del modelo adquirido según la cantidad de variables independientes o factores estudiados:

- **Intercepto:** Si todos los factores explicativos fueran 0, el Éxito en la implantación de ERP sería 1,26907
- **Factor Calidad del sistema de gestión empresarial:** El Éxito en la implantación de ERP aumenta en promedio 0,268259 unidades por cada unidad de aumento en el **Factor Calidad del sistema de gestión empresarial**, manteniendo los demás factores constantes.
- **Factor Reinversión:** El Éxito en la implantación de ERP aumenta en promedio 0,310042 unidades por cada unidad de aumento en el **Factor Reinversión**, manteniendo los demás factores constantes.
- **Factor Plan De Negocios:** El Éxito en la implantación de ERP disminuye en promedio 0,326969 unidades por cada unidad de aumento en el **Factor Plan De Negocios**, manteniendo los demás factores constantes.

La salida muestra los resultados como consecuencia de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple que describe la relación entre El Éxito en la implantación de ERP y 3 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Éxito en la implantación de ERP (Y)} = 1,26907 + 0,268259 * \text{Factor Calidad del sistema de gestión empresarial} + 0,310042 * \text{Factor Reinversión} - 0,326969 * \text{Factor Plan De Negocios}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 90,5034% de la variabilidad en Éxito en la implantación de ERP. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 86,4335%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,208903. El error absoluto medio (MAE) de 0,147088 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos.

Para determinar si el modelo puede simplificarse, note que el valor-P más alto de las variables independientes es 0,0227, que corresponde a D. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95,0%. Consecuentemente, de manera probabilística no se debería eliminar ninguna variable del modelo.

6.5.3 Variables excluidas del modelo

Cuando se plantea la construcción del modelo en base a 8 variables, siempre se debe tener en cuenta que habrá algunas que no serán consideradas en el resultado final, siendo un total de 2 variables descartadas en todos los procedimientos realizados.

Las variables excluidas fueron:

- Dirección de Proyecto de Implantación Eficaz
- Educación y Entrenamiento.

6.5.4 Caracterización de las empresas con alto nivel de éxito en la implantación de ERP:

Gracias al modelo previamente realizado, se pudo obtener información muy importante que ayuda a poder caracterizar las empresas que mejor logran el éxito con la implantación de los sistemas ERP.

La capacitación realizada a los trabajadores de las empresas encuestadas para la utilización del Software, aporta significativamente para la obtención de un alto nivel de éxito que las empresas tienen. En la encuesta que se realizó a las empresas el 50% recibieron Capacitación por parte de consultorías externas y el otro 50% respondió que la capacitación se hacía internamente por parte de la empresa.

Las habilidades tecnológicas y el nivel de conocimientos que los trabajadores posean para sacar el mayor rendimiento a los software y obtener los mejores resultados en las áreas donde se implanta es de importante interés para que las empresas mineras de la región de atacama logren el éxito en la implantación de ERP, según los resultados obtenidos el 50% describe tener un buen manejo y conocimiento de estas habilidades y el otro 50% dice tener un muy buen manejo, lo que implica la importancia de un buen manejo en los SI como base, ya que sin ellas el proceso sería ineficiente si no se contará con el personal adecuado para lograr los beneficios y éxitos de la implantación.

Las empresas que tienen un alto nivel de éxito en la implantación según el modelo son las que tienen muy buen apoyo y compromiso de la alta dirección, como demostró la población encuestada con el 41,67%.

Las empresas con un alto nivel de éxito de implantación de ERP son las que poseen actitud frente al cambio, ya que la participación y compromiso de los diversos individuos y grupos es requisito indispensable para lograr el objetivo, siendo el 66,67% las empresas que respondieron que tienen una buena adaptación sin alterar el alcance de los objetivos.

Las empresas mineras encuestadas en la región de Atacama que tienen un alto nivel de éxito de implantación según la encuesta son aquellas integran eficientemente las áreas de

una empresa para solucionar problemas complejos, optimizar sus tiempos y mejorar sus procesos.

El éxito de la implantación está dado por la competitividad en el área por lo que el tiempo de la implantación del ERP producirá continuas reducciones de sus costos, la automatización de sus procesos de producción, comercialización o administración, incrementando así constantemente su productividad. Permitiéndoles un crecimiento hacia nuevos planteamientos de negocio, según la encuesta la mayoría de las empresas tiene más de 6 años con el ERP implantado.

6.5.5 Caracterización de las empresas con bajo nivel de éxito en la implantación de ERP:

Al igual que el inciso anterior, existen características propias de las empresas con bajo nivel de éxito en la implantación de ERP.

Un bajo nivel de éxito de implantación de ERP está ligado a la capacitación de sus trabajadores, es por eso que aquella empresa que no posea la capacitación necesaria del ERP por parte de la empresa o por consultoras externas de ninguna manera lograrán el éxito, ya que el personal no tendrá las capacidades necesarias para el mejor rendimiento del software.

Otra de las características de las empresas que no poseen éxito en su implantación de ERP son aquellas donde los trabajadores o usuarios no manejan las habilidades tecnológicas, por ende, son más propensos a cometer errores y fallas en el sistema ERP.

El poco apoyo y compromiso de la alta dirección con los trabajadores lleva al bajo nivel de éxito, así lo demostró la población encuestada, se debe prestar suficiente importancia a la participación, liderazgo y compromiso de los miembros claves de la empresa en cada una de las etapas de la implantación.

Un bajo nivel de éxito en la implementación de ERP implicaría que las empresas consideren el cambio como una resistencia y oposición que podría conducir al fracaso.

6.6 Análisis de los resultados de la encuesta

A continuación, se analizan los resultados o variables que se desprenden de esta encuesta realizada a las 12 empresas mineras de la región de Atacama.

En primer lugar, tenemos que un 75% de las empresas dispone de un sistema de gestión empresarial (ERP) y un 25% lo tiene implantado y en renovación.

Diez de las doce empresas posee el ERP SAP correspondiente al 83,33%, seguido muy por debajo por 2 empresas que poseen Microsoft dynamics GP y Softland correspondientes a un 8,33% cada una.

El 66,67% tiene implantado el ERP entre los 6 y los 10 años, el 25% lo tiene entre 11 a 15 años y un bajo porcentaje lo posee entre 0 a 5 años con un 8,33%.

Se analiza la capacitación de las personas sobre el sistema de gestión empresarial que disponen en la empresa y el mayor porcentaje de las organizaciones dice que poseen una buena capacitación de personal con un 66,67%, un 25% cree que es regular y un 8,33% cree que hay una mala capacitación.

Sobre la misma capacitación las empresas del rubro minero prefieren 50% hacerla con una consultoría externa y el otro 50% que sea interna por parte de la empresa.

El 50% de las empresas cree que mejorarán de muy buena manera las habilidades y conocimientos de sus trabajadores al usar el ERP y otro 50% asume que serán de buena manera.

Otra de las variables que se consultó es cómo afectó el cambio de adoptar un ERP al personal de las empresas, a lo que un 16,67% contestó que lo hicieron de muy buena manera, un 66,67% dijo que de buena manera y un 16,67% contestó que de forma regular.

En cuanto a la variable dependiente el “Éxito de implantación de ERP”, 5 empresas correspondientes a un 41,67% considera que la implantación del sistema de gestión empresarial fue muy exitosa, mientras que 7 correspondientes a un 58,33% consideran que fue medianamente exitosa.

Por otro lado, la pregunta dirigida al apoyo y compromiso que tuvo la alta dirección en la implantación del sistema ERP, la mayoría considera que fue muy buena con un 41,67%, por otro lado, un 25% dice que fue buena y finalmente 33,33% de las empresas considera que fue regular el apoyo.

Finalmente, las empresas califican la eficiencia de los procesos con la implantación del ERP con un 83,33% de buena manera y un 16,67% la califican de muy buena.

Capítulo 7. Conclusión y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

Se debe tener en cuenta que los factores críticos que se definieron para la realización de la encuesta y obtención de resultados fueron analizados mediante el estudio de diversos autores que buscaban demostrar el éxito de la implantación de ERP en empresas de otros países. Por ende, situándose en el mismo contexto se han desprendido las variables más importantes, con la finalidad de determinar si cumplen las mismas condiciones de adopción de sistemas ERP en las empresas de la región de Atacama.

En esta investigación se realizó un Análisis Factorial, luego se aplicó un modelo de Regresión Lineal Múltiple (optimización Cochrane-orcut), a través del software estadístico Statgraphics, el cual permitió demostrar como actuaban 8 variables elegidas en relación al fenómeno de determinación del éxito en la adopción de sistemas ERP las empresas mineras de Chile.

A través del Análisis factorial, donde se reducen las variables de 8 a 4, estas quedan agrupadas en 4 factores.

Posteriormente se aplica la reducción de variables mediante un Modelo de regresión lineal múltiple, y se selecciona el modelo en base al Criterio de información Akaike, SBIC, HQC, R^2 ajustada, donde de los 4 factores anteriores se elimina 1, obteniendo una agrupación de variables en 3 factores, lo que permite explicar de mejor manera el fenómeno de adopción con este modelo. De esta manera se cumple el objetivo general de encontrar factores que explican de mejor forma el éxito en la implantación de ERP en base a variables obtenidas de la teoría estudiada, por lo tanto, el factor encontrado se enumera de la siguiente manera: **Factor** Calidad del sistema de gestión empresarial, **Factor** Reinversión, **Factor** plan de negocios.

Un resultado importante encontrado es la relación inversa entre el éxito de implantación de ERP y el Factor plan de negocios que incluye la variable plan de negocios. Esta relación evidencia que el éxito de implantación de ERP disminuye a medida que las

empresas tengan un ERP instalado de forma reciente y aumenta en caso contrario cuando el ERP ha sido instalado hace ya bastante tiempo.

Además, se obtiene el factor considerado en el modelo llamado **Factor Calidad del sistema de gestión empresarial** compuesto por tres variables, “Experiencia profesional externa (consultores)”,” Prueba de software y corrección de fallas”, y “Apoyo y compromiso de la Alta dirección”, que tiene una relación directa con el éxito de implantación de ERP. Por ende, el éxito de implantación de ERP aumenta en las empresas donde se capacita al personal de forma correcta y existe colaboración con la alta dirección sobre la utilización, corrección de errores y desarrollo de la ERP.

Finalmente se obtiene el **Factor Reinversión**, que mantiene una relación directa con la variable dependiente. Por lo tanto, el éxito de implantación de ERP aumenta cuando las empresas mineras de la región de Atacama son capaces de reducir el nivel de incertidumbre y “miedo” mediante la gestión del cambio en la implantación del ERP, así mejorando la calidad, rapidez y costos de los servicios.

Así se logra un resultado bastante satisfactorio, reduciendo el modelo inicial de 8 variables a 4 variables agrupados en 3 factores con un R^2 ajustado de 86,4%.

7.2 Recomendaciones

Finalmente, con el objetivo de generar una mejora continua se ofrecen dos recomendaciones para las futuras empresas que lo necesiten.

- A partir del análisis realizado por diversos autores citados, los cuales estudiaron los factores del Éxito de las ERP aplicadas en diversas empresas, se rescata que las variables extraídas del estudio también se cumplen en el caso de las empresas mineras de la región de Atacama, en Chile, obteniendo resultados favorables, por lo que este análisis podría ser aplicado para empresas de otros rubros.
- Para obtener las mayores ventajas en la implementación del ERP, las empresas deben considerar los factores y variables que resultaron de este análisis, se les

recomienda también tener en cuenta la calidad del ERP siendo que está no era una variable estudiada en la literatura, se realizaron los mismos análisis incorporando esta variable extra teniendo resultados significativos en la variable dependiente, es decir, las empresas que poseen un ERP de mayor calidad y desarrollo obtienen mayor éxito de implantación, mientras que las empresas que poseen uno de baja calidad los resultados del éxito de la implantación del ERP disminuye.

- Como una variación del modelo se considera incorporar la variable “Calidad del ERP” a la matriz de análisis. En este caso se obtiene que la variable es representativa del fenómeno de adopción estudiado y explica la variable dependiente en un 84% que es muy similar al modelo original.

Referencias Bibliográficas

Akkermans, H.; van Helden, K. (2002): “Vicious and virtuous cycles in ERP implementation: a case study of interrelations between critical success factors”, *European Journal of Information Systems*, vol. 11, N° 1, pp. 35-46.

Ang, J.; Teo, T. S. H. (2000): “Management Issues in Data Warehousing: Insights from the Housing and Development Board”, *Decision Support Systems*, vol. 29, n°1, pp. 11-20.

Andreu, R., Ricart, J., & Valor, J. (1996). *Estrategia y sistemas de información* (McGrawHil). Madrid.

Al-Mashari, M. (2003): “Enterprise resource planning (ERP) systems: a research agenda”, *Industrial Management and Data Systems*, vol. 103, n° 1, pp. 22-27.

Basoglu, Nuri & Daim, Tugrul & Kerimoglu, Onur. (2007). Organizational adoption of enterprise resource planning systems: A conceptual framework. *The Journal of High Technology Management Research*. 18. 73 - 97. 10.1016/j.hitech.2007.03.005.

Benvenuto, Á. (2006). Implementación de sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC. *Capiv*, 4, 33-48.

Bingi, P.; Sharma, M.K.; Godla, J.K. (1999): “Critical Issues Affecting an ERP Implementation”, *Information Systems Management*, vol. 16, n° 3, pp. 7-14.

Botta-Genoulaz, V. y Millet, P. A. (2006). An investigation into the use of ERP systems in the service sector. *International Journal of Production Economics*, 99 (1-2), 202-221.

Bowman, B.; Davis, G.; Wetherbe, J. (1983):” Three stages model of MIS planning”, *Information Management*, vol. 6, n°1, pp.11-25.

Brown, C.; Vessey, I. (1999): "ERP implementation approaches: toward a contingency framework". Proceeding of the 20th International Conference on Information Systems ICIS, pp. 411-416.

Buckhout, S.; Frey, E.; N. J., J. (1999): "Making ERP Succeed: Turning Fear Into Promise". *Strategy & Business*, vol. 2, n° 15, pp. 60-72.

Calero, J. L. 2000. Investigación cualitativa y cuantitativa. Problemas no resueltos en los debates actuales. *Revista Cubana de Endocrinología*. Instituto Nacional de Endocrinología. La Habana, Cuba. 11(3):192-8.

Codelco División Salvador
<https://www.codelco.com/salvador>

Cohen, W.; Levinthal, D. (1990): "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation", *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, n°1, pp. 128-52.

Cooper, B. L.; Watson, H. J., Wixom, B. H; Goodhue, D. L. (2000): "Data Warehousing Supports Corporate Strategy at First American Corporation", *MIS Quarterly*, vol. 24, n°4, pp. 547-567.

Colmenares, L. E. (2005). Un estudio exploratorio sobre los factores críticos de éxito en la implantación de sistemas de planeación de recursos empresariales (ERP) en Venezuela. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 2(2), 167–187. <http://doi.org/ISSN -1807-1775>

Chapman, C. S. y Kihn, L. A. (2009). Information system integration, enabling control and performance. *Accounting, Organizations and Society*, 34 (2), 151-169.

Davenport, T.H. (2000): "Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise Systems", Harvard Business School Press, Boston.

DeLone, W.H y McLean, E.R. (1992) Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable, *Information Systems Research*, 3,1, 60-95.

DeLone, W.H y McLean, E.R. (2003) DeLone and McLean Model of Information Systems succes: A Ten-Year Update, *Journal of management Information Systems*, 19, 4, 9-30.

DiarioFinanciero. (2011, March 22). ERP, una herramienta inteligente, *Diario Financiero Suplementos*, pp. 1 – 8. Chile. Retrieved from https://www.df.cl/custom/site/df/internet/especiales/e_erp.pdf

Duplaga, E.A.; Astani, M. (2003): “Implementing ERP in manufacturing”, *Information Systems Management*, vol. 20, n° 3, pp. 68-75.

Dynamics CRM es el software de gestión de relaciones con el cliente
<https://www.nubit.es/microsoft-dynamics-crm/>

DOUGLAS C. MONTGOMERY, ELIZABHET A. PECK, GEOFRY VINING,
Introducción al análisis de regresión lineal, Tercera edición, México, 2006 Pags.
61-111

Gable, G. (1998): "Large Package Software: ¿a Neglected technology?", *Journal of Global Information Management*, vol. 6, n° 3, pp. 3-4.

Gable, G. G.; Sedera, D.; Chan, T. (2003): "Enterprise systems success: A measurement model", *Proceedings of the Twenty-Fourth International Conference on Information Systems*, pp. 576- 591.

García, N., & Pérez, L. (2006). Determinación de Factores Críticos de Éxito en el proceso de implementación de un sistema ERP. Un estudio de campo en empresas mexicanas. *Americas Conference on Information Systems*, 12(31), 4342–4354.

García, R.; Ramírez, P. (2004):” El meta análisis como instrumento de investigación en la determinación y análisis del objeto de estudio”, XVI Encuentro de Profesores Universitarios de Marketing, ESIC EDITORIAL, Madrid, pp.341-358.

Ginzberg, MJ (1981):” Key recurrent issues in the MIS implementation process”. *MIS Quarterly*, vol.5, n°2, pp. 47-59.

Gómez, Á., & Suárez, C. (2006). *Sistemas de Información. Herramientas prácticas para la gestión empresarial.*, 11–56.

Grover, V.; Jeong, S.R.; Kettinger, W.J.; Ten, J.T. (1995): “The implementation of business process re-engineering”, *Journal of Management Information Systems*, vol.12, n°1, pp. 109–144.

Gupta, A. (2000): “Enterprise resource planning: the emerging organizational value systems”, *Industrial Management and Data Systems*, vol. 100, n° 3, pp. 114-118.

Harris, R. (2000): "Customization versus Standardization: Striking a balance in ERP software", *Machine Design*, vol. 72, n°14, pp. 64-69.

Holland, C.; Light, B. (1999): “A Critical Success Factors Model for ERP Implementation”, *IEEE Software*, vol. 16, n° 3, pp. 30-36.

Hong, K.K.; Kim, Y.G. (2002): “The critical success factors for ERP implementation: an organizational fit perspective”, *Information and Management*, vol. 40, n° 1, pp.25-40.

Hossain, L., Patrick, J., & Rashid, M. (2002). Enterprise Resource Planning. Londres (Inglaterra): Idea Group Publishing.

InformáticaHoy. (2007). Evolución Histórica del Software ERP. Retrieved from <http://www.informatica-hoy.com.ar/software-erp/Evolucion-Historica-del-Software-ERP.php>

JESUS MONTANERO FERNANDEZ, Análisis Multivariante, Universidad de Extremadura, 2008 ISBN 978-84-691-6343-6

Kalling, T. (2003): “ERP Systems and the Strategic Management Processes that Lead to Competitive Advantage”, Information Resources Management Journal, vol. 16, n°4, pp. 46-68.

King, W.; Teo, T. (1996): “Key dimensions of facilitators and inhibitors for strategic use of information technology”, Journal of Management Information Systems, vol. 12, n° 4, pp. 35-53.

KUMAR, V.; MAHESHWARI, B.; KUMAR, U. (2002): “ERP systems implementation: Best practices in Canadian government organizations”, Government Information Quarterly, vol. 19, n° 2, pp.147-172.

Larsen, M.A.; Myers, M.D. (1999): “When success turns into failure: a package-driven business process re-engineering project in the financial services industry”, Journal of Strategic Information Systems, vol. 8, n° 4, pp. 395-417.

Laudon, K.; Laudon J. (2002): “Information Systems Management: Organization and technology”, 7ª edition, Prentice Hall.

Laudon, K., & Laudon, J. (2004). Sistema de Información Gerencial. (L. Cruz, Ed.) (Person). México: 2012.

Legare, T.L. (2002): “The role of organizational factors in realizing ERP benefits”, *Information Systems Management*, vol. 19, n° 4, pp. 21-42.

Markus, M.; Axline, S.; Petrie, D.; Tanis, C. (2000): “Learning from adopters’ experiences with ERP: Problems encountered and success achieved”, *Journal of Information Technology*, vol. 15, n° 4, pp. 245–265.

Mandal, P.; Gunasekaran, A. (2003): “Problemas en la implementación de ERP: un caso study, *Revista europea de investigación operativa*, vol. 146, n° 2, págs. 274-2

Manto Verde

<https://www.mantoscopper.org/mantoverde>

Mapa minero de Chile

<https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/mapa-minero-de-chile.pdf>

Markus, M.; Axline, S.; Petrie, D.; Tanis, C. (2001): “Learning from adopters’ experiences with ERP: Problems encountered and success achieved”, en “Enterprise Systems: ERP, Implementation, and Effectiveness”, Shanks, Seddon y Willcocks (Eds.).

Mabert, V.A.; Soni, A.; Venkataramanan, M. (2003): “The impact of organization size on enterprise resource planning (ERP) implementations in the US manufacturing sector”, *Omega International Journal of Management Science*, vol. 31, n° 3, pp. 235-246.

McCredie, J.; Updegrove, D. (1999): “Enterprise System Implementations: Lessons from the Trenches “, *Cause/Effect*, vol. 22, n° 4, pp. 9-16.

MEJIA, J. 2005. ERP (Enterprise Resource Planning) - Sistemas De Planeación De Los Recursos De La Empresa Como El Nuevo Enfoque De Gestión.

(Disponible en <http://www.gestiopolis.com>).

MONTALVO, E.; F. PLANCARTE; R. TAPIA. 2005. Monterrey Maestría En Administración De Tecnologías De La Información.

MySoftware. (2011). Software OpenERP adaptado a las necesidades del Ecuador. Retrieved from <https://mysoftwar.wordpress.com/2011/04/12/seleccion-de-softwareerp-como-seleccionar-erp>

Nah, F.F.; Lau, J.L.; Kuang, J. (2001): “Critical factors for successful implementation of enterprise systems”, Business Process Management Journal, vol. 7, n° 3, pp. 285-296.

Nelson, K.G.; Somers, T.M. (2001):” Exploring ERP success from an end-user perspective”, Seventh Americas Conference on Information Systems, Conference Proceedings.

Pan S.L.; Newell, S.; Huang, J.C.; Cheung, A.W.K. (2001):” Knowledge integration as a key problem in an ERP implementation”, Proceeding Twenty-Second International Conference on Information Systems, pp. 321-328.

Panorama del uso del ERP empresarial en América Latina
<https://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Panorama-del-uso-del-ERP-empresarial-en-America-Latina>

Peña, A. (2006). Ingeniería de Software: Una Guía para Crear Sistemas de Información. Instituto Politécnico Nacional.

Pitt, L. F., Watson, R. T. y kavan, C.B (1995) Service Quality: A Measure of Infomation Systems Effectiveness, MIS Quarterly, 19, 2, 173-187.

¿Qué es un ERP?

<https://www.defontana.com/cl/glosario/que-es-un-erp/>

Rajagopal, P.; Tyler, F. (2000): “Enhancing manufacturing performance with ERP systems”, *Information Systems Management*, vol. 17, n° 3, pp. 43-55.

Ramírez Correa, P.G.C., Rosario (2005). “Investigación empírica sobre los factores que afectan el éxito de los sistemas ERP en Chile”. *Ingeniería Informática*.

Rao, S.S. (2000): “Enterprise resource planning: business needs and technologies”, *Industrial Management and Data Systems*, vol. 100, n° 2, pp. 81-88

Ramirez P. y García R; *Revista Ingeniería informática*, Edición n°11, abril 2005: “Una investigación empírica sobre los factores que afectan el éxito de los sistemas ERP en Chile”.

Rockart, J. F. (1979):” Chief Executives define their own data needs”, *Harvard Business Review*, vol.57, n°2, pp. 81-93

Roth, A.V.; Julian, J.; Malholtra, M.K. (1995): “Assessing customer value for reengineering: Narcissistic practices and parameters from next generation”, en W. Ketting y V. Grover (Ed.), *Business process change: Reengineering concepts, methods, and technologies*. Harrisburg, PA: Idea Group Publishing, pp. 453-473.

Sierra, G., Escobar, B., Gago, S., Navarro, T., & Rocha, C. (2007). *Sistemas de Información Integrados (ERP)*. Asociación Española de Contabilidad Y Administración de Empresas (AECA), 6, 1–82. Retrieved from <http://www.elmostrador.cl/media/2015/05/nt6.pdf>

Sistema de Administración de Softland

<https://www.softland.cl/sistema-de-administracion>

Sielber, S., Valor, J., & Porta, V. (2006). *Los sistemas de información en la empresa actual*. (Madrid, Ed.) (McGraw-Hil).

Somers, T.M.; Nelson, K.G. (2001): "The Impact of Critical Success Factors across the Stages of Enterprise Resource Planning Implementations", Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences.

Somers, T.M.; Nelson, K.G. (2003): "The impact of strategy and integration mechanisms on enterprise system value: Empirical evidence from manufacturing firms", European Journal of Operational Research, vol. 146, n° 2, pp. 315-338.

Scott, J.; Vessey, I. (2002): "Managing risks in enterprise systems implementations", Communications of the ACM, vol. 45, n° 4, pp. 74-81

Sumner, M. (1999): "Critical Success Factors in Enterprise Wide Information Management Systems Projects", in Proceedings of the Fifth Americas Conference on Information Systems ACIS, pp. 232-234.

Sumner, M. (2000): "Risk factors in enterprise-wide/ERP projects", Journal of Information Technology, vol. 15, n° 4, pp. 317-327.

Stratman, J.K.; Roth, A.V. (2002): "Enterprise resource planning (ERP) competence constructs: Twostage multi-item scale development and validation", Decision Sciences, vol. 33, n° 4, pp. 601- 628.

Swanson, E. B. (2000): "Innovating with Packaged Business Software in the 1990s". Work Paper. The Anderson School at UCLA, September 7.

SCHNIEDERJANS, M.J.; KIM, G.C. (2003): "Implementing enterprise resource planning systems with total quality control and business process reengineering - Survey results", International Journal of Operations and Production Management, vol. 23, n° 4, pp. 418-429.

Tippins, M.J.; Sohi, R.S. (2003):” IT competency and firm performance: ¿is organizational learning a missing link?”, *Strategic Management Journal*, vol. 24, n° 8, pp.745-761.

Un sistema ERP correcto es el medio para alcanzar sus objetivos de negocio
https://www.sap.com/latinamerica/cmp/dg/sme-erp/index.html?campaigncode=CRM-XL21-PPC-GBUDIGB&gclid=CjwKCAjwg4-EBhBwEiwAzYAlsixKVyANyTrCjucnrx6XzdJrxaHHtyjBkjMwaLanYwWb5ADNqamuhoC4swQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds

Umble, E.J.; Haft, R.R.; Umble, M.M. (2003): “Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors”, *European Journal of Operational Research*, vol. 146, n° 2, pp. 241-257.

Uwizeyemungu, S. y Raymond, L. (2010). Linking the Effects of ERP to Organizational Performance: Development and Initial Validation of an Evaluation Method. *Information Systems Management*, 27 (1), 25-41.

Vera-Cruz, C. (2015). Tendencias y claves para la implementación exitosa de ERP en Chile. Retrieved from <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Tendencias-y-claves-para-la-implementacion-exitosa-de-ERP-en-Chile>

Wang, P. (2002): “What drives waves in information technology? It discourse from the organizing vision perspective”, *Information Systems Working Paper 2-02*, The Anderson School at UCLA, February 22.

White, O.W (1981): “MRP II—Unlocking America’s Productivity Potential”, CBI Publishing, Boston.

Whitten, J., Bentley, L., & Barlow, V. (1996). *Análisis y diseño de sistemas de información* (Irwin). Burr Ridge.

Xu, H.J.; Nord, J.H.; Brown, N.; Nord, G.D. (2002): "Data quality issues in implementing an ERP", *Industrial Management and Data Systems*, vol. 102, n°1, pp. 47-58.

Zhang, L.; Lee, M.; Zhang, Z.; Banerjee P. (2003): "Critical Success Factors of Enterprise Resource Planning Systems Implementation Success in China", *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences*.

Anexos

Anexo 1. Gráficos representativos de la encuesta

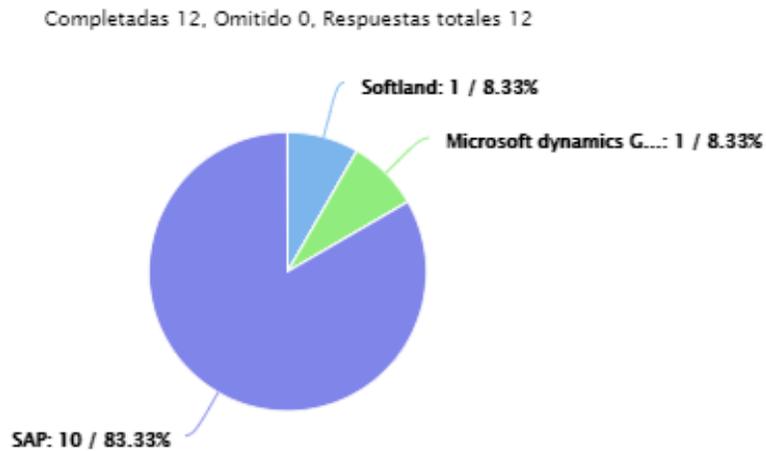
Gráficos y datos interesantes con respecto a las variables que permitieron demostrar el Éxito en la implantación de ERP en la encuesta realizada son:

A1.1 Gráficos de la variable dirección de proyecto de implantación eficaz



Fuente: Elaboración propia

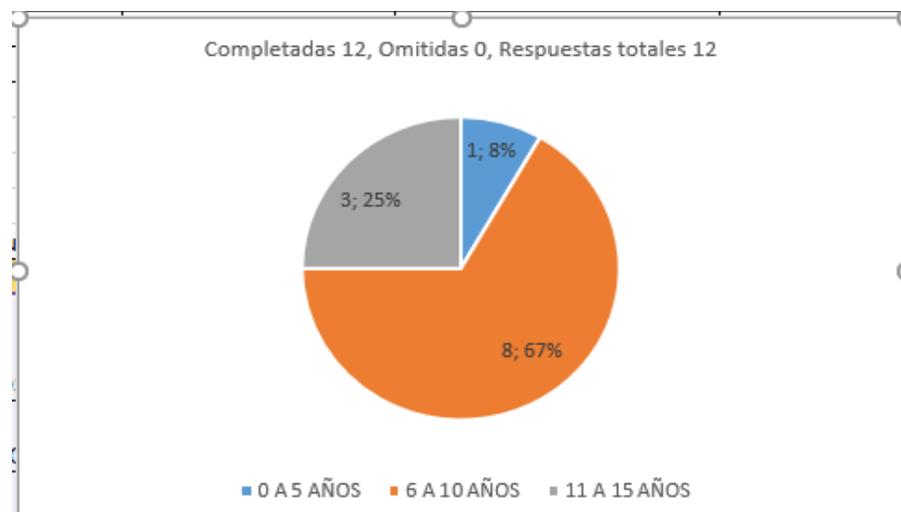
A1.2 Gráfico sobre el ERP que utilizan las empresas



Completadas 12, Omitido 0, Respuestas totales 12

Fuente: Elaboración propia

A1.3 Gráfico sobre la variable Plan de Negocios



Fuente: Elaboración propia

A1.4 Gráfico sobre la variable Educación y Entrenamiento



Fuente: Elaboración propia

A1.5 Gráfico sobre la variable Experiencia profesional externa, consultores



Fuente: Elaboración propia

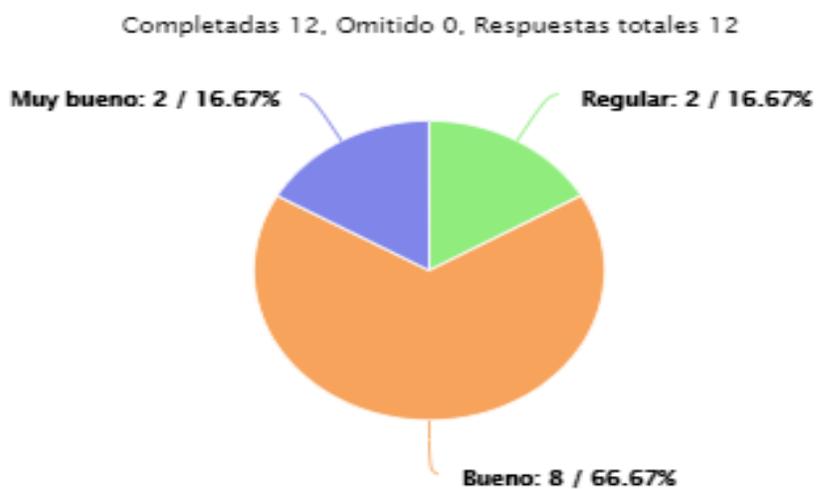
A1.6 Gráfico sobre la variable Prueba de software y corrección de fallas



Fuente:

Elaboración propia

A1.7 Gráfico sobre la variable Gestión del cambio



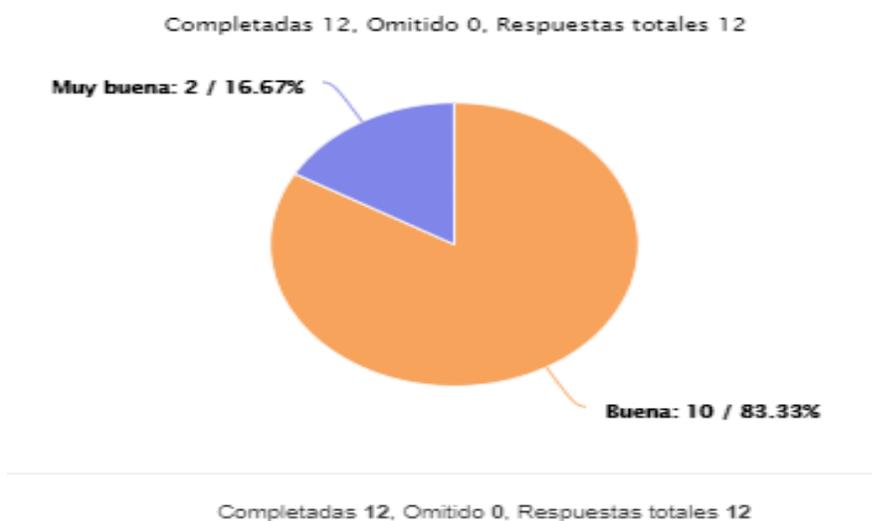
Fuente: *Elaboración propia*

A1.8 Gráfico sobre la variable dependiente Éxito en la implantación de un ERP

Fuente: Elaboración propia

A1.9 Gráfico sobre la variable Apoyo y compromiso de la alta dirección

Fuente: Elaboración propia

A1.10 Gráfico sobre la variable Reingeniería de procesos de negocios

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Encuesta



Cuestionario

El presente cuestionario está asociado a la tesis de pregrado “Factores de éxito en la adopción de sistema ERP (Enterprise Resource Planning) en empresas mineras de cobre de la región de Atacama” desarrollada por las estudiantes Susana Anes Araya y Carol Fuentes Cortez de la Universidad de Atacama pertenecientes a la carrera de Ingeniería Civil Industrial y tiene como objetivo analizar la situación actual del uso de sistemas ERP en las mineras de cobre de la región.

La encuesta cuenta con preguntas cerradas sobre cómo ha sido la implementación de los sistemas de ERP en la empresa en la que usted se encuentra, con el objetivo de obtener información general del uso del sistema ERP e información específica del sistema ERP.

Las respuestas serán procesadas de forma anónima y el tiempo de duración es entre 3 a 5 minutos.

De antemano le agradecemos su tiempo y colaboración.

1. **Nombre de la Empresa:** _____

2. **¿Dispone su empresa de un sistema de gestión empresarial (ERP)?**

- No
- En Implementación por primera vez
- Implementado
- Implementado y en renovación

3. **¿Qué sistema ERP utiliza o está implantando la Empresa?**

- Softland
- DeFontana
- Microsoft dynamics GP
- Oracle
- SAP
- Otros (especificar) _____

4. **¿Hace cuánto tiempo fue implementada la solución ERP?**

- _____ Años.

5. **¿Cómo calificaría usted la capacitación que recibió el personal en cuanto al sistema ERP utilizado en la Empresa?**

- Muy malo
- Malo
- Regular
- Bueno
- Muy bueno

6. **¿Por quién fue realizada la capacitación a los empleados para el uso del sistema ERP?**

- Capacitación autofinanciada por el mismo trabajador.
- Capacitación por parte de consultoría externa.
- Capacitación interna por parte de la empresa.

7. **¿Cómo calificaría usted las habilidades tecnológicas(conocimiento) que poseen los trabajadores al usar las ERP?**

- Muy malo
- Malo
- Regular
- Bueno
- Muy bueno

8. **¿Cómo calificaría la adopción de las ERP por parte del personal de la empresa?**

- Muy malo
- Malo
- Regular
- Bueno
- Muy bueno

9. **En relación al tiempo que demoró en implementar el ERP, el costo que tuvo en relación al presupuesto y los resultados que se obtuvieron, ¿usted considera que la implementación fue exitosa?**

- Muy poco exitosa
- Poco exitosa
- Regularmente exitosa
- Medianamente exitosa
- Muy exitosa

10. **¿Cómo cree usted que fue el apoyo y compromiso de la Alta Dirección en la implantación del sistema ERP?**

- 1: Muy malo
- 2: Malo
- 3: Regular
- 4: Bueno
- 5: Muy bueno

11. **¿Cómo calificaría usted la eficiencia en los procesos de implementación de los sistemas ERP en la empresa? (costo, calidad, servicio y rapidez)**

- 1: Muy malo
- 2: Malo
- 3: Regular
- 4: Bueno
- 5: Muy bueno

Anexo 3. Clasificación respuestas de la encuesta

Escala		ERP	Años	Preguntas Con La Misma Calificación		
1	No	SOFTLAND	0 a 5 AÑOS	Muy Mala	Capacitación Autofinanciada Por El Mismo Trabajador	Muy Poco Exitosa
2	En Implementación Por Primera Vez	DEFONTANA	6 a 10 AÑOS	Mala	Capacitación Por Parte De Una Consultoría Externa	Poco Exitosa
3	Implementado	MICROSOFT DYNAMIC GP	11 a 15 AÑOS	Regular	Capacitación Interna Por Parte De La Empresa	Regularmente Exitosa
4	Implementado Y En Renovación	ORACLE	16 a 20 AÑOS	Buena		Exitosa (Medianamente Exitosa)
5		SAP	21 a 30 AÑOS	Muy Buena		Muy Exitosa

