



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN

UNIVERSIDAD SAN SEBASTIAN
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
ESCUELA DE INGENIERÍA
SEDE CONCEPCIÓN

Factibilidad Técnico Económica para la Comercialización del Ferrosilicio a Nivel Industrial en Chile.

Proyecto de Título de Ingeniera Civil en Minas

Profesor Guía: Alejandro Hernán Ramírez González

Alumno: Cristian Rodrigo Gálvez Jara

CONCEPCIÓN, CHILE

2022

INDICE

INTRODUCCION.....	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	8
Capítulo 1: Aspectos Generales.....	10
1.0 Descripción de la Empresa.....	10
1.1 Organigrama de la Empresa	11
OBJETIVO DEL PROYECTO DE TITULO	12
1.2 Descripción del Problema.....	12
1.3 Objetivo General.....	12
1.4 Objetivos Específicos	12
1.5 Alcances y Delimitaciones del Proyecto	12
Cronograma de Actividades 2022	13
Capítulo 2: Marco Teórico.	14
2. 1 Descripción de las Ferroaleaciones.....	14
2.1.1 El Ferrosilicio.....	17
2.1.2 Propiedades del Ferrosilicio	18
2.1.3 Principales Exportadores del Ferrosilicio	20
2.1.4 Importadores.....	20
2.2 El Cuarzo.....	22
2.2.1 Características Físicas y Químicas del Cuarzo.....	27
2.3 Obtención del Hierro.....	28
2.3.1 Propiedades Físicas del Hierro	29
2.3.2 Propiedades Químicas del Hierro	30
Capítulo 3: Desarrollo de los Objetivos	34
Objetivo General	34
Objetivos Específicos	34
Objetivo 1: Investigar los Procesos de Fabricación del Ferrosilicio.....	35
3.0 Fabricación del Ferrosilicio.....	35
3.1 Costos de Fabricación del Ferrosilicio en Chile.....	38

3.2	Obtención y Explotación del Coque Metalúrgico	40
3.3	Propiedades Físicas del Coque.....	41
3.4	Características de Caliza.....	42
3.5	Obtención y Características de la Dolomita.....	44
3.5.1	Propiedades Físicas de la Dolomita	45
3.5.2	Dolomita en la Industria Siderúrgica.....	45
	Objetivo 2	48
	Determinar los Usos, Proveedores, Cantidades y Precios del FeSi a Nivel Industrial.	48
3.6	Usos del Ferrosilicio	48
3.7	Principales Empresas Proveedoras de Ferrosilicio en Chile	55
3.8	Principales Empresas de Fundición en Chile	55
3.9	Valores o Precios del Ferrosilicio en Chile	56
	Objetivo 3 - Estudio de Factibilidad Técnica Económica	57
3.10	Evaluación Económica para la Importación y Comercialización de Ferrosilicio en Chile	58
3.10.1	Tabla de Evaluación Económica de Importación del FeSi	59
3.11	Evaluación Económica para la Fabricación y Comercialización del Ferrosilicio en Chile.....	60
3.12	Simulación 1- Mínimo Precio de Venta de FeSi Importado	61
3.13	Simulación 2- Máximo Precio de Compra del FeSi Importado	62
3.14	Simulación 3- Mínimo cantidad de venta anual de FeSi.....	63
3.15	Cuadro Comparativo Resumen	64
	Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones	65
	Conclusiones y Recomendaciones Simulación 1	66
	Conclusiones y Recomendaciones Simulación 2	67
	Conclusiones y recomendaciones Simulación 3	68
	Capítulo 5 – Bibliografía- Linkografía- Anexos	69
	Linkografía.....	70
	ANEXO 1	71
	Detalle de Empresas de Fundición en Chile.....	71
	ANEXO 2.....	72
	Respaldo información para la Fabricación de Ferrosilicio en Chile	72

ANEXO 3.....	74
Respaldo de Información de Importación de Ferrosilicio.....	74
ANEXO 4.....	75
Respaldo Informacion Simulacion 1	75
ANEXO 5.....	76
Respaldo información Simulación 2	76
ANEXO 6.....	77
Respaldo información Simulacion 3	77

INTRODUCCION

La minería, actividad económica de gran relevancia en el país, al igual que en los países desarrollados, la extracción y tratamiento de minerales, juegan un rol importante con la aparición de nuevas tecnologías. Por tal motivo, en los últimos años, el aumento en la demanda de minerales críticos, han impulsado a la industria, combinar, producir y comercializar nuevos y más minerales en el mercado mundial, como también la búsqueda de nuevos yacimientos mineros.

El Ferrosilicio, es una ferroaleación y elemento importante en la industria, sobre todo en aquellos procesos que está involucrada directamente la confección de aceros especiales y piezas de Hierro fundido, en empresas del tipo siderúrgicas y de fundición.

Dependiendo de los porcentajes de contenido de Sílice y Hierro, el Ferrosilicio tiene diferentes aplicaciones, por ejemplo, agente reductor y antioxidante. Sin embargo, dependiendo del requerimiento y especificaciones técnicas de los clientes, se pueden elaborar elementos en aceros especiales para la gran minería, principalmente para el uso en molienda, como son las barras y bolones de alta resistencia.

El presente estudio, radica en conocer para la empresa mandante, si es factible la fabricación y/o importación del Ferrosilicio, interesada en su comercialización a nivel industrial en Chile, ya que actualmente este producto no se fabrica en el país, debiéndose importar.

Finalmente, con la recopilación de información y en base a evaluaciones técnico económicas, se definirá si es viable realizar el proyecto, incluyendo conclusiones y recomendaciones a éste.

RESUMEN

Las Ferroaleaciones, son aleaciones en base de Hierro, junto con otros minerales metálicos y no metálicos como por ejemplo el Carbono. Dentro de ellas, el Ferrosilicio es una de las principales y comúnmente utilizada en la fabricación de aceros.

El Ferrosilicio es una ferroaleación que se compone de Sílice y hierro junto con otros minerales que, de acuerdo al porcentaje de contenido, estos pueden emplearse en distintos usos y tratamientos.

La proporción más usada comercialmente es la que contiene un 75% silicio y 25% de Hierro junto con otros minerales, de estos últimos se destacan por ejemplo el Aluminio, Carbono, Azufre y Fósforo.

El Ferrosilicio, se fabrica en hornos de reducción a partir de Cuarzo, mineral de Hierro, Cal, Dolomita y Carbón Coque, con un subproducto que es denominado Humo de Sílice, que se utiliza para la fabricación de cementos siderúrgicos.

Uno de las propiedades que tiene este componente, es para la fundición del Hierro y en fabricación de aceros especiales como por ejemplo los inoxidables ya que tiene propiedades desoxidantes (Reductora de Oxígeno), además de tener propiedades reductoras de Carbono, también en los aceros especiales.

Los principales países exportadores son Rusia, China, Noruega y por parte de Sudamérica está Brasil.

Dentro la investigación del proyecto, se realizaron evaluaciones técnico-económicas de factibilidad para importar y otra para fabricar el Ferrosilicio, ambas con el objeto de comercializar a nivel industrial el elemento en Chile, eligiendo la alternativa más conveniente.

La alternativa más viable, correspondió a la importación, a la cual, se le aplicaron 3 simulaciones.

La primera corresponde al mínimo precio de venta del Ferrosilicio, resultando un valor de 2.785 pesos por kilo.

La segunda simulación corresponde al mínimo precio de compra en el mercado, arrojando un valor de 2.130 pesos por kilo.

La tercera simulación, corresponde a la mínima cantidad de venta anual, la que dio un valor de 1.379 Ton/ Año.

Finalmente, y de acuerdo los resultados obtenidos, se concluye que el proyecto es factible realizarlo por la vía de importación. Por tanto, se recomendó a la empresa Asecom Spa, realizar la comercialización del Ferrosilicio importado a nivel industrial en Chile.

ABSTRACT

Ferroalloys are iron-based alloys, along with other metallic and non-metallic minerals such as Carbon. Within them, Ferrosilicon is one of the main and commonly used in the manufacture of steel.

Ferrosilicon is a ferroalloy that is made up of Silica and iron together with other minerals that, according to the percentage of content, can be used in different uses and treatments.

The proportion most used commercially is the one that contains 75% silicon and 25% iron together with other minerals, of the latter, for example, Aluminum, Carbon, Sulfur and Phosphorus stand out.

Ferrosilicon is manufactured in reduction furnaces from Quartz, Iron ore, Lime, Dolomite and Coal, with a by-product called Silica Fume, which is used to manufacture steel cement.

One of the properties that this component has is for iron casting and in the manufacture of special steels such as stainless steel, since it has deoxidizing properties (Oxygen Reduction), in addition to having Carbon reducing properties, also in special steels.

The main exporting countries are Russia, China, Norway and on the part of South America is Brazil.

Within the research of the project, technical-economic feasibility evaluations were carried out to import and another to manufacture Ferrosilicon, both with the aim of commercializing the element at an industrial level in Chile, choosing the most convenient alternative.

The most viable alternative corresponded to the import, to which 3 simulations were applied.

The first corresponds to the minimum sale price of Ferrosilicon, resulting in a value of 2,785 pesos per kilo.

The second simulation corresponds to the minimum purchase price in the market, yielding a value of 2,130 pesos per kilo.

The third simulation corresponds to the minimum amount of annual sale, which gave a value of 1,379 Ton/Year.

Finally, and according to the results obtained, it is concluded that the project is feasible to carry out through importation. Therefore, the company Asecom Spa was recommended to commercialize imported Ferrosilicon at an industrial level in Chile.

Capítulo 1: Aspectos Generales

1.0 Descripción de la Empresa

ASECOM Spa, es una empresa pequeña, ubicada en la ciudad de Talcahuano, la cual se dedica básicamente a la comercialización industrial de minerales no metálicos en la Octava Región.

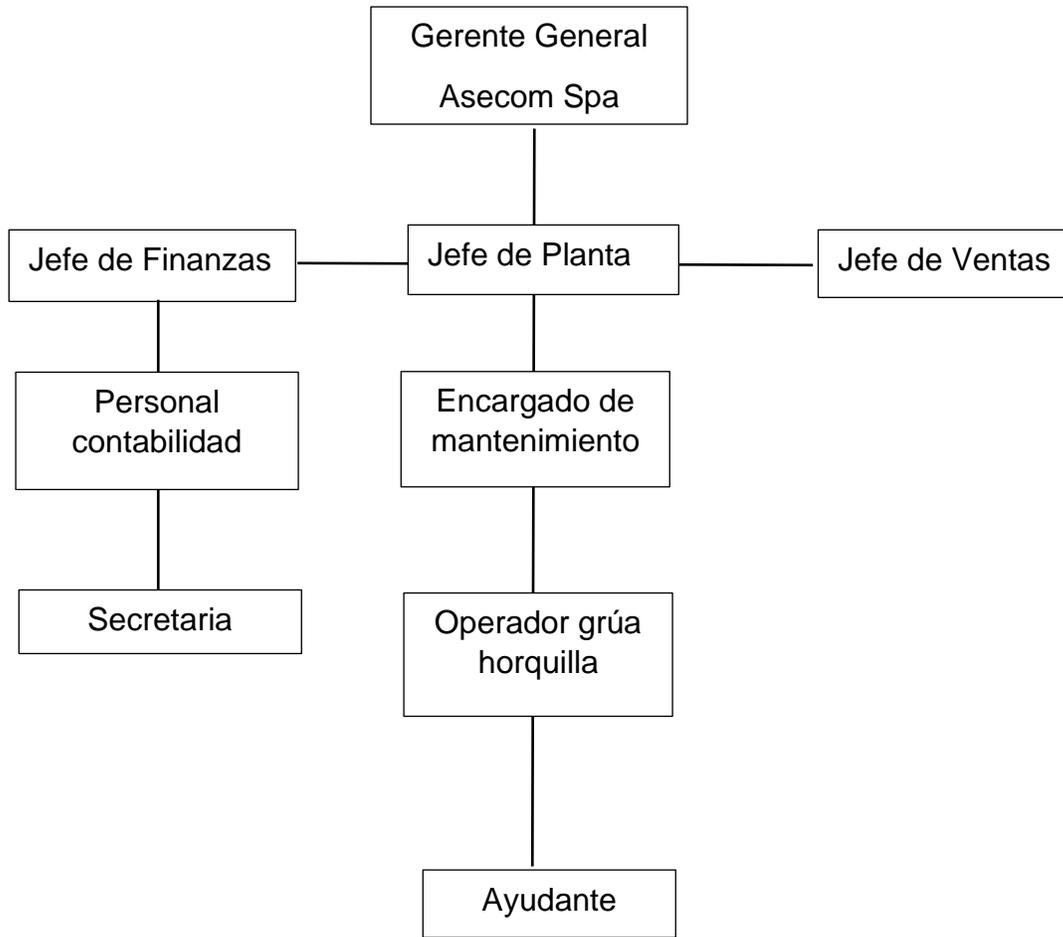
Actualmente la empresa comercializa productos conocidos dentro del mercado, tales como Antracita para el uso de filtro como también Bentonita que se utiliza en los trabajos in situ de hormigonado en pilotes para puentes y el Mármol que se utiliza en la fabricación de baldosas para pisos y revestimiento de muebles de cocina, entre otros. Actualmente, la empresa está en vías de ampliar la variedad de productos y por ende el mercado.

Con respecto a la organización y personal de la empresa, ésta se compone de 8 personas, separados en 3 departamentos, distribuyéndose de la siguiente manera:

- **1 Gerente General**
- **1 Jefe de Finanzas**
- 1 Ayudante de contabilidad
- 1 secretaria
- **1 Jefe de Ventas**
- **1 Encargado de Mantenimiento**
- 1 Operador de Grúa horquilla.
- 1 Ayudante

1.1 Organigrama de la Empresa

ESQUEMA N°01



Esquema 01, Organigrama ASECOM Spa. Fuente: Empresa ASECOM Spa.

OBJETIVO DEL PROYECTO DE TITULO

1.2 Descripción del Problema

La empresa, ha solicitado realizar un estudio de factibilidad técnico económica para la comercialización a nivel industrial del Ferrosilicio en Chile.

El motivo que lleva a la empresa a solicitar este estudio, se debe básicamente a que quiere ampliar su mercado y buscar una oportunidad de negocio.

1.3 Objetivo General

Realizar un estudio de factibilidad técnico económica para determinar la viabilidad de fabricación o importación para la comercialización del Ferrosilicio en Chile.

1.4 Objetivos Específicos

- I. Investigar el proceso de fabricación del Ferrosilicio y costos asociados a ello.
- II. Determinar los usos, cantidades, proveedores y precios en la actualidad del Ferrosilicio a nivel industrial.
- III. Realizar estudio de factibilidad técnica económica de fabricación e importación para la comercialización a nivel industrial del Ferrosilicio en Chile y realizar 3 simulaciones a las variables críticas a determinar.

1.5 Alcances y Delimitaciones del Proyecto

Este estudio sólo contempla el uso del Ferrosilicio en empresas de fundición consumidoras de este producto en Chile.

Cronograma de Actividades 2022

TABLA N°01

ACTIVIDADES 2022	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DIC
	S1-S4	S5- S8	S9-S12	S13-S16	S17
Revisión del tema, definición Objetivo general y específicos del anteproyecto.	09/08/22				
Definición de Alcances y Limitaciones del anteproyecto. Revisión con profesores guías del anteproyecto..	23/08/22				
Defensa avance del anteproyecto.	30/08/22				
Desarrollo del Proyecto y Análisis de datos e información, Interpretación de la Información y resultados		06/09/22			
Revisión con profesor guía		13/09/22			
Entrega avance N°1		27/09/22			
Desarrollo del Proyecto y Análisis de datos y resultados, simulaciones, resultados.			10/10/22		
Revisión y correcciones con profesor guía			17/10/22		
Presentación avance N°2			04/11/22		
Preparación y entrega Avance N°3				26/11/22	
Presentación avance N°3				29/11/22	
Defensa y presentación final con Profesores Guías					13/12/2022

Tabla 02, Cronograma de actividades. Fuente: Planificación Profesor Guía USS.

Nomenclatura S: Semana

Capítulo 2: Marco Teórico.

2. 1 Descripción de las Ferroaleaciones

Las ferroaleaciones son aleaciones de hierro que contienen una cantidad significativa de uno o más elementos metálicos y no metálicos, como por ejemplo aleaciones primarias con contenido de Manganeso, Carbono o Silicio. El término ferro, o férrico, se refiere a un compuesto que contiene o se relaciona con el hierro. Una ferroaleación tiene hierro como elemento base más la presencia de Carbón, en muchos casos, menos del 50% de hierro, combinado con uno o más elementos reactivos que se utilizan comúnmente durante la producción de acero.

Una ferroaleación puede usar un solo elemento reactivo o múltiples elementos reactivos, conocidos como sistemas de aleación, como Níquel o Cobalto. Estas aleaciones se inventaron experimentalmente, identificando diferentes elementos para combinar con el Hierro y desarrollando métodos para introducirlos de forma controlada durante la producción de acero, por ejemplo. Hay diferentes tipos de estas aleaciones disponibles, que incluyen Ferromanganeso, Ferrocromo y Ferrosilicio, entre otros, que se caracterizan por sus propiedades, entre las cuales destacan:

- Resistencia a la corrosión
- Contrarrestar los efectos del Azufre.

Estas aleaciones, son responsables de proporcionar cualidades únicas en aceros y Hierro fundido, y cumplen una función crítica durante los ciclos en su producción.

Imagen N°01



Ilustración 01, Diferentes tipos de Ferroaleaciones. Fuente: www.Acomet.es

Imagen N°02



Ilustración 02, Fabricación de Ferroaleaciones. Fuente: www.Acomet.es

Algunas ferroaleaciones tienen propiedades desoxidantes, como el Silicio. El Ferrosilicio se utiliza para evitar la pérdida de carbono del acero fundido durante la producción de acero y aleaciones ferrosas. El Ferrocromo se utiliza para proporcionar resistencia a la corrosión en aceros inoxidable. El Ferromanganeso se utiliza para contrarrestar los efectos nocivos del Azufre durante la producción de acero y Hierro fundido.

Las ferroaleaciones se asocian principalmente con las industrias del Hierro y el acero, que informan sobre la producción anual mundial en millones de toneladas, o mega gramos, por año. Se utilizan para producir muchos de los materiales más avanzados que se fabrican en la actualidad. Estos incluyen aleaciones metálicas para aplicaciones de servicio a temperaturas extremadamente altas, como turbinas de gas y aceros inoxidable para una resistencia superior a la corrosión. También se fabrican con ellos materiales utilizados para piezas que están expuestas a cargas elevadas y que transmiten potencia mecánica.

Las ferroaleaciones se preparan combinando Hierro con otros elementos a muy altas temperaturas en un horno. Por lo general, tienen rangos de temperatura de fusión más bajos que los elementos puros y se pueden combinar más fácilmente en acero fundido, lo que proporciona algunas ventajas durante la producción. Se utilizan diferentes tipos de hornos para producir ferroaleaciones, incluidos los hornos de arco eléctrico sumergidos, los hornos de reacción exotérmicos o metalotérmicos y las celdas electrolíticas. Hay muchas empresas que producen ferroaleaciones con instalaciones que pueden manipular y procesar materias primas; combinar los materiales en los hornos; y terminar el material para su uso en el mercado posterior.

2.1.1 El Ferrosilicio

El Ferrosilicio es una de las principales ferroaleaciones empleadas en la producción de acero y en la fundición de Hierro. Se produce en hornos de reducción a partir de Cuarzo, mineral de Hierro, Carbón Coque u otros productos orgánicos con alto poder calorífico (Hulla, Madera).

El Ferrosilicio, masa de aspecto cristalino con fórmula química es Si_2Fe y cuyo color es variable según la proporción de Silicio que contiene, pues a medida que ésta aumenta, pasa del blanco Argentino al gris oscuro; el peso específico, que es de 6,8 g/cm³ cuando la proporción de Silicio es de 12 %, disminuye hasta 4,85 cuando la proporción de Silicio es de 46 % en peso.

Ferrosilicio es el nombre de la aleación de Hierro y Silicio en proporciones de Silicio que oscila entre el 15 y el 90% en peso y entre las más comunes y utilizada, se encuentra la que contiene un 75% de Silicio, con el 25% restante es de mineral de Hierro y otros minerales como el Aluminio (1,5% máx.), Carbono (0,20% máx.), Azufre (0,03% máx.) y Fósforo (0,05% máx.).

Los Ferrosilicio representan las 3/4 partes del uso de Silicio metálico (excepto SiO_2) y el 20 % de la producción de ferroaleaciones.

En la siguiente tabla, se muestra la composición química del Ferrosilicio con los elementos más significativos y las aleaciones más utilizadas en la industria, sobretodo en la metalurgia.

TABLA N°02

Ferro silicio					
Grado/spec	Si	Al	C	S	P
Espec.	≥	≤			
Ferro Silicio 75	EI 75%	EI 1,5%	EI 0,2%	0,02%	0,04%
Ferro Silicio 72	EI 72%	EI 2,0%	EI 0,2%	0,02%	0,04%
Ferro Silicio 65	EI 65%	EI 2,0%	EI 0,2%	0,02%	0,04%

Tabla N°2, Composición química de Ferrosilicio, Fuente: <https://acortar.link/OZWaxj>

2.1.2 Propiedades del Ferrosilicio

Es estable y solamente es atacable por los ácidos Nítrico y Fluorhídrico cuando está en forma de polvo. En contacto con la humedad o el agua, puede desprender Hidrógeno y se pueden formar mezclas inflamables o explosivas con el aire. Igualmente, las impurezas pueden producir Arcina y Fosfina, gases tóxicos que se desprenden en proporciones tales que, en condiciones de ventilación mecánica, hacen que el riesgo de envenenamiento predomine claramente sobre el de explosión.

El Ferrosilicio no está clasificado como preparado peligroso según la reglamentación europea pertinente. Para contenidos de Silicio entre el 30 y el 90% está clasificado como mercancía peligrosa para su transporte, Clase 4.3 (ADR) para su transporte por carretera y categoría A para su transporte marítimo (Nº ONU: 1408). Actualmente, en Chile, el Ferrosilicio se utiliza para la fabricación de aceros y Hierro fundido, el cual, en la actualidad, no existe fabricación del producto en el país.

TABLA N°03

Estado Físico	Sólido
Color	Gris Oscuro
Olor	Inoloro
Punto de Fusión	1.210°C – 1.360°C
Punto de Ebullición	2,355°C
Densidad Relativa	3,4 a 5,1 g/cm^3

Tabla 03, Propiedades del Ferrosilicio. Fuente: Conmetal Ferrosilicio.

IMAGEN N°03



Ilustración 03, Muestras de Ferrosilicio comercializado, Fuente: <https://www.brokermet.com/info/ferrosilicon/>

IMAGEN N°04



Ilustración 04, Pieza de Ferrosilicio. Fuente: Empresa Fundiciones Imperial (Apablaza), Concepción.

2.1.3 Principales Exportadores del Ferrosilicio

Los principales países exportadores de Ferrosilicio de mayor producción a nivel mundial, se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N°04

RUSIA	14,2%
CHINA	11,80%
NORUEGA	11,50%
BRASIL	8,78%
MALASIA	8,16%
PAISE BAJOS	7,68%
ISLANDIA	5,12%

Tabla 04, Exportadores de Ferrosilicio, con un contenido de Silicio > 55% en peso. Fuente: OEC.

2.1.4 Importadores

Los principales países importadores del material de Ferrosilicio con un porcentaje de concentración de Silicio mayor al 55% en peso son Japón, Países Bajos, Alemania, Corea del Sur, Italia entre otros, como se muestra en la imagen N°15.

IMAGEN N°5

Total: \$2,57MM

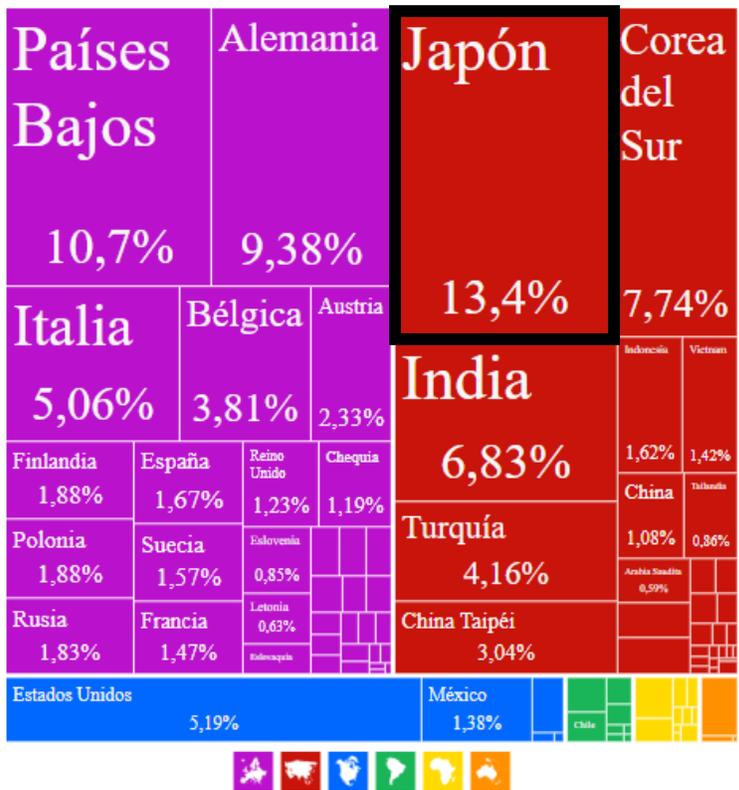


Ilustración 5, Principales importadores de Ferrosilicio, con un contenido de silicio > 55% en peso. Fuente: OEC.

2.2 El Cuarzo

El Cuarzo, principal componente de la aleación de Ferrosilicio, es un mineral común que se encuentra en roca ígnea, metamórfica y sedimentaria en todo el mundo. Su estructura cristalina permite que sea conocido por su belleza en forma de playas de arena blanca y piedras semipreciosas, pero su resistencia es lo que lo convierte en útil de diferentes maneras.

El nombre "Cuarzo" en sí proviene de las palabras eslavas que significan "duro". En la escala de Mohs, un índice que mide la dureza de los materiales geológicos donde 1 es la clasificación más suave y 10 es la más fuerte, el Cuarzo tiene una clasificación de 7 en términos de resistencia. Esto significa que puede rayar el vidrio y el acero. Tiene una alta resistencia al chancado y una alta temperatura de fundición, y es resistente a los químicos, el calor y la erosión. Esto permite que el Cuarzo sea ideal para aplicaciones como la fracturación hidráulica, los moldes de fundición y el arenado.

El Cuarzo se forma cuando el Silicio y el Oxígeno se combinan en la tierra. Está presente en las montañas, en la arena de los mares, los ríos y el desierto. Se lo encuentra de forma masiva en depósitos ígneos de fusión tardía, como las Pegmatitas, y generalmente están presentes con otros minerales, tales como el Espodumeno (mineral de Litio), los Feldespatos, el Granate y las Micas.

Dentro de sus variedades, encontramos 3 tipos:

- Amatista
- Cuarzo Rosa
- Cuarzo Plomo

IMAGEN N°06



Ilustración 06, Cuarzo. Fuente: <https://www.mclanahan.com/es/blog>

El Cuarzo, se puede encontrar en grandes cantidades como arenas de Silicio después de millones de años de ciclos de creación de montañas y erosión. Generalmente, se extrae de la tierra a través de métodos de minería a cielo abierto con uso de excavadoras y de menor proporción en canteras.

Después de que se lo extrae de la tierra, normalmente, se somete el Cuarzo a diferentes reducciones de tamaño a través de chancadores de mandíbulas, chancadores de cono, chancadores de impacto y molinos de martillos. Generalmente, se realiza una mayor reducción del tamaño con molinos de barras y bolas para liberar el Cuarzo de los otros minerales.

A continuación, la concentración del Cuarzo se realiza mediante el procesamiento basado en gravedad o espuma de flotación.

Las arenas de Sílice generalmente se limpian con equipos como las celdas de atrición para eliminar las impurezas de la superficie, como las manchas de Hierro.

IMAGEN N°07



Ilustración 07, Arena Sílicea - Fuente: https://www.andeshandbook.org/senderismo/ruta/870/Mina_de_Cuarzo

El Cuarzo (y las arenas de Sílice) son componentes clave en muchos productos. Con mayor frecuencia, el Cuarzo se comercializa según el tamaño de las partículas. Estos usos pueden incluir arena para hormigón, campos de golf, campos de béisbol, campos de voleibol, producción de petróleo y gas (arenas de fractura), arenas para fundición, papel de lija, vidrio, fibra de vidrio y sistemas de purificación de agua.

Para crear tamaños más finos (conocido como Sílice en polvo) requeridos para rellenos para masilla, pintura y goma, el Cuarzo también puede triturarse con molinos de chorro y molinos de atrición.

Otras aplicaciones del Cuarzo son notorias en nuestras vidas diarias. Se pueden encontrar piezas de Cuarzo sumamente finas y similares a una oblea en muchos dispositivos electrónicos. El Cuarzo genera una corriente eléctrica cuando se aplica presión al mismo (conocido como piezoelectricidad), tal como lo descubrieron los hermanos Jacques y Pierre Curie en los años 1800. Debido a que puede vibrar a frecuencias precisas, el Cuarzo es esencial para instrumentos de tiempo, como relojes.

Las propiedades piezoeléctricas del Cuarzo son también de suma utilidad para los instrumentos de transmisión de señales, como radios, televisores, radares y sonares.

Por otro lado, como mineral industrial, el Cuarzo se requiere para materiales de construcción, es así como se destacan la industria de cemento.

El Cuarzo en Chile, se utiliza fundamentalmente para metalurgia del Cobre y siderurgia, fabricación de cerámica y elaboración de cargas industriales y aleaciones Silíceas. La producción de Cuarzo proviene principalmente de las siguientes Regiones: Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Valparaíso y del Maule.

IMAGEN N°08



Ilustración 08, Mina de Cuarzo Rosado, Quintay, Casablanca, Región de Valparaíso.

Fuente: www.Reporteminero.cl

IMAGEN N°09



Ilustración 09, Extracción de Cuarzo Blanco, Minera Quintay, Casablanca, Región de Valparaíso. Fuente: www.mineraquintay.cl

IMAGEN N°010



Ilustración 10, Cuarzo Rosado, Minera Quintay, Casablanca, Región de Valparaíso. Fuente: www.mineraquintay.cl

2.2.1 Características Físicas y Químicas del Cuarzo

TABLA N°05

Categoría	Óxidos o Silicatos
Clase	4.DA.05 (Strunz)
Fórmula química	SiO ₂
Propiedades físicas	Color Incoloro o blanco. Otros colores según la variedad.
Raya	Blanca
Lustre	Vítreo
Transparencia	Transparente a translúcido
Sistema cristalino	Trigonal trapezoédrico
Fractura	Concoidea
Dureza	7
Tenacidad	Quebradizo
Densidad	2,65 g/cm ³
Punto de fusión	1713 °C
Otras características	Termoluminiscencia

Tabla 05, Características del Cuarzo. Fuente: <https://geologiaweb.com/minerales/cuarzo/>

2.3 Obtención del Hierro

El Hierro es un mineral (Fe) que se encuentra en la tierra y es el cuarto mineral más abundante de la corteza terrestre, representando un 5% entre los metales (más abundante es el Aluminio) y más abundante en masa planetaria, debido a que el planeta, en su núcleo, concentra la mayor masa de hierro nativo, equivalente a un 70 %. El núcleo de la Tierra está formado principalmente por Hierro y Níquel en forma metálica, generando al moverse un campo magnético.

Existen cuatro clases principales de yacimientos de mineral de Hierro: la Hematita masiva, que es la que se extrae más comúnmente, la Magnetita, la Titanomagnetita y la roca de Hierro Pisolítica.

Para extraer el Hierro de las minas, en primer lugar, se utilizan explosivos para desprender la roca. El material obtenido se transporta en camiones hacia la planta de tratamiento, debido a que este se encuentra adherido a otros minerales como la Hematita.

Entre sus características, el Hierro es un mineral (metal) maleable, de color gris plateado y magnético.

IMAGEN N°11



Ilustración 11, Mineral de Hierro. Fuente: <https://www.mch.cl/>

2.3.1 Propiedades Físicas del Hierro

TABLA N°06

Brillo:	Reflejan la luz que incide sobre su superficie. La inmensa mayoría presenta un brillo metálico muy intenso.
Dureza:	Las superficies de los metales oponen resistencia a dejarse rayar por objetos agudos.
Tenacidad:	Los metales presentan menor o mayor resistencia a romperse cuando se ejerce sobre ellos una presión.
Ductibilidad:	Los metales son fácilmente estirados en hilos finos (alambres), sin romperse
• Maleabilidad:	Ciertos metales, tales como la Plata, el Oro y el Cobre, presentan la propiedad de ser reducidos a delgadas laminas, sin romperse.
Conductividad calórica:	Los metales absorben y conducen la energía calórica.
Conductividad eléctrica:	Los metales permiten el paso de la corriente eléctrica a través de su masa.
Características principales	Superficie brillante, de color blanco azulado
Punto de fusión	1535 °C, aunque disminuye al aumentar el contenido de carbono
Densidad	7,86 g/cm ³
	Elevada conductividad al calor y a la electricidad.

Tabla 06, Propiedades del Hierro. Fuente: <https://www.lennotech.es/periodica/elementos/fe.htm>

2.3.2 Propiedades Químicas del Hierro

TABLA N°07

Número atómico:	26
Valencia	2,3
Estado de oxidación:	+3
Electronegatividad	1,8
Radio iónico (Å):	0,64
Radio atómico (Å):	1,26
Masa atómica (g/mol):	55,847
Punto de ebullición (°C):	3.000
Punto de fusión (°C):	1.536

Tabla 07, Propiedades químicas del Hierro. Fuente: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm>

La mayor cantidad de reservas de Hierro en minas se encuentran en Australia, en segundo lugar, está Brasil, Rusia y China. Para extraer el Hierro de las minas, en primer lugar, se utilizan explosivos para desprender la roca. El material obtenido se transporta en camiones hacia la planta de tratamiento.

La producción nacional de Hierro en Chile, según la información que entrega el Compendio de la Minería Chilena, sus yacimientos se encuentran ubicados principalmente entre las regiones de Antofagasta y Coquimbo, con reservas que se estiman en más de 1.360 millones de toneladas.

Mina Los Colorados, perteneciente a la Compañía Minera del Pacífico (CMP) Región de Atacama, es el yacimiento más grande de Hierro en Chile. Este 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.

Al año, cuenta con un movimiento total de 84 millones de toneladas, de las cuales 10 millones 400 mil toneladas corresponden a mineral de Hierro. Se explota a rajo abierto y actualmente está en su sexta fase de explotación.

Otro yacimiento importante en el país y de la misma empresa es Mina El Romeral que está ubicada en la región de Coquimbo, a 22 Kilómetros al noreste de La Serena. Los productos que se obtienen del procesamiento de los minerales son: 400 mil toneladas métricas (TM) anuales de Granzas, 300 mil (TM) al año de Finos y 1 millón 700 mil (TM) anual de Pellet Feed.

Actualmente y como información al margen, existe un nuevo proyecto minero, que se localiza en la Región de Atacama, en un área ubicada en el límite de las comunas de Copiapó y Chañaral. Específicamente, se ubicará a 60 km al Noroeste de Copiapó, a 80 km al suroeste de la ciudad de Chañaral, a 40 km al este de Bahía Flamenco y a una altitud promedio de 900 m.s.n.m.

Este nuevo proyecto, estima una extracción de 4.805 Ton/día promedio de mineral de Hierro para obtener un beneficio de 3.273 Ton/día promedio de concentrado magnético seco desde una veta ubicada en el sector Morión 48. El producto obtenido, se contempla ser transportado ya sea a Puerto Totoralillo, Punta Caldera o Puerto Caldera, para su posterior exportación al mercado Chino.

IMAGEN N°12



Ilustración 12, Mina El Colorado, Huasco, III Región de Atacama. Fuente: <https://www.https://www.cmp.cl/>

IMAGEN N°13



Ilustración 13, Mina El Romeral, La Serena, IV Región de Coquimbo. Fuente: <https://www.https://www.cmp.cl/>

IMAGEN N°14



Ilustración 14, Proceso de limpieza del mineral de Hierro, Mina Los Colorados, Huasco. Fuente: <https://www.cmp.cl/>

IMAGEN N°15



Ilustración 15, Acopio de gránulos de mineral de Hierro, Mina Los Colorados, Huasco. Fuente: <https://www.mch.cl/>

Capítulo 3: Desarrollo de los Objetivos

Objetivo General

Realizar un estudio de factibilidad técnico económica para determinar la viabilidad de fabricación o importación para la comercialización del Ferrosilicio en Chile.

Objetivos Específicos

- I. Investigar el proceso de fabricación del Ferrosilicio en Chile y costos asociados a ello.
- II. Determinar los usos, cantidades, proveedores y precios en la actualidad del Ferrosilicio a nivel industrial.
- III. Realizar estudio de factibilidad técnica económica de fabricación e importación y comercialización a nivel industrial del Ferrosilicio en Chile y realizar 3 simulaciones a las variables críticas a determinar.

Objetivo 1: Investigar los Procesos de Fabricación del Ferrosilicio.

3.0 Fabricación del Ferrosilicio

El Ferrosilicio es una aleación, que se fabrica principalmente a partir de la fundición de Silicio (aleante), esto gracias a su alto contenido de Aluminio, que se reduce a partir de Cuarzo que contiene SiO_2 , acompañado del mineral de Hierro, reductores y fundentes.

Su formación empieza por medio del proceso de tamizado, el cual implica la limpieza de polvos.

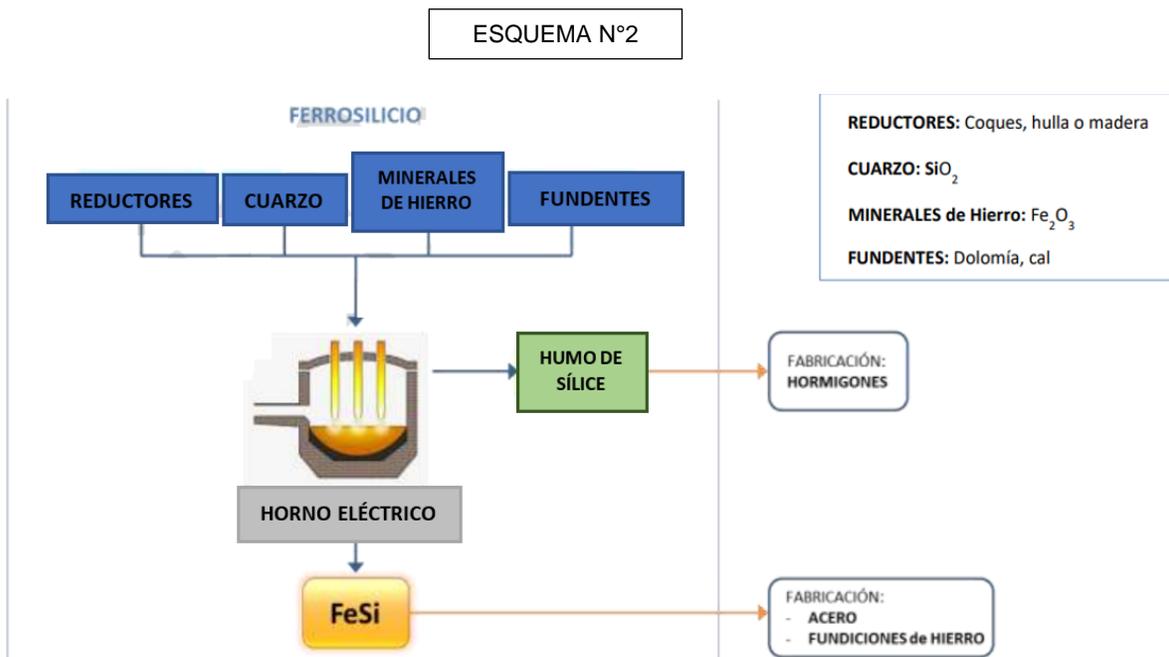
Posteriormente se clasifican de acuerdo a su granulometría, que determina el grosor del grano y la finura del mismo. Después estos son colocados en un horno donde el carbón reacciona con los óxidos metálicos formando monóxido de Carbono y Silicato de Hierro; de esta forma se reducen los metales básicos.

Ferrosilicio al 75%, es el grado más común y es producido en diversas regiones alrededor del mundo, cada una teniendo distintas características dependiendo de la materia prima utilizada.

Finalmente, el Ferrosilicio es retirado, para agregarle Magnesio y otros aditivos. Se repite el paso de fundición para obtener un lingote, el cual será triturado. Se presenta en forma granular o de piedras color gris brillante.

Reductores: El Coque metalúrgico se utiliza principalmente como reductor en la fundición de Ferrosilicio, mediante su fundición en hornos eléctricos o altos hornos y los restos de acero son principalmente para propósitos de mezcla.

Fundentes: Los más empleados son la Caliza y Dolomita, su función principal es ayudar a disminuir el punto de fusión de la mezcla, así como formar una escoria que recoja las impurezas que acompañan a los minerales, haciendo que este flote por encima del material fundido y se pueda eliminar fácilmente. Además de las emisiones procedentes de los agentes reductores y electrodos, la calcinación de los Carbonatos da lugar a CO₂ por descarbonatación.



Esquema 2, Proceso de fabricación del Ferrosilicio, Fuente: <https://www.miteco.gob.es/>

Tal como se mencionó anteriormente, en el esquema 2, se aprecian los componentes en la fabricación del Ferrosilicio, donde los principales minerales que participan son el mineral de Hierro y Cuarzo, agentes reductores (Coques, Hulla o madera) y elementos fundentes (Dolomita y Cal).

Dentro de proceso, el Humo de Sílice es un subproducto que se origina en la reducción de Cuarzo, de elevada pureza, con carbón en hornos eléctricos de arco para la producción de Silicio y Ferrosilicio. Este subproducto, al momento del proceso de fundición de los elementos, se generan gases, los cuales, dentro del horno, estos ya condensados, son captados por colectores, donde se almacenan en un depósito o bolsa, quedando un tipo polvillo milimétricos, más conocido como microsílíce (dióxido de Silicio al 92%).

Este producto, se utiliza en la industria cementera como adiconante para la fabricación de hormigones de alta resistencia.

IMAGEN N°16



Ilustración 16, Humo de Sílice. Fuente: <https://www.miteco.gob.es/>.

3.1 Costos de Fabricación del Ferrosilicio en Chile

Como parte de los objetivos, el costo de fabricación del Ferrosilicio, que es una de las alternativas del proyecto, un punto muy importante al momento de definir y/o determinar qué tan viable es el realizar la comercialización del producto en el país.

Una de las empresas más reconocidas en este ámbito y tomado como referencia para la evaluación, es la empresa ELKEM International CO. De origen Noruego, ubicada en la ciudad de Oslo, se dedica principalmente a la producción de siliconas, Silicio, aleaciones para la industria de fundición como el Ferrosilicio, Carbón, microsílíce, y otros materiales.

Elkem, que fue fundada en 1904, tiene más de 7.000 empleados y cuenta con 30 sitios de producción en todo el mundo. Dentro de ellas, la planta ubicada en Asunción, Paraguay, la cual fue tomada como referencia del proyecto para estimar el costo de fabricación del Ferrosilicio.

Como reseña histórica, este proyecto “ELKEM Paraguay”, se inició el año 2014 y finalizó a mediados del 2018, con una inversión inicial cercana a los 9.000 millones de dólares, finalizando el proyecto con un monto aproximado de 25.000 millones de dólares.

Para este proyecto, el costo total estimado de fabricación de la planta y producción del Ferrosilicio fue cercano a los 20.000 millones de pesos, considerando en algunos aspectos y cantidades similares a la planta de Paraguay, como, por ejemplo, precio de fábrica (llave en mano), capacidad máxima de la planta de Ferrosilicio (alrededor de 14.400 Ton/ año), dotación de personal de 120 personas al año (que incluye profesionales, técnicos y obreros), consumo energético planta (KWh por Ton/mes), entre otras.

Otros ítems como el terreno, bodega de almacenamiento, maquinarias, permisos, cantidad de materias primas necesarias, etc., fueron adecuadas y estimadas de acuerdo a las cantidades Ferrosilicio promedio consumidas por las empresas de fundición consideradas en el país. Del mismo modo, para la valorización de cada una de las materias primas, como Mineral de Hierro, Cuarzo, Coque metalúrgico, Dolomita y Cal, fueron definidos de acuerdo a precio mercado promedio actual.

Nota: Para mayor detalle, ver Anexo 2, Tabla N°21

3.2 Obtención y Explotación del Coque Metalúrgico

El Coque metalúrgico se produce en hornos de coquización tipo colmena y su función principal es la combustión en procesos de reducción. Se realizan mezclas de carbones coquizables con aglutinantes que poseen bajo contenido de cenizas, como brea de alquitrán de Hulla y asfaltitas, lo que permite obtener coques con alto contenido de Carbono fijo. El Coque tiene una densidad aproximada de 1,2 g/cm³.

IMAGEN N°16



Ilustración 16, Imagen del Coque metalúrgico. Fuente: Fotografía Compañía Acero del Pacífico.

IMAGEN N°17



Ilustración 17, Coquería Huachipato, Talcahuano. Fuente: Fotografía Compañía Acero del Pacífico.

3.3 Propiedades Físicas del Coque

TABLA N°08

COMPOSICION	
• Humedad	
Máximo 1,00%	
• Ceniza	
Máximo 1,00%	
• Volátiles	
Máximo 3,00%	
• Azufre	
Máximo 1,80%	
• Carbono Fijo	
Mínimo 94,00%	
• Poder Calorífico	
Mínimo 7.700 (kcal/kg)	
TAMAÑOS	
• 0-30 Milímetros	
• 30-80 Milímetros	
• Mayor 80 Milímetros	
• Se realizan granulometrías especiales	
USOS INDUSTRIAS	
Fundición de Cobre, fundición de Hierro, metalúrgica, siderúrgica, química, fundición de Plomo, azucarera, Ferroaleaciones, producción de lana de roca y otros aislantes.	

Tabla 08, Propiedades Físicas del Coque. Fuente: www.cap.cl/.

3.4 Características de Caliza

La Caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de Calcio (CaCO_3), generalmente Calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de Magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos.¹ También puede contener pequeñas cantidades de minerales como Arcilla, Hematita, Siderita, Cuarzo, etc., que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca. El carácter prácticamente monomineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la Calcita: es menos dura que el Cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido Clorhídrico.

En el ámbito de las rocas industriales o de áridos para construcción recibe también el nombre de piedra Caliza. Junto a las Dolomitas y las margas, las Calizas forman parte de lo que se conocen como rocas carbonáticas o calcáreas.

Si se calcina (se lleva a alta temperatura), la Caliza da lugar a Cal (óxido de Calcio impuro, CaO).

IMAGEN N°18



Ilustración 18, Imagen de piedra Caliza. Fuente: <https://geotecniafacil.com/caliza-roca/>

Estudiada la existencia de piedra en el lugar, la extracción pasa por separar la roca de la bancada y dividirla en bloques. Antes de iniciar la exploración de una cantera, se hace el análisis del recurso.

La Caliza se encuentra dentro de la clasificación de recursos naturales entre los recursos no renovables (minerales) y dentro de esta clasificación, en los no metálicos, como el Salitre, el Yeso y el Azufre. La extracción de la Caliza se hace a cielo abierto.

La explotación de Caliza en Chile ha sido una fuente sustentable de ingresos para diversos sectores de nuestra economía, siendo la más rentable aquella utilizada para la elaboración de cemento. La compañía minera Doña Emilia, III Región de Atacama, cuenta con un mineral acorde a las necesidades de este mercado, es por esto que se estudió en profundidad esta industria y se estimaron los costos e ingresos de llevar a cabo la realización de la explotación con la incorporación de una planta de chancado próxima al yacimiento. El estudio determinó una alta concentración de mercado por parte de los consumidores, los cuales son Cementos Melón, Cementos Polpaico y Cementos Bío-Bío, los que se abastecen de yacimientos propios y compras a terceros. Un factor relevante a considerar dentro del estudio fue el transporte del mineral, por su alta incidencia dentro de los costos de explotación del mineral, por lo que la localización del yacimiento representa una ventaja con respecto a la competencia.

En el sector de la siderurgia no se concibe sin el uso de la Cal, que está presente a lo largo de todo el proceso metalúrgico. Se requiere la adición de Cal en los hornos de arco eléctrico, en los convertidores AOD, en las cucharas de afino. La cal dentro de la siderurgia es un agente purificante, eliminando impurezas, desulfurando, defosforizando, actúa de fundente, neutralizante, etc., y todo con un objetivo específico, el de transformar el mineral de hierro, en acero y otros productos férreos. Una transformación en la que también son necesarios otros productos disponibles en Calcinar como la Dolomita calcinada o los refractarios.

El uso de la Caliza en la fabricación del acero, la Compañía de Acero del Pacífico (CAP), extrae este mineral, piedra Caliza como materia prima, desde la Isla Guarello, que está situada en el océano Pacífico en la zona austral de Chile, al sur del golfo de Penas, Región de Magallanes y Antártica Chilena.

3.5 Obtención y Características de la Dolomita

La Dolomita es un carbonato doble de Calcio y Magnesio, su fórmula química es $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, fue descubierto en 1788-1789 por el geólogo y Mineralogista francés Déodat de Dolomieu, y en cuyo honor se le da el nombre de Dolomita al mineral. Por lo general este mineral reacciona levemente al aplicársele ácido clorhídrico diluido al 5% pero en forma distinta que el carbonato de Calcio puro. La Dolomita es más que una simple variante de Caliza, contiene el 30.41% de CaO, 21.86% de MgO y el 47.73% de CO_2 , en su forma más pura. Normalmente se presenta en cristales romboédricos y por lo general estos cristales son de hábito deformado, muy aplastados, curvos en forma de silla de montar o en formas masivas, compactas o bien en forma de pequeñas geodas (en Dolomitas). A menudo se encuentra como masas granulares.

Como impurezas puede contener Hierro y Manganeso. Su color varía entre blanco, gris rosado, rojizo, negro, a veces con matices amarillento, parduzco o verdusco, predominando el incoloro o blanco grisáceo. Presenta un aspecto vítreo a perlado y es de transparente a translúcida. Tiene una dureza de 3.5 a 4, un peso específico de 2.9 g/cm³ y forma la roca denominada Dolomita.

3.5.1 Propiedades Físicas de la Dolomita

Color: Incoloro, blanco, grisáceo o pardo por impurezas.

Color de la raya: Blanco.

Brillo: Nacarado, vítreo o mate.

Dureza: Semiduro (3.5 - 4).

Densidad: Poco pesado (2.9 g/cm³).

Otras: Exfoliación romboédrica perfecta. Presenta efervescencia con HCl (Ácido Clorhídrico) concentrado en caliente, pero no en frío.

3.5.2 Dolomita en la Industria Siderúrgica

Existen tres principales usos para la Dolomita en la industria siderúrgica. La primera es como fundente, adicionándola pura al alto horno, en la primera etapa del proceso siderúrgico. Muchos de los grandes productores de acero tienen estratégicamente para este propósito sus propias minas donde la Dolomita es triturada, cribada y adicionada a la mezcla sinterizada con el mineral de Hierro y Coque, todo esto pasa al horno de fundición. El fundente (Caliza/Dolomita) se convierte en la escoria que remueve el sulfuro y otras impurezas. El operador del alto horno mezcla la Dolomita y la Caliza para producir la escoria deseada, elaborada con las propiedades químicas óptimas, tales como puntos de fusión bajo y alta fluidez. La Dolomita pura aquí no es tan importante como en otras aplicaciones de la siderurgia.

En segundo lugar, está la Caliza Dolomítica; (Dolomita que ha sido calcinada alrededor de los 1,100°C o más.) El producto resultante contiene alrededor de 58% CaO y 38% de MgO. Este es agregado al horno de oxigenación básica, para ampliar el periodo de vida de las cubiertas refractarias, protegiéndolas de las impurezas presentes en el metal fundido. La adición de Caliza Dolomítica crea el MgO en la solución en la escoria, ésta proporciona una excelente capacidad de pulido mientras que las partículas en suspensión de MgO proporcionan un revestimiento protector excelente. Una gran cantidad de productores de Cal, también producen

Caliza Dolomítica, la cual es también usada en morteros para la construcción y otros sectores.

En tercer lugar, existe la Dolomita refractaria, siendo ésta una Dolomita calcinada a temperaturas mucho más altas (aproximadamente a 1,600°C) utilizando una dolomita de alta pureza (superior a 97% de CaO + MgO) para producir lo que llamamos Dolomita calcinada a muerte. Ésta se utiliza como protector del ladrillo refractario en el horno de fundición y del cucharón, pero también es la materia base junto con el Magnesio para la elaboración de la Dolomita refractaria de Magnesio.

La Cal Dolomítica, se puede utilizar también como lubricante en el proceso de trefilado (fabricación de alambres), este mismo concepto es aplicado para los moldes de fundición ya que estos la utilizan para evitar la adherencia del metal fundido al molde, especialmente en el lingoteado, adicionalmente se la utiliza como neutralizador de los ácidos usados en el proceso de limpieza del acero. Otra aplicación es el uso de la lechada de Cal como aislante de Oxígeno cuando se brindan tratamientos térmicos al acero.

IMAGEN N°19



Ilustración 19, Imagen de Dolomita. Fuente: <https://www.regmurcia.com/servlet>

Objetivo 2

Determinar los Usos, Proveedores, Cantidades y Precios del FeSi a Nivel Industrial.

3.6 Usos del Ferrosilicio

1. Utilizado como desoxidante y agente de aleación en la industria siderúrgica. Para obtener acero con composición química calificada y asegurar la calidad del acero, la desoxidación debe realizarse en la etapa final de la siderurgia. La afinidad química entre el Silicio y el Oxígeno es muy grande, por lo que el Ferrosilicio es un fuerte desoxidante en la fabricación de acero para precipitación y difusión. Agregar una cierta cantidad de silicio al acero puede mejorar significativamente la resistencia, dureza y elasticidad de éste.

Por lo tanto, se utiliza en la fundición de acero estructural (que contiene 0,40-1,75% de Silicio), acero para herramientas (que contiene SiO 30-1,8%), acero para muelles (que contiene SiO (40-2,8%) y Acero al Silicio para transformadores (que contiene 2,81-4,8% de Silicio), el Ferrosilicio también se utiliza como agente de aleación. Al mismo tiempo, mejorar la forma de las inclusiones y reduce el contenido de elementos gaseosos en el acero, es una nueva tecnología eficaz para mejorar la calidad del acero, reducir los costes y ahorrar Hierro. Es especialmente adecuado para los requisitos de desoxidación de acero fundido de colada continua. La práctica ha demostrado que el Ferrosilicio no solo cumple con los requisitos de desoxidación de la fabricación de acero, sino que también tiene un rendimiento de desulfuración y tiene las ventajas de una gran especificidad y una fuerte penetración.

Además, en la industria siderúrgica, el uso de polvo de Ferrosilicio puede emitir mucho calor a altas temperaturas y, a menudo, se usa como agente de calentamiento para tapas de lingotes de acero para mejorar la calidad y la tasa de recuperación de los lingotes de acero.

2. Utilizado como inoculante y nodulizador en la industria del Hierro fundido. El Hierro fundido es un material metálico importante en la industria moderna. Es más barato que el acero, fácil de fundir, tiene excelentes propiedades de fundición y una resistencia sísmica mucho mejor que el acero. Especialmente para el Hierro dúctil, sus propiedades mecánicas alcanzan o se acercan a las del acero. Agregar una cierta cantidad de Ferrosilicio al Hierro fundido puede prevenir la formación de carburos en el Hierro y promover la precipitación y la esferoidización del Grafito. Por lo tanto, en la producción de Hierro fundido nodular, el Ferrosilicio es un inoculante importante (que ayuda a precipitar el Grafito) y nodulizador.

3. Utilizado como agente reductor en la producción de Ferroaleaciones. No solo la afinidad química entre el Silicio y el Oxígeno es excelente, sino que también el contenido de Carbono del Ferrosilicio con alto contenido de Silicio es muy bajo. Por lo tanto, el Ferrosilicio con alto contenido de Silicio (o aleación de Silicio) es un agente reductor frecuentemente utilizado en la producción de aleaciones de Hierro con bajo contenido de Carbono en la industria de las Ferroaleaciones.

4. El Ferrosilicio 75 # se utiliza a menudo en el proceso de fundición a alta temperatura de Magnesio metálico en el método Pidgeon de fundición de Magnesio. Se reemplaza el Magnesio en CaO.MgO . Cada tonelada de Magnesio metálico consumirá alrededor de 1,2 toneladas de Ferrosilicio. La producción de Magnesio metálico juega un papel importante.

5. Usos en otras áreas. El polvo de Ferrosilicio pulverizado se utiliza como fase suspendida en la industria de procesamiento de minerales, también como revestimiento para varillas de soldadura en la fabricación de electrodos de soldadura. El Ferrosilicio con alto contenido de Silicio se puede utilizar para fabricar Silicona y otros productos en la industria química.

IMAGEN N°21



Ilustración 21, Fundición de Aceros y aleaciones. Fuente: <https://www.brokermet.com/info/ferrosilicon/>

IMAGEN N°22



Ilustración 22, Fabricación de Hierro fundido, fuente: Fundiciones Imperial, Concepción

IMAGEN N°23



*Ilustración 23, Vaciado de Arabio y otros minerales en el cucharón en la fabricación de Acero
fuente: Compañía Siderúrgica Huachipato, Talcahuano.*

IMAGEN N°24



Ilustración 24, Láminas de Acero inoxidable, fuente: <https://acermet.cl/>

IMAGEN N°25



Ilustración 25, Base de Hierro fundido para cocinas a leña, fuente: Fundiciones Imperial, Concepción.

IMAGEN N°26



Ilustración 26, Rejilla de sumideros de Hierro fundido, fuente: Fundiciones Imperial, Concepción.

IMAGEN N°27



Ilustración 27, Piezas especiales de Hierro fundido para empresa minera, fuente: fundiciones Imperial, Concepción.

IMAGEN N°28



Ilustración 28, Varillas de soldadura (electrodos), fuente: www.Indura.cl

3.7 Principales Empresas Proveedoras de Ferrosilicio en Chile

Como parte de los objetivos, las principales empresas proveedores de Ferrosilicio en Chile son las siguientes:

- PIMASA (Proveedora Minera Andina S.A.)
- SOAMIL (Materiales Prima S.A.)
- MAPRISA (Soc. Agrícola Milenio)

3.8 Principales Empresas de Fundición en Chile

TABLA N°9

Tipo de Fundiciones	Cantidad de Producción FeSi (Ton/Mes)	Número de Empresas	Ton (FeSi) / Mes	Ton (Fe Si) / Año
Pequeñas	Hasta 0,5	8	0,4	32
Medianas	Entre 0,5- 1,0	17	1,0	204
Grandes	Mayor a 1	3	153	5.508
	Total	28	466	5.744
			Ton/ Mes	Ton/ Año

Tabla 9, Empresas consumidoras de Ferrosilicio. Fuente: <https://www.quiminet.com/productos/ferro-silicio-75-40227461242/proveedores.htm>

3.9 Valores o Precios del Ferrosilicio en Chile

De acuerdo al estudio realizado y como parte de los objetivos, se encontraron 2 precios o valores comerciales de compra del Ferrosilicio en el mercado:

1.- Un Precio de Compra Directo al Proveedor (Producto Importado desde China).

El primer precio comercial de compra del ferrosilicio, es el producto importado que se pide directamente a China, que incluye los impuestos de internación y costo de transporte a bodegas en Concepción, Región del Bío-Bío, es de \$2.000 pesos chilenos por kilo, como promedio.

2.- Precio de Compra a un Proveedor Local (Principal Proveedor del País)

El segundo precio comercial de compra en Chile es de la empresa PIMASA, ubicado en la Región Metropolitana, Santiago y que incluye todos costos asociados al transporte con entrega en Concepción, Región del Bío-Bío, es de \$3.300 pesos chilenos por kilo, como promedio.

Objetivo 3 - Estudio de Factibilidad Técnica Económica

Para el estudio de factibilidad técnico económica, se desarrollarán los siguientes puntos:

- Evaluación económica para la importación y comercialización de Ferrosilicio en Chile.
- Evaluaciones económicas para la fabricación y comercialización del Ferrosilicio en Chile.
- Elegir la Alternativa óptima y efectuarle 3 simulaciones
- Simulación 1, cálculo del mínimo precio de venta por kilo, con VAN positivo, mayor a cero, para que el proyecto sea viable.
- Simulación 2. Cálculo del máximo precio de compra, con VAN positivo, mayor a cero, para que el proyecto sea viable.
- Simulación 3. Cálculo de la mínima cantidad de venta anual de Ferrosilicio para que el proyecto sea viable, con VAN positivo, mayor a cero.

3.10 Evaluación Económica para la Importación y Comercialización de Ferrosilicio en Chile

En esta evaluación económica, se considera se un precio de compra del Ferrosilicio importado desde China de 2.000 pesos por kilo y un precio de venta de 2.900 pesos por kilo, en un periodo de 5 años

La tasa de descuento aplicada es del 17% y con una inversión del 90% de compra de Ferrosilicio del consumo anual promedio para el primer y quinto año.

3.10.1 Tabla de Evaluación Económica de Importación del FeSi

TABLA N°10

Cantidad de venta anual en Chile (Promedio)		5.744	Ton			80% Compra del FeSi (Ton)	4.595	
Precio venta (1er año)		2.900.000	CLP/ Ton	Precio venta (2do año)		\$3.190.000	CLP/ Ton	
Precio compra Directo		2.000.000	CLP/ Ton	Precio compra Directo (2do año)		\$2.100.000	CLP/ Ton	
Porcentaje de ventas anuales			30%	40%	50%	50%	50%	
ITEM	UNIDAD	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
1	Ingresos	CLP	4.997.280.000	7.329.344.000	9.161.680.000	9.161.680.000	9.161.680.000	
2	C. Variables	CLP	0	4.824.960.000	6.031.200.000	6.031.200.000	0	
3	M. Bruto	CLP	4.997.280.000	2.504.384.000	3.130.480.000	3.130.480.000	9.161.680.000	
4	C. Fijos	CLP	38.400.000	38.400.000	38.400.000	38.400.000	38.400.000	
5	Depreciación	CLP	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	
6	U. Bruta	CLP	4.956.880.000	2.465.984.000	3.092.080.000	3.092.080.000	9.123.280.000	
7	Impuestos	%	27	1.338.357.600	665.815.680	834.861.600	834.861.600	2.463.285.600
8	U. NETA	CLP	3.618.522.400	1.800.168.320	2.257.218.400	2.257.218.400	6.659.994.400	
9	Depreciación	CLP	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	
10	FC	CLP	3.616.522.400	1.798.168.320	2.255.218.400	2.255.218.400	6.657.994.400	
11	FCA	CLP	3.091.044.786	1.313.586.325	1.408.091.967	1.203.497.408	3.036.785.498	
12	SUMFCA	CLP	10.053.005.984					
13	INVERSION	CLP	9.350.400.000					
14	VAN	CLP	702.605.984					
15	TIR	%	19					
16	PRI	AÑOS	5					
17	TD	%	17					
18	INFLACION	%	5					

Tabla 10, Evaluación económica con Ferrosilicio importado desde China. Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para mayor detalle del desarrollo, ver el Anexo 3, tabla N°22.

3.11 Evaluación Económica para la Fabricación y Comercialización del Ferrosilicio en Chile

La evaluación, resume la fabricación y comercialización del producto en Chile durante un periodo de 5 años, con un precio de costo estimado de 571 pesos por Kilo y con un precio de venta por Kg de \$2.900 pesos. Se aplica una tasa de descuento del 17%.

TABLA N°11

Cantidad de venta anual en Chile (Promedio)		5.744	Ton				
Precio venta (1er año)		2.900.000	CLP/ Ton	Precio venta (desde 2do año)		\$3.190.000	CLP / Ton
Precio de Fabricación		571.200	CLP/ Ton				
Precio Fabricación		571	CLP/ Kg				
Porcentaje de ventas anuales			30%	40%	50%	50%	50%
ITEM	UNIDAD	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1	Ingresos	CLP	4.997.280.000	7.329.344.000	9.161.680.000	9.161.680.000	9.161.680.000
2	C. Variables	CLP	0	1.312.389.120	1.640.486.400	1.640.486.400	0
3	M. Bruto	CLP	4.997.280.000	6.016.954.880	7.521.193.600	7.521.193.600	9.161.680.000
4	Costos Fijos	CLP	708.480.000	944.640.000	1.180.800.000	1.180.800.000	1.180.800.000
5	Depreciación	CLP	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
6	U. Bruta	CLP	4.286.800.000	5.070.314.880	6.338.393.600	6.338.393.600	7.978.880.000
7	Impuestos	%	27	1.157.436.000	1.368.985.018	1.711.366.272	1.711.366.272
8	U. NETA	CLP	3.129.364.000	3.701.329.862	4.627.027.328	4.627.027.328	5.824.582.400
9	Depreciación	CLP	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
10	FC	CLP	3.131.364.000	3.703.329.862	4.629.027.328	4.629.027.328	5.826.582.400
11	FCA	CLP	2.676.379.487	2.705.332.648	2.890.228.369	2.470.280.657	2.657.569.213
12	SUMFCA	CLP	13.399.790.374				
13	INVERSION	CLP	18.084.778.240				
14	VAN	CLP	4.684.987.866				
15	TIR	%	N/A				
16	PRI	AÑOS	N/A				
17	TD	%	17				
18	INFLACION	%	5				

Tabla 11, Evaluación económica, con Ferrosilicio Fabricado en Chile. Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para mayor detalle del desarrollo, ver el Anexo 2, tabla N°21.

3.12 Simulación 1- Mínimo Precio de Venta de FeSi Importado

Variable crítica: Precio mínimo de venta por kilo de Ferrosilicio importado.

Objetivo: Determinar cuál es el mínimo precio de venta para que el proyecto sea viable.

Resultado: \$2.785/ Kg

TABLA N°12

Cantidad de venta anual en Chile (Promedio)		5744	Ton					
Precio Venta		2.785.000	CLP/ Ton	Precio venta (2do año)		3.063.500	CLP/ Ton	
Precio compra Directo		2.000.000	CLP/ Ton	Precio compra Directo (2do año)		2.100.000	CLP/ Ton	
Porcentaje de ventas anuales			30%	40%	50%	50%	50%	
ITEM	UNIDAD	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
1	Ingresos	CLP		4.799.112.000	7.038.697.600	8.798.372.000	8.798.372.000	8.798.372.000
2	C. Variables	CLP		0	4.824.960.000	6.031.200.000	6.031.200.000	0
3	M. Bruto	CLP		4.799.112.000	2.213.737.600	2.767.172.000	2.767.172.000	8.798.372.000
4	C. Fijos	CLP		38.400.000	38.400.000	38.400.000	38.400.000	38.400.000
	Depreciación	CLP		2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
5	U. Bruta	CLP		4.758.712.000	2.173.337.600	2.726.772.000	2.726.772.000	8.757.972.000
6	Impuestos	%	27	1.284.852.240	586.801.152	736.228.440	736.228.440	2.364.652.440
7	U. NETA	CLP		3.473.859.760	1.586.536.448	1.990.543.560	1.990.543.560	6.393.319.560
8	Depreciación	CLP		2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
9	FC	CLP		3.475.859.760	1.588.536.448	1.992.543.560	1.992.543.560	6.395.319.560
10	FCA	CLP		2.970.820.308	1.160.447.402	1.244.085.531	1.063.320.967	2.916.976.574
11	SUMFCA	CLP	9.355.650.781					
12	INVERSION	CLP	9.350.400.000					
13	VAN	CLP	0					
14	TIR	%	17					
15	PRI	AÑOS	5					
16	TD	%	17					
17	INFLACION	%	5					

Tabla 12, Simulación 1, Menor precio de venta del FeSi importado. Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para mayor detalle del desarrollo, ver el Anexo 4, Tabla N°23.

3.13 Simulación 2- Máximo Precio de Compra del FeSi Importado

Variable crítica: Máximo precio de compra del Ferrosilicio importado

Objetivo: Determinar cuál es el máximo precio de compra para que el proyecto sea viable.

Resultado: \$2.130/ Kg.

TABLA N°13

Cantidad de venta Anual		5.744	ton					
Precio venta		\$2.900.000	CLP/ Ton	Precio venta (2do año)		\$3.190.000	CLP/ Ton	
Precio de Compra		\$2.130.000	CLP/ Ton					
Porcentaje de ventas anuales			30%	40%	50%	50%	50%	
ITEM	UNIDAD	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
1	Ingresos	CLP		4.997.280.000	7.329.344.000	9.161.680.000	9.161.680.000	9.161.680.000
2	C. Variables	CLP		0	4.893.888.000	6.117.360.000	6.117.360.000	0
3	M. Bruto	CLP		4.997.280.000	2.435.456.000	3.044.320.000	3.044.320.000	9.161.680.000
4	C. Fijos	CLP		38.400.000	38.400.000	38.400.000	38.400.000	38.400.000
5	Depreciación	CLP		2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
6	U. Bruta	CLP		4.956.880.000	2.395.056.000	3.003.920.000	3.003.920.000	9.121.280.000
7	Impuestos	%	27	1.338.357.600	646.665.120	811.058.400	811.058.400	2.462.745.600
8	U. NETA	CLP		3.618.522.400	1.748.390.880	2.192.861.600	2.192.861.600	6.658.534.400
9	Depreciación	CLP		2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
10	FC	CLP		3.620.522.400	1.750.390.880	2.194.861.600	2.194.861.600	6.660.534.400
11	FCA	CLP		3.094.463.590	1.278.684.257	1.370.406.958	1.171.287.999	3.037.944.020
12	SUMFCA	CLP	9.952.786.825					
13	INVERSION	CLP	9.947.776.000					
14	VAN	CLP	0					
15	TIR	%	17					
16	PRI	AÑOS	5					
17	TD	%	17					
18	INFLACION	%	5					

Tabla 13, Simulación 2, Máximo precio de compra de FeSi importado. Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para mayor detalle del desarrollo, ver el Anexo 5, Tabla N°24.

3.14 Simulación 3- Mínimo cantidad de venta anual de FeSi

Variable crítica: Mínima Cantidad de Venta Anual de Ferrosilicio importado

Objetivo: Determinar cuál es la cantidad mínima de venta anual para que el proyecto sea viable.

Resultado: 1.379 Ton.

TABLA N°14

Cantidad de venta Anual		5.744	ton			24%	1.379
Precio venta (1er año)		2.900.000	CLP/ Ton	Precio venta (2do año)		3.190.000	CLP/ Ton
Precio compra Directo		2.000.000	CLP/ Ton	Precio compra Directo (2do Año)		2.100.000	CLP/ Ton
Cantidad de Venta Anual (Ton/ año)			1.379	1.379	1.379	1.379	1.379
Porcentaje de ventas anuales			24%	24%	24%	24%	24%
ITEM	UNIDAD	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1	Ingresos	CLP	3.997.824.000	4.397.606.400	4.397.606.400	4.397.606.400	4.397.606.400
2	C. Variables	CLP	0	2.894.976.000	2.894.976.000	2.894.976.000	0
3	M. Bruto	CLP	3.997.824.000	1.502.630.400	1.502.630.400	1.502.630.400	4.397.606.400
4	C.Fijos	CLP	38.400.000	38.400.000	38.400.000	38.400.000	38.400.000
5	Depreciación	CLP	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
6	U.Bruta	CLP	3.957.424.000	1.462.230.400	1.462.230.400	1.462.230.400	4.357.206.400
7	Impuestos	%	27	1.068.504.480	394.802.208	394.802.208	1.176.445.728
8	U. NETA	CLP	2.888.919.520	1.067.428.192	1.067.428.192	1.067.428.192	3.180.760.672
9	Depreciación	CLP	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
10	FC	CLP	2.890.919.520	1.069.428.192	1.069.428.192	1.069.428.192	3.182.760.672
11	FCA	CLP	2.470.871.385	781.231.786	667.719.475	570.700.406	1.451.692.638
12	SUMFCA	CLP	5.942.215.690				
13	INVERSION	CLP	5.904.000.000				
14	VAN	CLP	0				
15	TIR	%	17				
16	PRI	AÑOS	5				
17	TD	%	17				
18	INFLACION	%	5				

Tabla 14, Simulación 3, Mínima cantidad de Venta anual de FeSi importado. Fuente: Elaboración

Nota: Para mayor detalle del desarrollo, ver el Anexo 6, Tabla 25.

3.15 Cuadro Comparativo Resumen

TABLA N°15

Item	Evaluaciones y Simulaciones	Inversión (CLP)	VAN (CLP)	TIR	PRI
1	Importación y comercialización en 5 años	9.350.400.000	702.605.984	17 %	5 Años
2	Fabricación y comercialización en 5 años	18.084.778.240	4.684.987.866	N/A	5 Años
3	Simulación 1 Mínimo valor de venta del producto importado	9.350.400.000	0	17 %	5 Años
4	Simulación 2, Máximo precio de compra del producto importado	9.350.400.000	0	17 %	5 Años
5	Simulación 3, Mínima cantidad de venta del producto importado	5.904.000.000	0	17 %	5 Años

Tabla 15, Cuadro comparativo resumen de evaluaciones y simulaciones, Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones

TABLA N°16

Item	Evaluaciones y Simulaciones	Inversión (CLP)	VAN (CLP)	TIR	PRI
1	Importación y comercialización	9.350.400.000	702.605.984	17%	5 Años
2	Fabricación y comercialización	18.084.778.240	4.684.987.866	N/A	N/A

Tabla 16, Evaluaciones económica de importación y fabricación del FeSi, Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones de la Evaluación Técnico Económica de Importación y Fabricación del Ferrosilicio en Chile

De acuerdo a estos antecedentes, se concluye que económicamente el proyecto viable es importar y comercializar Ferrosilicio, puesto que el VAN resultante es de 702.605.984 millones de pesos y en la fabricación del Ferrosilicio en Chile, arrojó un VAN negativo de 4.684.987.866 millones de pesos.

Recomendaciones

De acuerdo al estudio de factibilidad técnico económico y basado en los resultados obtenidos, se recomienda a la empresa ASECOM Spa, si van a efectuar el negocio, realizarlo por la vía de importación y comercialización del Ferrosilicio en Chile.

Conclusiones y Recomendaciones Simulación 1

(Mínimo Precio de Venta del FeSi)

TABLA N°17

Item	Evaluaciones y Simulaciones	Inversión (CLP)	Precio de Costo (CLP/Kg)	Precio de Venta (CLP/ Kg)	VAN (CLP)	TIR	PRI
3	Simulación 1 Mínimo precio de venta del producto importado	9.350.400.000	2.000	2.785	0	17%	5 Años

Tabla 17, Simulación 1, Mínimo Precio de Venta del FeSi importado, Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Con respecto a la simulación 1, se concluye que el mínimo precio de venta del Ferrosilicio importado que soporta el proyecto y para que este siga siendo viable, debe ser mayor a 2.785 pesos por kilo.

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda a la empresa ASECOM Spa, iniciar la comercialización los primeros meses con un precio de venta mayor a \$ 2.785/ Kg y menor al precio mercado de 3.300 pesos por kilo, para así captar nuevos clientes e incorporarse al mercado de una forma más rápida.

Conclusiones y Recomendaciones Simulación 2

(Máximo Precio de Compra)

TABLA N°18

Item	Evaluaciones y Simulaciones	Inversión (CLP)	Precio de Costo (CLP/Kg)	Precio de Venta (CLP/ Kg)	VAN (CLP)	TIR	PRI
4	Simulación 2, Máximo precio de compra del producto importado	9.350.400.000	2.130	2.900	0	17%	5 Años

Tabla 18, Simulación 2, máximo precio de compra del FeSi importado, Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

De la simulación 2, se concluye que, el máximo precio de compra del Ferrosilicio importado que soporta el proyecto y que permite que siga siendo viable, es de \$ 2.130 / Kg. (Sensibilidad alrededor del 5% con respecto al precio de compra actual).

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda a la empresa ASECOM Spa, considerar ante cualquier aumento sobre ese precio, considerar aumentar nuevamente el precio de venta del Ferrosilicio importado y complementarla con un análisis de costos para bajar el precio de compra, de forma que la diferencia de precio de compra y de venta, sea la máxima.

Conclusiones y recomendaciones Simulación 3

(Mínima Cantidad de Venta Anual)

TABLA N°19

Item	Evaluaciones y Simulaciones	Inversión (CLP)	VAN (CLP)	TIR	PRI	Venta Promedio Anual (Ton)
5	Simulación 3, Mínima cantidad de venta del producto importado	5.904.000.000	0	17%	5 Años	1.379

Tabla 19, Simulación 3, mínimo cantidad de venta anual del FeSi importado, Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

De la simulación 3, se concluye que, la mínima cantidad de venta anual de Ferrosilicio importado en el país, debe ser mayor a 1.379 Ton/ año.

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos, a la empresa ASECOM Spa, si se diera el evento en que las ventas se aproximen a 1.379 Toneladas por año, se recomienda en lo futuro considerar comercializar Ferrosilicio en todas las regiones de Chile y realizar un plan búsqueda de clientes para la obtención de mayores ganancias.

Capítulo 5 – Bibliografía- Linkografía- Anexos

Bibliografía

- Suarez-Sanabria, A Fernández-Carrasquilla, J, Revista de metalurgia (Madrid), Vol.42 (1), p.18-31, “Microestructura y propiedades mecánicas de una fundición esferoidal ferrítica en bruto de colada para su uso en piezas de grandes dimensiones”, 2006.
- Vattier, Carlos; Sagredo B. Rafael, “La industria del Hierro en Chile”, 2012.
- Moreno, Enrique, “Tecnología de producción del Ferrosilicio”, Abril 2021.

Linkografía

- <https://chile.angloamerican.com/operaciones/fundicion-chagres.aspx#:~:text=Chagres%20fue%20la%20primera%20fundici%C3%B3n,la%20Superintendencia%20del%20Medio%20Ambiente.>
- https://www.codelco.com/plan-caletones-en-operacion-total/prontus_codelco/2011-02-17/155828.html
- <https://infonegocios.com.py/nota-principal/visitamos-elkem-la-fabrica-que-es-lider-mundial-en-ferroaleacion>
- <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/empresa-noruega-de-ferrosilicio-se-instala-en-paraguay-para-atender-mercado>
- <https://www.portalminero.com/display/NOT/2014/09/12/Invierten+USD+25+millon+para+reactivar+una+planta+minera+en+San+Rafael>
- https://www.pimasa.com/empresa/Quienes_somos.html
- <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2022/02/consumo-aparente-acero-registro-maximo-historico-2021>
- <https://www.aza.cl/quienes-somos/>
- https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040302-ferroaleaciones-proceso_tcm30-509727.pdf
- <https://es.made-in-china.com/manufacturers/ferro-silicon-ferrosilicon.html>
- <https://www.agrominera.cl/productos.html>
- <https://sites.google.com/site/infoquimicaunam/hierro/propiedades-fisicas-y-quimicas-del-hierro>.
- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287798/Perfil_Dolomita_2017.pdf.
- <https://oec.world/es/profile/hs/dolomite-not-calcined>.
- <https://www.acomet.es/index.php/m-ferrosilicio?view=page&id=42>

ANEXO 1

Detalle de Empresas de Fundición en Chile

TABLA N°20

Tamaño de la empresa	Fundiciones	Empresas	Ton (FeSi)/ mes	Toneladas (Fe Si) / año
Pequeñas	Conmetal	1	0,4	4,8
	Aguayo Hermanos y Cía.	1	0,4	4,8
	Fundición Bío-Bío	1	0,4	4,8
	Fundición Imperial	1	0,4	4,8
	A. Cifuentes Torres	1	0,4	4,8
	Fundición industrial Bío-Bío Ltda.	1	0,4	4,8
	Lomas coloradas, AGHER SPA	1	0,4	4,8
	Fundición Lota	1	0,4	4,8
	Medianas	Metropolitana/ Santiago	10	4,8
		1	0,60	7,2
Ferrocast/ RM		6	0,60	7,2
Grandes	AZA (renca RM)	1	33	400
	AZA (colina RM)	1	173	2.080
	CAP/ Bío-Bío	1	250	3.000
	Subtotal	28	466	5.744

ANEXO 2

Respaldo informacion para la Fabricación de Ferrosilicio en Chile

TABLA N°21

INVERSION	Cantidad	pesos por año
Compra fabrica FeSi (Llave en mano)	GL	\$15.000.000.000
Compra de terreno (5.000m2) con bodega	1	\$150.000.000
Permisos, urbanizacion, etc	GL	\$200.000.000
Galpon	1	\$100.000.000
grua horquilla	1	\$10.000.000
fabricacion de FeSi (80%)	GL	\$2.624.778.240
VALOR TOTAL		\$18.084.778.240

COSTOS FIJOS	Mes	por año
personal	120	\$2.304.000.000
Energia electrica Kwh /TM	400	\$57.600.000
TOTAL CF (Al 100%)		\$2.361.600.000

COSTOS VARIABLES	ton/ mes	por año
mineral de hierro	300	\$432.000.000
cuarzo	900	\$1.296.000.000
carbon coke	60	\$86.400.000
Dolomita	120	\$172.800.000
cal	120	\$172.800.000
Energia electrica Kwh /TM	400	\$5.760.000.000
TOTAL CV (al 100%)		7.920.000.000

CALCULO SUELDOS PROMEDIO PERSONAL PARA LOS COSTOS FIJOS			
	Cantidad	Remuneración Mes	Remuneración Año
Personal no Profesional	60	\$1.500.000	\$90.000.000
Técnicos	20	\$1.700.000	\$34.000.000
Profesionales	40	\$3.000.000	\$120.000.000
(Incluyen Bonos de producción)	120		\$244.000.000
		Sueldo Promedio	\$2.033.333

Producción Fábrica (Cap. Máx)	Ton/ Año	14.400
Producción Fabrica (Chile)	Ton/ Año	5.744
Porcentaje Producción Fábrica Chile		80%
CF + CV (Al 80% de Producción de FeSi)		\$8.225.280.000

ton/ mes Ferrosilicio	1200	14.400
Precio Ton FeSi/ año		\$571.200
Precio Kilos FeSi/ año		\$571

ANEXO 3

Respaldo de Información de Importación de Ferrosilicio

TABLA N°22

INVERSIONES	CANTIDAD	POR AÑO
Compra terreno con bodega	GL	\$150.000.000
Maquinaria (DETALLE)		
GRUA HORQUILLA	UNIDAD	\$10.000.000
COMPRA DEL 80% FeSi (Anual)	GL	\$9.190.400.000
TOTAL		\$9.350.400.000

COSTOS FIJOS	POR MES	POR AÑO
Bodeguero	\$800.000	\$9.600.000
Administrador	\$1.200.000	\$14.400.000
Contador	\$200.000	\$2.400.000
Gastos básicos	\$800.000	\$9.600.000
Bono producción		
Más 10% sueldo	\$200.000	\$2.400.000
TOTAL		\$38.400.000

ANEXO 4

Respaldo Informacion Simulacion 1

(Mínimo Precio de Venta del Ferrosilicio Importado)

TABLA N°23

INVERSIONES	CANTIDAD	POR AÑO
Compra terreno con bodega	GL	\$150.000.000
Maquinaria (DETALLE)	UNIDAD	
GRUA HORQUILLA		\$10.000.000
COMPRA DEL 80% FeSi (Anual)		\$9.190.400.000
TOTAL		\$9.350.400.000

COSTOS FIJOS	POR MES	POR AÑO
Bodeguero	\$800.000	\$9.600.000
Administrador	\$1.200.000	\$14.400.000
Contador	\$200.000	\$2.400.000
Gastos básicos	\$800.000	\$9.600.000
bono producción		
Más 10% sueldo	\$200.000	\$2.400.000
TOTAL		\$38.400.000

ANEXO 5

Respaldo información Simulación 2

(Máximo Precio de Compra del FeSi Importado)

TABLA N°24

INVERSIONES	CANTIDAD	POR AÑO
Compra terreno con bodega	GL	\$150.000.000
Maquinaria (DETALLE)	UNIDAD	
GRUA HORQUILLA		\$10.000.000
COMPRA DEL 80% FeSi (Anual)		\$9.691.276.800
TOTAL		\$9.851.276.800

COSTOS FIJOS	POR MES	POR AÑO
Bodeguero	\$800.000	\$9.600.000
Administrador	\$1.200.000	\$14.400.000
Contador	\$200.000	\$2.400.000
Gastos básicos	\$800.000	\$9.600.000
Bono producción		
Más 10% sueldo	\$200.000	\$2.400.000
TOTAL		\$38.400.000

ANEXO 6

Respaldo información Simulación 3

(Mínima Cantidad de Venta Anual del FeSi importado)

TABLA N°25

INVERSIONES	CANTIDAD	POR AÑO
Compra terreno con bodega	GL	\$150.000.000
Maquinaria (DETALLE)	UNIDAD	
GRUA HORQUILLA		\$10.000.000
COMPRA DEL 50% FeSi (Anual)		\$5.744.000.000
TOTAL		\$5.904.000.000

COSTOS FIJOS	POR MES	POR AÑO
Bodeguero	\$800.000	\$9.600.000
Administrador	\$1.200.000	\$14.400.000
Contador	\$200.000	\$2.400.000
Gastos básicos	\$800.000	\$9.600.000
bono producción		
Más 10% sueldo	\$200.000	\$2.400.000
TOTAL		\$38.400.000