



Universidad Austral de Chile

Escuela de Ingeniería Civil Industrial
Sede Puerto Montt

**PROFESOR PATROCINANTE:
MBA, JOHNNY BLANC SPERBERG
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**

Beneficio producto del cambio de combustible Diésel a Gas Licuado de Petróleo en la generación de energía térmica en la elaboración de cemento para la construcción en la Planta Puerto Montt de Melón S.A

Trabajo de Titulación
para optar
al título de **Ingeniero Civil Industrial**

KAREN PATRICIA KUSCHEL FUENTES

**PUERTO MONTT – CHILE
2014**

Dedicatoria

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que me han apoyado en todo momento

Y motivaron para lograr terminar este ciclo universitario.

Mi familia, amigos y profesores.

Los Quiero Mucho

Agradecimientos

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis profesores: Johnny Blanc, Gabriela Manoli, Alejandro Sotomayor y Alexia Quiroz, por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

Gracias al Ingeniero Rodolfo Ramírez por creer en mí y haberme brindado la oportunidad de desarrollar mi proyecto de tesis en Melón S.A, y por todo el apoyo que me entregó en la empresa.

A mis compañeros que me han acompañado estos seis años, por la paciencia, apoyo en el cual participaron leyendo, opinando y corrigiendo: Eduardo Gómez, Edgardo Marín, Alexis Vera y Karla Heim.

Gracias también a Maximiliano Barría. por estar presente en todo momento, brindándome su apoyo incondicional, sus conocimientos y sobre todo paciencia, dando ánimo, acompañándome en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Gracias a Todos.

Sumario

En el presente trabajo de título ilustra el proyecto del cambio de combustible en la elaboración del cemento de diésel a Gas Licuado de Petróleo, para la generación de energía térmica.

Para determinar la efectividad del cambio de combustible, se desarrolló un análisis de la situación actual del proceso en la generación de energía térmica, con la utilización del diésel, por medio de entrevistas al personal de Melón S.A, para conocer y entender el funcionamiento en forma general.

Los problemas que posee en la actualidad es que están operando a capacidad máxima en la elaboración de cemento tipo Especial, lo que genera una inestabilidad en el proceso por mantener la temperatura que se necesita, la principal dificultad es el uso de la Puzolana, que es un material que posee alrededor de un 20 por ciento de humedad, provocando que el generador de calor sea el cuello de botella en la producción.

Los primeros estudios que se realizaron fue conocer la capacidad calórica que poseen estos combustibles para establecer el consumo del Gas Licuado de Petróleo, en el cual resulto que el diésel posee un mayor poder calorífico y por ende consume un 30 por ciento menos cantidad del insumo que el GLP, sin embargo el precio del gas y el beneficio que genera este tipo de combustible, hace que el proyecto sea tentador para realizar el cambio.

La evaluación técnica del cambio de combustible, se desarrolló a través de la elección realizada en la empresa Melón S.A, debido a que ya habían decidido el tipo de combustible a utilizar GLP. Lo que se desglosa no es una evaluación técnica propiamente tal, sino que se explica el porqué de la elección y los equipos que se utilizaron para implementar el proyecto, además de realizar un análisis de la situación actual del funcionamiento en el área de secado de materias primas.

La evaluación económica aplicada para el proyecto es un análisis incremental, ya que se debe realizar una comparación entre la situación actual y la situación con cambio de combustible. Con un periodo de evaluación de diez años, arrojó un VAN de \$ **220.119.228.-** que refleja la rentabilidad expuesta por el proyecto, además de una TIR de un 71 por ciento, por encima de tasa mínima de retorno requerida, establecida por Melón S.A

Índice

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Sumario	4
1. Antecedentes Generales.....	10
1.1. Introducción.....	10
1.2. Objetivos.....	11
1.2.1. Objetivo General	11
1.2.2. Objetivos Específicos.....	11
1.3. Descripción de la Empresa.....	12
1.3.1. Historia	12
1.3.2. Planta Cementos Melón S.A.....	12
1.1. Planteamiento del Problema	13
2. Marco Teórico	14
2.1. Especificaciones del Petróleo y Gas natural licuado	14
2.1.1. Petróleo y Diesel.....	14
2.2. Gas Natural Licuado.....	15
2.3. Gas Licuado de Petróleo	15
2.4. Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas.....	16
2.5. Proceso de combustión.....	18
2.5.1. Combustión estequiometria y exceso de aire; Balance de materia	19
2.5.2. Poder calorífico	21
2.5.3. Rendimiento de combustión	22
2.6. Combustión y contaminación ambiental.....	22
2.6.1. Contaminación debida al carbono	23
2.6.2. Contaminación debida al azufre.....	23
2.6.3. Contaminación debida al nitrógeno	23
2.6.4. Límites de Emisión	24
2.7. Proceso de fabricación del cemento.....	24
Extracción de la materia primas	25
2.7.1. Clasificación del cemento	26
2.8. Evaluación de proyecto	27

2.8.1.	Evaluación de la factibilidad técnica.....	28
2.8.1.1	Decisión de localización	29
2.8.1.2.	Inversiones en equipamiento	30
2.8.1.3.	Determinación del tamaño	30
A.	Estudio de factibilidad ambiental	31
2.9.	Evaluación Financiera	31
2.9.1.	Valor Actual Neto	32
2.J.2.	Vasa Interna de Retorno	32
2.J.H	Análisis de sensibilidad	33
2.F€	Estructura general de un flujo de caja.....	34
2.FF.	Situación base con proyecto e incremental	36
2.FG	Metodología de la investigación.....	37
2.FG1.	El enfoque cualitativo.....	37
2.FG1.	Enfoque cuantitativo.....	40
3.	Diseño Metodológico	43
4.	Resultados.....	51
4.1.	Análisis de la situación actual del proceso de la generación de energía térmica con la utilización del diesel.....	51
4.1.1	Recopilación de información.	51
4.2.	Comparación de capacidad térmica en el generador de calor con ambos combustibles y sus efectos en el proceso	60
4.2.1.	Desarrollar el análisis del funcionamiento del combustible en el proceso de combustión.....	60
4.3.	Evaluación técnica del cambio de combustible. Análisis funcional en el proceso con el uso del combustible diesel	63
4.3.1.	Análisis funcional con el uso del combustible diesel	64
4.3.2.	Determinar los equipos apropiados para el cambio de combustible a gas licuado	67
4.3.3.	Requerimiento físico del proyecto por el uso del Gas Licuado de Petróleo.	71
4.4.	Evaluación económica del cambio de diesel a Gas Licuado de Petróleo.	73
4.4.1.	Realizar análisis incremental	81
4.4.2.	Análisis y generación de indicadores para la toma de decisión	82
4.4.3.	Desarrollo de análisis de sensibilidad	83
5.	Conclusiones.....	85

6. Recomendaciones.....	86
7. Bibliografía.....	87
8. Linkografía.....	88
9. Glosario.....	90
10. Anexo.....	92
Anexo 1.....	92
Anexo 2.....	95
Anexo 3.....	97

Índice de Tablas y figuras

Tabla 2.1: Distancia de seguridad de estanques de gases inflamables	18
Tabla 2.2: Composición de aire limpio y seco	19
Tabla 2.3: Rango típicos de valores de exceso de aire	21
Tabla 2.4: Poder calorífico y densidad de los combustibles	22
Tabla 2.5: concentraciones máxima permitidas de los contaminantes	24
Tabla 4.1: Rango de compresión del cemento tipo Especial y Extra	51
Tabla 4.2: Composición del cemento tipo Especial y Extra	52
Tabla 4.3: Alimentación del cemento tipo Especial y Extra	53
Tabla 4.4: Alternativa para la elección del combustible en base a gas	68
Figura N° 1.1: Infraestructura de Planta Melón S.A, Puerto Montt	12
Figura N° 2.1: Triangulo de combustión	18
Figura N° 2.2: Etapas para la construcción de un flujo de caja	35
Figura N° 2.3: Estructura de la investigación cuantitativa	41
Figura N° 4.1: Diagrama de proceso productivo en el área de molienda Depto. Producción	53
Figura N° 4.2: Consumo mensual de combustible diésel, Depto. Producción	54
Figura N° 4.3: PI ProcessBook, diagrama de tendencias con variables en el Depto. Producción	55
Figura N° 4.4: Infraestructura del generador de calor, situación actual	58
Figura N° 4.5: Proceso del generador de calor, situación actual, Depto. Producción	59
Figura N° 4.6: Información de los tipos de combustibles, poder calorífico y densidad	60
Figura N° 4.7: Consumo de combustible para la elaboración del cemento, Depto. Producción	61
Figura N° 4.8: Consumo de combustible para elaborar una tonelada de cemento	62
Figura N° 4.9: Precios de los combustibles en litros	63
Figura N° 4.10: Generador de calor diésel Depto. Producción, Planta Puerto Montt	66
Figura N° 4.11: Proceso del generador de calor situación con proyecto, Depto. Producción	70

Figura N° 4.12: Infraestructura de la Planta Puerto Montt. En círculos las zonas 1 y 2	71
Figura N° 4.13: Infraestructura de la ubicación del combustible Gas Licuado de Petróleo	72
Figura N° 4.14: Costos de operación en la situación actual	73
Figura N° 4.15: Costos de mantenciones preventivas, situación actual	74
Figura N° 4.16: Costos en la fabricación del cemento por toneladas producida por tipo de combustible	74
Figura N° 4.17: Depreciación de los activos fijos, existentes en la empresa	75
Figura N° 4.18: Flujo de caja con utilización del diésel	76
Figura N° 4.19: Costos de operación en la situación con proyecto	77
Figura N° 4.20: Costos de mantenciones preventivas en la situación con proyecto	78
Figura N° 4.21: Inversión fija para la implementación del proyecto	78
Figura N° 4.22: inversión nominal para la implementación con proyecto	79
Figura N° 4.23: Depreciación de los activos necesarios para la implementación del proyecto	79
Figura N° 4.24: Flujo de caja con utilización del Gas Licuado de Petróleo	80
Figura N° 4.25: Flujo de caja del análisis incremental	81
Figura N° 4.26: Método de evaluación económica	82
Figura N° 4.27: Método de evaluación económica, periodo de recuperación de la inversión	82
Figura N° 4.28: Flujo de caja con utilización del Gas Licuado de Petróleo, al modificar el precio GLP	83
Figura N° 4.29: Flujo de caja del análisis incremental con VAN igual a cero	84

1. Antecedentes Generales

1.1. Introducción

La Planta Puerto Montt de fabricación de Cementos Melón S.A, está ubicada en la ruta 5 sur km 1039, camino a Parga. Es una empresa reconocida en el rubro de la construcción en Chile, ha emplazado tres factorías de cemento y cuenta con cincuenta plantas hormigoneras en el país.

En la factoría de Puerto Montt y en el proceso de la fabricación del cemento, a través de la estrategia de la empresa se ha definido el objetivo de mejorar el proceso productivo, para ello fue enfocado un estudio del subproceso de generación de calor, debido a que este proceso cumple con la función de disminuir la humedad de las materias primas que ingresan al área de molienda.

En la situación actual, el generador de calor opera con combustible diésel, siendo la energía primaria más usada en la industria chilena del rubro, con un consumo 54.056 de [m³/día]. (STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, JUNE 2011). El cambio que se requiere estudiar está representado por las ventajas cuantitativas del combustible Gas Licuado de Petróleo.

Junto a los beneficios que pueda generar el cambio de combustible, se disminuirá la emisión generada de dióxido de carbono (CO₂) y óxido de azufre (SO₂) en el proceso de combustión, debido a que el Gas Licuado de Petróleo es un combustible menos contaminante, por su composición química.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar los beneficios económicos y operacionales del cambio en el uso de combustible del Generador de Calor diésel a Gas Licuado de Petróleo mediante la comparación de la eficiencia del proceso de combustión para mejorar el proceso productivo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del proceso de generación de energía térmica con la utilización del diésel, para determinar las causas del cambio de combustible diésel a Gas Licuado de Petróleo (GLP), mediante la recopilación de información entregada en la empresa.
- Comparar capacidad térmica del generador de calor con ambos combustibles en unidades [kcal/litro], mediante la utilización del poder calorífico para determinar la eficiencia térmica del diésel y el Gas Licuado de Petróleo y sus efectos del cambio en el proceso.
- Determinar la evaluación técnica del cambio de combustible mediante el análisis funcional del proceso productivo con la utilización del combustible diésel para establecer la factibilidad técnica del proyecto.
- Evaluar la factibilidad económica del cambio de diésel a Gas Licuado de Petróleo, a través de varios criterios económicos, Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y PayBack (Periodo de Recuperación de Inversión) para determinar el beneficio económico.

1.3. Descripción de la Empresa

1.3.1. Historia

Melón S.A comienza en la década de los ochenta en la Planta de la Calera ubicada en la Quinta Región, comenzando su operación en producción de cemento y hormigones premezclados. En la década de los noventa continuó ampliando su negocio en la extracción, procesamiento y comercialización de áridos, para lo cual adquirió la planta Presec, la primera automatizada para la fabricación de morteros en Chile.

La Planta de la Calera es la casa matriz de Melón S.A, debido a la trayectoria, el conocimiento, personal altamente calificado y la tecnología que poseen. La dirección técnica y administrativa, en consecuencia, es dirigida desde esa instalación, hacia las factorías de Planta Puerto Montt y Planta Ventanas.

En el año 2008, la empresa amplió su presencia hacia el sur, con una Planta de Molienda en Puerto Montt, debido a la gran demanda y oportunidad de mercado, ya que no existen competidores directos. La infraestructura disponible es de 27.000 [m²] de los cuales 3.600 [m²] están edificados.

En el año 2011 entró en operaciones la más reciente inversión, La Planta de Ventanas, ubicada en la Quinta Región que produce únicamente Cemento Plus.

1.3.2. Planta Cementos Melón S.A

Cementos Melón, Planta Puerto Montt fabrica cemento de tipo especial y extra en presentaciones de 42,5 [kg], Big Bag 1,5[t] y a granel de 28 [t] acorde a la capacidad de carga de camión. Ofreciendo sus productos a empresas como Sodimac, Easy y constructoras en general, en formato de sacos y para la producción de hormigones premezclados en formato a granel y Big Bag.



Figura 1.1. Infraestructura de la Planta Melón S.A. Planta Puerto Montt.
Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013.

1.4. Planteamiento del Problema

Las materias primas utilizadas para fabricar cemento en la planta de Melón de Puerto Montt tienen un elevado porcentaje de humedad. La humedad combinada de la Puzolana y el Yeso que alimenta el molino puede llegar al 20 por ciento del total en peso de estos materiales. Dado que el 18 por ciento de lo alimentado al molino en cemento Extra es Puzolana y Yeso y en el caso del cemento Especial es hasta el 35 por ciento, se necesita de un sistema eficiente para retirar la humedad y hacer posible la molienda en el molino de bolas.

El proceso ocupa un generador de calor a diésel, para disminuir la humedad del material que alimenta el molino de bolas (Figura N° 4.1: *Diagrama del proceso productivo en el área de molienda*). El combustible utilizado para secar las materias primas, representa un gasto importante en la fabricación y su precio depende de las fluctuaciones del mercado, por lo que la estimación de un valor para el presupuesto anual debe ajustarse.

La alternativa de un cambio de combustible para el generador de calor, de diésel a Gas Licuado de Petróleo, presentó beneficios económicos en un análisis de evaluación exploratoria, al lograr un mejor precio comercial de combustible, un costo más uniforme y predecible en el tiempo, además de traer beneficios menores, emisiones de gases productores de efecto invernadero y una optimización en el uso de combustible al lograr una mejor combustión.

Actualmente presenta un problema en la producción de cemento Especial, debido a que están trabajando a capacidad máxima y necesita evaluar una alternativa de cambio de combustible.

2. Marco Teórico

2.1. Especificaciones del Petróleo y Gas natural licuado

Los recursos energéticos naturales más utilizados en el mundo son el petróleo y gas natural, denominados combustibles de uso convencional. En la actualidad Chile es dependiente de los recursos primarios ya que es netamente importador del suministro, aunque Chile posee yacimientos de explotación de petróleo y gas natural, figura un porcentaje mínimo de la tasa de utilización a nivel nacional con 4% (MINISTERIO DE ENERGIA, 2012), el consumo energético primario del país representaba el 76% en el año 2006 (COMISIÓN NACIONAL DE ENERGIA, 2013).

Los principios económicos que rigen el mercado de los hidrocarburos, emprendimiento y precio, sujeto a las regulaciones de calidad, salud, seguridad y ambiental. Genera desventajas en el poder de negociación para las industrias dependientes del insumo, ya que deben adecuarse al nivel de precio que varía dependiendo de las fluctuaciones del mercado (COMISIÓN NACIONAL DE ENERGIA, 2013).

2.1.1. Petróleo y Diésel

Petróleo es una palabra del origen griego, que significa aceite de roca, considerado una fuente energética no renovable.

Según cita la Real Académica de la Lengua Española, el petróleo es un *“Líquido natural oleaginoso e inflamable, constituidos por una mezcla de hidrocarburos, que se extraen de lechos geológicos continentales o marítimos. Mediante diversas operaciones de destilación y de refinado se obtiene en él distintos productos utilizables con fines energéticos o industriales, como la Gasolina, Parafina, Diésel, etc.”*

El petróleo se produce de forma natural, en depósitos en el cual hubo rocas sedimentarias y en lugares cercanos al mar, además son necesarios algunos requisitos para la formación de varias sustancias químicas. Algunos de estos elementos son ausencia de aire, restos orgánicos, altas temperaturas, altas presiones y la acción bacteriana, lo que provoca la formación del recurso energético más utilizado en el mundo (ORGANIZACIÓN DE LOS PAISES PRODUCTORES DE PETROLEO, 2013).

El diésel es un derivado del petróleo constituido básicamente por hidrocarburos, que puede contener compuestos metálicos, azufre y nitrógeno. Es utilizada por motores de encendido automático. Es decir, el combustible no es encendido por una chispa, sino que se enciende por el acaloramiento al estar comprimido por un pistón (GLOSARIO DE AUTÓMIVILES, 2013).

2.2. Gas Natural Licuado

El gas natural es considerado un combustible fósil, que proviene de material orgánico depositado en la tierra hace millones de años, no requiere grandes transformaciones para su uso, y está formado principalmente por metano en un 95% y otros gases como propano, etano, dióxido de carbono y nitrógeno (ASOCIACIÓN CHILENA DE GAS LICUADO, 2013).

El gas natural licuado (GNL) es almacenado a su presión de vapor para conservar su estado líquido a temperatura ambiente en cilindros sellados. Debido a su naturaleza inodora, incolora, volátil y altamente inflamable se le añade un olorizaste de característico olor pestilente que permite detectar su presencia y manipularlo en forma segura (EMPRESA NACIONAL DE PETROLEO (ENAP) 2013).

Las ventajas de almacenar y transportar el gas natural en forma licuada se derivan del hecho de que 0,35 m³ de metano líquido, es aproximadamente igual a 18 m³ de metano gaseoso. Es posible utilizar temperaturas mayores, si el líquido se almacena a presión. Por ejemplo el estado líquido se mantiene a 2,23 MPa y a -103 °C y corresponde a la presión crítica.

El GNL se almacena dentro de recipientes de hormigón pretensados o paredes metálicas dobles, almacenaje en tierras congeladas o en cavernas naturales (PERRY, 2001).

Dentro de los autores seleccionados para determinar el concepto del gas natural licuado, se cita a la Asociación Chilena de Gas Licuado ya que es el mayor referente sobre el suministro al igual que ENAP, en el cual se encuentra información de todo el proceso de la producción, ventajas, características entre otros. Por otro lado Robert Perry, es un autor que ofrece información técnica en el área de procesos industriales, en sus textos se pueden encontrar todos los datos numéricos de la composición del material, características físicas y químicas con el fin de obtener mayor detalle y así poder realizar conclusiones.

2.3. Gas Licuado de Petróleo

El Gas Licuado de Petróleo (GLP), es una mezcla de hidrocarburos líquidos, es decir Hidrógeno y Carbono, principalmente de Butano (C₄H₁₀) Y Propano (C₃H₈) en diversas proporciones o puro.

El GLP es energía limpia y concentrada que almacena indefinidamente y transporta en estado líquido bajo presión moderada y a temperatura ambiente, debida a su naturaleza inodora, incolora, se le añade artificialmente olor, para alertar sobre su posible escape, no es venenoso y tóxico, no contamina la capa

inferior de los terrenos, pues se evapora, libre de plomo, azufre, aditivos y otros productos contaminantes (ASOCIACIÓN CHILENA DE GAS LICUADO, 2013).

Las fuentes en el cual se puede extraer el gas son:

Del petróleo: Mediante su destilación, proceso conocido “Cracking del petróleo” y consiste en someter al petróleo crudo a altas presiones y temperaturas, permitiendo así separar ordenadamente los diversos componentes de acuerdo a sus densidades y puntos de ebullición. (ASOCIACIÓN CHILENA DE GAS LICUADO, 2013).

Del gas natural de pozo: El gas natural tiene un contenido variable de GLP entre 1–3 por ciento, que debe ser separado previo transporte por gasoductos. El 60 por ciento del GLP consumidos proviene de la extracción del gas natural. (ASOCIACIÓN CHILENA DE GAS LICUADO, 2013).

Según el estudio de José Luis Blanco, Director general de la AOGLP (Butano, Propano y Autogás), son sinónimos de eficiencia y sostenibilidad, en el proceso de combustión debido que liberan un 10 – 15 por ciento menos CO₂ (Dióxido de carbono) que los combustibles tradicionales, prácticamente no emiten hollín, elemento que según los científicos es el segundo factor más importante que contribuye en el cambio climático global (DIARIO MADRID.EU, 2014).

Las principales diferencias de estos dos combustibles son: GLP, es un gas producido por el hombre, es más pesado que el aire y está compuesto principalmente por Propano y Butano y el GNL está compuesto principalmente por Metano, es más liviano que el aire y los procesos que se utilizan son mínimos.

2.4. Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas

Decreto Supremo nº 78

Se entenderá por sustancias peligrosas o productos peligrosos, aquellas que puedan significar un riesgo para la salud, la seguridad o el bienestar para los seres humanos y animales. Son aquellas listadas en la norma chilena nº 382 of. 2004, sustancias peligrosas – clasificación general (Nch 382.of 2004).

Almacenamiento a granel norma general

Las sustancias peligrosas que deban ser almacenadas a granel debido a condiciones de seguridad, logística o económica; referidos a líquidos y gases en estanques.

Gas a granel

Están sujetas las siguientes sustancias peligrosas, pertenecientes a la Clase II de la Norma Chilena of. N° 382 de 2004, o la que sustituye, es decir:

2.1 Gases inflamables

2.2 Gases no inflamables

2.3 Gases tóxicos

Los gases almacenados en estanques fijos deberán estar señalados con rótulos de seguridad establecido en la norma chilena of. N° 2190 del 2003. El rotulo debe ser visible a una distancia de 10 metros y no podrá tener una dimensión menor de 50 centímetros en cada lado. (Art.86, DTO. N° 78, 2012).

Los estanques fijos que almacenan gases deberán estar protegidos con barreras físicas que impidan el acceso a sus sistemas de válvulas de personal no entrenado, estas barreras deben también deben proteger al estanque contra daños causados contra vehículos, si están ubicados en lugares por donde existan circulación de ello. . (Art.88, DTO. N° 78, 2012).

Para los estanques fijos de gases inflamables, la protección contra incendio deberá proveer de un sistema de enfriamiento externo que no afecte a los sistemas de seguridad incorporados en ellos. . (Art.89, DTO. N° 78, 2012).

Las distancias de seguridad para los estanques superficiales, sea uno o más estanques, para almacenamiento de gases inflamables serán indicados en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 :Distancia de seguridad de estanques de gases inflamables

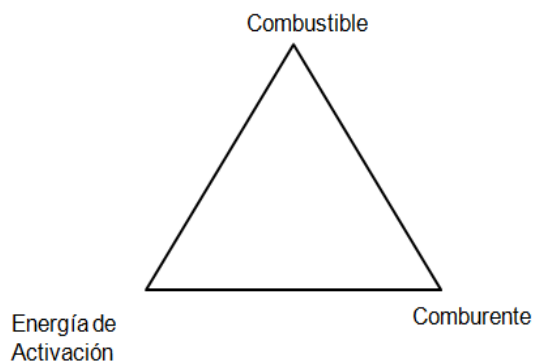
Capacidad de estanques (m ³)	Distancias desde el estanque al muro	Distancia del estanque más cercano a otra construcción	Distancia entre estanques
Hasta 12	8	3	La mitad de la suma de los diámetros de los estanques adyacentes, con un mínimo de 0,5 m
Mayor de 12 hasta 20	15	10	

Fuente: Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas, 2012

2.5. Proceso de combustión

Es la conversión de energía química primaria contenida en combustibles tales como carbón, petróleo o madera en calor (energía secundaria) a través de un proceso de oxidación, por lo tanto la combustión es el término técnico para la reacción química que se produce entre dos elementos: El combustible, (que se encuentra en estado sólido, líquido o gas) y el comburente (Oxígeno). (GUIA PRACTICA DE EMISIONES Y PROCESO, 2007).

La combustión se distingue por ser un proceso de oxidación rápida y con presencia de llama, la coexistencia se debe a tres factores:



Estos tres factores denominan el triángulo de combustión, por lo cual si falta algún vértice del triángulo, no se puede llevar a cabo.

Figura N° 2.1: Triángulo de Combustión

Fuente: Portal de seguridad industrial, 2010

El comburente universal es el oxígeno, que es necesario para el proceso de combustión, se suministra como parte del aire de combustión, que consta de (Ver Tabla 2.1) nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), una pequeña cantidad de dióxido de carbono y otros gases minoritarios (H_2 , Ne, Ar, He), junto con el contenido variable de vapor de agua. En algunos procesos se utiliza oxígeno puro o una mezcla de aire/oxígeno para la combustión. (GUIA PRACTICA DE EMISION Y PROCESO, 2007).

Tabla 2.2 Composición de aire limpio y seco

Componente	Contenido [%]
Nitrógeno	78,07
Oxígeno	20,95
Dióxido de Carbono	0,03
Hidrógeno	0,03
Argón	0,93
Neón	0,0018

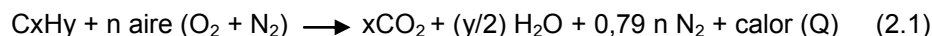
Fuente: Guía práctica para Medir Emisiones y Procesos, 2007

La energía de activación es el elemento más importante de la reacción de combustión ya que es la energía mínima necesaria para que se produzca la reacción química. (GUÍA PRÁCTICA PARA MEDIR EMISIONES Y PROCESO, 2007).

Los combustibles están disponible en diferentes formas y composiciones:

- Los combustibles sólidos (carbón duro, carbón bituminoso, turba, madera, paja) contienen carbono (C), hidrogeno (H₂), oxígeno (O₂) y pequeñas cantidades de azufre (S), nitrógeno y agua (H₂O). El mayor problema cuando se manejan estos combustibles, es la formación de grandes cantidades de ceniza, partículas y hollín.
- Los combustibles líquidos, principalmente se derivan del petróleo. El gasoil (es decir, el combustible diesel) es ampliamente utilizado en plantas de combustión pequeñas.
- Los combustibles gaseosos son una mezcla de gases combustibles (CO, H₂ e hidrocarburos) y gases no combustibles. El más utilizado por las empresas es el gas natural, que contiene metano (CH₄), como componente principal.

La expresión de combustión es:



En este caso $0,21 \cdot n = x + (y/4)$, siendo el calor generado el correspondiente a la combustión completa.

2.5.1. Combustión estequiometria y exceso de aire; Balance de materia

La cantidad mínima de oxígeno necesario para quemar completamente los componentes combustibles depende de la composición, por ejemplo: 1kg carbón necesita 2,67 kg de oxígeno para quemarse completamente, 1kg hidrógeno necesita 8 kg de oxígeno y 1 kg. Azufre necesita 1kg de oxígeno. La

combustión producida en las proporciones exactas de gases se conoce como combustión ideal o combustión estequiometria. (GUÍA PRÁCTICA PARA MEDIR EMISIONES Y PROCESOS).

Las ecuaciones más importantes son:



Se muestra esquemáticamente el proceso de combustión ideal, la cantidad de oxígeno suministrado a la combustión es suficiente para quemar completamente los combustibles. No se libera oxígeno ni combustible, en este caso el valor del exceso de aire es igual a uno.

En el proceso real este volumen ideal de oxígeno no es suficiente para un quemado completo, ya que existe una mezcla insuficiente de combustible y oxígeno. Por lo tanto en el proceso de combustión se debe suministrar más volumen de oxígeno estequiometrico. Esta cantidad de aire adicional en la combustión se conoce como valor de exceso de aire, el valor del exceso de aire es mayor a uno (GUÍA PRÁCTICA PARA MEDIR EMISIONES Y PROCESO).

Por lo consiguiente el valor más elevado se consigue con un exceso (limitado) de volumen de oxígeno, es decir (exceso de aire > 1)

El exceso de aire es de gran importancia para el proceso de combustión óptimo y para un funcionamiento económico de la planta:

- Elevados volúmenes de exceso de aire reducen la temperatura de combustión y aumentan la pérdida de energía no usada, que se libera a la atmosfera a partir de los gases calientes de combustión.
- Con pequeños excesos de aire algunos componentes de combustible no se queman. Esto significa un rendimiento de combustible reducido y un aumento en la polución al emitir los componentes no combustionados a la atmosfera.

En la siguiente Tabla 2.2. Se muestra los rangos de valores de exceso de aire de tipo específicos proceso de combustión:

Tabla 2.3 Rangos típicos del valores de exceso de aire

Planta de combustión	Rango de exceso de aire	Exceso de oxígeno [%]
Motores de combustión	0,8-1,2	8-20
Quemador de gas	1,1-1,3	10-30
Quemador de petróleo	1,2-1,5	20-50
Quemador de carbón en polvo	1,1-1,3	10-30
Tostador de carbón marrón	1,3-1,7	30-70

Fuente: Guía práctica para Medir Emisiones y Procesos, 2007

2.5.2. Poder calorífico

Se define el poder calorífico de un combustible, como la cantidad de energía que la unidad de masa o de materia puede desprender al producirse la oxidación completa. (GUÍA PRÁCTICA PARA MEDIR EMISIONES Y PROCESO, 2007).

Habitualmente se expresa en las siguientes unidades:

- Combustible sólidos: kWh/kg
- Combustible líquidos: kWh/kg ó kWh/l
- Combustible gaseosos: kWh/kg ó kWh/Nm³

A continuación se presenta la Tabla 2.3. Con valores del poder calorífico y densidades de los combustibles utilizados en el estudio, los cuales son el diesel y el gas natural licuado. Con estos valores se realizan los cálculos de energía térmica y los costos asociados por la utilización de los diferentes tipos de combustibles.

Tabla 2.4 Poder calorífico y densidades de combustibles

	Densidad kg/m ³ N	Densidad kg/l	Poder Calorífico kg/m ³ N	Poder Calorífico kcal/kg
Metano CH₄	0,716		8570	11960
Propano	2,02		22380	11080
Butano	2,7		29560	10930
Diesel		0,85		10758

Fuente: Elaboración propia, Manual del Ingeniero Químico, 2007

2.5.3. Rendimiento de combustión

El rendimiento de combustión es un valor determinado por la entrada y salida de los datos en el proceso, en condiciones de funcionamiento constante, corresponde al poder calorífico del combustible (PCI ó PCS).

El rendimiento total (siempre es inferior al 100%) es la energía suministrada en la cámara de combustión y la cantidad de energía disponible para el proceso actual. El valor del rendimiento total está compuesto por:

- El término de rendimiento de combustión: describe la parte de la energía que está disponible en la cámara de combustión (alimentación de la cámara).
- El término de rendimiento del horno: depende del diseño del horno y del funcionamiento, además describe la parte de energía de combustión (GUÍA PRÁCTICA PARA MEDIR EMISIONES Y PROCESO, 2007).

2.* . Combustión y contaminación ambiental

En el proceso de combustión, se deben considerar aspectos relacionados con emisión de agentes polucionantes. Las normas actuales restringen estas emisiones entregando rangos admisibles de contaminación.

Las emisiones tienen diversos efectos perjudiciales como por ejemplo alteran el equilibrio de la atmósfera, afectan la salud humana, afectan la vida vegetal y animal entre otros (GARCIA, 2001).

2.*.2. Contaminación debida al carbono

La combustión completa del carbono produce CO_2 , que es el principal contribuyente del efecto invernadero. Este componente es la consecuencia inevitable de la combustión.

Al realizar una combustión incompleta se produce CO , gas tóxico que en concentraciones elevadas puede provocar incluso la muerte, por lo que se debe evitar al máximo.

Las formas de reducir los efectos de estos agentes es lograr combustiones completas que no produzcan CO y obtener mejores rendimientos de combustión de modo que se consuma el mínimo de combustible, produciendo menor cantidad de CO_2 , además de utilizar combustibles con menor índice de producción de CO_2 (GARCIA, 2001).

2.*.3. Contaminación debida al azufre

El azufre está presente en los combustibles en proporciones variables; la oxidación del azufre puede producir óxido de azufre (SO_3), en contacto con el agua de la combustión o de la atmosfera puede dar lugar al ácido sulfúrico (H_2SO_4), lo que se conoce como lluvia acida.

Los mayores productores de óxido de azufre son la combustión de carbón y las fundiciones de acero. Su vida media en la atmosfera es entre seis y diez días. Para combatir el problema se debe utilizar combustible con bajas cantidades de azufre (GARCIA, 2001)

2.*.4. Contaminación debida al nitrógeno

A elevadas temperaturas de la llama, el nitrógeno que forma parte del combustible y del aire pueden combinarse con el oxígeno para formar NO , este producto se combina lentamente en la atmosfera y forma NO_2 .

Entre los diferentes efectos perjudiciales de estos óxidos (NO Y NO_2 denominados conjuntamente como NO_x) se puede citar: colaboración de la destrucción de la capa de ozono, la combinación con el agua presente en la atmosfera puede ayudar al incremento de la lluvia acida y NO_2 es un gas venenoso (GARCIA, 2001).

2.*.4. Límites de Emisión

La norma chilena de calidad del aire del ministerio de salud, establece índices de calidad del aire para determinar el nivel de contaminación atmosférica. Estas normas son aplicables a nivel nacional y proveen fundamentos técnicos y administrativos del sistema de prevención y control de la contaminación atmosférica. Las concentraciones máximas permitidas utilizada para la determinación de los contaminantes son los siguientes:

Tabla 2.5 Concentraciones máxima permitidas de los contaminantes

Indicador	Unidad	Estándar	Tiempo
Partículas totales En suspensión (PTS).	ug/Nm ³	75	Concentración media geométrica anual.
		260	Concentración media geométrica en 24 hrs.
		150	Concentración media geométrica diaria.
Anhídrido sulfuroso (SO₂).	ug/Nm ³	80	Concentración media geométrica anual.
		365	Concentración media geométrica en 24 hrs.
Monóxido de carbono (CO).	ug/Nm ³	10.000	Concentración media.
		40.000	Concentración media aritmética de 1 hora.
Oxidantes fotoquímicos (O₃).	ug/Nm ³	160	Concentración media en 1 hora.
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	ug/Nm ³	100	Concentración media aritmética anual.

Fuente: Normativa Ambiental en Aire (Fuentes Fijas), 1995

2.7. Proceso de fabricación del cemento

La fabricación del cemento es un proceso estándar y normalizado a nivel mundial, está compuesto principalmente por seis etapas. Cada de estas son controladas con un estricto control de calidad, para asegurar un buen producto. (Cementos del Norte S.A, 2009).

1. Extracción de la materia prima
2. Trituración y prehomogenización
3. Molienda de la harina cruda
4. Clinkerización
5. Molienda de cemento
6. Empaque y despacho

Extracción de la materia primas

El proceso comienza con la extracción de las materias primas que se encuentran en yacimientos, normalmente en canteras de cielo abierto. Las canteras se explotan mediante barrenación y detonación de explosivos, en el caso de materiales duros como la caliza y pizarra, mientras que en caso de materiales blandos como la arcilla y margas se utilizan excavadoras para su extracción. (Instituto español de cemento, 2013)

Trituración y prehomogenización

El proceso consiste en la reducción del tamaño de las rocas provenientes de las canteras, disminuyendo el diámetro hasta media pulgada.

El proceso de prehomogenización permite preparar la dosificación adecuada de los distintos componentes reduciendo su variabilidad de los distintos materiales, para asegurar de uniformidad de la distribución química (Cementos del Norte S.A, 2009).

Molienda de la harina cruda

Durante este proceso se continúa con la reducción del tamaño de los materiales y se efectúa un secado, previo a ser sometidos a altas temperaturas en el horno. El molino es el que recibe los materiales triturados y prehomogenizados, y ellos son los que realizan la mezcla y la pulverización de los mismos.

El producto es un polvo muy fino, es por ello que es llamado harina cruda, con la composición química adecuada para el tipo de cemento que se esté produciendo. Una segunda etapa es el control de calidad de la harina cruda, se realiza en el producto que está entrando al silo, a través de rayos X, que pueden realizar análisis químicos completos en tiempos muy cortos y con gran precisión (Cementos del Norte S.A, 2009).

Clinkerización

La harina cruda proveniente de los silos, alimenta hornos rotatorios en los que el material es calcinado y semi-fundido al someterlo a altas temperaturas (1450 °C). Aquí se llevan a cabo las reacciones químicas entre los diferentes óxidos de calcio, sílice, aluminio, hierro, entre otros elementos en proporciones

menores, que se combinan para formar compuestos nuevos, que son enfriados rápidamente al salir del horno (Cementos del Norte S.A, 2009).

Molienda de cemento

El proceso de producción del cemento, es la molienda del Clinker, en forma conjunta con otros minerales que le entregan propiedades específicas al cemento. El yeso es un material que es utilizado para retardar el tiempo de fraguado (o endurecimiento) de la mezcla de cemento y agua, con el fin de permitir su manejo. También se pueden adicionar otros materiales como la Puzolana o arenas volcánicas, que producen concretos más duraderos e impermeables, con menor calor de hidratación. El cemento pórtland ordinario es solo compuesto de Clinker y yeso.

Una vez más el análisis del producto saliendo del molino es prioritario, se lleva a cabo por medio de un analizador de rayos X, que permite el ajuste en las proporciones de los materiales y así obtener las características del cemento específico que se está produciendo. El control del tamaño de las partículas de cemento molido es otra variable de gran importancia, pues afecta grandemente sus propiedades; por lo que su medición frecuente es considerada. (Instituto español del cemento, 2013)

Empaque y despacho

Por último, el cemento se almacena en silos, separados según sus clases, antes de ser ensacados. Una vez en saco se pasan a formar los pallets, que son despachados posteriormente. A partir de los silos de almacenamiento, el cemento que no es ensacado, puede ser cargado directamente en camiones graneleros, para su despacho (Cementos Biobío, 2013).

Los productores de cementos como Cementos Biobío, Cementos del Norte y Cementos Cemex, coinciden en las principales etapas para producir cemento, es un proceso estándar y normalizado mundialmente, la fabricación es la misma en los diferentes países, utilizando la misma tecnología.

2.7.1. Clasificación del cemento

Los cementos se clasifican de acuerdo a su composición en las siguientes clases, de acuerdo a la norma chilena NCh148.OF68, 1999.

Cemento Pórtland

Es el producto que se obtiene de la molienda conjunta de Clinker y yeso, con adiciones de otros materiales, aceptando un 3% de material extraño de cloruro de calcio o sales análogas.

Cemento siderúrgico: cemento Pórtland siderúrgico, es el cemento en cuya composición entrara escoria básica granulada, en una composición comprendida entre el 30% y el 75% del producto terminado.

Cemento puzolánico

El cemento Pórtland Puzolánico, es el cemento cuya composición contará con puzolana en una composición no superior en un 30% en peso del producto final.

El cemento Puzolánico, es el cemento cuya composición entrará puzolana en una proporción comprendida entre el 30% y 50% en peso del producto terminado.

Cemento con fines especiales

Es el cemento cuya composición de las materias primas que emplean normalmente en la fabricación de cemento, los requisitos y propiedades se establecen por acuerdo previo entre el productor y el consumidor para cumplir determinados fines. Estos se clasifican de acuerdo a sus resistencias, en dos grados:

1. Cemento corriente
2. Cemento de alta resistencias

2.8. Evaluación de proyecto

La evaluación de proyecto proporciona información para medir objetivamente ciertas magnitudes cuantitativas resultantes de los beneficios del estudio de un proyecto, y dan origen a operaciones matemáticas que permiten obtener diferentes coeficientes de evaluación, lo cuales se establecen en términos de conveniencia, de manera que asegure que resolverá una necesidad (SAPAG, 2008).

El proceso de evaluación consiste en el estudio de la rentabilidad de una inversión, determinando con mayor precisión, el grado de inversión, los costos y beneficios de un proyecto para posteriormente compararlos y decidir la conveniencia de este. Si el proyecto es de modernización se deben incluir solo aquellos aspectos que sean relevantes para la comparación. A su vez se requiere definir previamente los

objetivos perseguidos. La evaluación resulta más interesante cuando hay objetivos en conflictos, como por ejemplo, minimizar los costos para conseguir un determinado nivel de seguridad de la misma, y es absolutamente necesaria cuando se presentan opciones para la solución de un mismo problema, o para alcanzar los objetivos deseados. (FONTAINE, 2008).

La evaluación económica es una comparación entre los costos y los beneficios, para la aceptación o ejecución del proyecto.

Algunas de las particularidades que justifican un análisis especial para el estudio de un proyecto de modernización, es la dificultad del impacto de la tecnología aplicada, sobre el nivel de inversión que financia los requerimientos de recursos por el desfase entre la ocurrencia de los egresos y la recaudación posterior de los ingresos, que corresponde a la inversión en capital de trabajo de la empresa; la forma de cálculo del valor remanente de la inversión al término de su periodo de evaluación; la forma de incluir el impuesto al valor agregado en los flujos de ingresos y egresos de caja; la determinación de los costos y beneficios incrementales ocasionados por la decisión de emprender una inversión; los ahorros tributarios asociado al proyecto; la diferenciación entre los costos contables asignados y los costos pertinentes que deben ser considerados para la decisión; la determinación del punto de conveniencia para hacer una modernización; la medición del grado de impacto que un cambio en el valor de una variable tenga sobre los resultado de la rentabilidad calculada para el proyecto , o la sensibilidad de una variable con el impacto dual hacia la situación actual y hacia la situación con proyecto; y el momento óptimo de efectuar la modernización. (SAPAG, 2010).

2.8.1. Evaluación de la factibilidad técnica

La viabilidad técnica busca la existencia de la factibilidad física o material, la determinación es realizada por expertos propios del área en la que se sitúa el proyecto.

El estudio busca determinar las características de la composición óptima de los recursos que harán que la producción de un bien o servicio se logre eficaz y eficientemente. Para esto, se deberán examinar detenidamente las opciones tecnológicas que es posible implementar, así como sus efectos sobre las futuras inversiones, costos y beneficios.

Esta etapa del proyecto tiene la finalidad de proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación, por lo que establece rangos para los costos y beneficios. Por lo general, se estima lo que deben aplicarse en los procedimientos (SAPAG, 2011).

En particular, con el estudio técnico se determina la localización, magnitud del financiamiento y la oportunidad de efectuar el proyecto de inversión. Dicha evaluación será técnica, económica, financiera, legal y administrativa. (FONTAINE, 2008).

Debido a las grandes diferencias que existen entre proyectos con respecto a sus ingenierías se hace difícil generalizar un procedimiento de análisis que sea útil para todos ellos. Sin embargo es posible desarrollar un orden para la clasificación del estudio técnico. (FONTAINE, 2008)

2., .1.1 Decisión de localización

La localización debe ser adecuada para el éxito del proyecto, disminuyendo los riesgos de fracaso y de accidentabilidad, es por ello que el análisis no es solo económico sino también estratégico.

La decisión sobre la ubicación del proyecto tiene un horizonte de planeación de largo plazo, por lo que es importante estimar con exactitud.

La ubicación más adecuada será la que maximice el logro de los objetivos definidos para el proyecto, lograr una alta rentabilidad. En la práctica las opciones de localización son muy pocas debido a las restricciones y exigencias propias, que eliminan la mayoría de estas (SAPAG, 2010).

Los principales factores que incluyen en la ubicación del proyecto son los siguientes:

- Mercado que se desea atender.
- Transporte y accesibilidad de los usuarios.
- Regulaciones legales o planos reguladores municipales que limitan la construcción en altura.
- Aspectos técnicos como las condiciones topológicas, la calidad del suelo, la disponibilidad de agua de riego, las condiciones climáticas e incluso, la resistencia estructural de un edificio.
- Aspectos ambientales como restricciones a la evaluación de residuos o la cantidad máxima de estacionamiento permitidos por la norma de impacto ambiental,
- Costo y disponibilidad de terrenos o edificaciones adecuados a las características del proyecto.
- Entorno y existencias de apoyo.

2., .1.2. Inversiones en equipamiento

Son todas las inversiones que permitan el funcionamiento normal de la planta, algunas de ellas son maquinarias, vehículos, herramientas, mobiliario y equipos en general. El estudio del equipamiento se enfoca en el análisis económico que se respalda con los indicadores financieros, como medida de evaluación de alternativas(SAPAG, 2011).

En el balance de equipos se estima la vida útil técnica y se expresa en años. En algunos casos, es posible usar un criterio distinto para definir la vida útil: el comercial (por la imagen corporativa recomienda sustituir antes un mobiliario), el contable (coincide con el plazo de depreciación contable de los activos) y el económico (que calcula el momento óptimo de reemplazo).

Al final de la vida útil, el activo puede tener algún valor, ya sea para venderlo o para usarlo en otro proyecto o actividad, es necesario asignarle un monto, que puede ser determinante en la cuantificación de los beneficios del proyecto (SAPAG, 2011).

La mayoría de las veces al evaluar un proyecto el foco está en la tecnología y la configuración de los equipos. Sin embargo, es importante considerar algunas variables para asegurar una elección adecuada del equipo y del proveedor. (SAPAG, 2010)

- La identificación de todos los proveedores pertinentes.
- Las características y dimensiones de los equipos.
- Las capacidades de diseño.
- El grado de flexibilidad del uso de los equipos.
- El nivel de especialización y calificación del personal.
- La tasa de crecimiento de sus costos – mantenimiento y operación – y su vida útil.
- La necesidad de equipos auxiliares.
- El costo de instalación y puesta en marcha.
- Las garantías y el servicio técnico de posventa.

2., .1.3. Determinación del tamaño

La importancia de definir el tamaño que tendrá el proyecto se manifiesta principalmente en la incidencia sobre el nivel de las inversiones y de los costos y por lo tanto sobre la estimación de la rentabilidad que podrá generar su implementación. De igual forma, la decisión que se tome respecto del tamaño determinará el nivel de operación que posteriormente explicará la estimación de los ingresos por venta. (SAPAG, 2008).

Existen varios elementos que se enlazan para definir el tamaño, alguno de ellos son: la demanda esperada, la disponibilidad de los insumos, la localización del proyecto, el valor de los equipos, etc.

El resultado del estudio del mercado influye directamente sobre esta decisión, ya que ahí se determinaron los niveles ofrecidos y demandados que se esperan para el futuro. (SAPAG, 2008)

El tamaño de un proyecto corresponde a su capacidad instalada y se expresa en números de unidades de producción por año. Se distinguen tres tipos de capacidad instalada.

- Capacidad de diseño: tasa estándar de actividad en condiciones normales de funcionamiento
- Capacidad del sistema: actividad máxima que se puede avanzar con los recursos humanos y materiales trabajando de manera integrada.
- Capacidad real: promedio anual de actividad efectiva, de acuerdo con las variables internas (capacidad del sistema) y externas (demanda).

A. Estudio de factibilidad ambiental

El estudio ambiental hace referencia al impacto ambiental que pueda ocasionar la implementación del proyecto, lo cual puede ser positivo y/o negativo. Considerando las condiciones de la zona, las regulaciones y restricciones del lugar.

En el caso que sea negativo se deben plantear como encaminar el proyecto dentro de los parámetros de la legislación ambiental vigente y cuál es su plan de sostenibilidad del medio ambiente afectado. (SAPAG, 2008).

2.- Evaluación Financiera

La última etapa de la factibilidad económica es la evaluación financiera, que consiste en una investigación de los flujos de caja y el riesgo, con el objetivo de conocer la eventual rentabilidad del proyecto. La rentabilidad de un proyecto se puede medir de formas distintas: en unidades monetarias, en porcentaje o en el tiempo en que se demora la recuperación de la inversión, entre otras.

La sistematización de la información financiera consiste en identificar y ordenar la información de costos, inversiones, ingresos que puedan deducirse con los estudios previos.

☞☞☞ Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN), es el método más conocido, y el más aceptado por los evaluadores de proyecto. El VAN es el indicador en el cual se calculan todos los flujos futuros de cajas asociados al proyecto, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento cero. Este valor mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar toda la inversión (FONTAINE, 2008). La tasa de descuento (retorno) seleccionada corresponde al tipo de rendimiento ideal que las compañías buscan para sus inversiones. Una inversión es rentable sólo si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor del flujo de costos, cuando éstos se actualizan haciendo uso de la tasa de interés pertinente para el inversionista. En palabras simples el VAN mide el aumento de la riqueza que el proyecto le genera al inversionista, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa de retorno que se exigía al proyecto; si el resultado es igual a cero, indica que el proyecto reporta la tasa que se quería obtener después de recuperar la inversión; y si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperar la inversión (SAPAG, 2007).

La fórmula para determinar el VAN es:

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{Bi - Ci}{(1 + r)^t} \quad (2.5)$$

Donde:

VAN= valor actual neto de un proyecto o inversión.

$BN_i (B_i - C_i)$ = el beneficio neto que se origina al final del año i .

r = El tipo de descuento. Se supone constante.

En los proyectos las inversiones se introducen con signo negativo al igual que los costos y los ingresos con signo positivo en los flujos de cajas.

☞☞☞ Tasa Interna de Retorno

El segundo criterio de evaluación lo constituye la Tasa Interna de Retorno (TIR). Mide la rentabilidad como porcentaje. La TIR es aquella en la que el tipo de descuento (retorno) hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos.

Es decir, es aquella tasa de descuento que aplicada a un flujo de beneficios netos hace que el beneficio al año cero sea exactamente igual a cero. Variando el valor para “r”, se determinará la tasa de retorno ρ ; esta tasa, como se mencionó, es aquella tasa que hace VAN=0. Vale decir, se define ρ en la formula.

$$\sum_{i=0}^n \frac{(Bi - Ci)}{(1 + \rho)^t} = 0 \quad (2.6)$$

Es conveniente realizar la inversión cuando la tasa de interés es menor que la tasa interna de retorno, es decir, cuando el uso del capital en inversiones alternativas “rinde” menos que el capital invertido en el proyecto. (FONTAINE, 2008).

☞ ☞ ☞ **Periodo de Recuperación de la Inversión**

El Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto y tiene por objetivo medir en cuanto tiempo se recupera la inversión, la importancia de este indicador radica en calcular la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo, permitiendo la anticipación de los hechos (FONTAINE, 2008).

☞ ☞ ☞ **Análisis de sensibilidad**

Los resultados de las evaluaciones de proyectos no miden con exactitud la rentabilidad del proyecto, solo es una estimación de uno de los tantos escenarios posibles. Por lo que la decisión de aceptación o de rechazo, debe basarse en la comprensión del origen de la rentabilidad y el impacto de no ocurrencia de algún parámetro considerado del resultado del VAN.

Existen dos modelos de sensibilidad que, si bien reemplaza a los proyectos de riesgo, entregan información valiosa del comportamiento de las variables, con la finalidad de mejorar la información que se le brinda al inversionista para la toma de decisiones. La información entregada en el análisis de sensibilidad muestra cuales son las variables críticas y las más sensibles en donde se centra la investigación para determinar las posibilidades que el proyecto alcance esos puntos críticos.

El método más tradicional, se conoce como *modelo de la sensibilización de Hertz, o análisis multidimensional*, el cual analiza que pasa con el VAN, cuando se modifican una o más variables que se consideran susceptibles para cambiar en el flujo de caja. El proceso propone que se realicen estos flujos de cajas como las combinaciones más posibles, con el cambio de más de una variable a la vez.

La simplificación de este modelo es que reduce los escenarios a dos opciones el optimista y el pesimista.

El modelo opcional, denominado análisis unidimensional, plantea que al analizar el cambio del VAN, cuando se modifica una variable o más de una variable, se determina la variación máxima que puede resistir el valor de una variable relevante para que el proyecto siga siendo atractivo para el inversionista. La sensibilización se estima la cantidad mínima que hace que el proyecto que siga siendo elegible, hasta donde puede bajar la cantidad para que el VAN se haga igual a cero.

2.2. Estructura general de un flujo de caja

Un flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los períodos en que se generan los costos y beneficios de un proyecto. Cada periodo manifiesta dos elementos: los movimientos de caja ocurridos durante un tiempo, generalmente en un año, y los desembolsos que deben estar realizados para que los eventos del periodo siguiente puedan ocurrir (SAPAG, 2011).

Si el proyecto se evaluó en un horizonte de diez años, se debe construir un flujo de caja con 11 columnas, para cada año de funcionamiento y la columna cero, para representar todos los desembolsos previos a la puesta en marcha.

Los componentes que posee el flujo de caja de un proyecto se consideran en cinco pasos básicos que se muestra en la siguiente figura 2.3. que finaliza con su construcción (SAPAG, 2011).

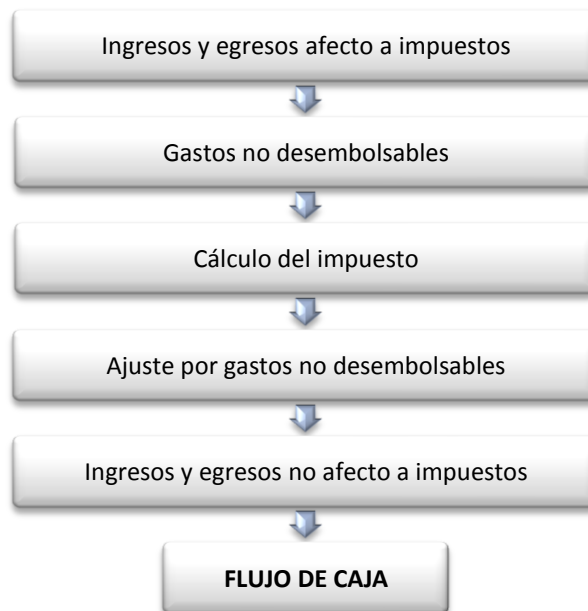


Figura N° 2.2: Etapas para la construcción de un flujo de caja
Fuente: Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión, Nassir Sapag, 2011.

Los ingresos y egresos afectos a impuestos incluyen todos aquellos movimientos de caja, que pueden alterar el estado de pérdidas y ganancias de la empresa, la cuantía de los impuestos a las utilidades. Entre los egresos, se encuentran las remuneraciones, los insumos, los alquileres y cualquier desembolso real que signifique un gasto contable para la empresa (SAPAG, 2011).

Los gastos no desembolsables corresponden a los gastos que, sin ser salidas de caja, se agregan a los costos con fines contables, con el fin de reducir la utilidad sobre la cual se debe calcular el monto de los impuestos a pagar. Algunas cuentas son: La depreciación de activos fijos, la amortización de los activos intangibles y el valor libro de los activos que se venden.

El cálculo del impuesto, corresponde a la tasa tributaria porcentual sobre las utilidades para determinar el monto impositivo. Una vez calculado y restado el impuesto, se obtiene la utilidad neta (SAPAG, 2011).

El ajuste por gastos no desembolsables, se realiza después de calcular el impuesto, se volverán a sumar todos los gastos que no constituyen egresos para anular su efecto directo en el flujo de caja, pero dejando incorporado el efecto tributario.

Ingresos y egresos no afecto a impuestos corresponde a los movimientos de caja que no modifican la riqueza contable de la empresa y que no están sujetos a impuestos. En los egresos se incluyen las inversiones, por lo que al adquirir un activo no disminuye la riqueza de la empresa, sino que se está modificando de ser un activo corriente a un activo fijo, al igual que los pasivos, simultáneamente si la adquisición fue financiada con deuda (SAPAG, 2011).

2.2.1. Construcción del flujo de caja en base a financiamiento con deuda

El proyecto financiado con un préstamo bancario debe asumir el costo financiero asociado a todo el proceso de autorización de créditos y además tiene un efecto negativo en las utilidades de la empresa, lo que beneficia el valor del impuesto. Es decir, genera un ahorro tributario (SAPAG, 2011).

Por otra parte, incorporar un préstamo en el flujo de caja del inversionista en el periodo cero, provoca una disminución en la inversión y el valor resultante corresponde al monto de la inversión que debe ser financiada con recursos propios.

La rentabilidad de inversionista se calcula comparando la inversión que el deberá financiar con el remanente del flujo de caja que queda después de servir el crédito; es decir, después de pagar los intereses y de amortizar la deuda (SAPAG, 2011).

Para medir la rentabilidad de los recursos propios, se debe incluir el financiamiento en el flujo de caja original, incorporando los intereses antes de impuestos, con signo negativo, el préstamo después de impuesto con signo positivo y la amortización después de impuesto con signo negativo, también después de impuesto (SAPAG, 2011).

2.2.2 Situación base con proyecto e incremental

La estructura general de un flujo de caja es la misma, para cualquier proyecto de inversión. Sin embargo cuando se evalúa un proyecto para una empresa que está en marcha, existen distintas situaciones que se pueden encontrar y que tienen que ser comprendidas para utilizar la forma correcta los criterios de cada una de estas situaciones (SAPAG, 2011).

Cuando se comparan proyectos con distinta vida útiles, se realiza el horizonte de planeación con el que tiene menor vida útil o calcular el costo equivalente de las opciones. Otra alternativa es estimar un flujo promedio anual, que provoca repeticiones en el largo plazo, se consideran los costos de inversión, operación y capital, así como los beneficios de operación y desecho de inversión y es equivalente a evaluar ambas en el largo plazo (SAPAG, 2011)..

Cuando un proyecto mide la conveniencia de un reemplazo de activos, generalmente será irrelevante en los niveles de capital de trabajo para financiar la operación, pero cada vez que se evalúe y sea una ampliación de la capacidad como la internalización de algún proceso o abandono de una actividad, se debe incluir, según corresponda, el incremento o la disminución de la inversión mantenida en capital de trabajo (SAPAG, 2011).

Una forma de determinar la conveniencia de un proyecto de inversión que genere un cambio en la situación existente, es realizar una comparación de resultado con la opción sin proyecto que se denomina situación base y la situación con proyecto. En ambos casos deben realizar el comportamiento de los flujos de cajas proyectados en el periodo de evaluación (SAPAG, 2011).

Una alternativa al criterio de comparar la situación base con la situación de proyecto es efectuar un análisis incremental, correctamente aplicado debe conducir al mismo resultado, además muestra la magnitud monetaria de la diferencia de los resultados, si la comparación de beneficios de la situación base con la realización del proyecto tiene signo positivo, significa que posee un beneficio, que se refleja en cuanto mejora la empresa al ejecutarse el proyecto y si el signo es negativo no se debe atribuir como una pérdida, sino como una baja comparativa en el beneficio (SAPAG, 2011).

2.2. Metodología de la investigación

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos que se aplican en el estudio del fenómeno (HERNÁNDEZ, 2010). La investigación se clasifica en dos grandes enfoques, cualitativos, cuantitativos.

2.2.1. El enfoque cualitativo

Se guía por áreas o temas significativos de investigación. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica: entre los hechos y su interpretación y resulta un proceso más bien circular y no siempre la secuencia es la misma, varía de acuerdo con cada estudio en particular (HERNÁNDEZ, 2010).

El análisis cualitativo surge de explicar una metodología especificada orientada a captar el origen, el proceso y la naturaleza de estos significados que brotan de la interacción simbólica entre individuos. Son los que enfatizan conocer la realidad desde una perspectiva de *insider*, de protagonista, y de contemplar estos elementos como pieza de un conjunto sistemático (RUIZ, 2007).

Además de lo anterior, el enfoque cualitativo posee las siguientes características:

- El investigador o investigadora plantea un problema, pero no sigue un proceso definido y las preguntas de investigación no se han contextualizado ni definido por completo.
- El observador examina el mundo social y en este proceso desarrolla una teoría coherente con los datos, basándose en una lógica y proceso inductivo (explorar y describir, y luego generar una perspectiva teórica).
- Se basa en un método de recolección de datos no estandarizados ni completamente determinados. El investigador realiza preguntas abiertas, recaba datos expresados a través del lenguaje escrito, verbal o no verbal, así como visual, los cuales describe y analiza y los convierte en temas que vincula y reconoce sus tendencias personales.
- Las técnicas para recolectar los datos incluyen, entre otras; la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusión en grupos, evaluación de experiencias personales.
- Evalúa el desarrollo natural de los sucesos, es decir, no hay manipulación ni estimulación con respecto a la realidad, fundada en una perspectiva interpretativa centrada en el entendimiento del significado de las acciones de seres vivos (HERNÁNDEZ, 2010).

A) Recogida de datos

Existen tres técnicas de recogida de datos que destacan sobre todas las demás en los estudios cualitativos: la observación, la entrevista en profundidad y lecturas de textos. Las tres a su vez se corresponde con las técnicas más comunes con las corridas de datos de las técnicas cualitativas: el experimento, el sondeo o encuesta y el análisis de contenido. Estas seis técnicas acaparan la casi totalidad de los métodos de recogida de datos (RUIZ, 2007).

El experimento y el sondeo se apoyan en un control sistemático y calculado, real en el primero y estadístico en el segundo con los condicionamientos y situaciones que los hacen únicos. (RUIZ, 2007)

A.A) La observación

Es el proceso de contemplar sistemática y detenidamente como se desarrolla la vida social, sin manipularla ni codificarla. Esta observación común y generalizada puede transformarse en una poderosa herramienta de investigación social y en técnica científica de recogida de investigación (RUIZ, 2007).

También se puede incluir técnicas de observación en un entorno natural. En estos casos falta un elemento constitutivo de la técnica de observación del participante, la interpretación del investigador en la situación social estudiada y su interacción con los actores sociales, incluye la interpretación directa del investigador con el objeto estudiado (Corbetta, 2007).

A.B) Entrevistas

Es la segunda técnica de investigación cualitativa, viene representada con por la llamada entrevista a profundidad, mediante una conversación profesional con una o varias personal para un estudio analítico de investigación o para contribuir a los diagnósticos o tratamientos sociales (RUIZ, 2007). No obstante la entrevista cualitativa es más íntima, flexible y abierta. La entrevista se realiza a través de preguntas y respuestas, que logran una comunicación y la construcción conjunta de significados respecto a un tema. (HERNÁNDEZ, 2007).

Las entrevistas se dividen en estructuradas, semi estructuradas, y no estructuradas o abiertas.

- Las entrevistas estructuradas: En este tipo de entrevistas se hace las mismas preguntas a todos los entrevistados con la misma formulación y en el mismo orden. Lo cual promueve la plena libertad para

responder como deseen. En definitiva, se trata de un cuestionario de preguntas abiertas (CORBETTA, 2007).

- Las entrevistas semi estructuradas: En este caso el entrevistador dispone un guión con temas que debe tratar en la entrevistas. El guión del entrevistador puede ser más o menos detallado. Puede ser una lista de temas a tratar, o puede formularse de manera más analítica en forma de preguntas, aunque de carácter más general. Esta forma de realizar las entrevistas concede amplia libertad del entrevistado como al entrevistador, y garantiza al mismo tiempo que se van a discutir todos los temas relevantes y se va a recopilar toda la información necesaria. (CORBETTA, 2007).

- Las entrevistas no estructuras: El contenido de las preguntas no se fija previamente y este puede variar en función del sujeto. El único tema objetivo del entrevistador es plantear los temas de que desea abordar, en el curso de la conversación. El entrevistador desempeña una función de control, limitando las divagaciones excesivas, evitando desviaciones. (CORBETTA, 2007).

En la elección de las literaturas Corbeta y Hernández entregan una información con definiciones y ejemplificaciones del contenido en forma análoga y coinciden en la clasificación de los tipos de entrevistas, Hernández en tanto, presenta estructuras de entrevistas.

En cambio el autor Ruiz, realiza una recopilación de autores, con enfoques científicos y filosóficos para entregar una información más profunda del proceso de la investigación cualitativa, hace énfasis en la entrevista estructurada y no estructurada, a través de tres tipos de características que puede diferenciar una entrevista, siendo individual, holístico y no directivo.

A.C) El uso de documentos

Si la observación es el modo más espontaneo y antiguo de recoger la información y la entrevista es el modo más popularizado por los investigadores, la lectura de un texto es el más amplio y universalizado. La lectura y análisis del contenido, abarcan una gama amplísima de conceptos, técnicas y de contenido que es preciso delimitar de antemano si no se quiere caer en confusiones innecesarias. (RUIZ, 2007).

Un documento es un material informativo sobre un determinado fenómeno social que existe con independencia de la acción del investigador. Por tanto, el documento es generado por individuos o las instituciones con fines distintos en la investigación social (CORBETTA, 2007).

Los tipos de documentos se clasifican en:

- Documentos personales: son documentos de carácter privado, que han sido elaborados por los individuos en primera personas y para un uso estrictamente personal. A su vez se dividen en autobiografías (relatos sobre la vida de la persona, escritos en un periodo limitado de tiempo), diarios, testimonios orales (relatos y experiencias personales solicitadas por el investigador) y materiales audiovisuales (fotografías, dibujos y pinturas). (CORBETTA, 2007)
- Documentos institucionales: Son producidos por instituciones o por individuos en el contexto de sus funciones institucionales, tienen procedencia pública. A su vez se dividen en medios de comunicación de masas, material judicial, material audiovisual, documentos políticos, documentos empresariales y administrativos. (CORBETTA, 2007).

Los autores Hernández y Corbetta coinciden en la clasificación de los tipos de documentos, sin embargo Hernández amplía el contenido dentro de la clasificación al material audiovisual, como un documento que entrega datos cualitativos. En cambio Ruiz ejecuta un análisis del contenido de los documentos, acercándose al tipo de clasificación de los primeros autores.

2.1&1. Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo representa, un conjunto de procesos que es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos, el orden es riguroso. Utiliza la recolección de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población. (HERNÁNDEZ, 2010).

B) Estructura de la investigación cuantitativa

La investigación científica es un proceso de descubrimiento creativo que sigue un itinerario prefijado y procedimientos preestablecidos y consolidados dentro de la comunidad científica. El atributo creativo es importante en esta definición, evoca las capacidades personales de investigador. La primera regla fundamental de la investigación empírica es que debe desarrollarse dentro de un marco aceptado por la comunidad científica. Este enfoque consta de dos elementos: la estructura lógica del proceso de investigación y la instrumentación técnica a utilizar (CORBETTA, 2007) a continuación se presenta el primer elemento del enfoque.

Las cinco fases del proceso de investigación

El proceso que sigue el investigador social para la realización de una investigación consiste en un recorrido cíclico que parte de la teoría, pasa por las fases de recopilación y análisis de datos y vuelve a la teoría. Para explicar se utilizará un esquema (Ver Figura N° 2.3), en donde se distingue las cinco fases y los cinco procesos que conectan estas fases.

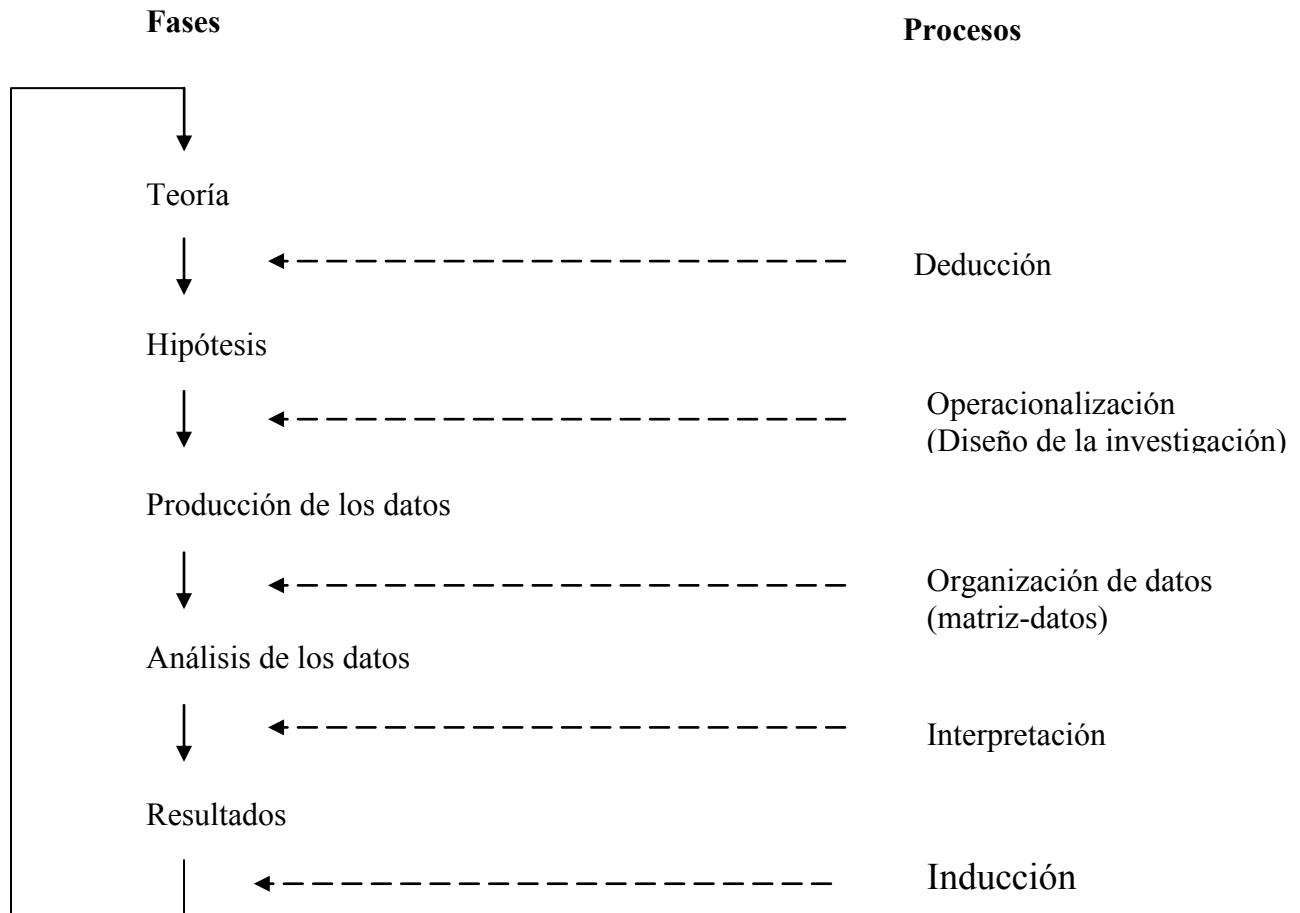


Figura N° 2.3: Estructura de la investigación cuantitativa.

Fuente: Metodologías y técnicas de investigación social, 2007

Teoría: Es la prima fase del proceso de investigación. Una teoría es un conjunto de proposiciones relacionadas de manera orgánica, se forman de un alto grado de abstracción y generalización respecto a la realidad, se deducen de hechos empíricos que se producen con regularidad y de las que pueden inferirse predicciones empíricas. Entre el paso de la teoría y la hipótesis se produce el proceso de deducción (CORBETTA, 2007).

Hipótesis: Representa una formulación parcial de la teoría ya que es específica. Se somete a pruebas mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Si los resultados corroboran la hipótesis, se aporta evidencia en su favor. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones y nuevas hipótesis (HERNÁNDEZ, 2010).

Producción de los datos: la recopilación de datos se realiza a través de la operacionalización, que consiste en la transformación de la hipótesis en afirmaciones observables empíricamente. El proceso se divide en dos partes. La primera consiste en la operacionalización de los conceptos, es decir, la transformación de los conceptos a variables y la segunda consiste en la elección del instrumento y de los procedimientos para medir los conceptos o variables. La decisión de estos aspectos nos lleva a la definición del diseño de la investigación, que es el plan de trabajo (CORBETTA, 2007).

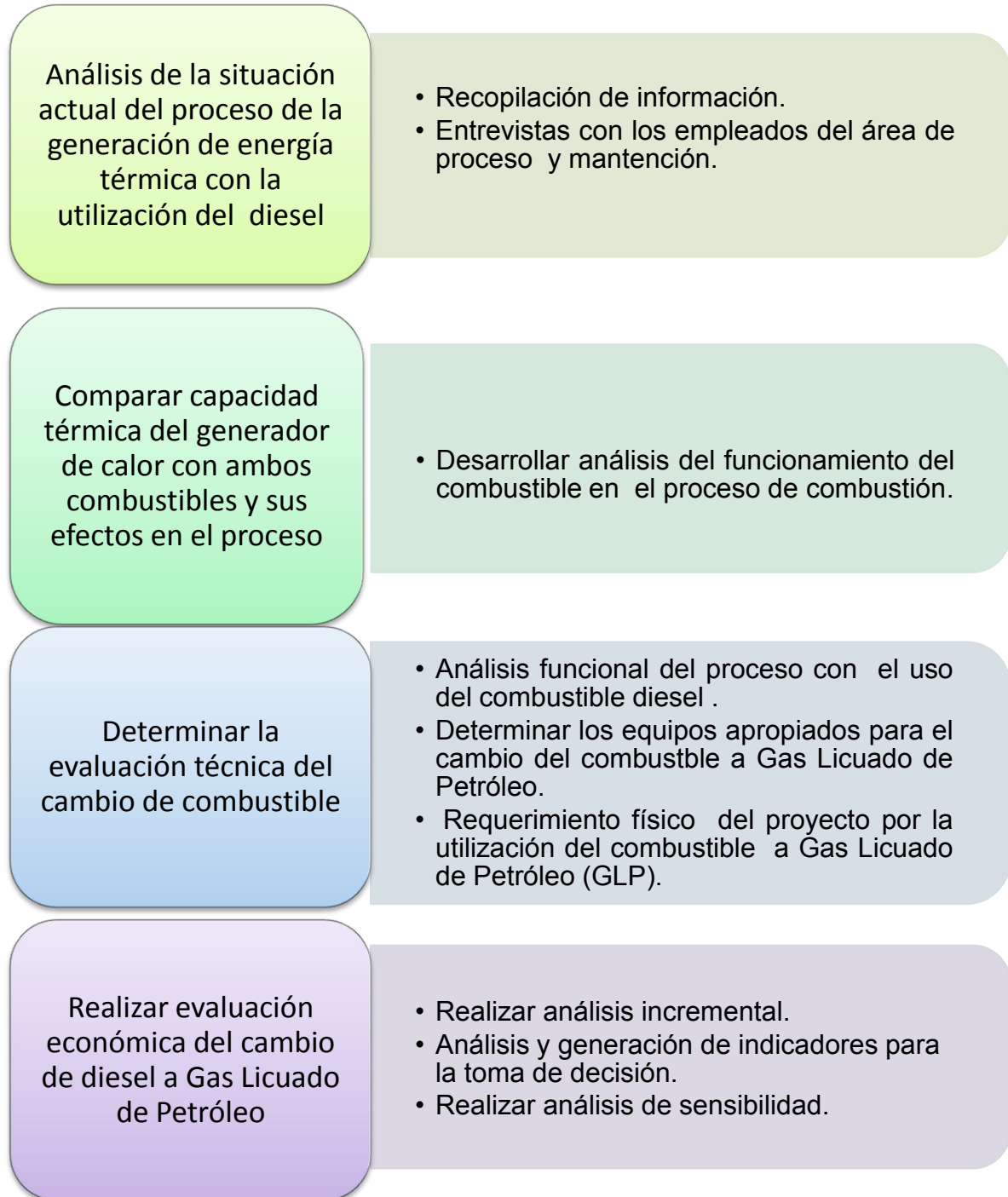
Análisis de los datos: Es una técnica para estudiar cualquier tipo de información de manera objetiva y sistemática, que cuantifica los contenidos en categorías y los somete a análisis estadístico (HERNÁNDEZ, 2010). El proceso de organización de datos suele consistir en transformar la información en una matriz de datos que representa el punto de partida para el análisis de los datos, por lo general consiste en operaciones matemáticas realizadas por un programa de análisis estadísticos. Se obtendrá la estandarización de las respuestas de las entrevistas abiertas (CORBETTA, 2007).

Resultados: Es la quinta y última fase del proceso de investigación, consiste en la representación de los resultados, mediante un proceso de interpretación del análisis estadístico. El investigador regresa al comienzo en la teoría para realizar la comparación de los resultados empíricos con la hipótesis, para confirmarla o refutarla (CORBETTA, 2007).

Los autores Corbetta y Hernández coinciden en las cinco fases del proceso de investigación, sin embargo Hernández establece en diez fases el proceso de investigación desglosando la información para poseer un mayor conocimiento de la estructura y sus componentes.

3. Diseño Metodológico

El diseño metodológico se estructuró de la siguiente forma:



3.1 Análisis de la situación actual del proceso de la generación de energía térmica con la utilización del diésel

3.1.1. Recopilación de información

La fuente principal de la recolección de datos fue la empresa Melón S.A, planta Puerto Montt, específicamente en las áreas de producción y mantención. Melón S.A posee un proceso de elaboración de cemento en forma automatizada, con la ayuda de un software Pi ProcessBook.

Pi ProcessBook es un programa de gestión el cual toma datos en tiempo real en la línea de producción, con este programa se puede hacer una estimación de cómo está trabajando la línea de productiva, para el análisis de la situación actual. Los datos son registrados 24 horas después al informe diario, que es la planilla de producción en la cual se analiza el funcionamiento del sistema.

En el área de Producción, se recopiló la información sobre el funcionamiento del proceso en forma global y los datos numéricos de la investigación. Del informe diario se obtuvieron datos tales como, el consumo de combustible, el volumen de compra de materias primas y su porcentaje de humedad, niveles y rendimiento de producción, entre otros. Con estos datos se miden los costos y el rendimiento del proceso. La selección fue realizada a través de las variables que maneja la empresa, que se cuantifican dentro del presupuesto anual y en el cumplimiento de metas, por lo que es importante manejar el costo y el consumo del combustible como una de las variables importantes para la realización del proyecto.

En el área de mantención, se recolectó la información del funcionamiento del proceso de secado de materias primas, en el cual se encuentra el generador de calor con la utilización de diésel. Con esta información se realizó una investigación de la situación actual, para realizar mejoras en el proceso productivo, a través de las entrevistas y de la observación del medio.

Se estudió la alternativa para el proceso de secado de materias primas con el uso del cambio de combustible en el generador de calor, para realizar un proceso más estable en términos de beneficios económicos, así como también operacional debido a que actualmente el uso del diésel genera limitaciones en el proceso de fabricación del cemento.

Anteriormente la empresa había realizado un estudio exploratorio sobre el cambio de combustible de diesel a gas natural, apostando a mayor eficiencia en el proceso y una disminución en el costo del insumo. Los antecedentes de este estudio fueron utilizados para realizar la evaluación técnica y

económica del proyecto. Con esta información se establecieron los equipos necesarios para su implementación, el capital requerido para la inversión y los costos asociados.

3.1.2. Realización de entrevistas

Para recopilar la información se desarrollaron entrevistas al personal de Melón S.A; al jefe de producción, al encargado de métodos del área de mantenimiento y al operador de sala de control del área de producción. Se seleccionaron a estos trabajadores puesto que son los que cuentan con mayor capacitación y experiencia, por lo que se encuentran en una mejor posición para entregar información de forma detallada y completa en relación a las temáticas consultadas.

En la primera entrevista se consideraron dos objetivos, el flujo de información y su forma de trabajo. Porque con esta información se pueden verificar los alcances de la metodología, identificando el funcionamiento global de la empresa y solicitar datos relevantes para el estudio del proyecto, tales como la cuantificación del combustible por toneladas de cemento.

Se desarrolló un cuestionario con preguntas abiertas con el fin de no encasillar las respuestas y realizar una entrevista más amigable. Este cuestionario incluía preguntas sobre los sistemas de información y su interacción con el consumo de combustible que posee la planta en el manejo de la fabricación del cemento, el funcionamiento del proceso, rendimiento de producción, en definitiva los principales problemas.

La entrevista se hizo en forma personal para averiguar y entender la forma de trabajo de la planta, por lo que se entrevistó al operador de sala de control del área de producción, ya que es el encargado de manejar el proceso de la elaboración del cemento de acuerdo a sus propias decisiones, con el fin de lograr una estabilidad del proceso. En el Anexo 3 se presenta el cuestionario utilizado.

Se realizó la segunda entrevista al encargado de métodos del área de mantenimiento, posterior al análisis de alcance, con el fin de focalizar la investigación en el funcionamiento del generador de calor y los equipos que interactúan directamente para su correcto trabajo.

La solicitud de la información se ha llevado a cabo de la misma manera que la entrevista anterior, en forma personal, pero esta vez la entrevista tuvo un formato en el cual solo se abordó el tema del funcionamiento del generador de calor. En el transcurso de la entrevista, la información se recibió mediante preguntas para indagar en detalle acerca del funcionamiento del tren a diésel y el equipo

Control Link encargado de realizar la combinación del aire-combustible. En el anexo 2 se presenta la entrevista utilizada.

La tercera y última entrevista, fue aplicada al jefe de producción, con el propósito de conocer la información sobre la selección de los equipos para el proyecto de inversión. Se desarrolló una entrevista con preguntas abiertas para obtener información más completa. Este cuestionario incluía preguntas sobre la elección de la tecnología que utilizaron para el proyecto, los criterios de selección de la localización, los problemas y desventajas que posee el diésel para el funcionamiento del proceso en la elaboración del cemento, todo ello para entender por qué la selección de los equipos y cuáles fueron los criterios utilizados. En el anexo 1 se presenta el cuestionario utilizado.

3.2. Comparación de la capacidad térmica del generador de calor con ambos combustibles y sus efectos en el proceso

La capacidad calórica es la energía necesaria para aumentar la temperatura de una determinada sustancia en una unidad de temperatura. Los combustibles que se analizaron fueron el diésel y el GLP (Gas Licuado de Petróleo), para establecer la capacidad calórica de cada uno y la diferencia entre ambos.

3.2.1. Desarrollar el análisis del funcionamiento del combustible en el proceso de combustión

El análisis del funcionamiento del combustible se desarrolló mediante el poder calórico que posee el diésel y el Gas Licuado de Petróleo, con el consumo de combustible promedio del año 2013 que posee la empresa Melón S.A, mediante una ponderación de producción de los productos.

Para cuantificar la capacidad térmica que poseen estos combustibles se realizó una comparación con el fin de determinar la demanda del consumo de combustible y la capacidad para generar la energía térmica que necesita la empresa para secar las materias primas. Con esta información se establece si existe un beneficio económico al utilizar GLP, en el proceso productivo.

Producto del cambio de combustible se desarrolló una estimación de la variación del nivel de producción, para establecer el beneficio funcional en el proceso.

3.3. Evaluación técnica del cambio de combustible

En este apartado se realizó la evaluación técnica de la planta industrial, para determinar todos los fallos que presenta la empresa en un momento determinado, vinculando los equipos y los sistemas que lo compone.

Con los datos aportados por la evaluación técnica fue posible determinar que equipos necesitan ser sustituidos, reparaciones o modificaciones que habría que efectuar en la instalación. Esta información está basada en un análisis funcional del proceso.

3.3.1. Análisis funcional del proceso con el uso del combustible diésel

La investigación se enfocó en el proceso de secado, que corresponde al ingreso de materias primas en el área de producción para la elaboración del cemento, en este proceso se debe disminuir el porcentaje de humedad a un 2 por ciento. El generador de calor es el encargado de entregar la energía térmica necesaria para disminuir la humedad del material.

El principal conflicto en la planta es que la humedad de la materia prima es variable y aumenta en el periodo de invierno llegando a un 30-35 por ciento. Esta situación provoca una disminución en el rendimiento de la elaboración del cemento y un incremento en el consumo de combustible, a su vez esto causa que los costos de producción aumenten cada año, excediendo el presupuesto anual.

Con el propósito de cuantificar este problema, se realizó un análisis del funcionamiento actual en el área de secado de materias primas. Este análisis se desarrolló para diagnosticar cuáles son las limitantes y los problemas que se generan al utilizar el diésel como fuente de energía térmica.

Con este fin, se analizó la siguiente serie de variables: la capacidad que posee el diésel para la generación de energía térmica, las características de funcionamiento y el diseño que posee el generador de calor.

Para el análisis de la capacidad térmica del diésel se realizó una comparación entre el consumo de combustible litros/hora, el rendimiento de producción en toneladas/horas de los dos productos que se elaboran en la planta y el porcentaje de humedad de materias primas. Esto permitió determinar si el combustible tiene la capacidad adecuada para generar la energía necesaria para el proceso de secado

de materias primas y cuantificar que variable es la que afecta más al sistema en la fabricación de cemento.

Para el análisis de las características del funcionamiento, se efectuó el estudio de la geometría de la llama en el proceso de combustión con la utilización de diésel, así fue posible determinar la efectividad del funcionamiento al interior del generador, con el fin de verificar los problemas que posee actualmente. Este análisis se realizó con la ayuda de antecedentes de una investigación realizada por la empresa THERMAL ENGINEERING, especialistas en procesos térmicos y combustión.

Para el análisis del diseño del generador de calor se realizó un estudio de las dimensiones del equipo para establecer la eficiencia de su forma con los requerimientos actuales de producción.

3.3.2. Determinar los equipos apropiados para el cambio de combustible a Gas Licuado de Petróleo.

Para el cambio de combustible de diésel a gas natural licuado, se estudiaron dos alternativas: el gas industrial y gas natural licuado, por lo que se analizaron las ventajas y características de cada uno.

- Gas natural de petróleo que corresponde al uso del combustible por medio de un estanque, este combustible se transporta en un estado gaseoso a través de cañerías desde el centro de abastecimiento.
- Gas licuado de petróleo que corresponde al uso del combustible por medio de estanques de almacenamiento, este combustible se transporta en estado líquido por lo que se necesita un estanque de descompresión para llevar al estado gaseoso.

Es una solución para clientes industriales de alto consumo. Este gas contiene principalmente propano.

Para determinar la elección del sistema de energía térmica se realizó una comparación entre ambas alternativas, en función de la opción que requería menor tiempo de instalación y menor inversión.

3.3.3. Requerimiento físico del proyecto por el uso del Gas Licuado de Petróleo.

Se cuantificó el espacio disponible fuera del área de producción para conocer las posibilidades frente al cambio de combustible. Se estableció la ubicación del sistema de red a gas, por consecuencia de la utilización de gas licuado de petróleo (GLP) y se estimó el tamaño necesario para la instalación de los

estanques de almacenamiento y la capacidad de estos, con el fin de abastecer los requerimientos del área de producción. La información se recopiló por medio de una entrevista realizada al jefe de producción ya que es la persona que está dirigiendo el proyecto, por lo que es el más capacitado para entregar la información correcta.

La ubicación para los estanques de almacenamientos, se estableció de acuerdo a ciertos factores, que son los siguientes: Establecer la zona de ubicación, la accesibilidad para la descarga del combustible y el tránsito del camión.

El resultado de la ubicación y la instalación debe estar acorde a lo establecido en la norma de instalación de sustancias peligrosas considerando los riesgos de accidentes y manipulación de los equipos.

3.4. Evaluación económica del cambio de diésel a Gas Licuado de Petróleo

La evaluación económica identifica ventajas y desventajas, asociadas a la inversión de un proyecto antes de la implementación, por lo que reconoce los diferentes tipos de costos y beneficios asociados.

Es un método de análisis, para adoptar decisiones racionales antes diferentes alternativas, valorizando la rentabilidad económica de una inversión, de acuerdo con indicadores estandarizados.

3.4.1. Análisis y generación de indicadores para la toma de decisión

Se procedió a realizar el cálculo de los principales indicadores financieros para la toma de decisiones, los cuales son (VAN) valor actual neto, (TIR) tasa interna de retorno y (PRI) periodo de recuperación de la inversión para establecer si existía un beneficio económico del cambio de combustible de diésel a gas natural.

Se desarrolló el cálculo de estos indicadores, para luego realizar el análisis de sensibilidad con las variables que se explican en el siguiente punto, con el fin de diagnosticar como le afecta a la empresa la variación de estas.

3.4.2. Realizar análisis incremental

Se realizó un análisis incremental producto que es un proyecto de inversión en una empresa en marcha. La base de este proyecto es medir la conveniencia del cambio de combustible a gas licuado de petróleo tanto económico como operacional.

Se realizó una comparación con la situación base de la empresa y la situación con proyecto. La situación base nos establece el funcionamiento actual de la empresa, con los parámetros necesarios para realizar el flujo de caja, los cuales son los costos operacionales, costo de combustibles, depreciación entre otros. La situación con proyecto se estableció de la misma forma que la situación base.

Una vez que los flujos de cajas de las dos situaciones estuvieron listos, se procedió a realizar el análisis incremental contrastando ambos resultados, con el fin de determinar la existencia de ahorro y de beneficios aplicando la nueva tecnología.

Con estos datos fue posible conocer si el proyecto era rentable o no.

3.4.3. Establecer análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es necesario para la toma de decisiones, debido a que se determina el comportamiento de la variable establecida en el flujo de caja. Una vez calculados los indicadores económicos previamente descritos, se realizó el análisis de sensibilidad en base al método conocido como el análisis unidimensional que determina la variación máxima que puede resistir el valor de una variable relevante para el proyecto para que siga siendo atractivo al inversionista, en él se analizó el comportamiento del VAN con respecto al precio del diesel y el Gas Licuado de Petróleo.

4. Resultados

4.1. Análisis de la situación actual del proceso de la generación de energía térmica con la utilización del diésel.

4.1.1 Recopilación de información.

La recopilación de la información se obtuvo a través de: El área de producción, el programa Pi ProcessBook, y el área de mantención.

El área de producción

Se recopiló la información del funcionamiento en el proceso productivo en forma general: El proceso utilizado en la empresa para la obtención del Cemento, consta de varias etapas, las cuales se presentan en forma resumida.

Materias Primas

- Clinker: Es el componente principal para la fabricación del cemento, está constituido principalmente por silicatos cálcicos. Se obtiene por calentamiento a elevadas temperaturas de mezclas de minerales naturales, generalmente entre 1200 - 1400 [°C], formado principalmente por el 66 por ciento de óxido de calcio (CaO_2), 22 por ciento de óxido de Silicio (SiO_2), 5 por ciento de óxido de aluminio (Al_2O_3) y 3 por ciento de óxido de hierro (Fe_2O_3).
- Yeso: Es el componente que añade sulfato, con el objetivo de regular el tiempo de fraguado, retardándolo adecuadamente para cada tipo de cemento.
- Puzolana: Es un material que reacciona con el hidróxido de calcio (CaOH) a temperaturas ordinarias 100-110 [°C], dando como resultado un producto capaz de desarrollar resistencias (endurecimiento hidráulico). Para hormigón normalizado los rangos de compresión se muestran en la siguiente Tabla 4.1:

Tabla 4.1 Rango de compresión del cemento tipo Especial y Extra

Compresión [kg/cm^3]	Especial	Extra
1 Día	30 – 60	150 – 210
28 Días	305 – 385	550 – 600

Fuente: Elaboración Propia, en base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Depto. Producción. Planta Puerto Montt.

El proceso productivo (ver Figura N° 4.1) comienza con la recepción de las materias primas (Clinker, Puzolana y Yeso), que son almacenados en cancha o en los respectivos silos, con capacidad de 2200 [t] para Clinker, 300 [t] para puzolana y 100 [t] para Yeso.

Las dosificaciones de alimentación Fresca ¹ para alimentar al molino, se miden las cantidades de las materias primas, mediante los Alimentadores², los cuales vacían las dosificaciones específicas por un lazo de control automático, que corresponden al tipo de cemento en fabricación, como se muestra en la siguiente Tabla 4.2:

Tabla 4.2 Composición del cemento tipo Especial y Extra.

Composición %	Especial	Extra
Clinker	52	79
Puzolana	45	18
Yeso	3	3

Fuente: Elaboración Propia, en base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013.
 Depto. Producción. Planta Puerto Montt.

En la descarga de la cinta transportadora al molino existe un recolector de polvo para evitar polución, el material posee un porcentaje de humedad, que se presenta especialmente en la puzolana con 15-20 por ciento en la entrada del molino.

El sistema de molienda que posee Melón S.A, se basa en un molino de bola horizontal que cuenta con dos cámaras, la primera para chancado y la segunda de refinado. Adicionalmente al proceso de molienda, opera el proceso de secado de las materias primas, que corresponde al generador de calor diésel para reducir el porcentaje de humedad a un 2 por ciento para ambos cementos (Especial y Extra) en la salida del molino.

¹ *Alimentación Fresca: Mezcla de materias primas que poseen cierta humedad propia del material para la fabricación del cemento.*

² *Alimentador: Boquilla de silo, en el cual se estima la proporción de las materias primas para la fabricación del cemento.*

La descarga del cemento es transportada al elevador de capachos, y es llevado al separador por las regueras, las partículas finas del separador son recolectadas por el filtro y luego llevadas al silo de cemento.

Las partículas gruesas son transportadas por regueras y medidas por un registrador de impacto, hacia el elevador de capachos, la descarga del material terminado llega a una válvula de intercambio, permitiendo la selección del silo en base al tipo de cemento que se está fabricando.

El exceso de polvo en los gases de la salida del molino es filtrado por el filtro de mangas y son emitidos a la atmosfera a través del ventilador, además el polvo recogido es realimentado al elevador de capacho por la reguera al igual que el total del material es transportado por el elevador y que es llevado al separador.

Los flujos de alimentación fresca son diferentes para cada tipo de cemento, resumiéndose en la siguiente Tabla 4.3:

Tabla 4.3 Alimentación de cemento tipo Especial y Extra

	Especial	Extra
Alimentación (A)	55 t/h	35 t/h
Retorno/ Rechazo (R)	100 t/h	85 t/h

Fuente: Elaboración Propia, en base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Depto. Producción. Planta Puerto Montt.

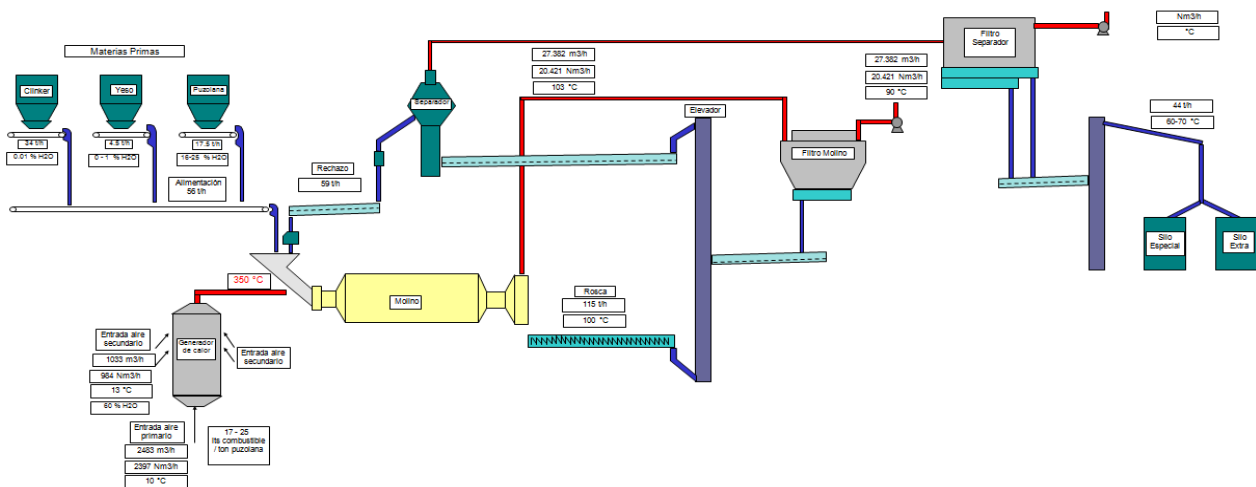


Figura Nº 4.1: Diagrama del proceso productivo en el área de molienda, Depto. Producción. Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt.

En la operación de molienda, propia de la industria cementera, usualmente las variaciones críticas oscilan más de lo deseable y la actuación intermitente del operador es generalmente requerida para guiar el funcionamiento del proceso. En consecuencia estos procesos no suelen funcionar de forma absolutamente continua, regular y estable, ni tampoco en sus rendimientos máximos.

Por otra parte, el área de producción no solo maneja el proceso productivo, sino también controla ciertas variables como por el ejemplo el consumo de combustible. A continuación se muestra el consumo mensual del combustible diésel para la fabricación del cemento Especial y Extra.

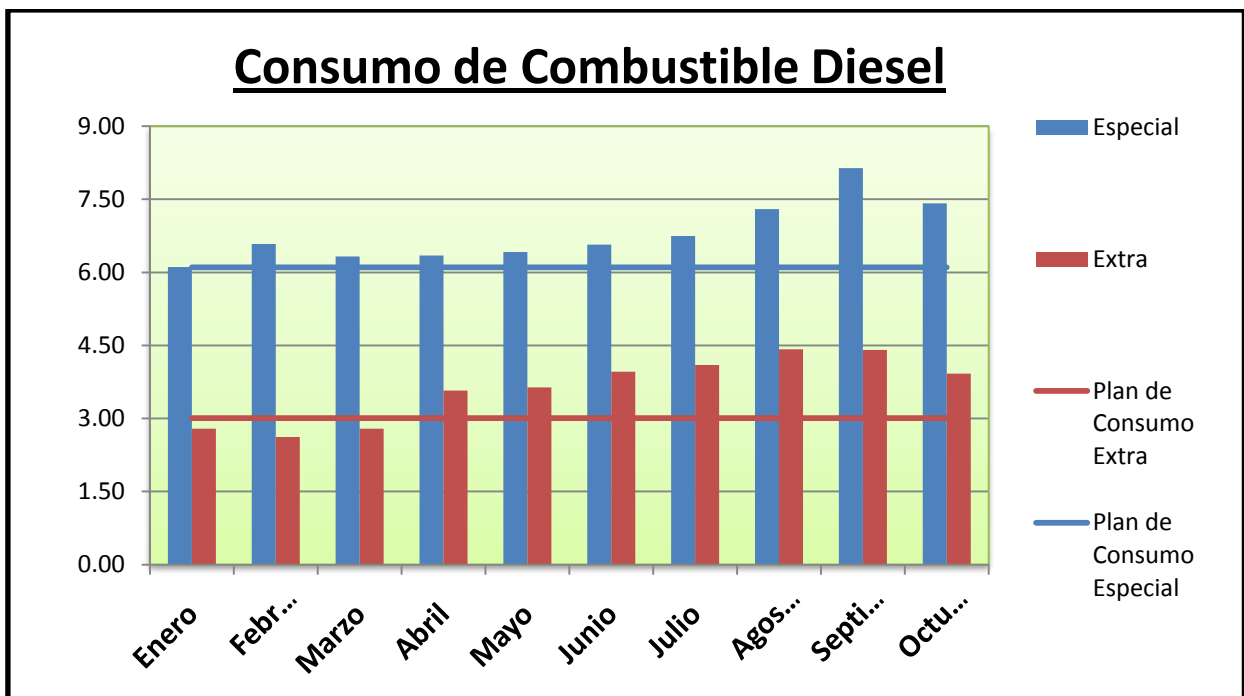


Figura N° 4.2: Consumo mensual de combustible diésel, Depto. Producción
Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt.

Como se muestra en el gráfico, el consumo del combustible para la producción de cemento Especial se desvía considerablemente, especialmente en el periodo de invierno, la principal causa es la humedad de la Puzolana, ya que se necesita más energía térmica para secar el material, provocando un aumento en la capacidad del generador de calor. La desviación también se extiende en la producción de cemento tipo Extra pero en menor magnitud, ya que el consumo de Puzolana se encuentra en menor proporción.

Pi ProcessBook

Es un software automático que toma datos en tiempo real, además posee una interfaz gráfica que es utilizada para visualizar tendencias de las variables más importantes en el área de producción.

Las principales variables que manejan en el área de producción son:

A continuación se muestra la gráfica a modo de ejemplo con problemas en la elaboración del cemento tipo Especial, para conocer cómo opera Pi ProcessBook.

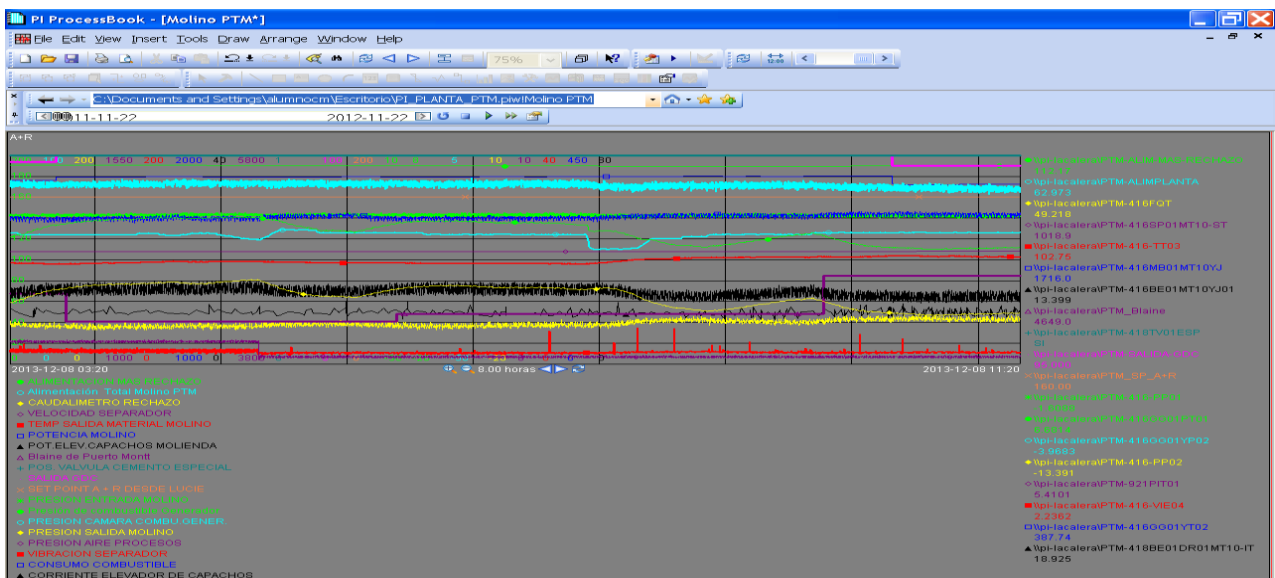


Figura N° 4.3: PI ProcessBook, diagrama de tendencias con variables en el Depto. Producción. Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt.

Pi ProcessBook, muestra la tendencia de las variables del sistema en la fabricación del cemento, con esta herramienta se puede tener un acercamiento a lo que sucede en el sistema.

Los principales problemas existen en la fabricación de cemento de tipo Especial, esto debido a que este tipo de cemento posee una mayor cantidad de Puzolana que es la materia prima que tiene mayor porcentaje de humedad, lo cual genera inestabilidad en el proceso.

Existen varios factores que afectan el correcto funcionamiento del sistema, que pueden generarse por variables del proceso o por el funcionamiento de los equipos:

- La temperatura ambiente es un factor en la fabricación de cemento Especial, ya que se necesita más energía térmica para producir este tipo de cemento, por lo que al tener mayor temperatura ambiente, se utiliza menor cantidad de combustible.
- La Puzolana al tener mayor porcentaje de humedad, se adhiere en el interior del silo, generando una mala circulación del material hacia los alimentadores.
- Disminución del rendimiento de producción por la cantidad de Puzolana, ya que se necesita mayor energía térmica para secar el material.
- Fallas del sistema de transporte (de banda) de la alimentación Fresca.
- Inestabilidad del proceso por la mezcla de diversas materias primas; de cancha (almacenamiento al aire libre) y de bodega (almacenamiento techado).
- Temperatura de salida del molino, es una de las variables más importante ya que al tener oscilaciones afecta la calidad del cemento y las propiedades químicas que posee este tipo de producto.

Equipamiento e infraestructura

Se obtuvo la información del proceso de secado de materias primas en el proceso de la fabricación de cemento.

El proceso actual de Melón S.A, posee un sistema de control automático, llamado "Control Link", es un equipo modular que monitorea y controla las relaciones de aire y combustible, especializado en ahorro de combustible, aumento de eficiencia y en reducción de emisiones.

El Control Link, controla tres variables, la cantidad de aire-combustible, detector de llama (Burner Control) y el anunciador expandido (falla de equipo).

El circuito de generación de la energía térmica en base a diésel consiste en un estanque de almacenamiento de 50.000 litros de combustible, el cual posee un sistema de regulación de presión con válvulas On/Off y bombas hidráulicas, para inyectar la cantidad necesaria de combustible al generador de calor dirigido al sistema tren diésel, es decir, es un sistema de control de combustible a través de válvulas Shutoff, medidores de flujos y regulación de presión. Establece la seguridad de las variables críticas como por ejemplo la presión y flujo al proceso, en forma simultánea con el Control Link.

El generador de calor posee una estructura de funcionamiento que se divide en tres niveles (Ver Figura N° 4.4):

- Primer nivel: Es el ingreso del aire, que controla el ancho y la geometría de la llama en el interior del generador y que es formada por el diseño del quemador, la llama no debe tocar las paredes del hogar (interior del quemador) para no fundir el material.
- Segundo nivel: En la situación actual no se utiliza, puesto que está diseñado para el uso de combustible a gas.
- Tercer nivel: corresponde al ingreso del combustible diésel, monitoreado por el Control Link, además se localiza la llave de atomización del combustible.

El tipo de atomizador que posee es de dos flujos, en que la corriente del combustible se expone a la acción de una corriente de aire o de vapor que fluye a velocidades elevadas, es una configuración de mezclado interno que genera una nube de microgotas con un tamaño medio de 30 a 40 μm , para los aceites ligeros.

El generador de calor tiene un sistema automático para generar la chispa a través de un piloto a gas. El que al estar encendido, entrega la señal por medio de sensores a los demás equipos para el correcto funcionamiento del sistema.

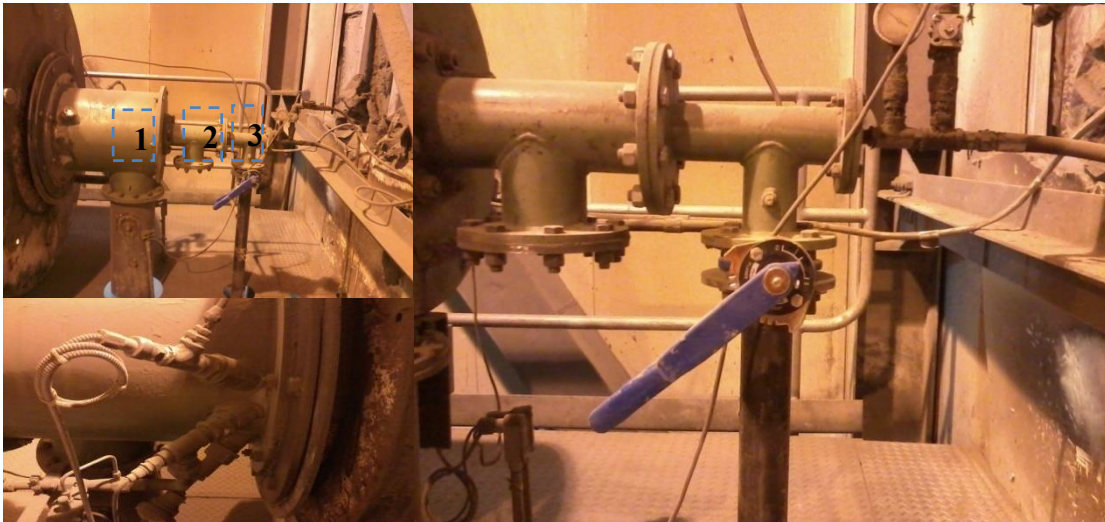
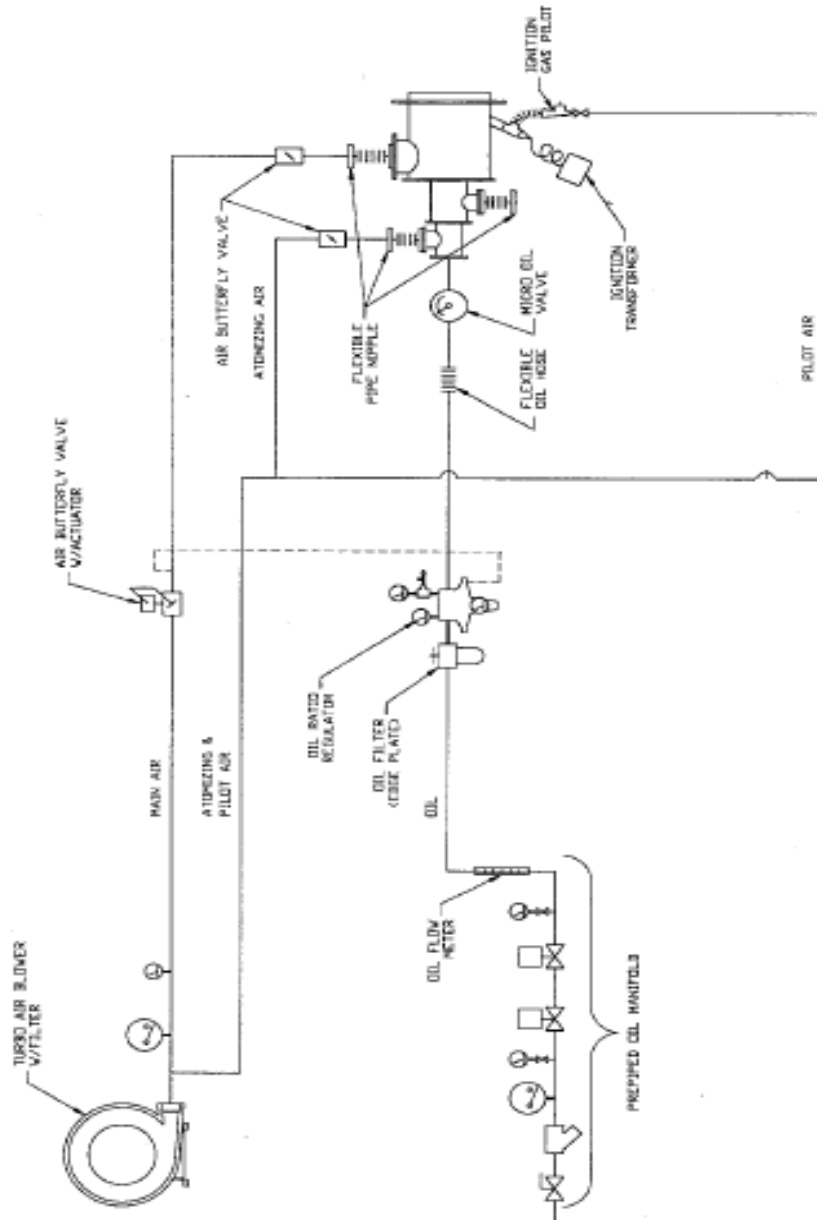


Figura N° 4.4: Infraestructura del Generador de Calor Situación Actual, Depto. Producción
Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt

A continuación se muestra el esquema del funcionamiento del generador de calor a diésel para el secado de las materias primas (Figura 4.5), en el cual presentan los equipos asociados al generador de calor y el sistema de funcionamiento.

BBC SERIES CROSS CONNECTED RATIO CONTROL

LIGHT OIL



CX6748

NOTES 1. OIL RATIO REGULATOR OUTLET CAN NOT BE LOCATED MORE THAN 4" LOWER AND NEVER HIGHER THAN THE HORIZONTAL CENTER LINE OF THE BURNER.
2. PIPING FROM THE AIR BUTTERFLY VALVE W/ACTUATOR, OIL RATIO REGULATOR AND GAS RATIO REGULATOR TO THE BURNER MUST BE AS SHORT AS POSSIBLE TO MINIMIZE PRESSURE LOSSES.

Figura N° 4.5: Proceso del Generador de Calor Situación Actual, Depto. Producción
Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt

4.2. Comparación de capacidad térmica en el generador de calor con ambos combustibles y sus efectos en el proceso

4.2.1. Desarrollar el análisis del funcionamiento del combustible en el proceso de combustión

En la empresa Melón S.A, se utiliza actualmente combustible diésel para la generación de la energía térmica y se quiere realizar el cambio a GLP (Gas Licuado de Petróleo). Se realiza una comparación del poder calórico para el análisis funcional de los dos tipos de combustibles. A continuación se muestra una tabla con los datos necesarios para la comparación:

Combustible	Poder Calórico				
	PCI	PCS			
	10133	10758	[kcal/kg]	8767770	[kcal/m ³]
Diesel				9144.3	(kcal / l)
		11900	[kcal/kg]	4902800	[kcal/m ³]
GLP (Propano)				5950	[kcal / l]
Diferencia en poder calórico		10%	[kcal/kg]	35%	[kcal / l]

	conversión	
	Densidad	
Diesel	815	[kg/m ³]
	0.85	(kg/ l)
GLP (Propano)	412	[kg/m ³]
	0.5	(kg/ l)

Figura N° 4.6: Información de los tipos de combustible, sobre el poder Calórico y la Densidad.
Fuente: En base a información entregada por Lípigas S.A, Copec S.A.

Se aprecia que el poder calorífico de ambos combustible es relativamente similar en unidades de kcal/kg, alrededor de un 10 por ciento el diésel sobre el GLP, al cambiar de unidades y agregando la densidad como un factor importante, la diferencia aumenta en un 35 por ciento, esto es consecuencia que el diésel es más viscoso. Por lo que el diésel es un combustible más eficiente y por lo tanto consume menor cantidad de combustible a diferencia del GLP.

Con la información de las características de los combustibles, se estima la demanda de consumo en base a Gas Licuado de Petróleo, como se muestra a continuación.

Consumo de Combustible Diesel						
	ESPECIAL	EXTRA	ESPECIAL	EXTRA	ESPECIAL	EXTRA
	[litros]		Rendimiento [litros / toneladas de cemento producidos]		Producción en toneladas	
Enero	65.940	38.591	6.11	2.79	10798	13813
Febrero	65.903	30.618	6.59	2.62	10008	11674
Marzo	59.803	30.913	6.33	2.79	9449	11095
Abril	61.354	42.929	6.34	3.57	9673	12034
Mayo	48.636	38.257	6.42	3.64	7578	10513
Junio	44.538	35.508	6.57	3.96	6783	8970
Julio	42.149	43.587	6.75	4.1	6245	10626
Agosto	52.650	48.703	7.30	4.42	7212	11016
Septiembre	44.860	35.343	8.14	4.41	5512	8023
Octubre	81.285	62.835	7.42	3.92	10958	16021

Consumo combustible Diesel, Ponderado (litros/mes)	Energía (kcal combustible/tonelada cemento)	Litros Diesel para kcal Deseadas	Litros Gas para kcal Deseadas
50318	47908	5.24	8.05

Costo [\$/ toneladas]	
Gas	2224
Diesel	2462

Precio	\$/ litros
Gas	276
Diesel	470

Figura N° 4.7: Consumo de combustible para la elaboración del cemento, Depto. Producción. Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt.

La estimación se realizó en base al combustible diésel para la fabricación del cemento, los datos se recopilaban en el área de producción. La empresa actualmente produce 60 por ciento cemento Extra y un 40 por ciento de cemento Especial.

Para calcular la cantidad de litros que se consumen al producir una tonelada de cemento, se realizaron los siguientes pasos:

- Se ejecutó el promedio ponderado del año 2013 del consumo diésel, con los porcentajes de producción, para conocer la cantidad de litros que consumen.
- Luego se calculó la energía térmica necesaria para producir una tonelada de cemento. Se realizó un cociente entre el consumo de litros diésel y la producción en toneladas, agregando el poder calórico del diésel en kcal/l, reflejando las kcal deseadas para producir una tonelada de cemento.

- Se realizó un cociente entre la energía térmica necesaria para producir una tonelada de cemento y su poder calórico en kcal/l, para establecer el consumo en litros diésel.
- De igual forma se estimó el cálculo de la demanda de Gas Licuado de Petróleo, en base a las kcal deseadas y su poder calórico en kcal/l.

Los resultados ilustran que el consumo del diésel en litros es menor al consumo de Gas Licuado de Petróleo. Si bien el poder calórico de ambos combustible es relativamente similar, esto cambia al agregar la densidad de los combustibles, ya que el diésel posee una mayor densidad y por lo tanto un mayor poder calórico en kcal/l.

Se muestra el gráfico con los consumos de ambos combustibles para producir la misma cantidad en kilo calorías para fabricar una tonelada de cemento.

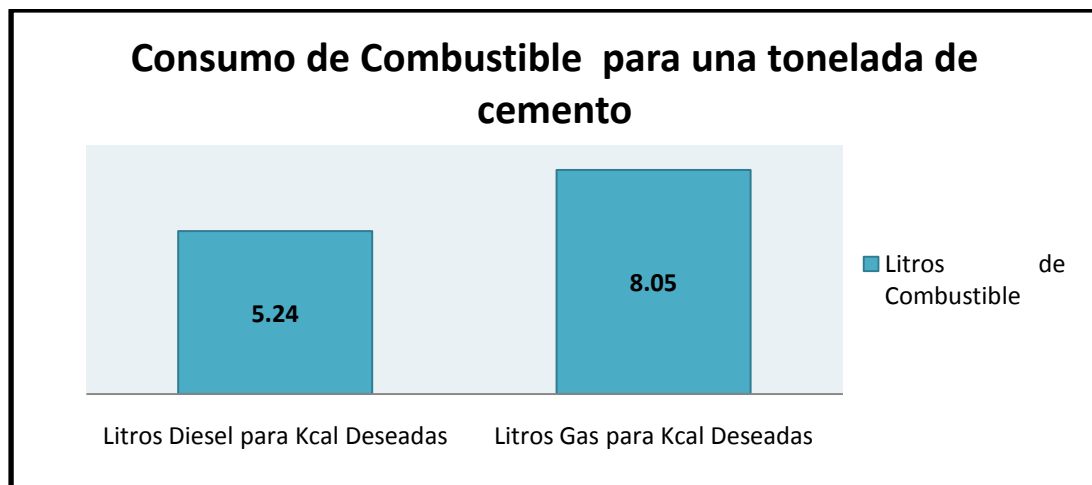


Figura N° 4.8: Consumo de combustible para elaborar una tonelada de cemento.

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt.

Desde la perspectiva del consumo, el diésel representa un ahorro de 35 por ciento de combustible en comparación al Gas Licuado de Petróleo para obtener la misma energía térmica. Esto significa que el diésel es más eficiente en la producción de energía térmica, pero no significa que el diésel sea mejor combustible que el GLP, ya que este gas en el proceso de combustión es más limpio y se quema en su totalidad.

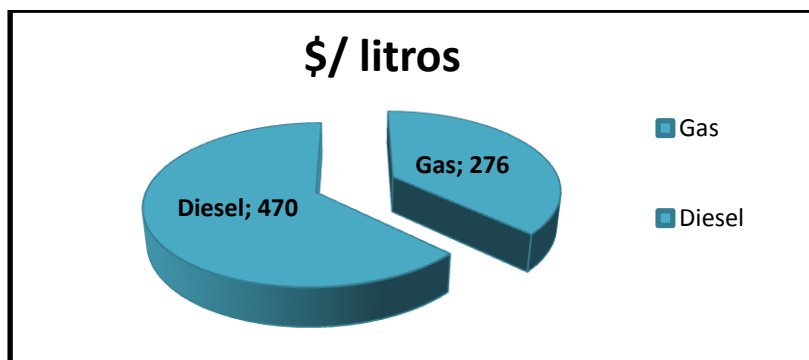


Figura N° 4.9: Precios de los tipos de combustibles en litros

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt.

Este gráfico muestra el precio de los combustibles por litro, si bien el diésel es el que consume menos litros por tonelada producida, también es el combustible más caro, alrededor de un 40 por ciento. Al realizar el cálculo de toneladas producidas por litro y por el costo del combustible, el resultado es que el Gas Licuado de Petróleo es más económico, alrededor de un 10 por ciento, por lo que se reduce el costo para producir una tonelada de cemento. Los cálculos muestran que el GLP, posee un beneficio económico para la empresa, ya que con el diésel el costo llega a los 2400 pesos, mientras que con la utilización del GLP éste es de 2200 pesos, el ahorro llega entonces a 200 pesos por tonelada producida.

La empresa proveedora del suministro es Lípigas S.A, ubicada en la ciudad de Puerto Montt. Se estableció un contrato de consumo de combustible en conjunto con el cambio de infraestructura debido a la implementación del proyecto.

4.3. Evaluación técnica del cambio de combustible. Análisis funcional en el proceso con el uso del combustible diésel

El análisis del funcionamiento actual de la empresa en el área de secado de materias primas se desarrolló mediante tres variables: Capacidad del diésel para generar energía térmica, característica de funcionamiento y diseño del generador.

4.3.1. Análisis funcional con el uso del combustible diésel

- **La capacidad del diésel para generar energía térmica**

En el punto anterior, se estudió la capacidad del diésel para generar energía térmica mostrando que posee alta capacidad calórica, en base a esto, se puede establecer que es buen combustible, pero posee ciertas debilidades que se explicarán en el apartado dedicado a las características de funcionamiento.

Se estableció una comparación entre el consumo del combustible con el porcentaje de Clinker, porcentaje de Puzolana y porcentaje de humedad de la Puzolana, para conocer si existe una relación directa y determinar la variable que influye más en el consumo de combustible.

Con la herramienta estadística de regresión múltiple, se determinó la variable que más incide en el consumo de combustible es el porcentaje de Clinker, debido a que es un material extremadamente duro y de este depende el tiempo de proceso en el cual se fabrica el cemento. Y la variable menos influyente en esta comparación es el porcentaje de humedad de las materias primas, ya que no solo el combustible se utiliza para secar las materias primas sino también para mantener una cierta temperatura en el proceso.

Es por esto que la mezcla para la elaboración del cemento en Melón S.A, es cemento Puzolánico, con el fin de disminuir el tiempo de proceso para la fabricación, para contribuir en el ahorro del consumo de combustible.

Después de realizar regresión múltiple se obtuvo a una ecuación, en la cual se muestra el grado de importancia de las variables para el consumo de combustible.

$$\text{Cons. combust.} \frac{l}{t} = 105,6 - 114 * \%clinker - 91,7 * \%puzolana + 0,63 * \%Hum.puzolana$$

Con un coeficiente de determinación ($R^2=0,56$), se establece que posee una alta correlación, por lo que al varían la cantidad de una variable independiente, entonces variará el valor correspondiente de la variable dependiente.

Para la realización del proceso se necesita temperatura, 100 °C para cemento tipo Especial y 105 °C para cemento tipo Extra, esto se debe a las reacciones químicas que se desarrollan en la elaboración de cemento, vienen acompañadas de un desprendimiento de calor importante (reacción exotérmica) y de la formación de una solución sobresaturada. Los iones formados se combinan instantáneamente para formar cristales reaccionando rápidamente en presencia de agua. Con esta característica el cemento se

hace utilizable para construcciones a nivel industrial cuando se adiciona agua. Esta reacción es irreversible.

- **Características del funcionamiento**

Para establecer la característica del funcionamiento del diésel en el interior del generador de calor, se realizó una entrevista al encargado de mantención.

En la situación actual Melón S.A, está fabricando 55 t/h de cemento Especial, con lo cual está a su capacidad máxima, ya que para la cantidad de toneladas que se está fabricando actualmente, requiere de ciertas kilocalorías (factor restrictivo) para secar las materias primas que ingresan al sistema y mantener la temperatura que necesita el proceso.

La humedad de las materias primas no es un problema en el funcionamiento normal del proceso, ya que la humedad del material beneficia las reacciones dentro del molino pre hidratando a los componentes formados en el proceso. Sin embargo, al estar funcionando a la máxima capacidad, la humedad pasa a ser un problema debido a que provoca una disminución de la temperatura del proceso, provocando mayor consumo (inyección) de combustible para lograr la energía térmica (kilocalorías) que se necesitan.

El diésel, se utiliza actualmente en el proceso de combustión y cada tipo de combustible tiene la característica de funcionamiento referida a la geometría de llama. La llama del diésel es más alargada que otro tipo de combustible y además es inestable a las variaciones de aire en el interior del generador de calor. Ya que si se requiere un mayor rendimiento en el molino, la llama dentro de este, se alarga considerablemente, en algunas ocasiones al producir cemento Especial, la llama tiene contacto directo con las paredes del generador de calor, provocando fisuras en el equipo.

El GLP, es el combustible que se utilizó para mejorar el proceso de combustión, tiene la característica que la geometría de llama es más gruesa y corta, a diferencia del diésel. El GLP posee un poder calórico menor que el diésel, y por lo tanto consume más litros de combustible para igual los kilos calorías. Sin embargo es un combustible más limpio en el proceso de combustión como se mencionó anteriormente, se quema en su totalidad, beneficiando las reducciones de emisión de CO₂ (dióxido carbono).

Con esta característica que posee el GLP, al producir las 55 t/h, no tendrán problemas en el interior del generador de calor y además se estima que la producción de cemento especial aumenta en un 5%, es decir de 55 t/h a 58 t/h.

- **Diseño del generador**

El diseño del generador de calor se estableció para una producción de 48 toneladas/hora para cemento tipo especial y 27 toneladas/hora para cemento tipo extra, actualmente se produce alrededor de 45% más de ambos cementos. El generador actualmente presenta problema en la fabricación de cemento tipo especial, ya que es el tipo de cemento que utiliza mayor porcentaje de material húmedo. A continuación se presenta las características del equipo:

El Generador de Gases Calientes (procedencia China) posee las siguientes dimensiones:

- Diámetro Interno: 1.4 [m]
- Largo: 3.8 [m]

Material Refractario Interior cámara del generador

- Espesor: 80 [mm]
- Temperatura máxima de operación: 1780 [°C]



C

Figura N° 4.10: Generador de Calor Diésel. Depto. Producción. Planta Puerto Montt.
Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013.

Con los requerimientos actuales que presenta la empresa, el generador de calor con combustible diésel en base a sus dimensiones, no realiza un correcto funcionamiento en la fabricación de cemento tipo Especial, con la capacidad de 55 t/h, por las siguientes consideraciones:

La longitud de la llama tiene contacto directo con las paredes del generador de calor, al producir cemento Especial, esto se debe a que están utilizando la máxima capacidad del generador, para mantener la temperatura que necesita el proceso.

Al ingresar mayor cantidad de Puzolana, que es el material más húmedo que posee el proceso, se necesita más kilocalorías para mantener la temperatura, es por ello que el porcentaje de humedad es una limitante en la fabricación de cemento en las condiciones actuales.

Otro factor que se debe tomar en cuenta es la temperatura máxima que resiste el material refractario 1780 °C, sin embargo se debe operar por debajo de los 1600 °C. Según datos entregados por la empresa a 1400°C el material refractario empieza a experimentar daños. Actualmente la temperatura que posee en el interior del generador es de 1300 °C para cemento tipo Especial y 700 °C para cemento tipo Extra. Con estas condiciones de temperatura, el quemador no posee problemas para trabajar en máxima carga.

Existen tres formas de solucionar el problema; disminuir la capacidad de producción, cambiar el generador de calor o cambiar el tipo de combustible.

- Disminuir la capacidad de producción de cemento Especial, es aumentar los costos de fabricación, por lo que a la empresa no le beneficia.
- Cambiar el generador de calor y continuar utilizando diésel. Esta es una opción que la empresa no quiere tomar, ya que necesitan un mayor monto de inversión.
- Cambiar el tipo de combustible. Esta es la opción más económica, de fácil instalación y que es el motivo del presente trabajo.

4.3.2. Determinar los equipos apropiados para el cambio de combustible a gas licuado

Para determinar los equipos asociados no se realizó un estudio técnico en la elección del tipo de Gas Licuado, debido a que la empresa ya había decidido los equipos adecuados para el proyecto en conjunto con la empresa distribuidora del nuevo suministro, Lípigas S.A. Lo que se explica en este apartado es el porqué de la selección de la alternativa.

Melón S.A. maneja dos opciones para llevar a cabo el cambio del combustible de diésel a gas licuado. Existe el sistema Gas Natural Licuado (GNL), que consiste en tener gas directamente de los yacimientos,

transportándolo desde la ciudad de Concepción en base líquida. El sistema se basa en un estanque de almacenamiento de 59 m³ con tres torres de aireación.

Y el sistema Gas Licuado de Petróleo (GLP), se basa en tres estanques de almacenamientos de 7,5 m³ del insumo en estado líquido y un centro de descompresión.

Las alternativas se comparan en la tabla 4.5, para establecer sus diferencias entre el tiempo de instalación y monto de inversión.

Tabla 4.4: Alternativas para la elección de combustible en base a Gas.

	Gas Natural Licuado	Gas Licuado de Petróleo
Tiempo de instalación (mes)	6 a 8	1
Monto de inversión (\$)	500.000.000	40.000.000

Elaboración propia, en base a información entregada en Lípigas S.A, 2013

De los datos, se desprende que el monto de inversión del Gas Natural Licuado es 12 veces más costoso que la alternativa de Gas Licuado de Petróleo. El motivo del elevado monto de inversión, se debe a que es un tipo de combustible escaso y que no todos los países poseen. Lípigas S.A, posee un centro de distribución en la ciudad de Concepción, efectuando un tipo de contrato es más riguroso, para la empresa Melón S.A, en el cual deben garantizar un consumo de 100.000 litros de gas.

La segunda alternativa que brinda Lípigas S.A, es Gas Licuado de Petróleo. Es una propuesta más económica con un pequeño tiempo de instalación, el monto de inversión se debe a que el tipo de gas es más accesible dentro del país, y la empresa posee un centro de distribución en la ciudad de Osorno, por lo que el tipo de contrato es flexible en la cantidad de consumo de gas hacia Melón S.A. Es por esto que Melón S.A, escogió el GLP como el combustible que reemplaza al diésel.

Lípigas S.A. entregó una cotización en base al sistema de GLP, estableciendo los equipos asociados para esta instalación, estos son los siguientes:

- Tres estanques de 7,5 m³, certificados
- Vaporizador

- Reguladores de Fisher 99, medición de presión
- Red a gas
- Reja perimetral y letreros de seguridad
- Capacitación para a gestión de inducción sobre el nuevo combustible
- Mano de obra en terreno. Autorizado por seguridad laboral.
- Declaración y certificación de instalación
- Estanque de descompresión

Los equipos faltantes tienen relación directa con el generador de calor producto del cambio de combustible, por lo que se realizó el estudio técnico de estos equipos con la colaboración del proveedor de Melón S.A, la empresa llamada Masloop Automatización S.A, se especializa en automatización y combustión industrial.

Los equipos necesarios para el cambio de combustible, para la inversión y mantenciones preventivas son los siguientes:

Inversión

- Tren de combustible a gas
 - Dos válvulas de presión
 - Dos válvulas Shutoff
 - Regulador a gas
- Dos Válvulas de control
- Regulador de presión

Mantenciones preventivas

- Boquilla quemador HAUCK
- Válvula automática de corte rápido ¾"
- Sensor de llama infrarrojo
- Calibración de equipos a gas
- Servicio de cambio de boquilla

A continuación se muestra un esquema de la instalación del tren a gas en el generador de calor en el área de producción de Melón S.A

BBC SERIES CROSS CONNECTED RATIO CONTROL GAS/LIGHT OIL

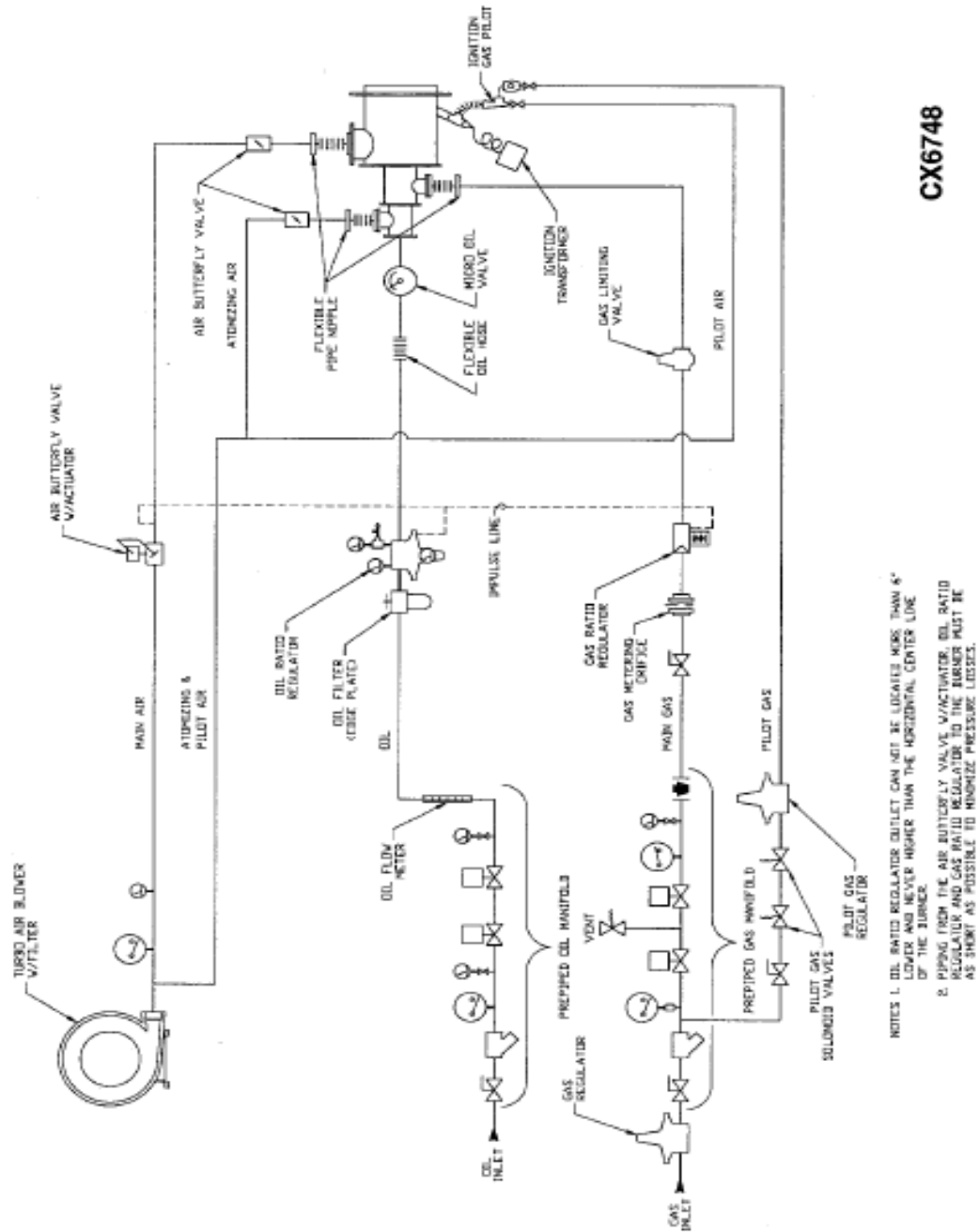


Figura N° 4.11: Proceso del Generador de Calor Situación Actual, Depto. Producción
Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt

4.3.3. Requerimiento físico del proyecto por el uso del Gas Licuado de Petróleo.

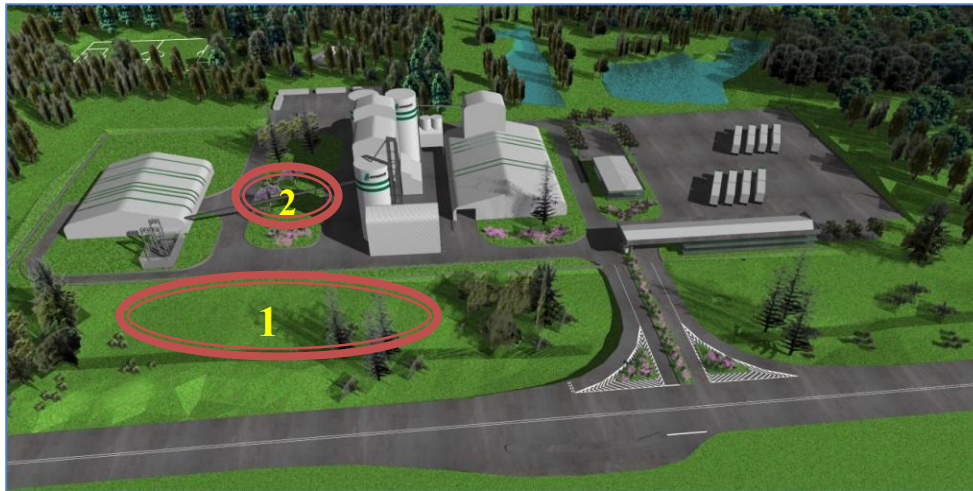


Figura N° 4.12: Infraestructura de la Planta Puerto Montt. En círculos las Zonas 1 y 2.
Fuente: En base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013.

Para el proyecto de cambio de combustible, se cuantificó el espacio disponible fuera del área de molienda, para destinar la ubicación de los estanques de almacenamiento de gas con un total de 300X10 m², de espacio libre. Existen dos alternativas, la cancha zona uno, al lado del estanque de diésel, zona dos.

La ubicación se estableció con los criterios de accesibilidad para la descarga del camión y cercanía a la zona de molienda. Bajo criterio de la Jefatura de Producción se estimó, que la ubicación de los estanques es en la Zona Dos, ya que es la zona más cercana al molino, para conectar la estación de descompresión con el tren a gas que se sitúa por debajo del generador de calor.

Las condiciones de almacenamiento se establecieron de acuerdo a las especificaciones de sustancias peligrosas, según la clasificación de la NCH 382 of. 98, los gases comprimidos inflamables son clasificados como Clase II y existen condiciones de construcción, almacenamiento y protección contra incendio.

Condiciones de construcción

- El área destinada para los cilindros deben estar lejos de fuentes térmicas.
- La construcción de almacenamiento debe ser incombustible, piso sólido y muros metálicos o de rejilla.

Condiciones específicas de almacenamiento de cilindros

- Señalización indicando los tipos de gases almacenados, su clasificación y las medidas específicas de seguridad

Condiciones de protección contra incendio

- Letreros de indicación de no fumar en las fuentes de almacenamientos de estos gases.
- Los cilindros deben estar lejos de instalaciones eléctricas, para evitar que estos formen un cortocircuito eléctrico.

A continuación se presenta la instalación del gas licuado de petróleo, como se muestra en la figura consiste en tres estanques de almacenamiento y una estación de descompresión, que está rodeada por una reja perimetral para resguardar la seguridad, tal como lo indica la norma de sustancias peligrosas, ya que para estos tipos de cilindro se requiere de una bodega común y sus respectivos letreros de seguridad que se incorporará una vez instalado el sistema.

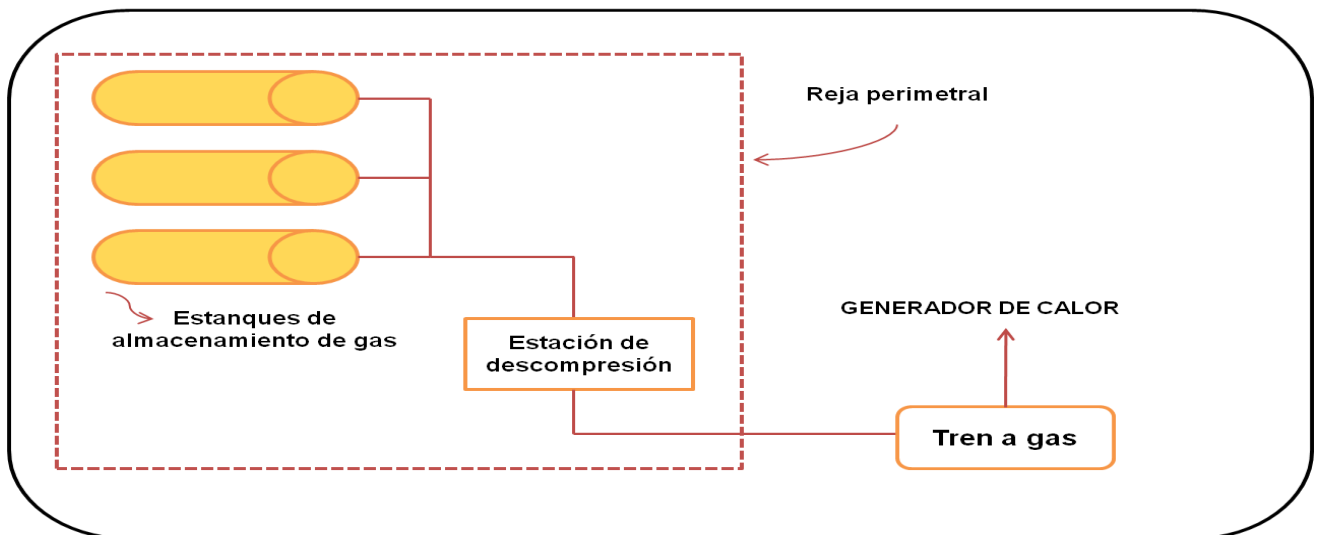


Figura N° 4.13: Infraestructura del combustible gas licuado de petróleo.

Fuente: Elaboración propia, en base a información entregada por Cementos Melón S.A, 2013. Planta Puerto Montt.

4.4. Evaluación económica del cambio de diésel a Gas Licuado de Petróleo.

Se desarrollaron las siguientes actividades para crear el flujo de caja, con el fin de establecer si existe un beneficio económico para el proyecto del cambio de combustible de diésel a gas licuado de petróleo, en la empresa Melón S.A, Puerto Montt.

Se llevó a cabo mediante el método de análisis incremental, ya que se debe realizar una comparación entre la situación base y la situación con cambio de combustible para establecer las ventajas o desventajas, mediante la estructura de costos, inversión, reinversión y depreciación de las maquinas. Los costos se desglosan en costos de combustible y costos de operación.

Situación base (Utilización diésel)

Se procedió a establecer el costo de operación con utilización de diésel, lo que se presenta en el siguiente cuadro:

Escenario actual diesel	
Monto	Detalle
289.170	Mantenciones trimestrales preventivas
3.043.500	Mantenciones correctivas 2013
3.688.048	Costos Anuales propios del sistema actual
500.000	Servicio cambio boquilla GC
2.000.000	Calibración GC
10.000.000	Material Refractario
19.520.718	Total de Costo de Operación (\$)

Figura N° 4.14: Costos de operación en la situación base.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 4.14, Muestra el costo de operación bajo el escenario de la situación actual con la utilización del combustible diésel, para estimar el funcionamiento del proceso durante un año. Estos costos se desglosan en mantenciones correctivas, que generalmente ocurren cuando algún equipo o pieza deja de funcionar correctamente, como por ejemplo cambio de bombas hidráulicas, cambios en cintas transportadoras etc. Los costos anuales propios del sistema actual, corresponde al cambio de boquilla del Quemador HAUCK, válvula automática de corte rápido y sensor de llama infrarrojo. La calibración del

generador de calor se realiza para favorecer la eficiencia energética y el servicio del cambio de boquilla son costos asociados a la mantención de los equipos.

Las mantenciones preventivas se realizan cada cuatro meses, debido a la utilización del combustible diésel, como se muestra en el siguiente cuadro:

Escenario actual diesel					
			Precio por HH	horas al año	
Mantenciones PREVENTIVAS	2 personas 5 HH app trimestral	Electrico	9.639	15	144.585
		Mecanico	9.639	15	144.585
Total (\$)					289.170

Figura N° 4.15: Costos de mantenciones preventivas.
Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 4.15, Desglosa el cálculo de las mantenciones preventivas en el área de molienda, específicamente en el generador de calor, se utilizan dos personas en cada mantención (un eléctrico y un mecánico), demorándose cinco horas aproximadamente cada uno. Este tipo de mantención se realizan cada 4 meses, por la utilización del combustible diésel, por lo que genera un costo de \$289.170.-

El costo del combustible se estableció de acuerdo al nivel de producción de ambos productos (Ver Figura N° 4.7), se calculó con una producción anual de 250.000 toneladas con el precio \$470 por litro de combustible diesel, incorporando el poder calorífico para generar energía térmica.

Costo [\$ / toneladas]	
Gas	2224
Diesel	2462

Figura N° 4.16: Costos en fabricación del cemento por tonelada producida por tipo de combustible.
Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura N° 4.16, Presenta el costo para producir una tonelada de cemento con la utilización del diésel. El costo asciende a \$ 2462.- ya que se necesitan 5.24 litros para generar las kilocalorías deseadas en el generador de calor. Con el precio de diésel por litro asumido en \$470.- Generando un costo anual total \$ 615.700.000.- por consumo del combustible.

Se estimó la depreciación de los activos fijos relacionados al generador de calor como se muestra en el siguiente cuadro:

	Año de Instalación	Años	\$
Tren de combustible	2010	6	11.939.276
Generador de calor	2008	17	227.336.942
Quemador Hauck	2010	6	10.924.758
Tablero de control	2010	9	8.991.152
Ventilador Hauck	2010	6	9.188.338
Válvula de control	2011	6	1.296.068
Ventilador secundario	2011	6	667.077
Flujometro de presión	2011	11	4.521.579
Regulador de presión	2011	6	856.600
Filtro de aire combustible	2011	6	2.097.975

Figura N° 4.17: Depreciación de los activos fijos, existente en la empresa.
Fuente: Elaboración propia

La figura N° 4.17, Detalla la depreciación de los activos fijo de la empresa Melón S.A, el método que utiliza la empresa, es el método lineal. Los equipos que se deben reemplazar para el año 2016 son: Tren de combustible, Quemador Hauck, Ventilador Hauck, debido a que en ese periodo termina su vida útil estimada. Para el año 2017 son: Válvula de control, Ventilador secundario, Regulador de presión, Filtro de aire combustible, para el año 2019 se deben cambiar el tablero de control y por ultimo para el año 2022 el Flujometro de presión.

Con el desglose de las depreciaciones se estima una reinversión de los activos fijos existente en la empresa para el horizonte de evaluación en la situación base de los equipos mencionados anteriormente, como se muestra en la figura N° 4.17.

Flujo de caja para la situación base

- Horizonte de planeación se estimó en 10 años ya que es una política de la empresa, puesto que el rubro cementero posee un mercado muy estable y no existe inconveniente para proyectar a largo plazo, con este periodo se asegura la capacidad de recuperar la inversión.
- Los datos se obtuvieron de la Figura N° 4.14 hasta la Figura N° 4.17, complementando las casillas para: Costo de combustible, costos de operación y depreciación
- El impuesto aplicado a la utilidad neta, corresponde al impuesto vigente, es decir 20 por ciento, que aplica a las empresas existentes en Chile.
- El valor de desecho contable fue calculado en base a la fórmula del Narssir Sapag 2007, ya que los activos fijos posee un período de depreciación distinto al horizonte de evaluación.
- Los resultados muestran la situación actual de la empresa Melón S.A. Puerto Montt, en la cual el consumo de combustible es una de las variables importantes en los costos para la elaboración del cemento, es por ello que se requiere realizar una evaluación del cambio de combustible, para establecer la existencia de un beneficio tanto económico como operacional.

Caso A DIESEL

cantidad	250000	250000	250000	250000	250000	250000	250000	250000	250000	250000	
precio	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	
litros cons	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Reinversión				-32.052.372	-4.917.720		-8.991.152			-4.521.579	
Costo Combustible		615.700.000	615.700.000	615.700.000	615.700.000	615.700.000	615.700.000	615.700.000	615.700.000	615.700.000	615.700.000
Costo operación		19.520.718	19.520.718	19.520.718	19.520.718	19.520.718	19.520.718	19.520.718	19.520.718	19.520.718	19.520.718
Depreciación		-13372761	-13372761	-13372761	-13372761	-13372761	-13372761	-13372761	-13372761	-13372761	-13372761
Utilidad		621847956.7	621847956.7	589795584.7	616930236.7	621847956.7	612856804.7	621847956.7	621847956.7	617326377.7	621847956.7
Impuestos		-124369591.3	-124369591.3	-117959116.9	-123386047.3	-124369591.3	-122571360.9	-124369591.3	-124369591.3	-123465275.5	-124369591.3
Utilidad neta		497478365.4	497478365.4	471836467.8	493544189.4	497478365.4	490285443.8	497478365.4	497478365.4	493861102.2	497478365.4
Depreciación		13372761	13372761	13372761	13372761	13372761	13372761	13372761	13372761	13372761	13372761
Valor de desecho											45535634
Flujo de caja		510851126.7	510851126.7	485209229.1	506916950.7	510851126.7	503658205.1	510851126.7	510851126.7	507233863.5	510851126.7

Figura N° 4.18: Flujo de caja con la utilización del diésel en la situación base.
Fuente: Elaboración propia

Situación con proyecto (Utilización Gas Licuado de Petróleo)

Se procedió a establecer la siguiente estructura para la evaluación económica de la situación con proyecto, las variables son: costos de operación, costos de combustible, inversión y depreciación de los activos fijos.

Los costos de operación con la utilización de gas licuado de petróleo se presentan en el siguiente cuadro:

Escenario Gas Licuado de Petróleo	
Monto	Detalle
192.780	Mantenciones semestrales preventivas
1.500.000	Mantenciones correctivas 2013
4.950.400	Costos Anuales propios del sistema actual
2.200.000	Calibración GC
5.000.000	Material Refractario
13.843.180	Total de Costo de Operación (\$)

Figura N° 4.19: Costos de operación en la situación con proyecto.
Fuente: Elaboración propia

La figura N° 4.19 Detalla la estructura de costos de operación bajo el escenario de la situación con proyecto, con la utilización del GLP, para estimar el funcionamiento en el periodo de un año se desglosan los siguientes costos: Las mantenciones correctivas se estiman con un ahorro de un 50%, consecuencia del uso GLP, puesto que es un combustible que posee una combustión más limpia y se quema en su totalidad, por lo tanto se estima una disminución en desgaste de los equipos o equipos en mal estados asociados al Generador de calor; Los costos anuales propios del sistema y la calibración, corresponde a la mantención del Generador de calor, el cual tendrá una función dual, es decir, funcionará con los dos tipos de combustibles; El material refractario en la situación actual se cambia cada tres meses, debido a que en la fabricación de cemento Especial, el generador está trabajando a capacidad máxima y la llama está chocando las paredes en el interior. En la situación con proyecto con el cambio a GLP no tendrá el problema del contacto directo de la llama con el material refractario, cambiándolo semestralmente.

Las mantenciones preventivas se estiman cada seis meses, debido a la utilización del combustible Gas Licuado de Petróleo, como se muestra en el siguiente cuadro:

Escenario Gas						
			Precio por HH	horas al año		
Mantenciones PREVENTIVAS	2 personas	5 HH app semestral	Electrico	9.639	10	96.390
			Mecanico	9.639	10	96.390
					Total (\$)	192.780

Figura N° 4.20: Costos de mantenciones preventivas en la situación con proyecto.
Fuente: Elaboración propia

La figura N° 4.20, Presenta las mantenciones preventivas en el generador de calor, al igual que en el caso de la situación base, se utilizan dos personas para la mantención (un mecánico y un eléctrico), con un tiempo de trabajo de cinco horas aproximadamente por cada uno, realizado cada seis meses, por lo que genera un costo de \$ 192.718.-

El costo del combustible se estableció de la misma forma que en el caso de la situación base con la utilización del diésel, (Ver Figura N° 4.7), con una producción de 250.000 toneladas anuales con el precio \$276 por litro de combustible GLP, incorporando el poder calorífico para generar energía térmica.

La figura N° 4.16, Muestra el costo para producir una tonelada de cemento con la utilización del GLP, este se estima en \$ 2224.- ya que se necesitan 8.05 litros para generar las kilocalorías deseadas en el generador de calor. Con el precio del GLP por litro asumido en \$276.- Generando un costo anual total de \$ 555.772.000.- por consumo del combustible.

INVERSION FIJA TOTAL

Nº	CONCEPTO	MONTO PESOS
3	Estanque a Gas	6.500.000
1	Instalación de equipos	20.000.000
	Equipos	13.500.000
1	Conversión del Quemador HAUCK, para operación Dua	19.000.000
1	Servicio de montaje	8.500.000
TOTAL INVERSION FIJA \$		67.500.000

Figura N° 4.21: Inversión fija para la implementación del proyecto.
Fuente: Elaboración propia

La figura N° 4.21, Detalla los activos fijos necesarios para la implementación del cambio de combustible de la empresa Melón S.A, en Puerto Montt, estableciendo la cantidad de cada uno de los activos y su respectivo valor, generando un valor total por inversión fija de \$ 67.500.000.- Los valores expuestos fueron cotizados por la empresa Masloop automatización S.A. y Litigas S.A.

Debido a que la cotización de Lípigas S.A es información confidencial, no se detallan los equipos específicos para la adaptación del generador de calor, ni se puede acceder al documento oficial.

INVERSIONES NOMINALES

Nº	CONCEPTO	MONTO PESOS
1	Certificación oficial ante S.E.C	1.600.000

Figura N° 4.22: Inversión nominal para la implementación con proyecto.
Fuente: Elaboración propia

La figura N° 4.22, Muestra la inversión nominal, que corresponde a un certificado oficial ante SEC (Superintendencia de Electricidad y Combustible). Este sistema rige para aquellos productos que requieren demostrar estándares de seguridad mínimos que permitan evitar accidentes durante el periodo de uso.

Inversión fija	Año de Instalación		Año 0
Tren de combustible A GAS	2014	6	19.000.000
Estanque a GAS	2014	10	6.500.000
Equipos adaptación GC	2014	10	13500000

Figura N° 4.23: Depreciación de los activos necesarios para la implementación del proyecto.
Fuente: Elaboración propia

La figura N° 4.23, Detalla la depreciación de los nuevos activos fijos para el cambio de combustible, al igual que en el caso de la situación base, se utilizará el método lineal para depreciar a las maquinas. Para la implementación del proyecto se necesita un tren de combustible, estanques a gas y los equipos para la adaptación del generador de calor.

El financiamiento del proyecto es en base a capital propio, se desarrolló bajo el criterio de la empresa Melón S.A, el cual establece una tasa mínima de retorno de un 11,2 por cientos. Los proyectos son enviados a la casa matriz de cementos Melón en la Calera, al departamento de proyectos donde ellos entregan la aprobación, siempre y cuando sea rentable y viable.

Flujo de caja para la situación con proyecto

- El horizonte de planeación al igual que en la situación base se estimó a 10 años, bajo criterio de la empresa.
- Los datos se obtuvieron desde la figura N° 4.19 hasta la figura N° 4.23 completando las casillas del costo de combustible, costo de operación, inversión, reinversión y depreciación
- El impuesto aplicado a la utilidad neta, corresponde al impuesto vigente, es decir 20 por ciento, que aplica a las empresas existentes y pertenecientes a Chile.
- El valor de desecho contable fue calculado en base a la fórmula del Narssir Sapag 2007, ya que los activos fijos posee un periodo de depreciación distinto al horizonte de evaluación. Se utilizó el valor de desecho contable, debido a que el proyecto de inversión es una parte del área de producción y al final del periodo de evaluación se pretende conocer el valor de los activos, no el valor de la empresa.
- Los equipos que son reemplazados al terminar su vida útil, no son vendidos al mercado ya que la empresa prefiere almacenarlos en sus bodegas, como plan de contingencia en caso que se requiera.
- Los resultados muestran la situación con proyecto con utilización de GLP, en el proceso de la elaboración del cemento, los datos que se presentan son: el costo de combustible, el costo de operación y la reducción en estos por causa del cambio en el funcionamiento del proceso.

Caso B **GAS LICUADO DE PETROLEO**

cantidad	250000	250000	250000	250000	250000	250000	250000	250000	250000	250000	
precio	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	
litros cons	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	-69100000										
Reinversión								-19.000.000			
Costo Combustible	555772000	555772000	555772000	555772000	555772000	555772000	555772000	555772000	555772000	555772000	555772000
Costo operación	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180
Depreciación	-5166666.67	-5166666.667	-5166666.667	-5166666.667	-5166666.667	-5166666.667	-5166666.667	-2000000	-2000000	-2000000	-2000000
Utilidad	564448513.3	564448513.3	564448513.3	564448513.3	564448513.3	564448513.3	564448513.3	548615180	567615180	567615180	567615180
Impuesto	-112889703	-112889702.7	-112889702.7	-112889702.7	-112889702.7	-112889702.7	-112889702.7	-109723036	-113523036	-113523036	-113523036
Utilidad neta	451558810.7	451558810.7	451558810.7	451558810.7	451558810.7	451558810.7	451558810.7	438892144	454092144	454092144	454092144
Depreciación	5166666.667	5166666.667	5166666.667	5166666.667	5166666.667	5166666.667	5166666.667	2000000	2000000	2000000	2000000
Valor de desecho											14.950.000
Flujo de caja	-69100000	456725477.3	456725477.3	456725477.3	456725477.3	456725477.3	456725477.3	440892144	456092144	456092144	456092144

Figura N° 4.24: Flujo de caja con utilización del Gas Licuado de Petróleo.
Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Realizar análisis incremental

Se detalla en el siguiente cuadro el análisis incremental de los costos de combustible y el costo de operación para la fabricación del cemento, los resultados muestran que existe un beneficio económico, debido a que el GLP, es un combustible que se quema en su totalidad, generando una combustión más limpia, los equipos duran más tiempo y presentan menos problemas en operación.

Si bien el GLP es un combustible que posee un poder calorífico menor que el diésel generando un mayor consumo en litros para producir una tonelada de cemento, posee un menor precio, que al igualar las kilocalorías que necesita la fabricación del cemento con respecto al diésel, genera un beneficio económico.

Existe un ahorro de un 10 por ciento el costo de combustible, con un beneficio en la producción de \$239 por tonelada de cemento producida, lo que al año genera un ahorro \$59.928.000.- al igual que en el costo de operación se obtiene un ahorro de un 29 por ciento, lo que al año genera un ahorro de \$5.677.538.-

Análisis Incremental

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	- 69.100.000										
Reinversión				- 32.052.372	- 4.917.720		- 27.991.152			- 4.521.579	
Ahorro Costo Combustible		59.928.000	59.928.000	59.928.000	59.928.000	59.928.000	59.928.000	59.928.000	59.928.000	59.928.000	59.928.000
Ahorro Costo operación		5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538
Depreciación		- 8.206.095	- 8.206.095	- 8.206.095	- 8.206.095	- 8.206.095	- 8.206.095	- 11.372.761	- 11.372.761	- 11.372.761	- 11.372.761
Utilidad		57.399.443	57.399.443	25.347.071	52.481.723	57.399.443	29.408.291	54.232.777	54.232.777	49.711.198	54.232.777
Impuesto		- 11.479.889	- 11.479.889	- 5.069.414	- 10.496.345	- 11.479.889	- 5.881.658	- 10.846.555	- 10.846.555	- 9.942.240	- 10.846.555
Utilidad neta		45.919.555	45.919.555	20.277.657	41.985.379	45.919.555	23.526.633	43.386.221	43.386.221	39.768.958	43.386.221
Depreciación		8.206.095	8.206.095	8.206.095	8.206.095	8.206.095	8.206.095	11.372.761	11.372.761	11.372.761	11.372.761
Valor de desecho											60.485.634
Flujo de caja	- 69.100.000	54.125.649	54.125.649	28.483.752	50.191.473	54.125.649	31.732.728	54.758.983	54.758.983	51.141.719	54.758.983

Figura N° 4.25: Flujo de caja del análisis incremental.
Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Análisis y generación de indicadores para la toma de decisión

Al finalizar el análisis incremental se procedió a realizar la evaluación económica, a través del uso de las formulas 2.5 y 2.6 que corresponden al Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno como se expresa en la figura N° 4.25, Tales valores confirman que el proyecto es rentable y la TIR supera el 70 por ciento de rendimiento porque no existe un riesgo asociado para implementar el proyecto.

Valor Actual Neto	220.191.228
T.I.R.	73%

Figura N°4.26: Método de evaluación económica
Fuente: Elaboración propia

Complementario a esto, se calculó el periodo de recuperación de la inversión (PayBack) para garantizar que no existe un riesgo al realizar el proyecto, como queda expresado en la Figura N° 4.26, La inversión se recupera en el primer año al implementar la adaptación del cambio del combustible.

	Saldo Inversión	Flujo Anual	Rentabilidad Exigida	Devolucion Inversion	
Año 1	69.100.000	54.125.649	7.739.200	46.386.449	0
Año 2	22.713.551	54.125.649	2.543.918	51.581.732	PayBack
Año 3	- 28.868.181	28.483.752	- 3.233.236	31.716.988	PayBack
Año 4	- 60.585.169	50.191.473	- 6.785.539	56.977.012	PayBack
Año 5	- 117.562.181	54.125.649	- 13.166.964	67.292.614	PayBack
Año 6	- 184.854.795	31.732.728	- 20.703.737	52.436.465	PayBack
Año 7	- 237.291.260	54.758.983	- 26.576.621	81.335.604	PayBack
Año 8	- 318.626.863	54.758.983	- 35.686.209	90.445.191	PayBack
Año 9	- 409.072.055	51.141.719	- 45.816.070	96.957.790	PayBack
Año 10	- 506.029.844	54.758.983	- 56.675.343	111.434.325	PayBack

Figura N° 4.27: Método de evaluación económica, periodo de recuperación de la inversión
Fuente: Elaboración propia

Beneficios no cuantificados en el flujo de caja

- Disminución de emisiones al atmosfera de CO₂, por la utilización del Gas Licuado de Petróleo.
- Aumento estimado en un 5 por ciento en la producción de cemento Especial, incremento de 8.000 toneladas año, que corresponde a \$758.000.000 aproximadamente.

4.4.3. Desarrollo de análisis de sensibilidad

Se sensibilizó el proyecto con el modelo unidimensional, el cual determina la variación máxima que puede resistir la variable crítica, y así mostrar que tan sensible es el precio del Gas Licuado de Petróleo con respecto al precio del diésel, cuando el VAN (Valor Actual Neto) se hace cero, presentando la holgura con que cuenta para la realización de eventuales cambios si aquellas variables sufren sustantivas modificaciones en el mercado.

Caso B GAS LICUADO DE PETROLEO

	cantidad	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
	precio	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	litros cons	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	- 69.100.000										
Reinversión								-19.000.000			
Costo Combustible	602.836.147	602.836.147	602.836.147	602.836.147	602.836.147	602.836.147	602.836.147	602.836.147	602.836.147	602.836.147	602.836.147
Costo operación	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180	13.843.180
Depreciación	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667	- 5.166.667
Utilidad	611.512.660	611.512.660	611.512.660	611.512.660	611.512.660	611.512.660	611.512.660	592.512.660	611.512.660	611.512.660	611.512.660
Impuesto	- 122.302.532	- 122.302.532	- 122.302.532	- 122.302.532	- 122.302.532	- 122.302.532	- 122.302.532	- 118.502.532	- 122.302.532	- 122.302.532	- 122.302.532
Utilidad neta	489.210.128	489.210.128	489.210.128	489.210.128	489.210.128	489.210.128	489.210.128	474.010.128	489.210.128	489.210.128	489.210.128
Depreciación	5.166.667	5.166.667	5.166.667	5.166.667	5.166.667	5.166.667	5.166.667	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
Valor de desecho											14.950.000
Flujo de caja	- 69.100.000	494.376.795	494.376.795	494.376.795	494.376.795	494.376.795	494.376.795	476.010.128	491.210.128	491.210.128	491.210.128

Figura: 4.28. Flujo de caja con utilización del Gas Licuado de Petróleo, al modificar el precio del GLP.
Fuente: Elaboración propia

Análisis Incremental

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	- 69.100.000										
Reinversión			- 32.052.372	- 4.917.720		- 27.991.152				- 4.521.579	
Ahorro Costo Combustible		12.863.853	12.863.853	12.863.853	12.863.853	12.863.853	12.863.853	12.863.853	12.863.853	12.863.853	12.863.853
Ahorro Costo operación		5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538	5.677.538
Depreciación		- 15.777.846	- 15.777.846	- 10.435.784	- 14.958.226	- 14.958.226	- 13.959.209	- 14.958.226	- 14.958.226	- 14.547.174	- 14.547.174
Utilidad		2.763.545	2.763.545	- 23.946.765	- 1.334.555	3.583.165	- 23.408.970	3.583.165	3.583.165	- 527.361	3.994.218
Impuesto		- 552.709	- 552.709	4.789.353	266.911	- 716.633	4.681.794	- 716.633	- 716.633	105.472	- 798.844
Utilidad neta		2.210.836	2.210.836	- 19.157.412	- 1.067.644	2.866.532	- 18.727.176	2.866.532	2.866.532	- 421.889	3.195.374
Depreciación		15.777.846	15.777.846	10.435.784	14.958.226	14.958.226	13.959.209	14.958.226	14.958.226	14.547.174	14.547.174
Valor de desecho											60.485.634
Flujo de caja	- 69.100.000	17.988.682	17.988.682	- 8.721.628	13.890.582	17.824.758	- 4.767.967	17.824.758	17.824.758	14.125.285	17.742.548

		Impuesto	20%
VAN	-	TMRR	11.2%
TIR	11%	P. recuperación	10 Años

Figura N° 4.29: Flujo de caja del análisis incremental con el VAN igual a cero.
Fuente: Elaboración propia

Al calcular en base al VAN igual a cero, se presenta el precio máximo del GLP con respecto al precio del diésel de \$300 por litro de gas, lo que representa una diferencia con el precio inicial de 8 por ciento, se establece que es una holgura aceptable para realizar el cambio de combustible, debido que las variaciones en el mercado están cerca de un 5 por ciento como valor de variación máxima según ENAP en el periodo del año 2013.

Si los resultados futuros de un eventual escenario dejan el VAN en cero, la inversión no genera ganancias ni pérdidas, el flujo de caja presenta flujos positivos y bastantes elevados, en estos casos dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión deberá basarse en otros criterios como por el ejemplo los beneficios no cuantificados como el incremento en la producción en el cemento tipo Especial con un incrementos en las ganancias de \$758.000.000 aproximadamente y una disminución de emisiones de (CO₂) por el uso del GLP. Con estos factores el proyecto es rentable y sustentable en el tiempo, además de ser socialmente responsable con el medio ambiente.

5. Conclusiones

El proceso en la elaboración del cemento, en condiciones normales la Puzolana que es la materia prima que posee mayor humedad, no es un problema en la producción de cemento, ya que favorece las reacciones dentro del molino. Sin embargo al estar funcionando a capacidad máxima, la Puzolana es un problema ya que sobreexige al generador para mantener la temperatura adecuada.

La comparación de poder calorífico entre el diesel y el GLP, muestra que el diesel genera un 35 por ciento más de energía térmica que el Gas Licuado de Petróleo, sin embargo es el combustible más caro alrededor de un 40 por ciento. Al realizar el estudio de toneladas producidas por litro de combustible consumido, los resultados revelan que el GLP es más económico generando un ahorro de \$200.- por tonelada producida de cemento.

El funcionamiento del generador de calor con la utilización del diesel, en capacidad máxima está generando fisuras en el equipo, causado por la llama del diesel es más alargada que otro tipo de combustible en el proceso de combustión. Al realizar el cambio de combustible a GLP beneficia en el funcionamiento del generador, ya que no tendrá problemas en producir 55 t/h en cemento Especial, por el contrario, se estima un aumento en un 5 por ciento. Implementar el cambio de infraestructura en la empresa, tiene un tiempo de ejecución de un mes, con la empresa distribuidora del suministro Lípigas S.A, con un **monto de inversión de \$ 40.000.000.-** y con la empresa Masloop Automatización S.A **\$30.000.000.- por concepto de inversión por equipos faltantes.**

Existe un beneficio económico y operacional al realizar un cambio de combustible de diésel a GLP, **originado un ahorro en el costos del combustible** en la empresa Melón S.A, Puerto Montt, de **\$59.928.000.-** siendo esto un 10 por ciento en referencia al diésel y **a nivel operacional existe un ahorro de \$5.677.538.-**, Estos resultando se obtuvieron con el precio del GLP, entregado por la empresa Lípigas S.A, y el precio del diésel en el mes de octubre del año 2013.

Si bien el Gas Licuado de Petróleo (GLP), no posee la misma capacidad calórica para la generación de energía por lo que consume mayor cantidad de litros por tonelada producida en referencia al diésel, el GLP es un tipo de combustible más limpio, quemándose en su totalidad en el proceso de combustión, disminuyendo la emisión atmosférica del CO₂ (Dióxido de carbono) en alrededor de un 10-15 por ciento.

6. Recomendaciones

Realizar una matriz de riesgo por la utilización del combustible Gas Licuado de Petróleo. Constituye una herramienta clave en el proceso de supervisión basado en el riesgo, debido a que la misma nos permite efectuar un análisis tanto cualitativo y cuantitativo de los riesgos inherentes de cada actividad en estudio y la determinación del perfil de riesgo del proceso. Algunos beneficios de esta herramienta son: intervención inmediata y oportuna, evaluación metódica de los riesgos, promueve una sólida gestión de riesgos en la industria, entre otras.

Establecer un contrato plazo fijo con el proveedor de las materias primas, específicamente Puzolana ya que el material que posee mayor porcentaje de humedad y así exigir un 15% de humedad para mejorar el proceso productivo, disminuyendo la utilización del uso del generador de calor, además de beneficiar en el ahorro del consumo de combustible.

Si bien posee equipos especializados en combustión, se recomienda realizar un análisis Isocinético con mediciones esporádicas de los residuos en las chimeneas, debido a que no existen registros del residuo atmosférico y solo existen registros de CO₂. Con ello se podrá verificar el funcionamiento dentro del generador de calor en el proceso de combustión.

Existe otra alternativa de sustituir la Puzolana por un material seco, como la Ceniza volante, según el científico del (CSIC) Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ángel Palomo, desarrollaron un cemento equivalente al Portland, con la utilización de este material, reduciendo en un 50 por ciento las emisiones atmosféricas de CO₂, resultando con aspecto similar y superior a otros.

7. Bibliografía

BP- British Petroleum (2011) "**Statistical Review of World Energy June 2011**"

SAPAG, N. 2008. Preparación y Evaluación de Proyectos, Mc Graw-Hill. 445p.

SAPAG, N. 2007. Proyectos de inversión formulación y Evaluación, Mc Graw-Hill. 486p.

FONTAINE, E. 2008. Evaluación social de proyecto, Mc Graw-Hill

CASTILLO, I. 2010. Aplicación de un enfoque metodológico para la Evaluación de un proyecto Geotérmico y su ejemplificación en un caso nacional. Proyecto fin de carrera para Ingeniería civil industrial. Universidad Austral de Chile. 128p.

CHILE, 1999. Norma chilena oficial NCh148.Of68. Cemento-Tipología, clasificación y especificaciones generales. 13p.

PERRY, R. 2001. Manual Del Ingeniero Químico Volumen I, Mc Graw-Hill.

PERRY, R. 2001. Manual Del Ingeniero Químico Volumen II, Mc Graw-Hill.

PERRY, R. 2001. Manual Del Ingeniero Químico Volumen III, Mc Graw-Hill.

PERRY, R. 2001. Manual Del Ingeniero Químico Volumen IV, Mc Graw-Hill.

RUIZ, J. 2007. Metodología de la investigación cualitativa, Mc Graw-Hill. 341p. (4ta edición)

Corbetta, P. 2007. Metodología de la investigación social, Mc Graw-Hill. 421p.

Hernández, C. 2010. Metodología de la investigación, Mc Graw-Hill. 613p.

BACA, U. 2010. Evaluación de proyectos, Mc Graw-Hill. 318p.

8. Linkografía

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGIA 2013 [En Línea]

< <http://www.cne.cl/energias/hidrocarburos/tipos-de-energia/368-petroleo-derivados> >
[Consulta: 06 de Septiembre 2013]

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGIA 2013 [En línea]

<<http://www.cne.cl/energias/hidrocarburos/mercado>> [Consulta: 06 de Septiembre 2013]

ORGANIZACIÓN DE LOS PAISES EXPORTADORES DE PETROLEO 2013 [En Línea]

<<http://www.info-petroleo.com/origen.html>> [Consulta: 06 de Septiembre 2013]

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE CAMBIO CLIMATICO 2011 [En Línea]

< http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_11.pdf > [Consulta: 07 de Septiembre 2013]

BACHARACH THE MEASURABLE DIFFERENCE 1995-2007 [En Línea]

<<http://www.bacharach-inc.com/fyrite-gas-analyzers.htm>> [Consulta: 08 de Septiembre 2013]

NORMA DEL CEMENTO – TERMINOLOGÍA, CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES GENERALES
[En Línea]

<<http://andescura.linets.cl/wp-content/uploads/2013/01/NCh148-1968.pdf>>
[Consulta: 10 de Septiembre]

PORTAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL 2010 [En Línea]

<<http://www.misextintores.com/lci/triangulo-del-fuego>> [Consulta: 13 de Septiembre]

NORMATIVA AMBIENTAL, FUENTES FIJAS 1995 [En Línea]

<<http://www.leychile.cl/Consulta/listaMasSolicitadasxnum?agr=1020&sub=492&tipCat=1>>
[Consulta: 23 de Septiembre]

ASOCIACIÓN CHILENA DE GAS LICUADO GLP CHILE 2013 [En Línea]

<<http://www.glpchile.cl/el-glp>> [Consulta: 25 de Septiembre]

DEFINICIÓN DEL DIESEL EMPRESA NACIONAL DEL PETRÓLEO 2013 [En Línea]

<<http://www.enap.cl/pag/262/1142/diesel>> [consulta: 27 de Septiembre]

SEMINARIO COMBUSTIÓN INDUSTRIAL APLICADA Y CONTROL DE CONTAMINANTES [En Línea]

<<http://www.cdts.espol.edu.ec/documentos/combustion%20AB.pdf>> [consulta: 28 de Septiembre]

GASES COMPRIMIDOS INFLAMABLES [En Línea]

<http://seia.sea.gob.cl/archivos/Anexo_2_Condiciones_de_Almacenamiento.pdf clase 2>
[Consulta: 2 de Octubre]

TECNOLOGÍA DEL HORMIGON [En Línea]

<http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/supespT2.htm#_4.3.1__1> [consulta: 4 de Octubre]

REGLAMENTO DE SUSTANCIAS PEIGROSAS 2012 [En Línea]

<<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1016975&idParte=0>> [Consulta: 6 de Octubre]

DIARIO MADRID.EU, IMPORTANCIA DEL APORTE GLP EN LA REDUCCIÓN DE CO₂ [En Línea]
<http://www.diariomadrid.eu/__n2789637__AOGLP_re cuerda_el_importante_aporte_del_GLP_en_los_ob jetivos_de_reduccion_de_CO2.html> [Consulta: 02 de Febrero 2014]

9. Glosario

Alimentación Fresca: Mezcla de materias primas que poseen cierta humedad propia del material para la fabricación del cemento.

Alimentador: Boquilla de silo, en el cual se estima la proporción de las materias primas para la fabricación del cemento.

Blaine: Determinación de la finura del cemento, se basa en el hecho de que la velocidad del paso del aire a través de capa de material con determinado porosidad es función del número y del tamaño, lo que depende del tamaño de las partículas del material y por lo tanto de la superficie específica de este. (Método Blaine Nch 159.of 70)

Calor de hidratación del cemento: cantidad de calor por calorías por gramo de cemento deshidratado, generado después de una hidratación completa a una temperatura dada.

Comburente: Sustancias o mezclas de ellas, que proporciona el oxígeno u otro elemento necesario para la combustión.

Combustible: Sustancias o mezcla de ellas que es capaz de entrar en combustión.

Combustión: Oxidación rápida de una sustancia por acción del oxígeno del aire u otro comburente con desprendimiento de calor y normalmente gas, luz o llama.

Corriente elevador: Indicador de la carga que poseen los elevadores.

Clinker: Sustancia que se obtiene como resultado de la calcinación en horno, de mezclas de calizas arcillosas preparadas artificialmente con adición eventual de otras materias.

Desprendimiento de calor: es la energía provocada por cuerpos en movimiento, siempre teniendo en cuenta las particularidades físicas y químicas del proceso.

Inflamación: iniciación de la combustión provocada por la elevación local de la temperatura.

Sustancia peligrosa: Aquella que por naturaleza, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal y a los elementos materiales tales como instalaciones, maquinas, edificios, etc.

Sustancia explosiva: Sustancia o mezcla de sustancias capaz de hacer explosión.

Temperatura de salida en el molino: Aquella que se debe mantener dentro de los rangos establecidos para evitar falso fraguado en el cemento

Puzolana: Roca volcánica y sirve para hacer mezclada con cal.

Presión de entrada en el molino: Indica si existe un posible atollo de molino (entrada chute), debido a que si esta se hace más positiva no hay succión del tiro molino.

Presión de salida en el molino: Indica si existe un posible atollo en el molino, si se hace más positiva el atollo existe en las dos cámaras del molino.

Yeso: Roca natural, mediante deshidratación, al que puede añadirse en fabrica determinadas adiciones de otras sustancias químicas para modificar sus características.

10. Anexo

Anexo 1

Entrevista

Nombre: Rodolfo Ramírez

Cargo: Jefe de Producción

Fecha: 7/11/2013

1. Con respecto al estudio técnico del proyecto, ¿cuál o cuáles fueron los factores que influenciaron la ubicación del estanque de GLP y el tren de gas?

La ubicación del estanque de GLP, no está definido actualmente pero existen dos posibilidades, que es la cancha en donde actualmente está la puzolana materia prima del cemento o al lado del estanque de diésel. El criterio para elegir la ubicación es netamente cerca del molino, que es el área de la fabricación del cemento.

2. En la elección de los equipos necesarios, ¿cuáles son las alternativas existentes y porque eligieron aquella. Y con qué criterio?

Las alternativas que existen son dos:

- Sistema de gas a través de estanques (Gas Licuado de Petróleo)
- Sistema de gas a través de un estanque (Gas Natural Licuado)

La elección es muy simple, el sistema de GNL posee una inversión mayor con un proceso de instalación más largo, si bien en calera tienen este sistema y funciona bastante bien. En cambio el sistema a través de estanques posee una inversión menor y un proceso de instalación como máximo de un mes, a su vez esta elección tiene una limitante, que es depender de la capacidad de los cilindros.

3. ¿Con cuántos m² poseen para la instalación y cuantos metros ocuparan para la realización del proyecto?

La empresa posee 27.000 m² de los cuales 3.600 están edificados. El espacio disponible para el proyecto es la cancha que posee unos 12.000 m², para ubicar los equipos necesarios.

4. ¿Qué tipo de personal se necesitará para la instalación de los nuevos equipos?

Melón S.A, estamos realizando una negociación con la empresa Lípigas S.A, distribuidora del Gas Licuado de Petróleo, en el cual si la negociación se lleva a cabo, estará el encargado de la instalación completa, nosotros solo aportaremos con la supervisión de la instalación.

5. Con respecto al proceso. ¿Cuáles serán los cambios en el proceso, producto del cambio de combustible?

Actualmente estamos utilizando diésel como la fuente de energía térmica, en el área de producción en la elaboración del cemento. La empresa cuando comenzó sus operaciones los equipos fueron diseñados para una capacidad de 300.000 toneladas/año, actualmente estamos produciendo 550.000 toneladas/año aprox. Por lo que el generador de calor es el cuello de botella en el proceso de la elaboración del cemento.

Existe dos posibilidades cambiar el generador de calor, que conlleva una inversión mayor o mantener el generador de calor y realizar el cambio de combustible, debido a que al utilizar diésel en el proceso de combustión la geometría de la llama es más larga al quemar el combustible. Al aumentar el rendimiento de producción, se ingresa más materia prima porque se necesita más energía térmica para retirar la humedad, inyectado más combustible en el generador de calor, produciendo una llama más larga que bordea la pared del generador quemando el material refractario, que a su vez aumenta el consumo de combustible. Es por ello que la empresa quiere hacer el cambio de combustible ya que al utilizar gas en el proceso de combustión la geometría del gas es más corta, eliminado el cuello de botella que existe actualmente, se podría aumentar la capacidad de producción. Además de disminuir la contaminación atmosférica debido a que el gas se quema casi completamente.

6. ¿Cuáles son los problemas existentes por el uso del combustible diésel y las desventajas por la utilización del combustible?

La primera desventaja es lo que explique anteriormente, debido a que la geometría de la llama es muy larga y está bordeando las paredes del generador de calor, por lo que no se puede aumentar la producción, al inyectar más combustible la llama cada vez se hace más larga y el generador de calor no posee el tamaño adecuado.

La segunda desventaja es el precio del combustible debido a que debemos adecuarnos al precio del mercado. El precio del combustible nos cuesta aproximadamente \$470 pesos por litro, porque no pagamos el impuesto específico porque lo utilizamos para la generación de energía térmica.

Si nos cambiamos al uso de GLP, el costo sería de \$270 pesos por litro, estaríamos ahorrando casi en 50% en el costo del combustible, si bien el diésel posee un mayor poder calórico que el gas. Al utilizar gas se consumirá un poco más que el diésel pero se compensa con el precio del gas y un aumento en la producción.

Anexo 2

Entrevista

Nombre: Héctor Díaz

Cargo: Supervisor de área de mantención

Fecha: 15/ 10 / 2013

El tema a tratar es el funcionamiento del generador de calor y la interacción con los equipos, para llevar a cabo el correcto funcionamiento, cuales son las principales variables o puntos críticos.

El generador de calor está controlado por un sistema de control automático, llamado "Control Link", es un equipo modular que monitorea y controla las relaciones de aire y combustible, especializado en ahorro de combustible, aumento de eficiencia y en reducción de emisiones.

El Control Link, controla tres variables, la cantidad de aire-combustible, detector de llama (Burner Control) y el anunciador expandido (falla de equipo).

El circuito de generación de la energía térmica en base a diésel consiste en un estanque de almacenamiento de 50.000 litros de combustible, el cual posee un sistema de regulación de presión con válvulas On/Off y bombas hidráulicas, para inyectar la cantidad necesaria de combustible al generador de calor dirigido al sistema tren diésel, es decir, es un sistema de control de combustible a través de válvulas Shutoff, medidores de flujos y regulación de presión. Establece la seguridad de las variables críticas como por ejemplo la presión y flujo al proceso, en forma simultánea con el Control Link.

El generador de calor posee una estructura de funcionamiento que se divide en tres niveles

- Primer nivel: Es el ingreso del aire, que controla el ancho y la geometría de la llama en el interior del generador y que es formada por el diseño del quemador, la llama no debe tocar las paredes del hogar (interior del quemador) para no fundir el material.
- Segundo nivel: no se utiliza, puesto que está diseñado para el uso de combustible a gas.
- Tercer nivel: corresponde al ingreso del combustible diésel, monitoreado por el Control Link, además se localiza la llave de atomización del combustible.

El tipo de atomizador que posee es de dos flujos, en que la corriente del combustible se expone a la acción de una corriente de aire o de vapor que fluye a velocidades elevadas, es una configuración de mezclado interno que genera una nube de microgotas con un tamaño medio de 30 a 40 μm , para los aceites ligeros.

El generador de calor tiene un sistema automático para generar la chispa a través de un piloto a gas. El que al estar encendido, entrega la señal por medio de sensores a los demás equipos para el correcto funcionamiento del sistema.

Anexo 3

Entrevista

Nombre: Maximiliano Barría A.

Cargo: Supervisor Sala de Control

Fecha: 18/11/2013

1. ¿Cuáles son los sistemas de información o software y qué función cumple cada uno?

R: Los sistemas de software ocupados actualmente son:

- Unity Pro XL: se utiliza como software de modificación de parámetros o variables de proceso a través de PLC en diagrama FCH o diagrama de bloques.
- Client Builder: programa utilizado para visualización de pantallas de operación de planta. Desde aquí se da partida y parada a equipos de planta.
- PI ProcessBook: programa utilizado para ver tendencias de las variables más importantes de planta mediante gráficos.
- Telewindows (Control Lucie): controlador automático de parámetro de planta, lo cual facilita la operación del supervisor de sala de control

2. ¿Cuál es la utilidad del informe diario de producción?

R: El informe diario de producción es de gran importancia, ya que en este aparecen los indicadores más importantes del proceso (de un determinado día), con este informe podemos ver si la producción, calidad, etc. ha sufrido cambios positivos o negativos con el correr del tiempo.

3. ¿Cómo funciona el proceso de la elaboración del cemento? Explicar

En resumen sería:

Ingreso de materia prima (Clinker, Yeso, Puzolana) al molino horizontal de bolas mediante cinta transportadora. El molino realiza el chancado y refinación de la materia prima. Tener en cuenta que antes de ingresar la materia prima al molino esta es secada mediante un generador de calor. El material al interior del molino fluye debido a la succión que ejerce el tiro molino. Una vez realizada la molienda esta es transportada mediante tornillo sinfín, elevador y regueras. Existe un separador, el cual tiene como función clasificar el material fino y el material grueso. El material fino es transportado a los silos de

cemento como producto terminado y el material grueso retorna al molino como rechazo para ser molido nuevamente. Una vez estando el cemento en los silos este es cargado a camiones granel o es derivado al área de envasado para la fabricación de sacos.

4. ¿Cuáles son los problemas más frecuentes que posee el área de producción?

Uno de los problemas más significativos es la humedad de las materias primas, debido a la alta humedad hay constantes problemas en el generador de calor y hay un excesivo consumo de combustible. Por este problema, sobre todo en invierno, la alimentación Fresca se ve perjudicada (toneladas/hora).

5. La humedad de las materias primas. ¿cuál es el problema para el proceso productivo?

Tal como se mencionó anteriormente la humedad nos perjudica en la alimentación total sobre todo en producción de cemento especial, debido al alto consumo de puzolana (Puzolana llega con alrededor de 20% humedad).

6. ¿Cuáles son las variables más importantes y porque?

Las variables más importantes son:

- Presión entrada molino: esta nos indica si existe un posible atollo de molino (entrada chute), debido a que si esta se hace más positiva no hay succión del tiro molino.
- Presión salida molino: al igual que la entrada la diferencia es que si se hace más positiva el atollo es en las 2 cámaras del molino.
- Temperatura salida cemento: hay que mantener la temperatura dentro de su tarea para evitar problemas en falso fraguado del cemento.
- Corriente elevadores: son indicador de la carga que poseen los elevadores.

7. Actualmente ¿Cuál es el rendimiento de producción de cada producto?

Cemento Especial: entre 55 y 60 toneladas/hora – Cemento Extra: entre 32 y 35 toneladas/hora.

8. Si pudiera cambiara cambiar algo en el proceso, ¿Que cambiaría? ¿Y por qué?

El generador de calor es uno de los equipos que sufre más daño y debería encontrarse alguna manera de secar la materia prima o aumentar la capacidad de secado de esta misma.

9. Con respecto a los productos. ¿Cuál es el porcentaje de materia prima de cada uno de los productos?

El % de materia prima utilizado en los productos no es siempre el mismo, debido a que las tareas de CaO y So₃ generalmente varían de acuerdo a la calidad. Pero los valores que fluctúan el % de materia primas sería:

Cemento especial:

- Yeso: 3 y 4 (%)
- Clinker: 53 y 54 (%)
- Puzolana: 42 y 44 (%)

Cemento extra:

- Yeso: 6 y 7 (%)
- Clinker: 84 y 85 (%)
- Puzolana: 8 y 9 (%)

10. ¿Cuál es el consumo de combustible para la elaboración del cemento?

Los valores que fluctúa el consumo de combustible:

Cemento Especial: entre 380 y 420 litros/hora.

Cemento Extra: 80 y 120 litros/hora.



Santiago, 22 de enero de 2014

Señores:

CEMENTOS MELON, PLANTA PUERTO MONTT.

Presente

Atn. : Sr(ta). Karen Kuschel / Ingeniera de proyectos industriales.

Ref.: CONVERSION DE QUEMADOR HAUCK UBICADO EN PLANTA MELON PTO. MONTT

PROPUESTA TECNICO - COMERCIAL
Nuestra cotización Nº ML201400635.

Estimada Señorita Kuschel:

Conforme a las políticas de nuestra empresa, de entregar soluciones integrales a sus clientes, que les permitan optimizar y operar de forma eficiente sus procesos de combustión industrial, reduciendo sus costos de operación y el cumplimiento gradual de las normativas medio ambientales chilenas vigentes, las cuales se logran generando mejoras en sus procesos, controlando sus horas de operación o generando un control continuo de emisiones, de acuerdo a nuestro completo mix de productos, servicios e ingeniería asociada a estos.

Es por ello que nos complace someter a vuestro análisis, como solución integral de mejora en sus procesos, oferta técnico comercial, por suministro de equipos necesarios para la conversión de quemador dual modulante de nuestra representada norteamericana Hauck, capaz de operar con Gas Licuado y Petróleo Diesel #2.

Sin otro particular, le saluda cordialmente

Luis Agustin Vergara.
Gerente de Ventas
+Loop SpA.

Juan M. Ogaz M.
Ingeniero de Ventas & Servicios
+Loop SpA.



APORTES Y RESPONSABILIDADES DEL CLIENTE

- Junto con la Orden de compra por la adjudicación del proyecto, Cementos Melon debe notificar por escrito la validación del levantamiento de dimensiones del actual quemador y potencias consideradas.
- El Petróleo #2 debe de ser suministrado a temperatura < 40°C antes de ser enviado al tren de combustible.
- El Gas licuado debe de ser suministrado antes de ser enviado al tren de combustión a una presión no mayor de 3 PSI.
- Para realizar el encendido del piloto de combustión, la planta debe de suministrarnos un caudal mínimo de gas natural o gas licuado con presión máxima de 10 PSI.
- La planta debe proveer el suministro de alimentación eléctrica 380 v / 3 ph / 50 Hz a 1.5 mt de distancia, de donde se implementara el tablero principal de combustión.
- No se considera suministro y deben estar operativos todos los elementos de seguridad del quemador existente. En caso de ser requeridos, podemos cotizar como opcional.

CAPACITACIONES Y ENTREGA DE LOS SUMINISTROS

- 01 Capacitación para operadores, encargados de mantención y supervisores asignados, capacitación a realizarse en puesta en marcha del proyecto.
- Una vez realizado el montaje de los quemadores, personal de +Loop S.p.A. Pondrá en servicio el sistema y prestara el apoyo en la operación del sistema de control de combustión. El tiempo considerado por este servicio es de 2 días en la planta. (Se considera 1 turno por día, en horario y día hábil, total 18 HH).
- El sistema implementado se certificara por SICAL INGENIEROS con el objeto de obtener el logo respectivo de aprobación para uso con Gas Natural o Licuado ante la S.E.C.
- Entrega de manuales, catálogos, planos y Password Máster del sistema a los supervisores asignados.



OFERTA COMERCIAL GENERAL

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	VALOR NETO UNITARIO
1	1	CONVERSION DE QUEMADOR HAUCK MODELO BBC2110 PARA OPERACIÓN DUAL, OFERTA INCLUYE EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: <ul style="list-style-type: none">➤ Mantención general a los internos del quemador Hauck modelo BBC 2110 existente.➤ 01 Mantención general al ventilador TBA existente.➤ 01 Mantención general al tren de Combustible para Petróleo #2 existente.➤ 01 Tren de combustible nuevo para uso con Gas licuado, incluye válvulas Shut-off marca Maxon y válvulas de modulación de flujo de gas Hauck.➤ 01 Tren de combustible para encendido de piloto, uso con gas licuado.➤ 01 Tablero de Control de combustión nuevo con el sistema ControLinks de Honeywell, objeto dejar operativo el quemador para operación Dual.➤ Incluye Servicio de puesta en marcha y calibración de la combustión.➤ Valor comercial no incluye la reguladora de baja presión de gas principal.	UF 796.00 + IVA
2	1	SERVICIO DE MONTAJE	UF 300.00 + IVA
3	1	CERTIFICACIÓN OFICIAL ANTE S.E.C.	UF 55.00 + IVA

TOTAL OFERTA COMERCIAL NACIONAL UF 1,151.00 + IVA

Los valores ofertados son expresados en unidades de fomento. Tipo de cambio a pesos chilenos, según lo indicado por el banco central a la fecha de facturación.



FORMA DE PAGO

- Junto con la orden de compra, se facturará el 50% del total del proyecto, cancelado en efectivo para iniciar fabricación.
- Con la recepción conforme del suministro de equipos en la planta (Previo al montaje respectivo), se facturará el 40% del proyecto, cancelado en efectivo a fecha de de facturación.
- Junto con la recepción conforme de la operación de los sistemas, se facturara el 10% final del proyecto, cancelando en efectivo a la fecha de facturación.

La orden de compra debe de ser emitida a favor de:

+Loop S.p.A.
Rut: 76.128.373-1
Av. Américo Vespucio 1940 oficina 13. Conchalí
Núcleo Vespucio
Santiago - Chile
Fono: +56 (2) 2887 0132
E-Mail: ordenes@masloop.cl

GARANTIAS

La garantía por los suministros de equipos (acótese a accesorios o instrumental), será de 12 meses a contar de la fecha de puesta en servicio o 18 meses a contar de la fecha de despacho de fabrica, siempre y cuando el problema sea por falla de fabricación y no por mala operación o problemas eléctricos de la planta.

VALIDEZ DE LA OFERTA

Nuestra oferta técnico/comercial es válida por un periodo de 30 días corridos a contar de la fecha de emisión. Una vez cumplido este periodo, favor solicitar actualización de valores y respectivos plazos de entrega.

PLAZOS DE ENTREGA

Los plazos de entrega informados, comienzan a regir una vez sea recibida la documentación respectiva de compra en oficinas del fabricante.

Periodo de fabricación : 06 - 08 Semanas.
Despacho a sus bodegas (Flete Marítimo) : 06 - 07 Semanas.



CONFIDENCIALIDAD

El material presentado en este documento es información exclusiva de los productos y metodología de +Loop S.p.A. Este documento incluye información que no debe ser ofrecida ni divulgada fuera de la empresa cliente, no deberá ser duplicada, utilizada o revelada para ningún propósito que no sea el evaluar la propuesta específica.

En el caso que la definición de compra sea otorgada a los alcances de esta propuesta, los contenidos de este documento con la información suministrada pasarán a formar parte de la empresa cliente Cementos Melon.

Las soluciones que se citan, son un todo íntegro y no están ofrecidas por separado, salvo que se indique lo contrario en la propuesta económica, o que se acuerde entre las partes.

**HOJA DATOS DE SEGURIDAD (HDS)**

NCh.2245

PETROLEO DIESEL

hoja 1 de 4

Ultima revisión Marzo 2002

Sección 1: Identificación del producto y del proveedor	
Nombre del producto :	Petróleo diesel A-1 y Grado B
Proveedor :	COPEC
	Agustinas 1382 Stgo., fono -2-690.7000
Fono emergencia :	02-690.7811
Sección 2: Composición	
Naturaleza química :	Mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, cicloparafínicos y aromáticos con N° de átomos de carbono en el rango C ₁₄ -C ₂₀ .
Componentes de riesgo:	No contiene.
N° N.U. :	1202 (N° CAS 68476-34-6)
Sección 3: Identificación de los riesgos	
Marca en etiqueta :	Clase 3 (NCh.382 y NCh.2190)
Clasificación de riesgo del producto químico.	
a) Peligro para la salud.	
Sobreexposición :	No presenta riesgo.
Inhalación :	Dolor de cabeza, bronquitis, nausea.
Contacto con los ojos :	Conjuntivitis.
Contacto con la piel :	Dermatitis.
Ingestión :	Irritación tracto digestivo, nausea, vómito, convulsión.
b) Peligro medio ambiente: Contaminación del agua.	
c) Peligro especial : No presenta.	
Sección 4: Medidas de primeros auxilios	
En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo a:	
Inhalación :	Conducir a espacio ventilado, suministrar oxígeno en caso extremo.
Contacto con ojos :	Lavar de inmediato con abundante agua.
Contacto con la piel :	Lavar con agua y jabón.
Ingestión :	No provocar vómito, lavado gástrico.



PETROLEO DIESEL

hoja 2 de 4

Marzo 2002

Sección 5: Medidas para luchar contra el fuego

Agentes de extinción : Manto ignifugo, polvo químico seco, espuma mecánica, (gas carbónico).

Procedimientos especiales de combate : En fuego tridimensional o combustible en movimiento, la espuma mecánica no es efectiva, el agua sirve como refrigerante y en forma de neblina actúa como pantalla de corte.

Equipos de protección: Los normales para un fuego corriente, protección de la vista.

Sección 6: Medidas para controlar derrames o fugas

Medidas de emergencia : Contener con arena o tierra u otro material absorbente para que no alcance cursos de agua, alcantarillas o subterráneos.

Equipos de protección : Usar detector de vapores para limitar el radio de aproximación y protección, usar protección de vista y manos, no exponerse a contacto con petróleo o vapores (peligro de fuego).

Método de limpieza : Recuperar con material absorbente o bombas con motor a prueba de explosión.

Sección 7: Manipulación y almacenamiento

Recomendaciones técnicas : Los equipos eléctricos de trasvasije y áreas de trabajo y almacenamiento deben contar con aprobación para las características de los combustibles Clase II (D.S.90).

Precauciones : En caso de contaminación de la ropa con petróleo, de inmediato proceder a mudar la ropa y lavado personal.

Condiciones de almacenamiento : El petróleo es recomendable almacenar en recintos con ventilación por la parte inferior y distante de cualquier otro combustible o material oxidante, las distancias de seguridad son en función del volumen y características de los contenedores.

Envase adecuado y no adecuado : Los contenedores deben ser de material aprobado, no se permite envases de vidrio, excepto para productos de laboratorio o análisis.

**PETROLEO DIESEL**

hoja 3 de 4

Marzo 2002

Sección 8: Control de exposición – protección especial

Medidas para reducir la posibilidad de exposición: Almacenar en recintos abiertos o con ventilación. Usar recipientes aprobados para combustibles Clase II (DS.90)

CAMP (Conc. Ambiental Máx. Permissible) : No tiene límite asignado.

Protección respiratoria : No necesaria.

Guantes de protección : En protección adicional contra golpes, deben ser en base a nitrilo.

Protección a la vista : En caso de riesgo de salpicadura.

Otros equipos de protección: No usar ropa sintética.

Ventilación : Necesaria solo en recintos cerrados.

Sección 9: Propiedades físicas y químicas

Estado físico : Líquido transparente, color desde amarillo claro a café intenso.

Apariencia y olor : Olor parafínico.

Punto inflamación : Mínimo 51,7 °C.

Temperatura autoignición : Alrededor de 257 °C

Límites inflamables : 2,0% mínimo, 6,0% máximo (volumen aire)

Peligros de explosión : BLEVE en recipientes cerrados.

Presión de vapor : Menor que 6,9 kPa (1 psi).

Gravedad específica : 0,84 a 0,87

Densidad vapor : 6 a 8 veces más pesado que el aire.

Solubilidad en agua : Insoluble.

Sección 10: Estabilidad y reactividad

Estabilidad : Estable.

Incompatibilidad con materiales : NO usar con materiales solubles a los hidrocarburos.

Productos peligrosos de la descomposición : No se descompone.

Productos peligrosos de la combustión : CO, CO₂, NO_x y material particulado.

Sección 11: Información toxicológica

Toxicidad aguda : Conjuntivitis, edema pulmonar, gastritis, dermatitis.



PETROLEO DIESEL

hoja 4 de 4

Marzo 2002

Sección 12: Información ecológica

Persistencia/Degradabilidad: Degradable lentamente en tierra vegetal.

Sección 13: Consideraciones sobre disposición final

Métodos de eliminación
del producto : Almacenar en contenedores hasta su disposición final acorde
con disposiciones de la Autoridad Ambiental.

Métodos de eliminación
del envase : Antes de efectuar cortes "en caliente" de envases, neutralizar
restos de combustible para evitar explosiones.

Sección 14: Información sobre transporte

NCh 2190, marcas aplicables : Etiqueta y rótulo Clase 3.
N° N.U. : 1202

Sección 15: Normas vigentes

Normas nacionales aplicables : D.S. 90/96 (D.O. 05.08.1996) M.E.F.y R.
D.S. 379/85 (D.O. 01.03.1986) M.E.F.y R.
D.S. 594/00 (D.O. 29.04.2000) M.S.
D.S. 298/95 (D.O. 11.02.1995) M.T. y T.

Sección 16: Otras informaciones

Los datos consignados en estas hojas fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto de su exactitud o corrección. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados. La información que se entrega en él es la conocida actualmente sobre la materia.

Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. Determinar las condiciones del uso seguro del producto es obligación del usuario.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD GAS LICUADO DEL PETROLEO

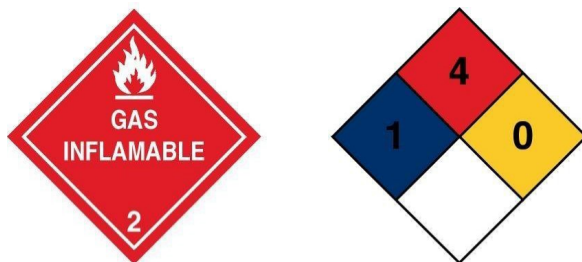
SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR.

Nombre del producto : Gas Licuado de Petróleo.
 Proveedor : EMPRESAS LIPIGAS S.A.
 Fono Emergencia : **600 600 9200 μ 02 24871313 - Celular 63093587**

SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN / INGREDIENTES.

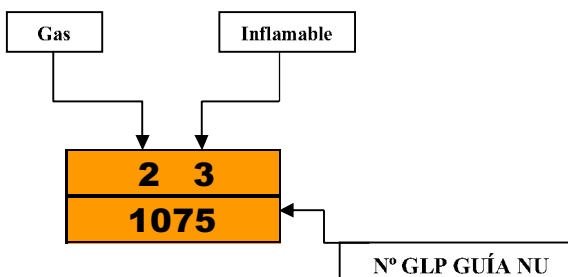
Nombre químico : Propano Comercial - Butano Comercial.
 Fórmula química : C_3H_8 - C_4H_{10}
 Sinónimos : Gas Licuado de Petróleo - GLP ó LPG
 N° NU : 1075
 N° C.A.S. : 68476-85-7

SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS (ROTULACIÓN).



NCH-1411/4

	CÓDIGO COLORES		CATEGORÍA RIESGOS
Azul	Riesgos Salud	0	Riesgo mínimo, sin efectos
Rojo	Riesgos Inflamabilidad	1	Riesgo Ligero
Amarillo	Riesgos de Reactividad con otros productos	2	Riesgo moderado
Blanco	Riesgos Especiales	3	Riesgo Alto
		4	Riesgo severo





Clasificación de riesgos del producto químico: Gas inflamable, asfixiante simple.	
a).- Peligros para la salud de las personas:	
Efectos de una sobreexposición aguda (por una vez).	En estado líquido; quemadura por frío.
Inhalación	En estado gaseoso; sofocamiento.
Contacto con la piel	En estado líquido; quemadura por frío.
Contacto con los ojos	En estado líquido; quemadura por frío.
Ingestión	En estado líquido; quemadura por frío.
Efectos de una sobreexposición crónica (largo plazo)	Asfixia - adormecimiento.
Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición al producto	Personas con afecciones respiratorias.
b).- Peligros para el medio ambiente:	No es contaminante.
c).- Peligros especiales del producto	Inflamable en espacios abiertos. Inflamable en espacios confinados, liberando gran cantidad de energía.

SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS.

Contacto con el producto por inhalación	Retirar a la persona del lugar, proporcionar respiración artificial.
Contacto con la piel, ojos o ingestión	Atención médica inmediata proteger parte afectada en caso de contacto directo con piel.
Notas para el médico tratante: El GLP es un asfixiante simple, puede producir quemaduras por frío en contacto directo en fase líquida de GLP.	

SECCIÓN 5: MEDIDAS PARA LUCHA CONTRA EL FUEGO.

Agentes de extinción	Agua pulverizada, polvo químico seco. ABC o BC (90% Monofostato Amonio)
Procedimientos especiales para combatir fuegos	No apagar fuego, hasta haber eliminado fuente de gas. Enfriar el recipiente y los adyacentes con bastante agua.
Equipos de protección personal para el combate de fuego	Equipo de Bombero. (Casco, guantes, chaqueta y pantalón protectores, botas de protección)

SECCIÓN 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS.

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame del material	Aislar sector de fuentes de ignición a 300 metros a la redonda evitando que el gas penetre en las alcantarillas y / o subterráneos.
Equipo de protección personal para atacar emergencias	Equipo normal de bombero, <u>No usar ropa con fibras acrílicas y similares.</u>



Precauciones a tomar para evitar daños al ambiente	No requiere.
Métodos de limpieza	No requiere.
Método de eliminación de desechos	No requiere.

SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

Recomendaciones técnicas	Evitar fugas, enfriar recipiente.
Precauciones a tomar en caso de fugas	Aislar recipiente en lugar ventilado, eliminar fuentes de ignición cercanas, aplicar cortina protectora de agua.
Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas y/o emergencias	Llamar teléfono emergencias 6006009200 02- 24871313 Celular 63093587
Condiciones de almacenamiento	Lugares apartados, ventilados, libres de fuentes de ignición, señalizados.
Embalaje recomendados y no adecuados	Cilindros y tanques de almacenamiento conforme a normas y disposiciones legales vigentes.

SECCIÓN 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN ESPECIAL.

Medidas para reducir la posibilidad de exposición	Controles de ingeniería en los equipos válvulas de control de flujo, controles en la descarga, reinspección de los equipos. Además de cumplir con medidas de seguridad establecidas.
Límites permisibles ponderado (LPP) y Absoluto (LPA)	LPP: 800 ppm - 1400 mg/m3
Protección respiratoria	Solo en casos de emergencias con espacios confinados para Bomberos y/o personal capacitado y entrenado.
Protección para la vista	Lentes de Seguridad en operaciones de transferencia y llenado de cilindros.
Otros equipos de protección.	Ropa no acrílica, evitar electricidad estática.
Ventilación	Sí, natural o forzada, la mayor posible. Si utiliza equipos eléctricos deben ser intrínsecamente seguros.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

PROPIEDADES y CARACTERÍSTICAS	PROPANO	BUTANO
Fórmula química	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Densidad del gas relativa al aire (aire = 1)	1,522	2,006
Densidad del líquido relativa al agua (agua = 1)	0,508	0,584
Poder calorífico superior en Kcal/Kg	11.900	12.100
Punto de ebullición en °C	-42,1	-0,5
Vol. de 1 Kg de gas en m ³ (1 atmósfera y 15°C)	0,538	0,408
Vol. de aire en m ³ para quemar 1 m ³ de gas (1 atm. y 15°C)	23,87	31,03
Límite Inferior de Inflamación, % de gas en aire	2,4	1,9



Límite Superior de Inflamación, % de gas en aire	9,5	8,5
Temperatura de llama en aire en °C	1.895	1.925
Velocidad máxima de propagación de la llama en cm/seg.	30	30
Temperatura autoignición en ° C	450	450

Presiones de trabajo:

ALTA	40 a 200 PSI.	Presión interior de los cilindros o estanques. Varía con la temp. Ambiente y la proporción propano / butano.
MEDIA	1 a 30 PSI.	Presión utilizada generalmente en instalaciones industriales o como presión intermedia entre la central de abastecimiento y puntos de consumo.
BAJA	229 a 340 mm CA	Presión de trabajo de todos los artefactos domésticos y de algunos equipos industriales.

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

Estabilidad	Sí, según criterios de diseño y certificados.
Condiciones que deben evitarse	Sobrecalentamiento de recipientes, fuentes de ignición cercanas.
Incompatibilidad (materiales que deben evitarse)	Presencia de oxígeno en condiciones de fuga de GLP.
Productos peligrosos de descomposición	No es aplicable.
Productos peligrosos de la combustión	No es aplicable.
Polimerización peligrosa	No es aplicable.

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda	No es tóxico.
Toxicidad crónica o de largo plazo	No es tóxico.
Efectos locales desplazamiento de aire	Quemadura térmica por frío; asfixia por desplazamiento de oxígeno.

Nota: El GLP, en estado gaseoso, actúa como asfixiante simple y depresor del sistema nervioso central. En estado líquido puede causar quemaduras por congelamiento como también irritación de la piel. Los datos toxicológicos son escasos y no se han informado efectos sistémicos crónicos debidos a exposiciones industriales.

Nch 72 Of. 1999: La inhalación o contacto con vapores de GLP, no debe producir efectos dañinos para la salud en condiciones de uso.

SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad	: No es aplicable
Persistencia / Degradabilidad	: No es aplicable
Bío-acumulación	: No es aplicable
Efectos sobre el ambiente	Solamente se ha establecido efectos contaminantes producto de una mala combustión del gas licuado usado como combustible. Si se utiliza este combustible en equipos en buen estado y si la combustión del gas


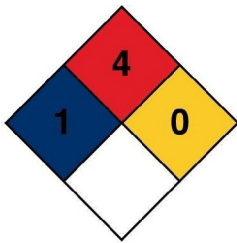
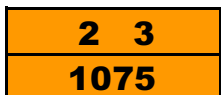
	licuado es en forma correcta se tendrán bajas concentraciones de productos de la combustión, los cuales no incidirán en efectos contaminantes, especialmente en la generación de ozono (contaminante secundario formado por reacciones de óxidos de nitrógeno y hidrocarburos no metánicos), en artefactos adecuados y bien mantenidos.
--	---

Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo.

SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Método de eliminación del producto en los residuos	No es aplicable.
Eliminación de envases / embalajes contaminados	No es aplicable.

SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

<p>De acuerdo a N.Ch. 2190 Of.93, corresponde un rombo rojo con sigla Gas inflamable y un número 2</p>	
<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo a N.Ch. 1411/4 (equivalente a NFPA 704), corresponde para: <ul style="list-style-type: none"> Riesgos a la SALUD, fondo azul con número 1 Riesgos de INFLAMABILIDAD, fondo rojo con número 4 Riesgos de REACTIVIDAD, fondo amarillo con número 0 Riesgos ESPECIALES, fondo blanco sin sigla alguna. 	
<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo a normas europeas corresponde: <ul style="list-style-type: none"> Número Kemler 3 Número de Naciones Unidas 1075 	

SECCIÓN 15: NORMAS VIGENTES

Normas internacionales aplicables :	DOT, N.F.P.A. N° 58, N° 704.
Normas nacionales aplicables	Decreto Supremo N° 29/86 Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento,



	Transporte y Expendio de Gas Licuado; D.S N° 298/94 Regula el Transporte de Sustancias Peligrosas por Calles y Caminos; NCh 2245.
Marca en etiqueta	Gas Licuado inflamable.

SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES

1.- Para equipo accidentado en la ruta:

- a) Desconectar poder eléctrico del vehículo; parar motor no permitir ninguna clase de llamas en el lugar, No Fumar, no accionar equipos eléctricos conectados o a baterías; celulares y otros.
- b) Señalizar el peligro con indicadores. (colocar conos).
- c) Verificar la no existencia de fugas de gas en todas las conexiones, válvulas, flanges y sensores del estanque accidentado.
- d) Advertir a los demás usuarios de la carretera.
- e) Instalar triángulos reflectantes a 35 metros detrás del equipo y 15 metros adelante.
- f) Mantenerse siempre a favor del viento.
- g) Mantener a las personas extrañas alejadas de la zona de peligro.
- h) Avisar lo más pronto posible al teléfono de COE LIPIGAS, AL **600 600 9200** según protocolo de respuesta a emergencias y a organismos de emergencias tales como; Carabineros y Bomberos.

2.- Derrames

- a) Si existiera fuga de gas, se tratará de detener como sea posible, parando el tráfico de todo tipo de vehículos a 300 metros a la redonda, avisando a viviendas y otras construcciones en el mismo perímetro, indicando la no utilización de equipos eléctricos (solicitando ayuda inmediata a terceros) dando aviso oportuno tanto a Carabineros como a Bomberos. Teléfonos 133 y 132 respectivamente.
- b) Personal que concurra al lugar de la emergencia deberá usar ropa ausente de acrílico para evitar acumulación de corriente estática que pueda ocasionar chispa.
- c) Se puede, como prevención, aplicar agua en forma de neblina a sector con fugas de gas. (tratando de atrapar la nube de gas).
- d) Impedir que el vapor penetre en alcantarillas, sótanos y zanjas.

3.- Incendios

- a) Mantener fríos los recipientes aplicando agua en forma de neblina, si estuvieran expuesto al fuego.



- b) Si el estanque no corre riesgo de explosión, mantener el quemado del producto sin tratar de apagar el fuego si los flujos no pueden ser cortados.

4.- Para equipos de la empresa que se encuentren cercanos al accidente.

- a) Si el equipo está cargado y con un destino definido, sólo se detendrá para recoger la información necesaria a fin de dar cuenta a la planta y luego continuar su destino, deteniéndose en un lugar exclusivo para dicho efecto, desde donde dará la información correspondiente.
- b) Si el equipo esta descargado, es decir con su misión cumplida, deberá detenerse para recoger la información necesaria y brindar una ayuda de poca monta si diera lugar. En ningún caso (**a** ni **b**) se podrá desacoplar el estanque del tractor, ni tampoco la detención podrá efectuarse más que en un lugar seguro (no en curva ni subida o bajada) en las bermas, cumpliendo con las señalizaciones que correspondan.
- c) Luego continuará a su destino, deteniéndose en el lugar más cercano para dar el aviso telefónico correspondiente haciendo hincapié que se encuentra descargado, ya que bien podría ser usado ese mismo equipo para el trasvasije de gas posterior.

5.- Trasferencia de gas y rescate del tanque.

- a) En lo posible el estanque receptor saldrá de planta con presión cero con objeto que el trasvasije se realice desde los primeros instantes con el máximo de rapidez aprovechando la alta gradiente manométrica. Así podrán conectarse dos mangueras de líquido desde el primer momento que se inicia la maniobra. Luego, a medida que dicha gradiente comience disminuir podrá iniciarse la compresión de vapor desde el estanque receptor al estanque accidentado.
- b) Se solicitará una grúa de la capacidad de toneladas necesaria para que se encuentre en el lugar del accidente con las primeras luces del día siguiente o cinco horas después de iniciado el trasvasije.

Nota:

La información contenida en la presente HDS, se ha recopilado en base a las mejores fuentes existentes y de acuerdo con los últimos conocimientos disponibles y con los requerimientos legales vigentes. Esto no implica que la información sea exhaustiva en todos los casos de información en todos los casos. Es responsabilidad del usuario determinar la validez de esta información para su aplicación en cada caso.

Última Revisión realizada: 23 de Septiembre de 2013

Empresas Lipigas S.A.