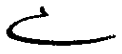


2975

621.4025
E 57
2001



INFORME FINAL

HORNO ROTATORIO DE FUNDICION DE SALES MINERALES

621.4025
E 57
2001

FONTEC-CORFO

PROYECTO N° 199/1803
JUNIO 2001

PRESENTACIÓN

En el último decenio, se constata que el país ha sabido enfrentar con éxito el desafío impuesto por la política de apertura en los mercados internacionales, alcanzando un crecimiento y desarrollo económico sustentable, con un sector empresarial dinámico, innovador y capaz de adaptarse rápidamente a las señales del mercado.

Sin embargo, nuestra estrategia de desarrollo, fundada en el mayor esfuerzo exportador y en un esquema que principalmente hace uso de las ventajas comparativas que dan los recursos naturales y la abundancia relativa de la mano de obra, tenderá a agotarse rápidamente como consecuencia del propio progreso nacional. Por consiguiente, resulta determinante afrontar una segunda fase exportadora que debe estar caracterizada por la incorporación de un mayor valor agregado de inteligencia, conocimientos y tecnologías a nuestros productos, a fin de hacerlos más competitivos.

Para abordar el proceso de modernización y reconversión de la estructura productiva del país, reviste vital importancia el papel que cumplen las innovaciones tecnológicas, toda vez que ellas confieren sustentación real a la competitividad de nuestra oferta exportable. Para ello, el Gobierno ofrece instrumentos financieros que promueven e incentivan la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas productoras de bienes y servicios.

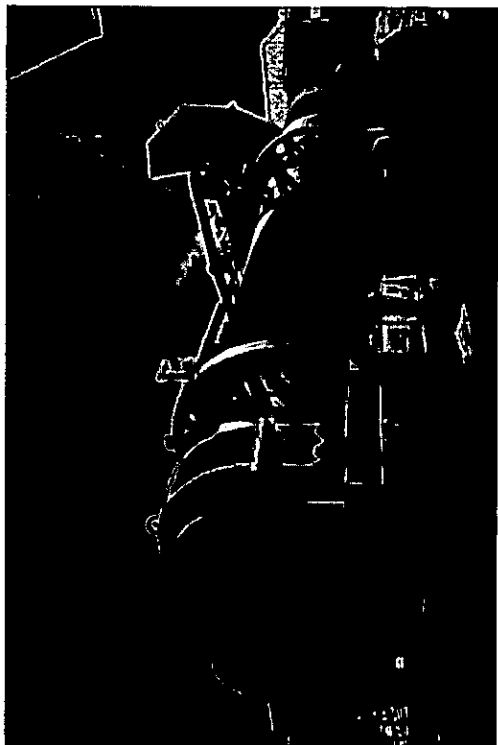
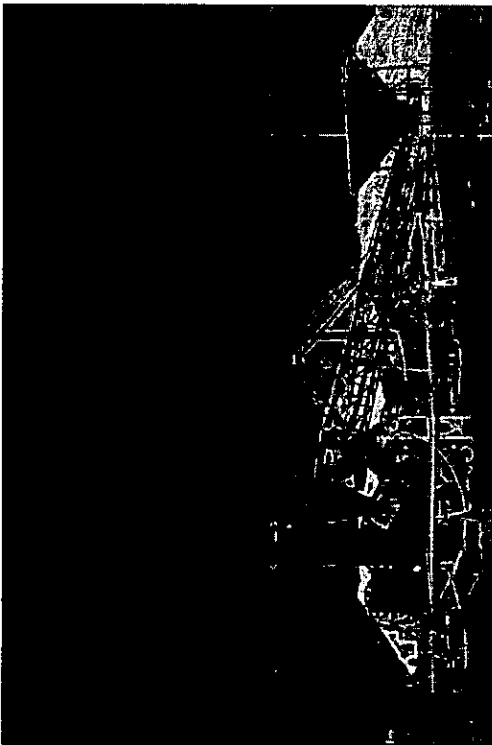
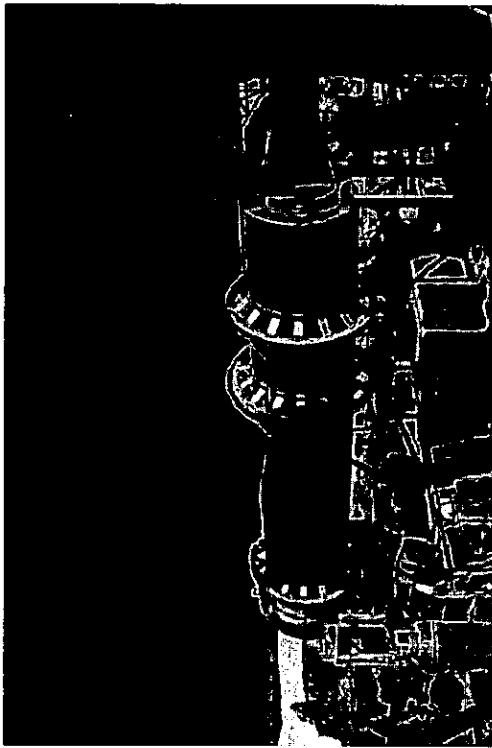
El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo FONTEC, organismo creado por CORFO, cuenta con los recursos necesarios para financiar Proyectos de Innovación Tecnológica, formulados por las empresas del sector privado nacional para la introducción o adaptación y desarrollo de productos, procesos o de equipos.

Las Líneas de financiamiento de este Fondo incluyen, además, el apoyo a la ejecución de proyectos de Inversión en Infraestructura Tecnológica y de Centros de Transferencia Tecnológica a objeto que las empresas dispongan de sus propias instalaciones de control de calidad y de investigación y desarrollo de nuevos productos o procesos.

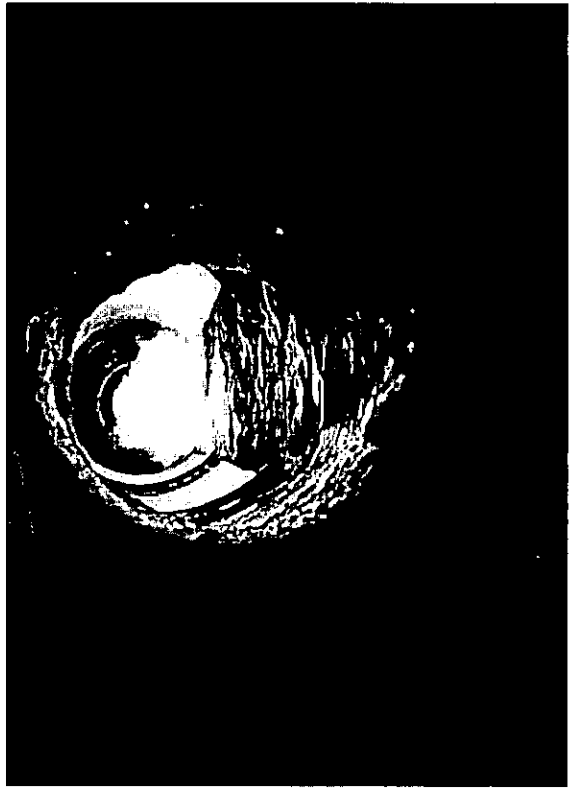
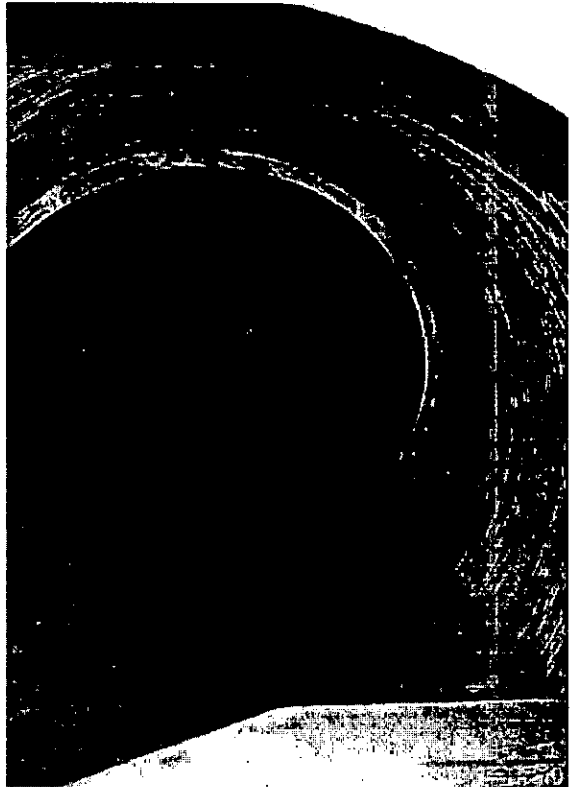
De este modo se tiende a la incorporación del concepto "Empresa - País", en la comunidad nacional, donde no es sólo una empresa aislada la que compete con productos de calidad, sino que es la "Marca - País" la que se hace presente en los mercados internacionales.

El Proyecto que se presenta, constituye un valioso aporte al cumplimiento de los objetivos y metas anteriormente comentados.

FONTEC - CORFO



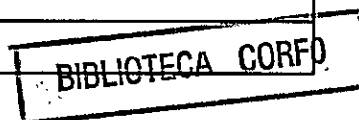
BIBLIOTECA CORFO



1. RESUMEN EJECUTIVO

1.1.- Identificación de la empresa

Razón Social	ENERCOM S.A.
Rut:	79.639.020-4
Giro:	Comercial, Industrial e Importadora
Domicilio:	Camino Interior 2151 , San Ignacio
Comuna:	Quilicura
Ciudad:	Santiago
Región:	Metropolitana
Teléfono:	56-2-6232416, , 56-2-6231146
Fax:	56-2-6232578
Representante legal:	Sr. Andrés Reutter Alert
Rut representante legal	6.063.464-5



Código Proyecto	N° 199-1803-07/07/99
Título Proyecto	Horno rotatorio de fundición directa de sales minerales.
Empresa (s) solicitante (s)	ENERCOM S.A.
R.U.T Empresa	79.639.020-4
Entidad Ejecutora	ENERCOM S.A.

1.2.-SINTESIS DEL PROYECTO DE INNOVACION.

ENERCOM propone fundir nitratos en un tambor rotatorio a fuego directo en contracorriente. Esta disposición tiene la característica que los gases que salen de la zona de fusión (y sobrecalentamiento) tienen una gran cantidad de calor disponible para aprovecharlo en secado y precalentamiento del material.

2.2. Objetivos Técnicos

La nueva tecnología consiste en obtener la fundición del salitre mediante un horno rotatorio de fundición directa, compuesto por dos secciones.

Para el proceso de fundición se proyecta un horno rotatorio, que aprovecha el calor absorbido por las paredes del horno, logrando con la rotación el intercambio calórico con el mineral a fundir.

Los objetivos técnicos esperados con el desarrollo del prototipo de horno rotativo de fundición directa para sales minerales son:

Diseño termodinámico y mecánico del equipo, que sea capaz de fundir el mineral con menor consumo energético en comparación a las tecnologías vigentes.

Construcción de prototipo, de acuerdo al diseño termodinámico y mecánico, establecido en la etapa previa.

Recopilación de KNOW - HOW, para el desarrollo de equipos a escalas productivas superiores.

1.3.-PRINCIPALES IMPACTOS DEL PROYECTO Y CONCLUSIONES.-

1.3.1.- Ahorro de energía: El consumo esperado de petróleo es del orden de 34kg por tonelada de producto.

1.3.2.- Inversión menor: Se estima que un equipo para 20 a 25 toneladas por hora tendrá un costo del orden de los US\$ 400.000.

1.3.3.- Menores costos de mantención: Los dos sistemas actuales de fusión (Reverbero y Hornos Bertrams) tienen altos costos de mantención. El equipo propuesto utilizará una menor cantidad de refractario que los reverberos y en condiciones más favorables de operación y no

tendrá partes sometidas a presión como los coil de los hornos Bertrams. Se estiman ahorros anuales de US\$ 150.000.- por cada equipo reemplazado.

1.3.4.- Partidas y paradas simples: Este equipo debería tener un procedimiento de puesta en marcha y detención más simple que los sistema actuales. Para la puesta en marcha simplemente se comienza alimentar el producto por un extremo con el quemador encendido en el otro extremo. Para detener el equipo será necesario:

- cortar la carga de alimentación

- el líquido, que se encuentra en la parte baja del equipo, se evacúa destapando una sección del tambor que se ha posicionado previamente en la parte alta girando el tambor y así se evita el riesgo que el operador que ejecuta esta maniobra tenga contacto accidental con el caldo fundido.

1.3.5- CONCLUSIONES.

Se hizo la ingeniería y diseño del prototipo propuesto y se construyó en los talleres de ENERCOM. Se trastado el equipo a SQM NITRATOS donde fue probado. Las pruebas fueron un exito. Los resultados de la operación del fundidor rotatorio ENERCOM permiten concluir que es posible la utilización de la tecnología desarrollada con las ventajas propuestas.

A partir de el analisis de los resultados de las experiencias es posible concluir que se puede fabricar un equipo a escala industrial para ser vendido a SQM.

2.- EXPOSICION DEL PROBLEMA

ENERCOM detectó que en la fundición de sales minerales con las tecnologías actuales existía un alto consumo energético y altos costos de mantención de los equipos necesarios para esta función. Desde el punto de vista teórico era posible obtener importantes ahorros de energía con equipos adecuados. La experiencia de ENERCOM en la fabricación de equipos térmicos lo llevo a inventar un equipo para este propósito. El fundidor rotatorio ENERCOM debía ser probado antes de llegar a un equipo a escala industria. Se propuso realizar un prototipo de 5 ton/hr para verificar si los parámetros teóricos operaban en un equipo real.

2.1.- OBJETIVOS TECNICOS DEL PROYECTO

Los objetivos técnicos esperados con el desarrollo del prototipo de horno rotativo de fundición directa para sales minerales:

Diseño termodinámico y mecánico del equipo, que sea capaz de fundir el mineral con menor consumo energético en comparación a las tecnologías vigentes.

Construcción de prototipo, de acuerdo al diseño termodinámico y mecánico, establecido en la etapa previa.

Recopilación de KNOW - HOW, para el desarrollo de equipos a escalas productivas superiores.

3.- METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO

Para llevar a cabo el proyecto se aplicó la siguiente metodología:

3.1.- Estudio e investigación bibliográfica.

Recopilación de antecedentes, en libros especializados, revistas, journals, etc.. Este trabajo se realizó en su totalidad por el Jefe de Proyecto y el Ingeniero de Proyectos.

3.2.- Consulta a expertos.

Reuniones con diferentes personas e instituciones, con el objetivo de comentar, evaluar y medir variables de funcionamiento del equipo, básicamente para adquirir Know How necesario aplicable al proyecto. Trabajo realizado por Jefe de Proyecto e Ingeniero de Proyecto.

3.3.- Ingeniería conceptual.

3.3.1.- Cálculos termodinámicos.

Se analizaron en detalle todos los conceptos termodinámicos involucrados en el funcionamiento del equipo, con el fin de modelar su funcionamiento e interpolar a escalas mayores de rendimientos. Trabajo realizado por Jefe de Proyecto e Ingeniero de Proyecto y subcontratado con profesionales.

3.3.2.- Filosofía de control.

Desarrollo conceptual de todos los elementos de control y de las variables de funcionamiento del equipo para la evaluación de su rendimiento y otorgar seguridad a los usuarios en el manejo del equipo. Trabajo realizado por el jefe de proyecto y técnico instrumentista.

3.3.3.- Especificaciones técnicas.

Especificación técnica de; espesores, capacidades, potencia, revoluciones por minuto (en motores), etc. aplicable a todos elementos, equipos, motores, materiales, etc. que serán utilizados en la fabricación del prototipo. Esta actividad se realizó por el Jefe de Proyecto, Ingeniero de proyecto y el Técnico instrumentista.

3.3.4- Ingeniería de detalle.

3.3.4.1.- Cálculo estructural.

Tarea de ingeniería de detalles en la cual se definen características y capacidades de los materiales a ser utilizados de acuerdo a especificaciones técnicas establecidas previamente, para soportar a los diferentes elementos componentes del equipo. Esta tarea se realizó por el Jefe de Proyecto e Ingeniero de proyecto.

3.3.4.2.- Diseño del equipo.

Diseño estructural y configuraciones de los diferentes elementos componentes del equipo, con el fin de cumplir con cálculos estructurales y especificaciones técnicas. Trabajo realizado por Jefe de proyecto e Ingeniero de proyecto y técnico instrumentista.

3.3.4.3.- Desarrollo de planos.

Vaciado de información procedente de la ingeniería de detalles y conceptual, con el objetivo de elaborar los planos específicos de cada uno de los elementos a fabricar. Este trabajo es realizado por el proyectista y se reproduce para cada una de las etapas de construcción mencionadas anteriormente.

3.3.4.4.- Diseño eléctrico.

Diseño conceptual y de detalles de requerimiento y funcionamiento eléctrico del equipo. Trabajo realizado por Jefe de Proyecto, Ingeniero de proyecto y técnico instrumentista.

3.3.4.4.- Diseño sistema motriz.

Diseño conceptual y de detalles de requerimiento motriz del equipo. Trabajo realizado por Jefe de proyecto, Ingeniero de Proyecto y técnico instrumentista.

3.3.4.5.- Planos eléctricos.

Vaciado de información de diseño eléctrico a planos de ingeniería. Trabajos realizado por jefe de proyecto, ingeniero de proyecto y técnico instrumentista.

3.4.- Tablero eléctrico y control.

Construcción de tableros eléctricos y de control de acuerdo a planos eléctricos. Trabajo realizado por terceros de acuerdo a supervisión e información de técnico instrumentista.

3.5.- Construcción por etapas

Con objeto de organizar de mejor forma la ejecución del proyecto, se procedió a dividir la construcción del equipo en etapas de trabajo, estas son:

- Cámara de combustión.
- Zona de fundición
- Estructura soportante del equipo.
- Bogies (2).
- Llantas (2).
- Corona.
- Sistema motriz.
- Sistema de tratamientos de gases.
- Ventilador extractor.
- Cadena.
- Válvula giratoria.
- Dumper.
- Estructura soportante ciclón.

BIBLIOTECA CORFO

Para cada una de las etapas de construcción mencionadas, se desarrollará una metodología similar, por lo tanto a continuación se describe cada una de ellas y en particular a que etapa es aplicable.

3.6.- Adquisición materiales.

Búsqueda, cotización y compra de materiales de acuerdo a plano de ingeniería. Trabajo realizado por Jefe de Adquisiciones más un ayudante. Esta actividad se realiza para cada una de las etapas de construcción mencionadas anteriormente.

3.7.- Cubicación material en terreno.

Cubicación de material de acuerdo a medidas comerciales de los materiales, de tal forma de cumplir con los planos de ingeniería, trabajo realizado por Jefe de Taller. Esta actividad se repite en la mayor parte de las actividades, con excepción de la fabricación del sistema motriz y la cadena.

3.8.- Unión de planchas.

Se realiza la unión de planchas de acuerdo a cubicación y plano de ingeniería. Trabajo realizado por maestro soldador y ayudante. Esta actividad es aplicable en las siguientes etapas de la fabricación del equipo; cámara de combustión, zona de fundición, zona de secado cilíndrica.

3.9.- Oxicorte.

Corte de planchas mediante oxicorte de acuerdo a trazado. Trabajo realizado por un maestro y un ayudante. Al igual que en la actividad de trazado, el oxicorte es una actividad que se repite para todas las etapas de la fabricación con excepción de la fabricación de la cadena.

3.10.- Cilindrado.

Se procede a cilindrar las planchas de acuerdo a los planos de ingeniería elaborados en etapas anteriores. Esta actividad se desarrolla para las siguientes etapas de fabricación: llantas (2), sistema de tratamiento de gases, válvula giratoria, dumper, cámara de combustión, zona de fundición, zona de secado cilíndrica y ventilador extractor.

3.11.- Armado.

Unión de partes realizando trabajos de calderería y soldadura de acuerdo a planos de ingeniería. La actividad descrita se aplica a todas etapas con excepción de la fabricación de la cadena. Trabajo realizado por dos maestros y cuatro ayudantes.

3.12.- Terminado.

Trabajo de control de calidad, verificación de cumplimiento de standard de calidad, de acuerdo a planos de Ingeniería y normas establecidas. Esta actividad inevitablemente debe ser reiterada para cada una de las etapas de trabajo, esta actividad la realiza el Jefe de Taller.

3.13.- Alivio de tensiones.

Tratamiento térmico mediante calentamiento de los equipos sometidos a soldaduras importantes, con el fin de eliminar tensiones creadas en trabajos de soldadura en puntos críticos. Esta actividad se realizará exclusivamente en la etapa de fabricación de las llantas (2). Esta labor la realiza un maestro más un ayudante.

3.14.- Supervisión y montaje.

Consiste en la verificación en terreno de las actividades de montaje realizada por personal de SQM, con el objetivo de efectuar el control de calidad requerido para cumplir con los estándares de calidad establecidos. Esta actividad la realiza el Jefe de Taller

3.15.- Pruebas de funcionamiento.

Concluida la etapa de montaje del equipo, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento, con el objetivo de medir parámetros, evaluar el correcto funcionamiento del equipo, comprobar rendimientos alcanzados, etc. Esta labor fue realizada por el Ingeniero de proyecto con un ayudante.

3.16.- Evaluación final.

Evaluación final del comportamiento de las variables termodinámicas y mecánicas conceptuadas en la etapa de diseño en relación con los resultados obtenidos por el prototipo en terreno. Esta tarea es realizada fundamentalmente por el Jefe de Proyecto y el Ingeniero de Proyecto.

4.-RESULTADOS

Descripción general de las pruebas de terreno.

4.1. OBJETIVO

El objetivo de las pruebas a realizar es saber si es posible fundir y sobrecalentar nitratos en este equipo y conseguir las calidades que S.Q.M. requiere.

4.2. REVISIÓN PRELIMINAR

- Revisar sentido de giro y consumo de los motores: sistema motriz
 - extractor
 - ventilador combustión
 - bomba de petróleo
 - correa de alimentación

- Graduar el flujo de petróleo de acuerdo a la posición de la válvula de paso
- Regular la presión de gas para piloto de encendido
- Alineación de boggies de rodadura con las llantas del secador
- Alineación de la corona y piñón del sistema motriz
- Funcionamiento de la correa de alimentación
- Calibrar la carga transportada por la correa de alimentación. Instalar una compuerta para regular la altura de la carga o instalar un variador de frecuencia en el motor de ésta correa

4.3. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

4.3.1 Primer encendido

La primera vez, cuando el horno se encuentre completamente desocupado, se debe llenar con prill, hasta que el nivel en el interior del secador este unos 20 mm. por debajo del nivel de los tubos interiores de descarga. El ocupar prill se debe a que tenemos evitar que el material seco sea arrastrado con el flujo de gases calientes mientras se produce el calentamiento.

Una vez lleno, poner en marcha el secador. Encender el quemador. Es importante el no alimentar carga hasta que se observe por la mirilla, que se encuentra en el sector de alimentación, que la carga inicial de prill este completamente fundida.

Al comenzar a alimentar el secador el nivel de caldo comenzará a subir en el interior hasta que alcance el nivel de descarga. A ese momento comenzará a caer caldo por la caja de descarga. Bajo esta caja debe haber un surco que canalice el caldo hacia la piscina de acumulación.

4.3.2 Encendido del quemador

Dado el carácter de prototipo de este equipo, el quemador es completamente manual.

Para encender el quemador se deben seguir los siguientes pasos:

- Presurizar red de gas del piloto
- Poner en marcha la bomba de petróleo
- Abrir el dumper del ventilador de combustión al máximo por 30 segundos y luego llevar al mínimo (barrido de gases)
- Energizar transformador de encendido
- Abrir la válvula de paso de gas piloto y regular la presión del cilindro hasta que se observe una llama piloto estable
- Con el piloto encendido, abrir la válvula de paso de petróleo hasta que se observe una llama estable
- Para aumentar la llama principal se debe abrir la válvula de petróleo junto con el dumper de aire del ventilador de combustión. Se requiere ir controlando visualmente el color de la llama para poder dar una regulación adecuada de la combustión

4.3.3 Detención NORMAL del Secador

El procedimiento normal para detener el secador consiste en parar la alimentación y mantener el secador girando hasta que se detenga la salida de caldo por la caja de descarga. Luego detener el secador y posicionarlo de tal forma que el tapón de drenaje quede sobre el nivel de caldo. Para esto se debe girar manualmente el motor del sistema motriz. Sacar la tapa gorro y volver a girar lentamente el secador hasta que el tubo de drenaje quede ubicado en la parte inferior del secador. En el piso de este sector también debe haber un surco que canalice el caldo hacia la piscina de acumulación.

4.3.4 Detención de EMERGENCIA

En caso de corte de energía se debe girar manualmente el secador hasta que una de las cañerías de descarga quede justo en la parte inferior del secador. Una vez que deja de salir caldo, girar el secador hasta que el tapón de drenaje quede por sobre el nivel de caldo. Sacar la tapa gorro y volver a girar el secador hasta que el tubo de drenaje quede ubicado en la parte inferior del secador.

4.3.5 Precauciones

Es importante evitar que el caldo se enfríe dentro del secador ya que toda esa masa provocará un desbalanceo muy grande del equipo. Esto podría provocar daños en el sistema motriz.

Cada vez que se modifique el flujo de petróleo se debe modificar el dumper del extractor de gases del secador, de modo de mantener al mínimo las infiltraciones de aire por el anillo de deslizamiento entre el quemador y el secador.

4.4.- MEDIDAS DE SEGURIDAD

Delimitar el área de los boggies y del sistema motriz, instalando una cinta que evite tránsito por esos lugares

- De igual forma, delimitar la zona de la piscina de acumulación y el área de los surcos que canalizan el caldo desde la caja de descarga y desde el tubo de drenaje hasta la piscina de acumulación
- Instalar el cilindro de gas licuado a una distancia prudente del quemador
- La tarea de sacar la tapa de drenaje es delicada, por lo que recomendamos fabricar una herramienta que permita al operador destornillar la tapa y mantenerse

separado del secador

4.5.- PUNTOS DE MEDICIÓN

Caudal de petróleo

Temperatura entrada producto

Temperatura salida caldo

Temperatura salida de gases

Temperatura del manto del secador (5 puntos en todo su largo)

Alimentación del secador

Análisis de muestras, por el C.I.P., para revisar calidad del caldo

4.6. -RESULTADOS

Durante las pruebas fue posible comprobar que los procedimientos e operación y los aspectos de seguridad antes expuestos fueron posible realizarlos de acuerdo a lo programado. Es decir en los aspectos operativos el reverbero giratorio es factible de operar de acuerdo a lo programado.

Las pruebas de operación del equipo fueron exitosas. La capacidad de fundición alcanzó a 4.1 ton/hr y el equipo esta diseñado para operar a 4 ton/hr es decir los parametros de diseño se pudieron corroborar en las experiencias de prueba.

Respecto del consumo de combustible este alcanzó a 31 Kg de diesel/ton de producto fundido entrando a una temperatura de 15 °C y saliendo fundido a 340°C

La calidad de las sales fundidas es similar a las calidades obtenidas de los otros tipos de fundidores.

En resumen se puede decir que las pruebas son exitosas y permiten preveer que es factible diseñar un fundidor a escala industrial utilizando esta tecnología.

5.- IMPACTO DEL PROYECTO

Apartir de estos resultados ENERCOM debe iniciar las conversaciones con SQM para vender una unidad comercial del fundidor rotatorio. Este equipo debe tener un valor comercial del orden de US\$ 400.000.-

Actualmente SQM esta en proceso de evaluación interna de los resultados de las pruebas.

En el caso de que SQM se decida a realizar dicha compra el potencial de venta es de hasta 7 equipos 3 para Pedro de Valdivia y 4 para Maria Elena.

Existen otras empresas que funden salitre en el pais las cuales serán contactadas una vez que los tramites de patente sean ingresado a la oficina de patentes.

6.- ANEXOS

Anexo N° 1	RESUMEN DE ACTIVIDADES
Anexo N° 2	CUADRO RESUMEN GASTOS REALES
Anexo N° 3	DETALLE MENSUAL DE GASTOS PROYECTO



(ANEXO N° 1)

RESÚMEN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

FECHA

1.- ANTECEDENTES GENERALES

CODIGO PROYECTO	199/1803
TÍTULO DEL PROYECTO	HORNO ROTATORIO DE FUNDICION DIRECTA DE SALES MINERALES
EMPRESA	ENERCOM S.A.
INFORME DE AVANCE N°	FINAL
TOTAL INFORMES AVANCE	2

2.- CUADRO RESUMEN DE ACTIVIDADES

BIBLIOTECA CORFO

2.1.- ACTIVIDADES PROGRAMADAS (Según Carta Gantt)
VER ADJUNTO
2.2.- ACTIVIDADES EFECTIVAMENTE DESARROLLADAS
VER ADJUNTO

GANTT PROYECTADO

MESES

Actividad	1	2	3	4	5	6
1.- Estudio e Investigación	█					
1.1.- Investigacion bibliografica	█					
1.2.- Consulta expertos						
2.- Ingenieria conceptual		█				
2.1.- Calculos termodinamicos		█				
2.2.- Filosofia de control		█				
2.3.- Especificaciones técnicas		█				
3.- Ingeniería de detalles		█				
3.1.- Cálculo estructural		█				
3.2.- Diseño de equipo		█				
3.3.- Diseño eléctrico		█				
3.4.- Diseño sistema motriz		█				
4.- Planos eléctricos		█				
5.- Tablero eléctrico			█			
6.- CONSTRUCCIÓN POR ETAPAS DE TRABAJO			█	█		
7.- Supervisión y montaje					█	
8.- Pruebas de funcionamiento					█	█
9.- Evaluación final(medición de parametros)						█
10.- Conclusiones						█
11.- Informe final FONTEC						█

