

671.2
A532
2001

4065
3145

INFORME FINAL

CODIGO DEL PROYECTO N° 200-2285

**Proceso Para La Formulación De Una Masa Refractaria
Basada En La Olivina.**

FONTEC - CORFO

ANA MARÍA EDWARDS Y CÍA. LTDA.

671.2
A 532
2001

30 DE MAYO DEL AÑO 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

INDICE

TEMA	PAG.
A.- RESUMEN EJECUTIVO	1
A.1.- ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	1
A.2.- SINTESIS DEL PROYECTO	2
A.3.- PRINCIPALES RESULTADOS DEL PROYECTO Y CONCLUSIONES	2
B.- EXPOSICION DEL PROBLEMA	3
B.1.- PROBLEMAS ENFRENTADO	3
B.2.- OBJETIVOS TECNICOS	4
B.3.- TIPO DE INNOVACION DESARROLLADA	5
C.- METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO	6
C.1.- DESCRIPCION DE LA INVESTIGACION	6
C.2.- METODOS USADOS EN EL SISTEMA EXPERIMENTAL	8
C.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL	9
C.4.- PLAN DE TRABAJO	11
D.- RESULTADO	12
D.1.- DESARROLLO DE UN PLAN DE TRABAJO	12
D.2.- DESARROLLO DE LA MAQUINA BIZCOCHERA	16
E.- IMPACTOS DEL PROYECTO	20
E.1.- IMPACTOS TECNICO ECONOMICOS	20
ANEXOS	22

A.- RESUMEN EJECUTIVO:

A.1.- Antecedentes de la Empresa:

Productos Químicos Ana María Edwards y Cia. Ltda, es una sociedad familiar, la cual fue constituida en la ciudad de Santiago en abril 1996, su actividad comercial se centra básicamente en cuatro áreas.

- Productos Químicos: Productos Obtenidos de síntesis, destinados a la industria de la construcción como aditivos, dispersantes, acelerantes de fraguado, etc., se atienden a industria de pinturas, con productos como talco, mica, carbonatos, caolín, y en menor proporción la industria del cuero y agrícola.
- Comercialización: Se compra material como excedentes industriales a empresas mineras material y posteriormente son pasados por molinos y mezcladores para su comercializados.
- Servicios de Maquila : Especialmente moliendas de materias primas y síntesis de productos, para empresa como BASF, HASBÚN, LEVER CHILE, entre otras
- Productos Refractarios : productos y asesoría especialmente dirigido al área de la Fundiciones, encontrándose dentro de su cartera de clientes CODELCO División Talleres, División Caletones, Fundiciones de Acero, Empresas Instaladoras de elementos refractarios

Los orígenes de la empresa se remontan a principio de la década del 90, cuando la Señora Ana María Edwards, Doctorada en Química y actual Docente de La Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Químicas, decide montar una planta para la producción de productos químicos destinado a la industria de la construcción, molienda y síntesis, en 1996, debido al volumen de operaciones crea se transforma en una sociedad con personería jurídica, se asocia junto con esposo, Hernán Carvajal, licenciado en química y forman, Ana María Edwards y Cia Ltda., “Productos Químicos AME Ltda.”, ampliando sus actividades comerciales a otros campos del quehacer industrial. , la experiencia de don Hernán en procesos industriales en Chile y el extranjero lo llevan al diseño y construcción de molinos equipos y procesos que hoy constituye el patrimonio de la sociedad.

Productos Químicos AME LTDA., se orienta desde sus inicios a la búsqueda de soluciones tecnológicas, como sus socios se han definido como profesionales del área química orientadas a la construcción y procesos industriales, desde sus comienzos el empresario, ha sobresalido por su ingenio innovador, investigando nuevos usos y aplicaciones que pudiesen servir en la industrias y procesos, lo que le ha traído una importante ventaja comparativa frente a sus competidores.

El prestigio alcanzado, a sido producto de un riguroso plan de inversiones en investigación en especial en los sistemas de producción que han permitido responder con excelencia en la calidad de sus productos cualidad que la distingue en el mercado, en los últimos cuatro años se han invertido cerca de 30 millones de pesos en ampliaciones de nuevos procesos y usos de nuevas tecnologías.

Cuenta con una planta de procesamiento y molienda ubicada en Camino el Toqui 650, Comuna de Maipú, se compone de un terreno industrial de 3000 mt. cuadrados, de los cuales 70% esta destinado a las plantas de procesamiento y molinos y un 30% a las oficinas administrativas y laboratorio.

A.2.- Síntesis del Proyecto Desarrollado:

El proyecto ha tenido como finalidad la introducción de un nuevo producto refractario, desarrollando una formulación basada en la Olivina, mineral compuesto por Silicato de Hierro Magnesio de fórmula química: $(Mg, Fe)_2SiO_4$, que se introducirá como materia prima principal de las masas refractarias que se emplean en el revestimiento de todas las unidades de traspaso de cobre líquido y escorias, que se ocupan en las fundiciones de la gran minería del cobre.

Esto ha implicado hacer estudios teóricos de posibles formulaciones de una masa refractaria, plantear desarrollos experimentales que permitieron medir cuantitativamente y cualitativamente su comportamiento y a la luz de los resultados obtenidos se ha podido modelar una configuración de comportamiento óptimo de trabajo, inferir procedimientos para su producción y uso.

A.3.- Principales Resultados del Proyecto y Conclusiones:

La introducción de masas en base a Olivina permitirá acceder a este mercado con un producto nuevo que es un aporte para el usuario, ya que le trae ventajas tanto del punto de vista técnico como económico. Para la empresa, el desarrollo de esta masa le permitirá acceder a este mercado, incorporándose como empresa proveedora de soluciones refractarias de alto valor agregado, por el aporte de materiales de alta tecnología.

De esta manera, el desarrollo de este producto tiene un impacto fundamental en la proyección de la empresa, que se tradujo en aumento en la dotación de personal, infraestructura, requerimientos de capacitación.

Para las fundiciones de Cobre, disponen de una mejor alternativa que la actual para el revestimiento de sus unidades de traspaso de metal líquido. Aumentarán el factor de marcha, con un material de menor precio unitario.

B.- Exposición del Problema:

B.1.- Problema Enfrentado:

Dado que los productos en uso en la actualidad, concretos refractarios sobre la base de arcilla calcinada y cementos refractarios, salen fuera de servicio por fuerte desgaste e impregnación de Cobre líquido, esta misma impregnación impide reprocesar y volver a incorporar como materia prima estos escombros refractarios, luego de la demolición de la unidad, generando problemas graves de impacto ambiental y residuos tóxicos que no tienen una solución final solucionada, generando costos adicionales sin retornos económicos.-

Con la inclusión de Olivina, por sus características de baja impregnación por metales fundidos, se aspira a reprocesar los escombros sometiéndolos a molienda, clasificación, y dosificación en un porcentaje importante en la masa refractaria a desarrollar.

La Olivina representa una alternativa óptima desde el punto de vista técnico y económico para estas aplicaciones.

- Técnico: por sus características físico-químicas aumentará de manera significativa el factor de marcha de estas unidades; mantendrá el Cobre refinado a fuego (RAF) libre de inclusiones, con mínimas pérdidas de calor durante el traspaso lo que favorece el moldeo, y como ventaja adicional permitirá reprocesar los escombros refractarios luego de retirada de servicio la correspondiente unidad.
- Económico: para la industria del Cobre aportará una reducción significativa en los costos de operación de estas unidades, tanto costos directos como indirectos. Costo directo: porque se proyecta un menor consumo de material, de al menos un 20%, de una masa refractaria cuyo precio unitario será menor al precio del material en uso en la actualidad.
- Costos indirectos: con el nuevo material aumentará el factor de marcha de las unidades de traspaso de metal fundido, lo que implica menor cantidad de horas/hombre en albañilería refractaria, bodegaje, transportes, etc.

B.2.- Objetivos Técnicos del Proyecto:

El objetivo técnico se alcanza al configurar la masa refractaria en base a Olivina para el revestimiento de unidades de traspaso de cobre líquido y escoria, aumentando de manera significativa el factor de marcha de estas unidades, con una disminución importante en los costos de operación. No será necesario botar los escombros refractarios luego de salir de servicio estas unidades, podrán ser recicladas para volver a ser reutilizadas.-

La Olivina como producto refractario.

En el proyecto se está promoviendo el uso de Olivina en la industria del Cobre para las unidades de traspaso de metal líquido y escorias. Con esto la introducción de un material de base forsterítica de muy alta refractariedad, baja conductividad térmica, buena resistencia a los ciclos térmicos, baja mojabilidad por el metal líquido.

Ya que los metales fundidos no ferrosos pueden ser muy bajos en viscosidad, casi comparable con el agua, es esencial reducir la penetración del metal fundido en el material refractario, escogiendo óxidos que presenten baja mojabilidad. Dentro de los óxidos refractarios la magnesita, forsterita, magnesio-cromo-espinel, magnesio-alúmina espinel presentan de manera más acentuada esta cualidad, respecto a otros óxidos refractarios.

Al ser de baja conductividad térmica, el revestimiento no extraerá de manera apreciable el calor al metal fundido, con lo cual se favorece la eliminación de la formación de acreciones de metal solidificado en el revestimiento, conocidas como "chanchos", que provocan la salida de servicio de la unidad para limpieza. En la Fig.1 que relaciona los valores de conductividad térmica de diferentes productos refractarios comerciales, se encuentra uno de los argumentos para introducir la Olivina como materia prima principal de las masas refractarias que se ocupan para revestimientos de unidades de traspaso de Cobre líquido. En efecto, los productos en base a forsterita y, muy en especial Olivina, son los que presentan los menores valores de Conductividad Térmica, por debajo de los materiales actualmente en uso, que se mencionan como Fireclay 40^oo.

En relación a la refractariedad, en el diagrama de fase binario de la Fig.2, que representa el estado de fases respecto a la temperatura de los compuestos forsterita y fayalita, se puede apreciar que la temperatura de aparición de fases líquidas se encuentra sobre los 1700 °C permaneciendo en solución sólida por debajo de esta temperatura. Si consideramos que la temperatura de vaciado del Cobre se encuentra entre los 1100 °C y 1200 °C, es claro que el revestimiento satisface ampliamente los requisitos de refractariedad, es decir, la temperatura de operación.

La resistencia a los ciclos térmicos es importante también en esta aplicación, ya que pueden presentarse fluctuaciones en el paso del metal líquido que generan cambios apreciables de temperatura que pueden dañar el revestimiento por formación de grietas.

Además la Olivina presenta como ventaja adicional el ser considerada esencialmente inocua desde el punto de vista ambiental, lo cual representa una ventaja importante tanto en la fabricación, aplicación y manejo de residuos luego de terminado el servicio.

Dentro del mercado de las Olivinas, interesan para este proyecto las de alta refractariedad, definidas por los siguientes criterios de selección:

Elevada relación MgO:SiO ₂	>	1,18
Alto contenido de MgO	>	48 %
Bajo contenido de CaO	<	0,3
Bajo contenido de Fe ₂ O ₃	<	8 %
Bajo contenido de Al ₂ O ₃	<	1 %
Baja pérdida por calcinación	<	1%

B.3.- Tipo Innovación Desarrollada:

La innovación tecnológica, partió por la realización de una serie de estudios técnicos destinados a medir el comportamiento de las masa refractaria desarrollada, acotando parámetros que permitan determinar niveles de tolerancia y uso adecuados.- Esto nos ha llevado por primera vez en Chile de la introducción del mineral refractario Olivina, como materia prima base de las masas refractarias que se utilizan en el revestimiento de todas las unidades de traspaso de cobre líquido refinado a fuego y escorias.

Aplicaciones:

- Desde el horno de refino hasta la rueda de moldeo de lingotes.
- Desde el horno de refino hasta la rueda de moldeo de ánodos
- Canales de vaciado de horno Flash.

El proyecto tubo como objetivo desarrollar la formulación de un nuevo producto, una masa refractaria con el mineral Olivina como materia prima principal, que pueda ser aplicada en las unidades de traspaso de metal líquido, bajo los siguientes parámetros.

- Fácil aplicación, sin introducir complicaciones operacionales que aumenten la cantidad de horas/hombre: o requieran el uso de sofisticadas maquinarias.
- Desarrollar resistencia mecánica luego de la aplicación, mediante liga química o hidráulica, por lo general después de secado a 110 °C.
- Rápida puesta en servicio, requisito importante para aumentar la disponibilidad de estas unidades.
- Satisfacer las condiciones de operación, entregando un mejor rendimiento que las masas actuales, medida por el factor de marcha de los equipos, y por el cociente de Kg. de refractario / TM de cobre líquido transportado.

C.- Metodología y Plan de Trabajo:

C.1.- Descripción de la Investigación:

El proyecto partió por el Diseño de Innovación Tecnológica, partiendo por los estudios necesarios teóricos y empíricos, que permitieron diseñar una masa refractaria, para posteriormente realizar las pruebas experimentales y pilotos correspondientes.

La metodología de investigación se basó en seguir la siguiente pauta de investigación:

Seleccionar: seleccionar información y las alternativas tecnológicas, y de diseño, existentes en literatura, así como del conocimiento y experiencia del equipo investigador, referente al tema.

Examinar críticamente: Los procedimientos diseñados examinar en detalle los elementos requeridos con espíritu crítico, identificar aquellos elementos verdaderamente relevantes que van a influir en la formulación refractaria.

Poner a Prueba: En forma teórica y práctica, teniendo en cuenta todas las variables previsibles analizadas.

Buscar Alternativas: Analizados los cursos de acción detectando en forma teórica, pasar a la práctica buscando las alternativas más lógicas que se vayan detectando.

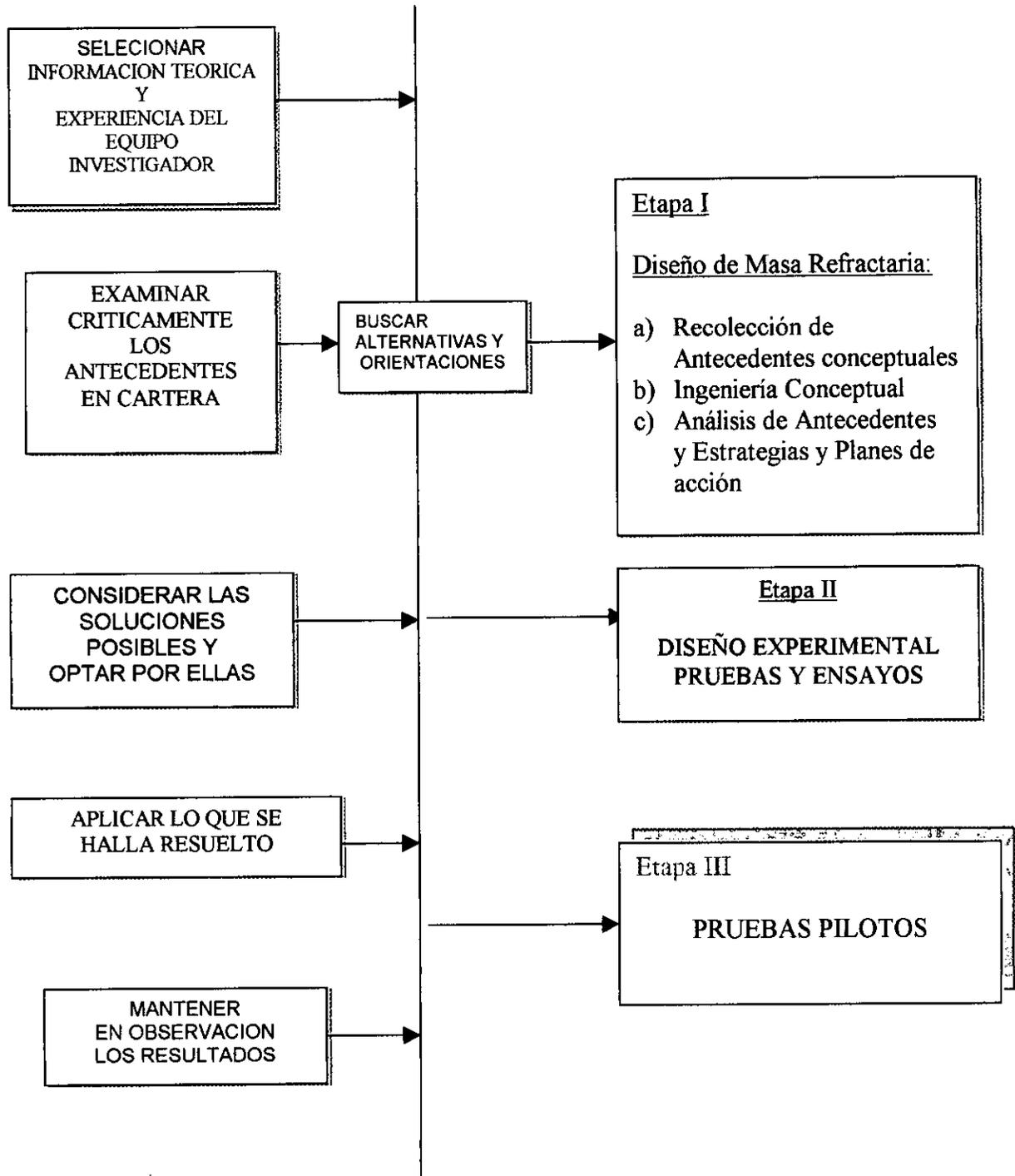
Buscar Orientaciones: Respecto a aquellas alternativas tomadas y que implementadas en la práctica presenten problemas, se buscarán las orientaciones con el equipo ejecutor o profesionales externos si así fuese necesario.

Idear: Métodos y estrategias alternativas que permitan orientar en la búsqueda de soluciones teóricas y prácticas, en cuanto a los diferentes procedimientos tecnológicos que pudiesen ser utilizados.

Examinar Nuevamente: Chequear las alternativas técnicas factibles y poner en práctica.

Definir: Definir con precisión las actividades y procedimientos que nos lleven a poner en práctica las alternativas tecnológicas, considerando aspectos técnicos exigidos por la nueva formulación

Esquema de la metodología de investigación:



C.2.- Métodos Usados en el Sistema Experimental:

- a) **Etapa de Formulación:** Esta etapa comprendió desde la recolección de antecedentes teóricos, pasando por los componentes químicos y elementos físicos a utilizar hasta la composición propiamente tal. En esta etapa de análisis y estudio se orientó al diseño conceptual de las diferentes formulaciones procedimientos y métodos de reacción entre los componentes, se analizó literatura al respecto centrándose en aspectos empíricos sobre el tema y su factibilidad técnica de aplicación así como los procedimientos necesarios para la operación.

Esta etapa comprendió:

- a) En la primera etapa correspondió elaborar un modelo teórico de la masa refractaria que se quiere desarrollar. Para eso se debió determinarse la granulometría que se necesitaba para este producto, de acuerdo a las condiciones de aplicación y al servicio al cual estará expuesto. Existen al respecto una serie de modelos de curvas de granulometría, los cuales se tomarán como base para este desarrollo, y se trabajará con tres tipos de los cuales se escogerá luego de los resultados experimentales aquel que de las mejores propiedades.
- b) Estas granulometrías condicionaron las fracciones de Olivina que se requirieron comprar para las pruebas de laboratorio y de campo.
- c) De igual manera se debió seleccionar los aditivos de liga que mejor se adaptaron al objetivo del proyecto. Para esto se trabajó con tres tipos de aditivos de liga, a saber: Silicato de Sodio, Cemento cálcico aluminoso, y un polifosfato alcalino, pudiendo aparecer otros en la etapa de estudio que pueden ser utilizados.

a) **Diseño y Pruebas Experimentales**

Estas etapas comprendieron:

- Diseño de pruebas de laboratorio.
- Análisis de determinación de las propiedades aislantes.
- Especificaciones técnicas para la aplicación del producto.

- d) Preparación de una batería de formulaciones de prueba, dosificando diversas fracciones granulométricas de Olivina con cada uno de los aditivos de liga.
- e) Mezclar con agua y preparar probetas para ensayo por vaciado, vaciado y vibrado, apisonado, con cada una de las formulaciones de pruebas, en moldes metálicos.
- f) Registrar la cantidad de agua adicionada para fabricar cada una de las probetas para ensaye.
- g) Determinar el tiempo de iniciación y finalización del fraguado, utilizando para ello el aparato Vicat.
- h) Dejar fraguar por 12 horas, desmoldar, pesar, medir, determinar peso volumétrico.
- i) Proceder a secar en estufa eléctrica por 12 horas, para cada formulación experimental.
- j) Luego de secado determinar peso volumétrico, cambio lineal luego de secado, para evaluar contracción por secado.
- k) Determinar la resistencia mecánica, medida en función a la Resistencia a la compresión en frío.
- l) Quemar estas probetas a las siguientes temperaturas: 540⁰C, 816⁰C, 1100⁰C.
- m) Evaluar a cada una de estas temperaturas las siguientes propiedades de las probetas en evaluación:
 - Peso volumétrico Porosidad aparente
 - Cambio lineal
 - Cambio volumétrico
 - Resistencia a la Compresión en frío.
 - Resistencia a la Abrasión.
- n) En las probetas quemadas a 1100 ⁰C, evaluar la resistencia al choque térmico.
- o) Procesar toda la información reunida, que permitirá determinar las aptitudes de uso y aplicación de las distintas muestras ensayadas.
- p) De acuerdo a la información ya procesada, seleccionar las formulaciones que mejor satisfagan los objetivos que se espera alcanzar. De preferencia para aplicaciones en unidades de traspaso y para fabricación de piezas preformadas llamadas piqueras.

- b) **Pruebas pilotos y rectificaciones:** En esta etapa correspondió la implementación en proceso, como primera instancia se realizaron pruebas en la propia empresa y posteriormente en empresas externas para verificar su comportamiento en terreno, se chequearon los resultados, se sacaron conclusiones y se rectificaron errores o desviaciones que en la práctica se detectaron, tanto en la formulación como aplicación.

1. Estas formulaciones se emplearon para aplicaciones tipo piloto, como paso previo a las pruebas en terreno.
2. Pruebas piloto: en base a las formulaciones seleccionadas se fabricaron las muestras, en cantidad suficiente para las pruebas siguientes.
3. En esta etapa se revistieron canales metálicos previamente construidas para este fin. Estas canaletas tienen 1 m de longitud, y 0.5 m de diámetro, divididas en sentido longitudinal por la mitad. El espesor del revestimiento será de 100 mm. Estas canaletas se revistieron por vaciado, aplicación directa sin moldaje, vaciado y vibrado, apisonado.
4. Se dejaron secar por 12 horas y luego se les aplicó calor suave con un soplador de aire caliente para agilizar el secado, y posteriormente se aplicó un quemador a gas para secar por completo a 120°C. Chequeando para evaluar existencia de grietas, laminaciones, acabado superficial. Estas canaletas se llevaron de muestra a los clientes.
5. Con estas Mezclas se realizó un ensayo de impregnación de cobre líquido, la prueba tipo crisol.
6. En esta etapa el proceso, ya se definió la formulación que se envió a las fundiciones de cobre como muestra industrial para pruebas finales.
7. Pruebas de aplicación: en coordinación con el personal de las fundiciones.
8. Rectificación de métodos y formulaciones.
9. Se establecieron, parámetros técnicos para la aplicación de la formulación.
10. Controles de calidad.
11. Especificaciones técnicas del producto: se analizarán las características técnicas del material producido de tal manera de presentar al usuario un catálogo con las potencialidades del producto

C.4.- Plan de Trabajo:

En el cuadro siguiente se adjunta el programa de ejecución del proyecto, en gráfico de barras tipo Gantt.

CARTA GANTT: CRONOLOGIA DE EJECUCION MENSUAL						
ITEMS / MES	1	2	3	4	5	6
<p>Etapa I de Formulación:</p> <p>a) En la primera etapa corresponde elaborar un modelo teórico de la masa refractaria. b) Análisis de granulometrías c) De igual manera se deben seleccionar los aditivos de liga que mejor se adapten al objetivo del proyecto. Para esto se trabajará con tres tipos de aditivos de liga, a saber: Silicato de Sodio, Cemento cálcico aluminoso, y un polifosfato alcalino, pudiendo aparecer otros en la etapa de estudio que pueden ser utilizados.</p>						
<p>Etapa II - Diseño y Pruebas Experimentales</p> <p>a) Diseño de pruebas de laboratorio. b) Análisis de determinación de las propiedades físicas de las masas. c) Rectificación de métodos y formulaciones. d) Establecer parámetros técnicos para la aplicación de la formulación.</p>						
<p>Etapa III--Pruebas pilotos y rectificaciones</p> <p>a) En la propia empresa b) En plantas de fundiciones c) Establecer parámetros y especificaciones técnicas de la masa refractaria configurada.</p>						

D.- RESULTADOS

D.1.- DESARROLLO DE UN PLAN DE TRABAJO

A. Etapa de formulación.- como se planteó en la presentación del proyecto, se comenzó recopilando los antecedentes bibliográficos que permitieron conocer las distintas calidades de Olivina presentes en el mercado, las experiencias de uso en el mercado siderúrgico, extraer algunas ideas que se podrían aplicar en la industria del Cobre.

De esta manera, se conocieron los diversos aditivos que se han empleado en algunas aplicaciones de este mineral:

- a) Cementos cálcicos aluminosos, del tipo 50% Alúmina.
- b) Sulfato de Magnesio anhidro.
- c) Silicato de Sodio.
- d) Liga fosfórica, mediante polifosfatos alcalinos y ácido fosfórico.
- e) Sulfato de Aluminio.
- f) Aditivos acelerantes del fraguado, como cloruro de Calcio atomizado.
- g) Aditivos para mejorar la fluidez del producto, como son estearato de Calcio (Estalub "T"), sílice coloidal (aerosil, Tix-o-sil 333), tripolifosfato de Sodio, ferrosilicio sublimado, aceite silicona, alfa-celulosa.

Paralelamente con esto, se estudió la interacción del mineral Olivina con otros materiales refractarios, como chamote básico (escombros de la demolición de hornos de Cobre), arena de Cromita, óxido de Cromo grado pigmento.

Como resultado de una visita a la Refinería de Cobre de Caletones, División Teniente, quedó establecido el tamaño máximo de grano que acepta la aplicación, el cual corresponde a malla 8, es decir 2.36 mm de diámetro de tamaño de grano.

Quedando establecido el tamaño máximo de partícula, es posible fijar las curvas de granulometría que pueden usarse en esta aplicación. Del gráfico de la Fig. 1, que son modelos de granulometría para máxima densidad de compactación, con tamaño máximo de grano de 2.36 mm, se escogieron tres curvas de granulometría, que corresponden a los siguientes valores:

Tabla 1. Granulometrías seleccionadas para ensayo

% Acumulado en cada malla

Malla Nº	Abertura	Curva 1	Curva 2	Curva 3
10	2.36	2.0	2.0	2.0
16	1.18	18	22	26
20	0.85	12	18	20
40	0.425	16	18	20
100	0.150	16	17	18
<100	0.150	36	23	14

Se someterán a ensayo estas tres series de granulometrías, para evaluar su comportamiento respecto a los siguientes factores:

- a) **Aplicación:** se busca lograr una mezcla que tenga una gran facilidad de aplicación, requisito esencial para ser aceptada por el usuario. Esta facilidad de aplicación involucra la etapa de preparación en terreno, el proceso de mezclado al momento de agregar el agua. Debe permitir el mezclado manual, con pala sobre una carretilla de mano, o bien el uso de mezcladores tipo trompo. También la excelencia en la aplicación, está determinada por las características que presenta el material al momento de revestir alguna unidad de moldeo. Debe ser suficiente trabajabilidad para rellenar todo el espacio a revestir, solo con aplicación manual mediante pala o cuchara de albañil, ya que por la geometría de las unidades no se suelen ocupar vibradores externos o internos. El material debe formar un talud y subir por las paredes laterales, en un ángulo de 50 a 60°, con buena adherencia, sin escurrir hacia el piso.
- b) **Acabado superficial:** se debe lograr un acabado fino, bastante regular en la textura y distribución de granos. El Cobre fundido debe deslizarse con el mínimo de resistencia sobre el material.
- c) **Densidad de compactación:** se debe alcanzar la mayor densidad de compactación posible.
- d) **Contracción por secado:** la contracción por secado debe ser nula, de tal manera que no se presenten grietas al momento de secar la unidad antes de ponerla en operación.
- e) **Contracción a temperaturas elevadas,** sobre 500°C, y a la temperatura de operación. La aparición de grietas a la temperatura de operación descarta inmediatamente el producto.

De acuerdo a estas curvas, es necesario aplicar procesos de molienda y clasificación por tamaño de partículas a las materias primas seleccionadas.

Materias primas principales: Olivina/arena de Olivina, arena de Cromita, chamote refractario básico.

Tipo de molienda: molienda en fracciones bajo malla 10

Clasificación	- Fracción gruesa:	-10/+16 mallas.
	- Fracción gruesa/media:	-16/+20 mallas
	- Fracción media:	-20/+40 mallas.
	- Fracción fina:	-40+100 mallas
	- Fracción polvo:	<100 mallas

Molienda tipo polvo bajo malla 100: 5% máximo sobre malla 100.

Aditivos de liga: cemento cálcico aluminoso, silicato de Sodio anhidro, hexametáfosfato de Sodio, ácido fosfórico, bicromato de Sodio, sulfato de Magnesio, sulfato de Aluminio.

Aditivos especiales: estearato de Calcio (Estalub "T"), sílice coloidal (aerosil, Tix-o-sil 333), tripolifosfato de Sodio, ferrosilicio sublimado, aceite silicona, alfa-celulosa.

- B. Para definir la granulometría más idónea a ocupar se desarrolló una batería de ensayos, manteniendo las mismas materias primas y variando la distribución granulométrica para ajustarla a los valores de la Tabla 1.

Tabla 2.- Formulaciones a ensayar. % adición en peso.

Materias primas	Mallas	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Mezcla 6
Olivina	-10/+16	20	24	28	20	24	28
	-16/+20	12	18	20	12	18	20
	-20/+40	16	18	19	16	18	19
	-40/+100	16	17	18	16	17	17
	<100	17	8	0	32	19	12
Cemento grado 60	<325	15	15	15	0	0	0
Silicato de Sodio		0	0	0	4	4	4

Estas formulaciones iniciales tienen como finalidad definir la granulometría que se adoptará como estándar para el resto de los desarrollos, teniendo como parámetro de evaluación todas las consideraciones anteriores. Se trabajó con pocos elementos para destacar el papel de la distribución del tamaño de partícula solamente. Como se puede apreciar en la tabla, las granulometrías van cambiando desde una granulometría muy gruesa hasta una más fina, para dos tipos distintos de aditivos.

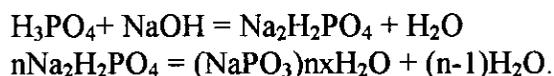
Se prepararon mezclas de prueba con cada una de estas formulaciones y se determinó: densidad de compactación, cantidad de agua requerida, evaluación cualitativa del comportamiento al secado, al aplicar calor con una llama directa.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3, de donde se determinó que las granulometrías que se ajustan mejor a las mezclas identificadas con los números 2 y 5, son las que mejor se ajustan al objetivo perseguido: nula contracción al secado, mejor densidad de compactación, buen acabado superficial.

Tabla 3.- Resultados obtenidos.

	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Mezcla 6
Granulometría	%	%	%	%	%	%
+10	21	24	30	20	24	29
+20	12	19	22	11	18	23
+40	17	18	17	17	18	18
+100	14	16	15	14	15	16
<100	36	23	16	38	25	14
Densidad de compactación, peso/litro	1,640	1,624	1,606	1,690	1,672	1,651
Cantidad de agua, %	16	14	14	19	17	16
Contracción al secado.	grietas	nula	Nula	grietas	nula	Nula
Aspecto	Textura fina, grietas	Textura fina sin grietas	Textura gruesa, sin grietas	Textura fina, grietas	Textura fina sin grietas	Textura gruesa, sin grietas

- C. Evaluación de los aditivos de liga. En la literatura y en la práctica profesional, se conoce el extenso uso de los cementos cálcicos aluminosos y el silicato de Sodio en las formulaciones de productos monolíticos refractarios. En esta oportunidad se incluirán los fosfatos alcalinos para esta aplicación. Para mezclas básicas se recomienda la utilización de estos productos, ya que forman vidrios de baja soda, solubles en agua, que tienen un conocido efecto como adhesivos, y en el rango bajo de temperatura aglomeran el cuerpo cerámico con elevada resistencia. Entre 600° y 700° el vidrio funde, y el mismo líquido actúa como ligante. Se aplicará el Hexametáfosfato de Sodio como aditivo de liga. En un principio se hicieron ensayos de síntesis, para analizar la posibilidad de tener una alternativa económica de obtención de este producto, y al mercado. Para ello se hicieron experiencias ocupando ácido fosfórico y ceniza de soda como reactivos iniciales, según la siguiente fórmula:



No se continuó esta aplicación por no estar seguros del producto de reacción final, y se optó por comprar el reactivo grado técnico.

Existen antecedentes de aplicación del Hexametáfosfato de Sodio en conjunto con el cemento cálcico aluminoso, para acelerar el fraguado y aumentar la resistencia mecánica en los rangos bajos de temperatura, entre los 500° hasta 900°C, intervalo en que el concreto se está consolidando y presenta una disminución de las propiedades mecánicas.

D. Formulaciones aplicadas.

De acuerdo a los antecedentes aplicados se procedió a fabricar las siguientes muestras para evaluación.

Tabla 4. Formulaciones preparadas: % en peso agregado
 Evaluación del comportamiento del cemento grado 60.

Materia Prima	Mallas	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
Olivina	-10/+16	24	24	24	24	24	24
	-16/+20	18	18	18			
	-20/+40	18	18	18			
	-40/+100	17	17	17	18	17	17
	<100	8	8	8	8	8	8
Cromita	-16/+20				17	18	18
	-20/+40				18	18	18
Cemento grado 60	<325	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Hexametafosfato		0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0
Tripolifosfato		0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.05
Tiempo de fraguado, minutos		25	25 (*)	25 (*)	25	25 (*)	25 (*)

Se prepararon cubos de prueba de 50 mm de arista, tres por molde, para cada mezcla en prueba. Con las mezclas señaladas con (*) se produjeron resultados anómalos.

La mezcla de cemento con agregado refractario, cualquiera que sea la combinación del agregado, tiene muy buen comportamiento, con una velocidad de fraguado ajustada a los estándares. Al agregar Hexameta se producen resultados extraños, con resultados dispares: en ocasiones el fraguado es normal y las probetas obtenidas muestran excelentes propiedades en término de apariencia, solidez de aristas. Sin embargo también se ha presentado el caso que luego del fraguado inicial, las probetas se han desmoronado, perdiendo toda consistencia. Al consultar literatura más especializada, se comenta que el hexametafosfato puede provocar envejecimiento acelerado al cemento, lo cual explicaría la destrucción de las probetas.

Enseguida se hicieron pruebas con el resto de los aditivos, de acuerdo a los antecedentes que se entregan a continuación. El uso del Hexametafosfato como ligante no está descartado, ya que ahora se probará su aptitud como ligante único.

Los otros aditivos que se analizarán serán el silicato de Sodio anhidro, sulfato de Magnesio, sulfato de Aluminio, en aplicaciones de vaciado en cubos de 50x50 mm, y frisados sobre ladrillos.

Tabla 5.- Mezclas para ensayos de evaluación de aditivos de liga.

Materia Prima	Mallas	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
Olivina	-10/+16	24	24	24	24	24	24
	-16/+20	18	18	18	18	18	18
	-20/+40	18	18	18	18	18	18
	-40/+100	17	17	17	17	17	17
	<100	18	18	23	23	20	19
Cromita	-16/+20						
	-20/+40						
Bentonita	<325	1	1	1	1	1	0
Silicato de Sodio polvo		4					4
Hexametafosfato			4				
Sulfato de Magnesio				8			
Sulfato de Aluminio					8		
Bicromato de Sodio						2	
(*) aditivos sobre el 100%				(*)	(*)		
Densidad de compactación, peso/litro		1,69	1,66	1,62	1,62	1,71	1,68
Cantidad de agua, %		16	18	19	19	16	17
Contracción al secado.		nula	nula	si	si	nula	nula
Aspecto		fino	fino	arena	arena	fino	fino
Fraguado moldes		no	no	no	no	si	no
Fraguado frisados		si	si	si	si	si	si

Estos aditivos tienen un comportamiento distinto al cemento refractario: no se produce el fraguado en las piezas moldeadas, excepto con bicromato. Requieren para fraguar temperatura, contacto con aire. Las mezclas frisadas sobre superficies de ladrillos refractarios fraguan al ambiente sin problemas, por lo que se concluye que estos aditivos no sirven para fabricar piezas premoldeadas como piqueras de vaciado por ejemplo.

Esto fue corroborado al ensayar las piezas frisadas en un horno a 500°C, en que se logró excelente adherencia y resistencia, en especial las probetas fabricadas con silicato de Sodio, Hexametafosfato. En menor medida se logró este efecto con sulfato de Magnesio, y no hubo reacción con el sulfato de Aluminio.

A continuación se hicieron reemplazos de fracciones de Olivina por cantidades equivalentes de Cromita y chamote refractario, de acuerdo a la información que aparece a continuación.

Tabla 6. Materias primas refractarias alternativas.

Materia Prima	Mallas	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17
Olivina	-10/+16	24	24	24	24	24
	-16/+20					
	-20/+40	17	17	17	18	18
	-40/+100					
	<100	9	19	19	23	20
Cromita	-16/+20	18	18	18	18	18
	-20/+40					
Chamote básico	-10/+16					
	-16/+20					
	-20/+40					
	-40/+100	17	17	17	17	17
Cemento grado 60	<325	15				
Bentonita	<325		1	1	1	1
Silicato de Sodio polvo	<325		4			
Hexametáfosfato	<60			4		
Sulfato de Magnesio	(solución)				8 (*)	
Bicromato de Sodio	<35					2
Cantidad de agua, %		16	19	19	20	16
Contracción al secado.						
Aspecto						
Fraguado moldes		si	no	no	no	si
Fraguado frisados		si	si	si	si	si

No hay diferencias en el comportamiento de las masas en relación a distintos aditivos, al sustituir parte de la Olivina por materiales alternativos.

Con las mezclas M-1 y M-4 se fabricaron piqueras preformadas para evaluar comportamiento al secado y luego de quemadas a 500°C, para confirmar los resultados obtenidos en los cubos de 50x50x50 mm.

Para hacer esto se construyó un horno con recursos internos, con el cual se puede llegar hasta 500°C, para evaluación.

Las piqueras resultaron de bastante calidad, confirmando los resultados logrados en los cubos de ensayo: no hay agrietamiento después de secar a 110°, y luego de quemar a 500°C por 4 horas.

La última etapa en la etapa de desarrollo fue evaluar las propiedades que se obtienen al quemar probetas de ensayo a 1300°C, para lo cual se fabricó un set de cubos de las mezclas M-1, M-4 y M-13.

Se quiso evaluar con esta experiencia, el comportamiento a la temperatura de servicio de las mezclas que aparecen con mayores perspectivas de aplicación, a la luz de los resultados logrados hasta esta etapa del desarrollo. La quema de estas probetas se hizo a 1.300°C, siendo la temperatura de servicio de 1200°C a 1250°C aproximadamente.

En la tabla a continuación recogen los resultados de esta experiencia.

Tabla 7. Resultados de la calcinación de las probetas.

Ensayos aplicados	M-1	M-4	M-13
Después de secado a 110°C			
Contracción al secado, %	nula	nula	Nula
Peso volumétrico. gr/cm ³	2.50	2.82	2.75
Después de quemado a 500°C			
Contracción al secado, %	0.3	nula	Nula
Peso volumétrico. gr/cm ³	2.44	2.72	2.66
Después de quemado a 1300°C			
Contracción al secado, %	4	0.6	0.5
Peso volumétrico. gr/cm ³	2.52	2.62	2.58

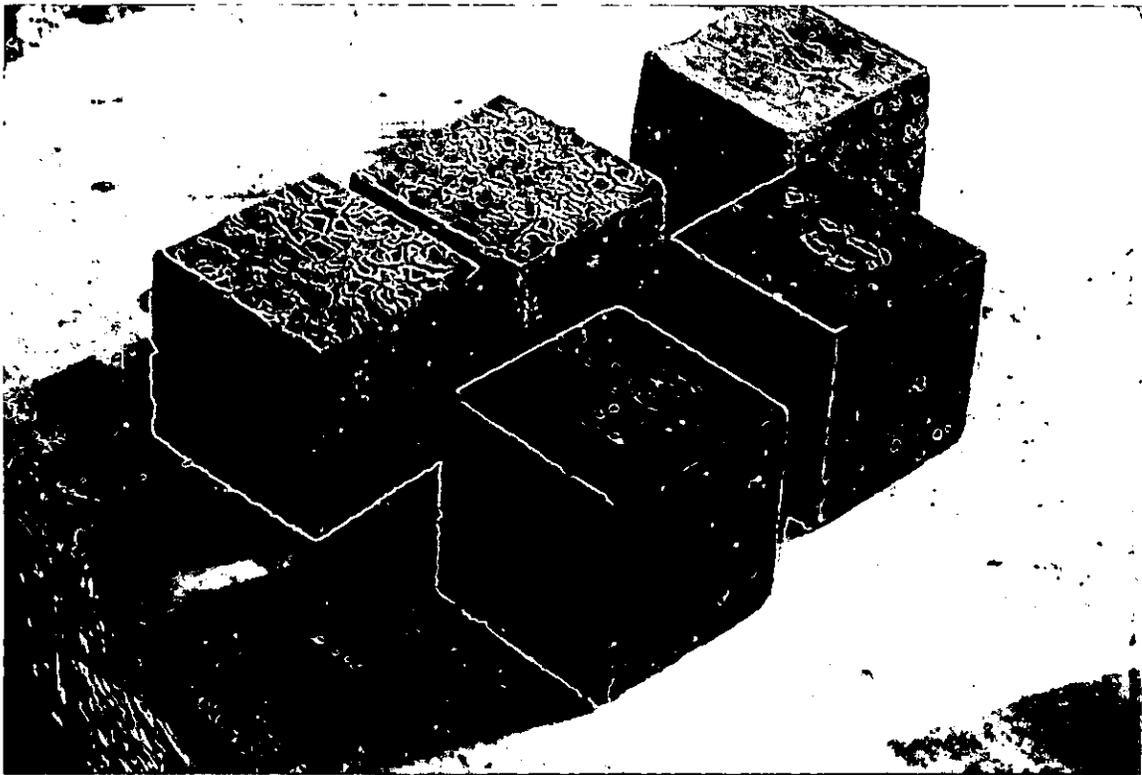
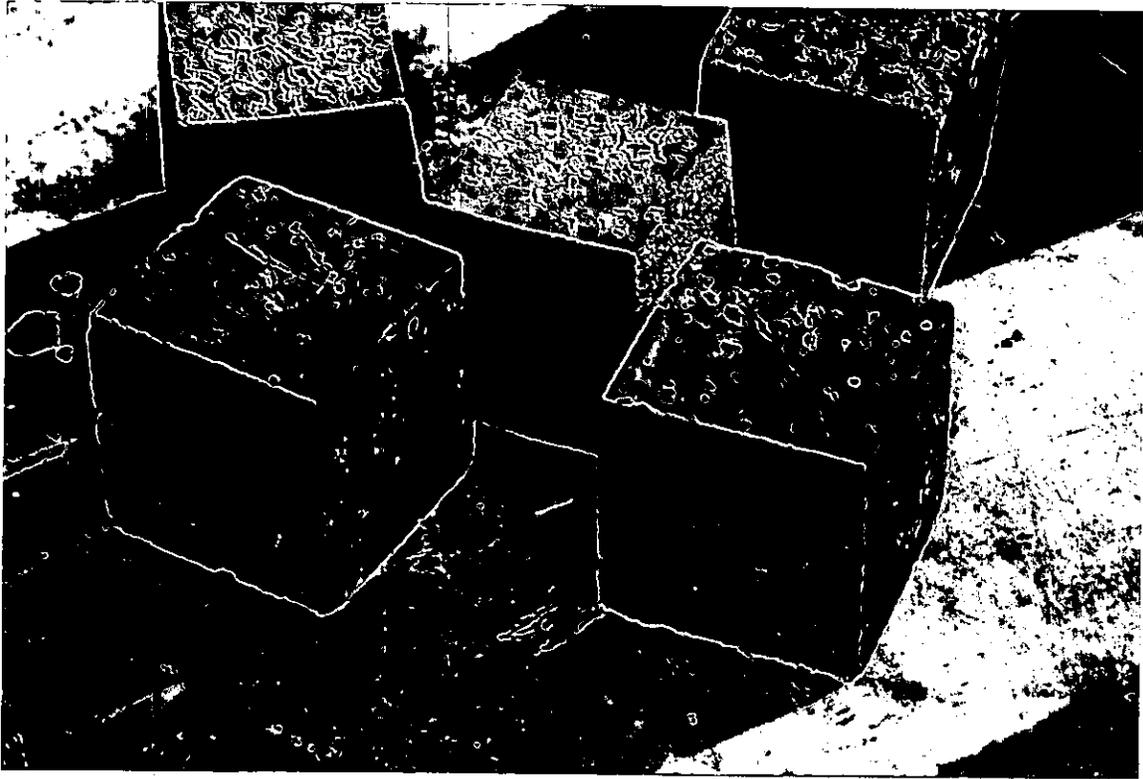
Los resultados a 1300°C fueron bastante importantes, ya que se advirtió que la mezcla Olivina – Cemento cálcico aluminoso grado 60 no es suficientemente refractaria para operar a esa temperatura de servicio. Al reforzar la mezcla con granos más refractarios se corrige este defecto, y así puede apreciarse que la inclusión de Cromita concentrada y el chamote refractario básico elimina este problema, lo que se demuestra en el valor de la contracción después de quemado.

El paso siguiente es la incorporación de un sistema químico y mineralógico más puro, trabajando con materiales sintéticos, para lo cual se incorporó óxido de Cromo grado pigmento, con lo cual se obtiene un sistema aún de mayor refractariedad.

Desde el punto de vista del desarrollo del proyecto, se concluye que las masas sobre la base de Olivina requieren refuerzo de un material de mayor refractariedad, para tener un buen desempeño a las temperaturas de operación. La masa debe contener un mínimo de Olivina, que por ahora se estableció en 50%, a la espera de una aplicación más extensiva por parte de los usuarios. La razón de esto es la cualidad única de la Olivina de ser un compuesto de baja conductividad térmica.

Como investigación los resultados de las pruebas han sido satisfactorias para el objetivo trazado, permitiendo lograr un modelo de masa monolítica que puede ser aplicada por el usuario. Se realizaron todas las pruebas empíricas necesarias para llegar a un producto industrial que se está sometiendo a una batería de pruebas en Codelco, División El Teniente, Fundición Caletones.

A estas pruebas el usuario le asigna un cronograma de ensayos hasta llegar a una evaluación final, lo que representa alrededor de tres meses de trabajo, durante los cuales no se descarta el envío de nuevas muestras con alguna modificación respecto al modelo original. Se calcula que hay que instalar 5.000 Kgs. de esta masa antes de su aprobación final.



E.- IMPACTOS DEL PROYECTO:

E:1.- Impacto Técnico Económicos:

La implementación del proyecto traerá como resultado inmediato:

El mineral Olivina presenta ventajas técnicas y comerciales para el mercado potencial de clientes, con énfasis en las Fundiciones de la gran minería del Cobre.

Desde el punto de vista técnico sus cualidades de resistencia a escorias y metales fundidos, baja conductividad térmica, resistencia a los ciclos de temperatura lo hacen muy adecuado como refractario. Además presenta la ventaja de ser totalmente inofensivo desde el punto de vista ambiental.

En lo que respecta a los aspectos comerciales, es una de las únicas materias primas refractarias que se utilizan sin calcinación previa, por lo que su costo como materia prima es bajo, en relación a productos equivalentes.

Mercado a desarrollar. Si bien los resultados de las pruebas pilotos han arrojado conclusiones positivas al respecto, como consecuencia de la realización del proyecto FONTEC, se requiere realizar los estudios conducentes para lograr un escalamiento productivo del producto.

Este escalamiento seguramente pasa por asociarse con empresas extranjeras para lo cual se están realizando las conversaciones correspondientes.-

El mercado a desarrollar es muy grande tenemos:

	Consumo en TM		Valor actual: US\$ 515/TM	
Cliente área Cobre	TM/año	TM/mes	Año	Mes
Codelco División Chuquibambilla	1.000	83	515.000,0	42.083,3
Codelco División El Teniente	500	42	257.500,0	21.041,7
Enami Fundición Ventanas	300	25	154.500,0	12.625,0
Fundición Chagres	200	17	103.000,0	8.416,7
Refimet	200	17	103.000,0	8.416,7
	2.200	183	1.111.000,0	92.583,3
Cliente área Acero	TM/año	TM/mes	Valor actual: US\$ 550	
Codelco División Talleres	240	20	132.000,0	11.000,0
Aceros Chile	240	20	132.000,0	11.000,0
Proacer	240	20	132.000,0	11.000,0
	720	60	396.000,0	33.000,0
Resumen	TM/año	Valor US\$		
Area Cobre	2.200	1.111.000		
Area Acero	720	396.000		

Ventajas técnicas: Los resultados experimentales han permitido detectar una considerable mejoría en la duración de los revestimientos, llegando a valores por sobre el 25% de prolongación en la vida útil de los equipos revestidos con este nuevo material.

Ventajas comerciales: Según nuestros estudios, analizando costos, la inclusión de la Olivina permitirá rebajas importantes en el precio final de los productos en el mercado, de acuerdo al análisis que se hará a continuación.

	Productos actuales		Base Olivina		Diferencia	
	TM/año	US\$/TM	Valor US\$	US\$/TM	Valor US\$	US\$
Area Cobre	2.200	505	1.111.000	400,0	880.000	231.000
Area Acero	720	550	396.000	450,0	324.000	72.000
			1.507.000,0		1.204.000	303.000

ANEXOS

INFORME FINAL (corresponde al periodo desde 06 NOVIEMBRE 2001 hasta 28 DE MAYO 2001)	
Identifique Hitos(s) Verificable(s) Programado	
Logro Hitos(s) Verificable(s)	100%

DETALLE ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PROGRAMADAS						ACTIVIDADES REALIZADAS						
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Etapa I de Formulación:													
En la primera etapa corresponde elaborar un modelo teórico de la masa refractaria.	■	■					■	■					
Análisis de granulometrías de Sodio, Cemento cálcico aluminoso, y un polifosfato alcalino, pudiendo aparecer otros en la etapa de estudio que pueden ser utilizados.	■	■					■	■					
Etapa II - Diseño y Pruebas Experimentales													
Diseño de pruebas de laboratorio.			■	■					■	■			
Análisis de determinación de las propiedades físicas de las masas.			■	■					■	■			
Rectificación de métodos y formulaciones.			■	■					■	■			
Establecer parámetros técnicos para la aplicación de la formulación.			■	■					■	■			
Etapa III--Pruebas pilotos y rectificaciones													
En la propia empresa					■	■					■	■	■
En plantas de fundiciones					■	■					■	■	■
Establecer parámetros y especificaciones técnicas de la masa refractaria configurada.					■	■					■	■	■

GASTOS PROGRAMADOS DEL PROYECTO FONTEC

INFORME DE FINAL (correspondiente al periodo desde 6/ NOVIEMBRE / 2000 Hasta 28 MAYO 2001										
GASTOS PROGRAMADOS										
PARTIDAS DEL COSTO	ITEM	NOV	DIC.	ENE	FEB.	MAR	ABR	Real Informe 1	Total IVA	Acumulad o Real
1.- PERSONAL DIRECCIÓN E INVESTIGACIÓN	a) Director de proyecto	1.275.000	1.275.000	1.275.000	1.275.000	1.275.000	1.275.000	7.650.000		7.650.000
	b) Director de Investigación	2.955.500	2.955.500	2.955.500	2.955.500	2.955.500	2.955.500	17.733.000		17.733.000
	c) Asesor Científico	382.500	382.500	382.500	382.500	382.500	382.500	2.295.000		2.295.000
	d) Ingeniero Metalúrgico	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	7.500.000	1.350.000	8.850.000
	SUBTOTAL		5.863.000	5.863.000	5.863.000	5.863.000	5.863.000	5.863.000	35.178.000	1.350.000
2.- PERSONAL DE APOYO	a) Gestión del proyecto	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	3.000.000		3.000.000
	b) 2 Operarios	266.667	266.667	266.667	266.667	266.667	266.667	1.600.000		1.600.000
	c) tecnico Quimico	233.333	233.333	233.333	233.333	233.333	233.333	1.400.000		1.400.000
SUBTOTAL		1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	6.000.000	0	6.000.000
3.- SERVICIOS MATERIALES Y OTROS										
	Sacos de papel de 25 Kg	14.667	14.667	14.667	14.667	14.667	14.667	88.000	15.840	103.840
	Bolsas plásticas de 25 kg	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	16.000	2.880	18.880
	Contenedor de Olivina 20TM	326.333	326.333	326.333	326.333	326.333	326.333	1.958.000	352.440	2.310.440
	Fosfato de boro	10.167	10.167	10.167	10.167	10.167	10.167	61.000	10.980	71.980
	Cemento grado 60	75.833	75.833	75.833	75.833	75.833	75.833	455.000	81.900	536.900
	Silica Fume	8.167	8.167	8.167	8.167	8.167	8.167	49.000	8.820	57.820
	TPF	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	6.000	1.080	7.080
	Chamote básico	7.333	7.333	7.333	7.333	7.333	7.333	44.000	7.920	51.920
SUBTOTAL		446.167	446.167	446.167	446.167	446.167	446.167	2.677.000	481.860	3.158.860
4.- USO BIENES DE CAPITAL EXISTENTES										
	Equipos Asignados	375.000	375.000	375.000	375.000	375.000	375.000	2.256.000		2.256.000
	Instalaciones	116.667	116.667	116.667	116.667	116.667	116.667	700.000		700.000
	Furgon	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	600.000		600.000
SUBTOTAL		591.667	591.667	591.667	591.667	591.667	591.667	3.556.000	0	3.556.000

GASTOS PROGRAMADOS DEL PROYECTO FONTEC

INFORME DE FINAL (correspondiente al periodo desde 6/ NOVIEMBRE / 2000 Hasta 28 MAYO 2001										
PARTIDAS DEL COSTO	ITEM	NOV	DIC.	ENE	FEB.	MAR	ABR	Sub Total Real Informe 1	Total IVA	Total Acumulado Real
5.- ADQUISICIÓN BIENES DE CAPITAL NUEVOS		GASTOS PROGRAMADOS								
	Contenedor oficina-laboratorio	51.833	51.833	51.833	51.833	51.833	51.833	311.000	55.980	366.980
	Tamizadora eléctrica para tamices 8"	98.950	98.950	98.950	98.950	98.950	98.950	593.699	106.866	700.565
	Tamices: 4,6,10,14,30,48,65,80, pan, cover	45.768	45.768	45.768	45.768	45.768	45.768	274.610	49.430	324.040
	Tamices: 100, 200, 250, 325	33.692	33.692	33.692	33.692	33.692	33.692	202.152	36.387	238.539
	Mezclador de laboratorio para mezclas secas	96.332	96.332	96.332	96.332	96.332	96.332	577.993	104.039	682.032
	Mezclador de laboratorio para mezclas húmedas	41.933	41.933	41.933	41.933	41.933	41.933	251.599	45.288	296.887
	Medidor Vicat	22.496	22.496	22.496	22.496	22.496	22.496	134.974	24.295	159.269
	Balanza digital de laboratorio hasta 5 kg	25.322	25.322	25.322	25.322	25.322	25.322	151.932	27.348	179.280
	Moldes metálicos cubos de 3 aristas	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	78.000	14.040	92.040
	Mesa vibratoria de 1,05 mt	45.328	45.328	45.328	45.328	45.328	45.328	271.970	48.955	320.925
	Sonda eléctrica vibratoria de 1" diametro	40.404	40.404	40.404	40.404	40.404	40.404	242.425	43.637	286.062
	Secadora eléctrica de Romana digital de pedestal, 100 kg	144.149	144.149	144.149	144.149	144.149	144.149	864.891	155.680	1.020.571
	Juego de canaletas metálicas	45.613	45.613	45.613	45.613	45.613	45.613	273.680	49.262	322.942
	Secador eléctrico-gas de aire caliente	15.550	15.550	15.550	15.550	15.550	15.550	93.300	16.794	110.094
	Molde metálico para piquetas	25.010	25.010	25.010	25.010	25.010	25.010	150.058	27.010	177.068
	Transpaletas para 2,500 kg	68.333	68.333	68.333	68.333	68.333	68.333	410.000	73.800	483.800
		28.664	28.664	28.664	28.664	28.664	28.664	171.983	30.957	202.940
SUBTOTAL		842.378	842.378	842.378	842.378	842.378	842.378	5.054.266	909.768	5.964.034
TOTAL GENERAL		8.743.211	8.743.211	8.743.211	8.743.211	8.743.211	8.743.211	52.465.266	2.741.628	55.206.894

FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA

FIRMA DEL CONTADOR

Los documentos originales que respaldan la presente rendición se encuentran disponibles en el departamento de contabilidad de la empresa para cualquier consulta o revisión por parte de FONTEC u otro organismo fiscalizador.

Declaro bajo juramento que los datos contenidos en esta declaración de gastos son verídicos, asimismo, declaro conocer las disposiciones relativas a sanciones en caso de suministrar información incompleta, falsa o errónea.

INFORME DE FINAL (correspondiente al periodo desde 6/NOVIEMBRE / 2000 Hasta 28 MAYO 2001

		GASTOS REALIZADOS										
PARTIDAS DEL COSTO	ITEM	NOV	DIC.	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	Sub Total Real Informe Final	Total IVA	Total Acumulado Real	
1.- PERSONAL DIRECCIÓN E INVESTIGACIÓN	a) Director de proyecto	0	0	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	7.500.000		7.500.000	
	b) Director de Investigación	0	0	3.546.600	3.940.666	3.940.666	5.910.999	394.069	17.733.000		17.733.000	
	c) Asesor Científico	0	0	453.000	460.000	460.000	460.000	460.000	2.293.000		2.293.000	
	d) Ingeniero Metalúrgico	0	0	0	0	0	0	7.500.000	7.500.000	1.350.000	8.850.000	
SUBTOTAL		0	0	5.499.600	5.900.666	5.900.666	7.870.999	9.854.069	35.026.000	1.350.000	36.376.000	
2.- PERSONAL DE APOYO	a) Gestión del proyecto	3.000.000							3.000.000		3.000.000	
	b) Nelson Candia U		125.000	125.000	125.000	125.000	125.000		625.000		625.000	
	c) Juan Fco. Vargas C		125.000	125.000	125.000	125.000	125.000		625.000		625.000	
	d) Sergio Rivera U,		162.500	162.500	162.500	162.500	162.500		812.500		812.500	
	e) Julio Ahumada		132.916	137.500	137.500	137.500	137.500		682.916		682.916	
SUBTOTAL		3.000.000	545.416	550.000	550.000	550.000	550.000	0	5.745.416	0	5.745.416	

GASTOS REALES DEL PROYECTO FONTEC

INFORME DE FINAL (correspondiente al periodo desde 6/NOVIEMBRE / 2000 Hasta 28 MAYO 2001												
		GASTOS REALIZADOS										
PARTIDAS DEL COSTO	ITEM	NOV	DIC.	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	Sub Total Real Informe 1	Total IVA	Total Acumulado Real	
3.- SERVICIOS MATERIALES Y OTROS												
	silicato de sodio	171.000	166.440				38.528		375.968	67.674	443.642	
	arena de cromita	561.766	491.540						1.053.306	189.595	1.242.901	
	ácido fosfórico		19.180	135.600					154.780	27.860	182.640	
	sacos de papel		77.711	48.300		10.000			136.011	24.482	160.493	
	bolsas plásticas		10.000						10.000	1.800	11.800	
	molienda cromita		41.500						41.500	7.470	48.970	
	aerosil		75.300						75.300	13.554	88.854	
	tripolifosfato de sodio		5.800						5.800	1.044	6.844	
	olivina grado -6/+12		300.000						300.000	54.000	354.000	
	estalub "T"					135.000			135.000	24.300	159.300	
	hexametafosfato de sodio			20.000					20.000	3.600	23.600	
	Tlx.o.sil 333					15.240			15.240	2.743	17.983	
	molienda olivina					32.250			32.250	5.805	38.055	
	sulfato de magnesio					315.000			315.000	56.700	371.700	
	calcinación probetas						398.500		398.500	71.730	470.230	
	cloruro de calcio atomizado					144.900			144.900	26.082	170.982	
	sulfato de aluminio					110.000			110.000	19.800	129.800	
	aceite silicona M-350					31.000			31.000	5.580	36.580	
	cal hidratada			105.000	70.000				175.000	31.500	206.500	
	oxido de cromo verde						1.050.000		1.050.000	189.000	1.239.000	
	GAS				23.300				23.300	4.194	27.494	
	COMBUSTIBLE					59.716			59.716	10.749	70.465	
SUBTOTAL		732.766	1.187.471	308.900	93.300	853.106	1.487.028	0	4.662.571	839.263	5.501.834	

GASTOS REALES DEL PROYECTO FONTEC

INFORME DE FINAL (correspondiente al periodo desde 6/NOVIEMBRE / 2000 Hasta 28 MAYO 2001											
22											
PARTIDAS DEL COSTO	ITEM	NOV	DIC.	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	Sub Total Real Informe Final	Total IVA	Total Acumulado Real
4. USO BIENES DE CAPITAL EXISTENTES	Equipos Asignados	375.000	375.000	375.000	375.000	375.000	375.000		2.250.000		2.250.000
	Instalaciones	116.667	116.667	116.667	116.667	116.667	116.667		700.000		700.000
	Furgon	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000		600.000		600.000
	bicromato de sodio (*)	79.500							79.500	14.310	93.810
	arena de olivina (*)	171.770							171.770	30.919	202.689
	chamote básico (*)	374.400							374.400	67.392	441.792
	cemento Grado 60 (*)	425.475							425.475	76.586	502.061
	Alfa celulosa (*)			82.000					82.000	14.760	96.760
									0	0	0
	(*) compras realizadas con anterioridad al proyecto, y que fueron suministrados como aporte de la empresa.										
SUBTOTAL		1.642.812	591.667	673.667	591.667	591.667	591.667	0	4.683.145	203.966	4.887.111

GASTOS REALES DEL PROYECTO FONTEC

INFORME DE FINAL (correspondiente al periodo desde 6/NOVIEMBRE / 2000 Hasta 28 MAYO 2001

22											
PARTIDAS DEL COSTO	ITEM	NOV	DIC.	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	Sub Total Real Informe Final	Total IVA	Total Acumulado Real
5.- ADQUISICIÓN BIENES DE CAPITAL NUEVOS											
	telas malla n° 100				30.438				30.438	5.479	35.917
	tensores malla harnero				42.375				42.375	7.628	50.003
	malla n° 16				52.359				52.359	9.425	61.784
	carga gas para secador				23.300				23.300	4.194	27.494
	ferreteria cerrillos				4.641				4.641	835	5.476
	ferreteria		20.000						20.000	3.600	23.600
	ferreteria cerrillos			23.538					23.538	4.236	27.772
	molde de 50*50/50			32.000					32.000	5.760	37.760
	home depot			3.251					3.251	585	3.836
	construmart			65.123					65.123	11.722	76.845
	ángulos			3.250					3.250	585	3.835
	malla n° 10			86.615					86.615	15.591	102.206
	ferreteria cerrillos			14.044					14.044	2.528	16.572
	home depot		4.584						4.584	825	5.409
	ferreteria cerrillos		15.464						15.464	2.784	18.248
	ferreteria cerrillos		1.604						1.604	289	1.893
	ferreteria cerrillos		9.804						9.804	1.765	11.569
	malla n° 40					166.500			166.500	29.970	196.470
	ferreteria cerrillos					14.520			14.520	2.814	17.134
	ferreteria cerrillos					7.946			7.946	1.430	9.376
	malla n° 16				139.000				139.000	25.020	164.020
	malla n° 100				30.050				30.050	5.409	35.459
	malla n° 10				147.132				147.132	26.484	173.616
	malla n° 20						169.532		169.532	30.516	200.048
	molde piqueras						401.002		401.002	72.180	473.182
	molde canaletas						112.100		112.100	20.178	132.278
	horno para 500°C						436.600		436.600	78.588	515.188
	ferreteria cerrillos	9.516							9.516	1.713	11.229
	malla acero inox. 304					147.625			147.625	26.573	174.198
	densímetro					13.600			13.600	2.448	16.048
	home depot				27.859				27.859	5.015	32.874
	home depot				81.982				81.982	14.757	96.739
	papel fax			8.100					8.100	1.458	9.558
	ducasse			7.400					7.400	1.332	8.732
	home depot				90.404				90.404		
SUBTOTAL		9.516	51.456	243.319	669.540	350.191	1.119.234	0	2.352.852	423.513	2.776.365
TOTAL		5.385.094	2.376.010	7.275.486	7.805.173	8.245.630	11.618.928	9.854.069	52.469.984	2.816.742	55.286.726

FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA

FIRMA DEL CONTADOR

Los documentos originales que respaldan la presente rendición se encuentran disponibles en el departamento de contabilidad de la empresa para cualquier consulta o revisión por parte de FONTEC u otro organismo fiscalizador.
 Declaro bajo juramento que los datos contenidos en esta declaración de gastos son verídicos, asimismo, declaro conocer las disposiciones relativas a sanciones en caso de suministrar información incompleta, falsa o errónea.