

**REDISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANEACION, EJECUCIÓN Y CONTROL DEL
MONTAJE DE REVESTIMIENTO REFRACTARIO DE UNA PRECALCINADORA
DE CEMENTO DE CINCO ETAPAS**

**CARLOS ALBERTO BOHÓRQUEZ QUIJANO
HUGO ALEJANDRO MATTOS DAGER**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
Cartagena de indias, D.T y C**

2002

**REDISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANEACION, EJECUCIÓN Y CONTROL DEL
MONTAJE DE REVESTIMIENTO REFRACTARIO DE UNA PRECALCINADORA
DE CEMENTO DE CINCO ETAPAS**

CARLOS ALBERTO BOHÓRQUEZ QUIJANO

HUGO ALEJANDRO MATTOS DAGER

**Proyectó de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Industrial**

DIRECTOR

OSCAR VEGA

Ingeniero Industrial

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Cartagena de indias, D.T y C

2002

Cartagena de indias D.T y C, Abril 21 del 2002

Señores.

Comité DE FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

E. S. D.

Cordial saludo.

Respetuosamente nos dirigimos a ustedes con el fin de presentar nuestro trabajo de Grado titulado **REDISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANEACION, EJECUCIÓN Y CONTROL DEL MONTAJE DE REVESTIMIENTO REFRACTARIO DE UNA PRECALCINADORA DE CEMENTO DE CINCO ETAPAS**, como requisito exigido para optar al título de Ingeniero Industrial.

Atentamente.

CARLOS A. BOHÓRQUEZ Q.

HUGO A. MATTOS D.

Nota de Aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias D.T y C. Abril 21 del 2002

ARTICULO 105

La corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de trabajos de grado, aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la oportunidad de disfrutar este logro dándonos fortaleza y perseverancia en la búsqueda de nuestro objetivo.

A nuestras hermosas madres por insistir día tras día y apoyarnos constantemente durante el desarrollo de nuestro proyecto.

A todo el personal de REFRA THERMAL LTDA, por darnos todo su apoyo y conocimiento de manera incondicional.

A Oscar Vega, Director del proyecto, por todo el apoyo confianza y orientación brindada.

A Jairo Bohórquez y Gloria Bautista por su ayuda, amistad y consejos permanentes en la realización de este trabajo.

A la familia Angulo por su colaboración, apoyo moral, por facilitarnos los medios y todos los ratos de esparcimiento que sin duda alguna nos hicieron los ratos mucho mas agradables hasta culminar nuestra labor.

Cartagena de indias D.T y C, Abril 21 del 2002

Señores.

Comité DE FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

E. S. D.

Cordial saludo.

Respetuosamente nos dirigimos a ustedes con el fin de presentar nuestro trabajo de Grado titulado **REDISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANEACION, EJECUCIÓN Y CONTROL DEL MONTAJE DE REVESTIMIENTO REFRACTARIO DE UNA PRECALCINADORA DE CEMENTO DE CINCO ETAPAS**, como requisito exigido para optar al título de Ingeniero Industrial.

Atentamente.

HUGO MATTOS DAGER

CARLOS A. BOHORQUEZ Q.

Cartagena de indias D.T y C, Abril 21 del 2002

Señores.

Comité DE FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

E. S. D.

Cordial saludo.

Sometemos a consideración, estudio y aprobación el proyecto de Grado titulado **REDISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANEACION, EJECUCIÓN Y CONTROL DEL MONTAJE DE REVESTIMIENTO REFRACTARIO DE UNA PRECALCINADORA DE CEMENTO DE CINCO ETAPAS**, realizado por los estudiantes CARLOS A. BOHÓRQUEZ Q. Y HUGO A. MATTOS D, para optar al titulo de Ingeniero Industrial.

Atentamente.

OSCAR VEGA

Director

JAIRO BOHÓRQUEZ

Asesor

INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años la industria cementera ha desarrollado la tecnología necesaria para disminuir costos de energía eléctrica y calorífica, disminuyendo así los costos de producción e incrementado al mismo tiempo los niveles de producción por medio de calor inducido. Anteriormente, el principal combustible utilizado en la industria del cemento era el petróleo, pero debido a la crisis ocurrida en los años 73 y 79, los japoneses se concentraron en desarrollar medio para ahorrar energía en el proceso de producción de cemento, llegando a reemplazar el petróleo por carbón, el cual ha sido aplicado en un gran porcentaje de las plantas de cemento en el mundo.

Sin embargo, este cambio no generó las mejoras esperadas en el consumo de energía y nuevas tecnologías se han desarrollado teniendo como objetivo principal el ahorro de energía sin sacrificar el nivel de producción.

En este sentido, se han diseñado torres de precalentamiento y precalcificación de cinco etapas de ciclones. Estos precalcificadores han logrado disminuir el consumo de calor hasta valores de 700-750 Kcal/Kg de clinker versus 1400-1500 Kcal/Kg de clinker de los primeros hornos de esta industria y al mismo tiempo han permitido

elevar la producción de 1300 ton/día de los procesos por vía húmeda, hasta 4000 Ton/día en el proceso en vía seca.

El montaje de este tipo de precalentadores requiere de la instalación de más de 1000 toneladas de refractario y cerca de 2000 m² de materiales aislante con su protección mecánica. La instalación de los materiales refractarios debe realizarse con el máximo cuidado propio de especialistas. En especial debe prestarse atención a que la mampostería sea compacta.

Para la ejecución de estos trabajos hay que asegurarse de disponer de albañiles calificados y especialistas en hornos, de esto dependerá la vida útil de la mampostería refractaria, además de otros aspectos tales como:

- Condiciones generales de funcionamiento de La planta, tales como: rotación del horno, efecto térmico debido a la llama, recalentamiento, falta de homogeneidad del combustible, interrupciones en el servicio.
- El estado mecánico del horno rotativo, especialmente la ovalidad de envoltente del horno en la zona de los aros de rodadura, deformación en la virola y la rotación del horno, puede producir erosión en los refractarios y percusión.

- La elección de los materiales refractarios su instalación y uso adecuado en las zonas correspondientes.

Teniendo en cuenta las tensiones y cargas a las que esta expuesto el revestimiento refractario en este tipo de equipos, la instalación adecuada y eficaz del revestimiento refractario no solamente contribuirá a garantizar una vida útil sino también a eliminar algunas de las tensiones que normalmente causan un desgaste prematuro obligado a paros no previstos del horno para su reparación o nueva aplicación de revestimiento, teniendo como consecuencia, perdida en la producción y gastos suplementarios.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 RESEÑA HISTORICA

REFRA THERMAL LTDA, fundada en 1991 en la ciudad de Cartagena por la familia Bohórquez Quijano, producto de la necesidad del mercado por conseguir trabajos calificados en el campo de refractarios y aislamientos térmicos con mano de obra y recursos locales.

Las oficinas están ubicadas en el Barrio Bellavista a la entrada de la zona industrial de Mamonal, principal centro de acción de la empresa.

Refra Thermal Ltda. es una empresa nacional, dedicada a la construcción, montaje, asesoría y reparación de refractarios y aislamientos térmicos (poliuretano, silicato de calcio y fibra de vidrio entre otros) en todo tipo de industrias cementeras, petroquímicas,

petroleras, vidrio, acerías y en fin, todo tipo de aplicación donde se requiera la instalación de estos materiales.

La industria que representa el mayor porcentaje en cuanto a las actividades e ingresos de la compañía es la industria cementera, objeto de este estudio.

Comprometida con la filosofía de la calidad total, REFRA THERMAL LTDA opera a través de una tecnología aplicada en el montaje de refractarios altamente calificada, alcanzando una capacidad técnica con equipos que le han permitido contribuir, con la misma eficacia, en el desarrollo de diversos sectores de la economía nacional con una excelente expansión internacional en el área del caribe y Centro América.

REFRA THERMAL LTDA, en un esfuerzo conjunto por cumplir con el progreso de la industria nacional, genera además un importante beneficio social: empleo directo e indirecto.

Fomenta la mano de obra calificada en cada rincón del país, la cual ofrece soluciones efectivas como prontitud, garantía en servicios, permanencia y buenos costos.

Los resultados obtenidos por REFRA THERMAL LTDA en su corto período de crecimiento, han consolidado su buen nombre a través del apoyo industrial de las mas destacadas empresas del sector a nivel

nacional como internacional que dan credibilidad de la experiencia y la calidad de su trabajo.

1.2 MISION Y VISION DE LA EMPRESA

MISIÓN.

Nuestra empresa opera a través de una tecnología aplicada en la ejecución de trabajos de óptima calidad en aislamientos térmicos y refractarios con la ayuda de un excelente equipo humano y tecnológico, satisfaciendo las expectativas de todos nuestros clientes nacionales e internacionales.

VISION.

Consolidarnos como la empresa número uno en la aplicación y mantenimiento de aislamientos térmicos y refractarios contando con el reconocimiento nacional e internacional.

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.

CARGOS ADMINISTRATIVOS.

- **Gerente.**
- **Sub.-Gerente técnico y operativo.**
- **Asistente de gerencia**
- **Coordinador operativo.**
- **Secretaria.**
- **Contador.**
- **Asistente contable.**

CARGOS OPERATIVOS.

- **Ingeniero de montaje**
- **Jefe de almacén**
- **Supervisor de aislamiento.**
- **Supervisor de refractario.**
- **Oficial de aislamiento**
- **Ayudante adelantado de aislamiento.**
- **Ayudante de aislamiento.**
- **Oficial I de refractario.**
- **Oficial II de refractario.**
- **Albañil I de refractario.**
- **Albañil adelantado de refractario.**
- **Ayudante de refractario.**

- **Supervisor de seguridad.**
- **Mensajero.**
- **Aseadora.**
- **Celador.**
- **Chofer.**

1.4 UBICACIÓN.

REFRA THERMAL LTDA se encuentra ubicada en la Urbanización Bella vista, vía Mamonal Manzana F, N° 2-34.

Teléfonos: (-5) 6672648, 6571141, 6571138.

Fax: (-5) 6672155

NIT: 800 104 288-3 régimen común.

1.5 SERVICIOS QUE OFRECE.

- Suministro y aplicación de concreto y plásticos refractarios.
- Suministro e instalación de ladrillos aislantes y refractarios.
- Suministro e instalación de aislamientos térmicos en frío y caliente (Fibra de vidrio, Manta cerámica, Lana mineral, Foam glass, Poliuretano, Silicato de Calcio, etc).
- Asesoría técnica para el montaje de refractarios y aislantes térmicos.
- Asesoría en arranques de plantas de cemento y operaciones de horno.

1.6 CLIENTES

Algunos de sus clientes.

- ACERIAS PAZ DEL RIO
- ALUMINIO REYNOLDS
- AMOCAR
- ABOCOL
- ATUNES DE COLOMBIA S.A
- CABOT COLOMBIANA S. A
- CEMENTOS BOYACÀ
- CEMENTOS CIBAO
- CEMENTOS DIAMANTE DE TOLIMA
- CEMENTOS DIAMANTE DE IBAGUE
- CEMENTOS PACIFICO DE COSTA RICA.
- DOW QUÌMICA
- ECOPETROL
- LAMITECH
- MCV (MONOMERO COLOMBO VENEZOLANO)
- PETROQUÌMICA

- TUBO CARIBE
- TRIPLEX PIZANO
- VIKINGOS
- CEMENTOS DEL VALLE
- CEMENTOS PAZ DEL RIO
- PROPILCO
- CEMENTOS RIO CLARO
- CEMENTOS PANAMA, entre otros.

1.7 OBRAS REALIZADAS

algunas de las mas importantes y recientes obras son:

- Instalación de Aislantes y Refractarios para el proyecto de modernización y ampliación en líneas de proceso seco en Cementos Boyacá (grupo Holderbank).

- Instalación de Aislantes y refractarios para el proyecto de modernización de Cementos Rioclaro (Grupo Argos).

- Montaje de cadenas en el horno e instalación de Aislantes y Refractario de la nueva línea de proceso húmedo en Cementos del Valle S.A.

- Montaje del aislamiento térmico y refractario para la planta de azufre de Productos Químicos Panamericanos en Barranquilla.

- Instalación de Aislantes y Refractarios de dos líneas de Proceso Húmedo en Cementos Cibao CXA República Dominicana.

- Montaje de la planta de fosfato tricálcico en Monómeros Colombo Venezolanos (MCV).

- Mantenimiento de Cementos Diamante, Cementos Samper, Acerías Paz del Río, ECOPETROL, Abocol , Amocar, Tubo caribe, Dow, entre otros.

Otras:

CLIENTE	OBRA REALIZADA
RINKER	INTERVENTORIA-RINKER MODERNIZACION PLANTA DE CEMENTO- MIAMI
CARTON COLOMBIA	REPARACION HORNO DE CAL. YUMBO.
S.K. ENGINEERING	FASE 1 MODERNIZACION MODELO IV RUPTURA CATALITICA REFINERIA ECOPETROL-C/GENA
ABOCOL	AISLAMIENTO PLANTA NPK'S
SOBOCE (BOLIVIA-PROYECTO)	MODERNIZACION Y AMPLIACION PLANTA VIACHA
CESSA (SAN SALVADOR)	INSTALACION REFRACTARIO Y AISLAMIENTO TERMICO HORNO LINEA N°5
CEMENTOS PACIFICO (COSTA RICA)	AMPLIACION Y MODERNIZACION PLANTA DE CEMENTO
TERMOCOL	AISLAMIENTO PLANTA
CEMENTOS BAYANO PANAMA	INSTALACION REFRACTARIO
PELDAR	SECADO HORNO

INELECTRA	GUNNING GENERADOR REACTOR-ORTHOFLOW ECOPETROL-B/MEJA
CEMENTOS DEL VALLE	AISLAMIENTO ELECTROFILTRO HORNO 5
CEMENTOS DEL NARE	TRABAJO REFRACTARIO CAPOTA HORNO # 1
PIZANO	AISLAMIENTO TAMBOR SECADORA TEXPAN
ECOPETROL	AISLAMIENTO PLANTA DE AS FALTO
ECOPETROL	AISLAMIENTO TERMICO
ECOPETROL	AISLAMIENTO INTERCAMBIADOR EQUIPOS
CEMENTO DEL VALLE	AISLAMIENTO DUCTO HORNO 6
TERMOCARTAGENA	AISLAMIENTO TURBINA 1
TERMOCARTAGENA	AISLAMIENTO TURBINA 3

ECOPETROL	CAMBIO FIRE PROFFING	
CEMENTOS EL NARE	PTA VISCORREDUCTORA ARMADO Y VACIADO CONCRETO REFRACTARIO ALTAR HIB	
CABOT COLOMBIANA	REPARACION REACTOR Y SECADOR	
MCV	REPARACION HORNO ENTRADA AL BABERO Y ENFRIADOR	
TERMOPAIPA IV	RECUBRIMIENTO CHIMENEA PARTE INTERIOR-EXTERIOR	
CEMENTOS DIAMANTE	AISLAMIENTO TERMICO	
(PROYECTO)	LINEA II- CARACOLITO II	
CEMENTOS DIAMANTE	MONTAJE	REFRACTARIO
(PROYECTO)	LINEA II- CARACOLITO II	11/97

1.8 PROVEEDORES

Algunos de sus proveedores son:

- AP GREEN (Miami USA)
- FIBER GLASS
- CERAMICAS DE CARABOBO
- ERECOS
- THERMAL CERAMICS
- REFRA METAL
- NATIONAL REFRACTORIES & MINERALS CORP.
- LA CASA DEL ASFALTO
- LIBRERIA Y PAPELERIA MUNDIAL
- ISESOLDA
- ALUMINIO REYNOLDS
- CONSTRUACERO
- PRODICAST
- DIAMOND CUT CIA LTDA

- COMPAÑIA GENERAL DE ACEROS S.A
- CALSILITE
- CALORCOL
- CALYPSO BARRANQUILLA
- ALFREDO STECKERL HIJOS S.

2. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y LOS MATERIALES REFRACTARIOS.

2.1 RESEÑA HISTORICA DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.

En los últimos 20 años la industria cementera ha desarrollado la tecnología necesaria para disminuir los costos de energía eléctrica y calorífica, disminuyendo así los costos de producción e incrementando al mismo tiempo los niveles de producción por medio de la reutilización del calor inducido. Anteriormente, el principal combustible utilizado en la industria del cemento era el petróleo, pero debido a la crisis ocurrida en los años 73 y 79, los japoneses se concentraron en desarrollar medios para ahorrar energía en el proceso de producción de cemento, llegando a reemplazar el petróleo por carbón, el cual ha sido aplicado en un gran porcentaje de las plantas de cemento en el mundo. Sin embargo, este cambio no generó las mejorías esperadas en el consumo de energía. Nuevas tecnologías se han venido desarrollando teniendo como objetivo principal el ahorro de energía sin sacrificar el nivel de producción.

En este sentido, se han diseñado torres de precalentamiento y precalcificación de varias etapas de ciclones, que permiten la

recirculación del aire caliente a través de los ductos de interconexión, disminuyendo el tiempo de proceso, costos por energía y aumentando la eficiencia en la producción.

Las primeras unidades fueron torres de 4 etapas de ciclón y en la actualidad existen torres hasta de 5 y 6 etapas de ciclones con doble torre de calcinación. Estos precalcinadores han logrado disminuir el consumo de calor hasta valores de 700-800 kcal/kg de clinker versus 1400-1500 kcal/kg de clinker de los primeros hornos de esta industria y al mismo tiempo han permitido elevar la producción de 1300 Ton / día de los procesos por vía húmeda, hasta 10000 Ton / día en el proceso por vía seca, comprendiendo mas del 75% de la producción mundial de cemento y virtualmente todos los hornos instalados desde 1970.

El Anexo A ilustra una torre de precalcinación con sus equipos anexos.

2.2 ETAPAS DE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO POR EL PROCESO DE VIA SECA.

Antes de entrar al tema de los refractarios, queremos dar una breve pero detallada explicación sobre el proceso de fabricación del cemento con el fin de que el lector adquiera una idea de este y al mismo tiempo comprenda la importancia de los materiales refractarios, su correcta instalación y por ende el propósito de nuestro estudio.

MATERIAS PRIMAS.

Para la fabricación del cemento pueden utilizarse tanto materiales de origen natural como productos industriales. La composición del cemento Pórtland varía de planta en planta debido a especificaciones del cemento a producir y a la mineralogía de los minerales disponibles. En general, la mezcla ideal es aquella que permita minimizar la cantidad de calor inducido requerido para clinkerización y el costo total de la materia prima, produciendo al mismo tiempo un cemento de buena calidad.

Como materiales de partida sirven sustancias minerales, que contienen los componentes principales del cemento: cal, sílice, alumina y óxidos de hierro.

La relación de materiales típicamente proporcionada de las minas se ilustra en el cuadro 1:

Cuadro N° 1: composición de materia prima.

Caliza (CaO)	80%
Arcilla (SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , & Fe ₂ O ₃)	8%

TRITURACIÓN, MOLIENDA, PRE-SECADO Y HOMOGENIZACIÓN.

Estas materias primas son desmenuzadas para efectos de su elaboración ulterior y se hace por medio de trituradores obteniendo como resultado bolas entre 12 mm, ideales para los molinos de bola y entre 30-80mm para molinos de rodillos, obteniendo luego de este proceso una masa pastosa que es llevada a un proceso de pre-secado ya que por lo general las materias primas para cemento contienen tanta humedad que, en el proceso por vía seca debe desecarse convirtiendo la pasta en un polvo fino para facilitar su manejo, estimar la cantidad de calor inducido para su transformación en clinker y disminuir el consumo de energía, principal característica de este proceso por vía seca.

El polvo es almacenado en silos donde se homogeniza y se analiza la mezcla para luego alimentar el horno.

PRECALCINADOR.

Antes de alimentar el horno, la materia prima debe pasar por una torre de precalentamiento la cual es calentada a través de gases calientes provenientes del quemador del horno y que suben a la torre a través de una serie de ciclones interconectados por ductos.

Tanto la composición química de la mezcla como la cantidad de alimentación deben ser consistentes para evitar inestabilidad en el equipo y disminuir el consumo de combustible.

Otra fuente de calor la compone el aire secundario y terciario que sale del proceso de enfriamiento y que llega a la torre a través de un ducto buscando recuperar la mayor cantidad de calor, usualmente 800-1,000°C. El volumen de este fuente de calor, depende del volumen de aire que ingrese al enfriador.

Esta recirculación de calor entre el horno y la torre precalcinadora permite minimizar la longitud del horno y la carga inducida de calor hasta en un 50% incrementando la eficiencia en la producción.

Hasta este punto, la mezcla tiene una temperatura aproximada de 1000°C y cae al horno rotatorio a través de un ducto de alimentación.

HORNO ROTATORIO.

Los hornos rotatorios en el sistema de vía seca son mas cortos que los de vía húmeda debido a que el proceso de precalcinación se hace en la torre. Estos hornos mantienen una temperatura de operación que oscila alrededor de los 2000°C. El horno rota a una baja velocidad dependiendo de la carga, permitiendo que esta baje hasta la zona de calentamiento, ayudado por la pendiente de inclinación del horno(2-6%), donde la temperatura alcanza unos 1450°C convirtiendo el material en nódulos o bolas de clinker.

ENFRIAMIENTO.

El clinker caliente cae en el enfriador, donde intercambia calor con aire a temperatura ambiente inducida por ventiladores. Los enfriadores mas modernos son los de parrilla, los cuales tienen un principio que consiste en el enfriamiento rápido del clinker para mejorar la calidad del cemento. Simultáneamente se comprobó que estos enfriadores permiten un intercambio térmico muy bueno entre el aire de refrigeración y el clinker caliente.

ALMACENAMIENTO DE CLINKER.

El clinker descargado del enfriador es transportado a los silos de almacenamiento, los cuales deben tener la capacidad suficiente para almacenar una cantidad que permita seguir cumpliendo con los compromisos de venta durante tiempos de parada de horno, economía cíclica y paradas voluntarias.

Estos silos al tiempo de almacenar, mantienen en constante movimiento el clinker con el fin de homogenizarlo y evitar asentamientos.

Por último el clinker pasa al molino de cemento donde es mezclado con yeso y aditivos obteniendo así el cemento Pórtland.

La figura 1 nos muestra un diagrama típico del proceso de fabricación del cemento.



Fig 1. Diagrama de proceso del cemento por vía seca.

2.3 REVESTIMIENTO REFRACTARIO.

La definición mas amplia que podemos encontrar para el material refractario es aquella que lo considera como un material de construcción estable a altas temperaturas.

Para el instalador de refractarios, esta definición es su realidad diaria, ya que lo maneja ampliamente.

Mientras que los mecánicos o la gente del común ven estos equipos como una estructura metálica con un revestimiento interno de refractario, los especialistas en refractario lo observan como un cuerpo refractario con una cubierta metálica, dando a entender la importancia que estos materiales tienen para el buen funcionamiento, operación y eficiencia de estos equipos.

El tiempo de actividad de estos equipos- o tiempo de marcha – depende, en primer lugar de la calidad del revestimiento que se instale. Las paradas de planta , fuera del plan de trabajo

preestablecido, debido a la mala calidad del revestimiento, producen muy costosos fallos de producción. Se entiende por calidad del revestimiento la calidad del refractario aplicado de acuerdo a las condiciones de operación y su correcta instalación.

Aunque en el desarrollo de un montaje, el costo de suministro e instalación del material refractario corresponde aproximadamente entre 2-5% del valor total del proyecto, el costo de no producción o por parada de planta (en este caso debido a fallas en el refractario) puede ascender a US\$240.000 /día, dependiendo de la capacidad de producción de la planta.

Por esto es absolutamente necesario un seguimiento detallado y mantenimiento del revestimiento refractario para minimizar costos y evitar interrupciones en el servicio.

En general, la finalidad del revestimiento refractario es:

- Proteger la chapa metálica de las altas temperaturas de la llama

- Proteger la chapa metálica de ataques de tipo químico, debido a las reacciones normales que ocurren en el proceso de clinkerización de las materias primas que entran al horno.
- Disminuir las pérdidas de calor, por radiación y convección que podrían ocurrir a través de la chapa metálica.
- Servir de intercambiador de calor, al absorberlo de las gases de la combustión y cederlo al material en proceso de clinkerización.
- Absorber el desgaste mecánico , por el impacto y la abrasión del material que rueda en el interior del horno. Esta acción erosiva incidiría directamente sobre la chapa metálica de no existir el revestimiento refractarios.

Debido a la importancia de este aspecto, existen especialistas en el campo de los refractarios, con la tecnología necesaria, dedicados a la instalación de estos materiales con el fin de satisfacer las necesidades del cliente, en este caso las fabricas de cemento.

Pero, antes de entrar en el campo específico de la instalación, que es el tema que nos compete, creemos que es de suma importancia hacer una reseña general sobre los materiales refractarios, sin profundizar en sus propiedades, ya que es un tema mas específico y especializado que requeriría de otro capítulo, pero si detallaremos aspectos como formas, características y aplicaciones y la importancia de estos factores para los instaladores ya que en base a esta información se define la calidad del material a instalar en determinada zona, el tipo de refractario (concreto, ladrillo), sistema de aplicación, cantidad de material de acuerdo al volumen y combinación de formatos, en fin todas las decisiones relacionadas con la escogencia del material refractario.

2.4 REFRACTARIOS.

2.4.1 Tipos de refractarios. Los materiales refractarios han llevado un desarrollo paralelo al de los materiales de construcción ordinarios,

por lo que su presentación es muy similar. Esta situación nos permite la clasificación mas simple de la siguiente manera:

- Ladrillo o tabique
- Morteros
- Concretos
- Plásticos
- Apisonables
- Proyectables.

Ladrillos

Son piezas preformadas en fabrica siguiendo un modelo especifico.

Se logran por moldeo y secado o quemado hasta lograr la consistencia suficiente para permitir su manejo, empaque , transporte y colocación sin que pierdan su forma. Estas piezas pueden ser normales o formatos especiales.

Se conoce como normales a aquellas piezas que se presenten como prisma rectangulares o tienen una sola modificación a la forma mencionada. Esta modificación puede conducir a arcos o cuñas; la importancia de la forma y los diferentes formatos, permiten al instalador, con el acomodo adecuado, construir círculos, arcos, cilindros, conos u otras formas que requieran. En el apéndice A se presenta un muestrario de piezas estándar con las medidas y la nomenclatura comunes en el mercado, misma que da una buena idea de la versatilidad de estas piezas.

Los ladrillos representan hasta la fecha el mayor volumen de los refractarios usados en plantas de cemento pero la tendencia hacia el uso de los concretos es fuerte debido a la rapidez de aplicación.

La figura 2 nos muestra los diferentes formatos de ladrillo estándares existentes.

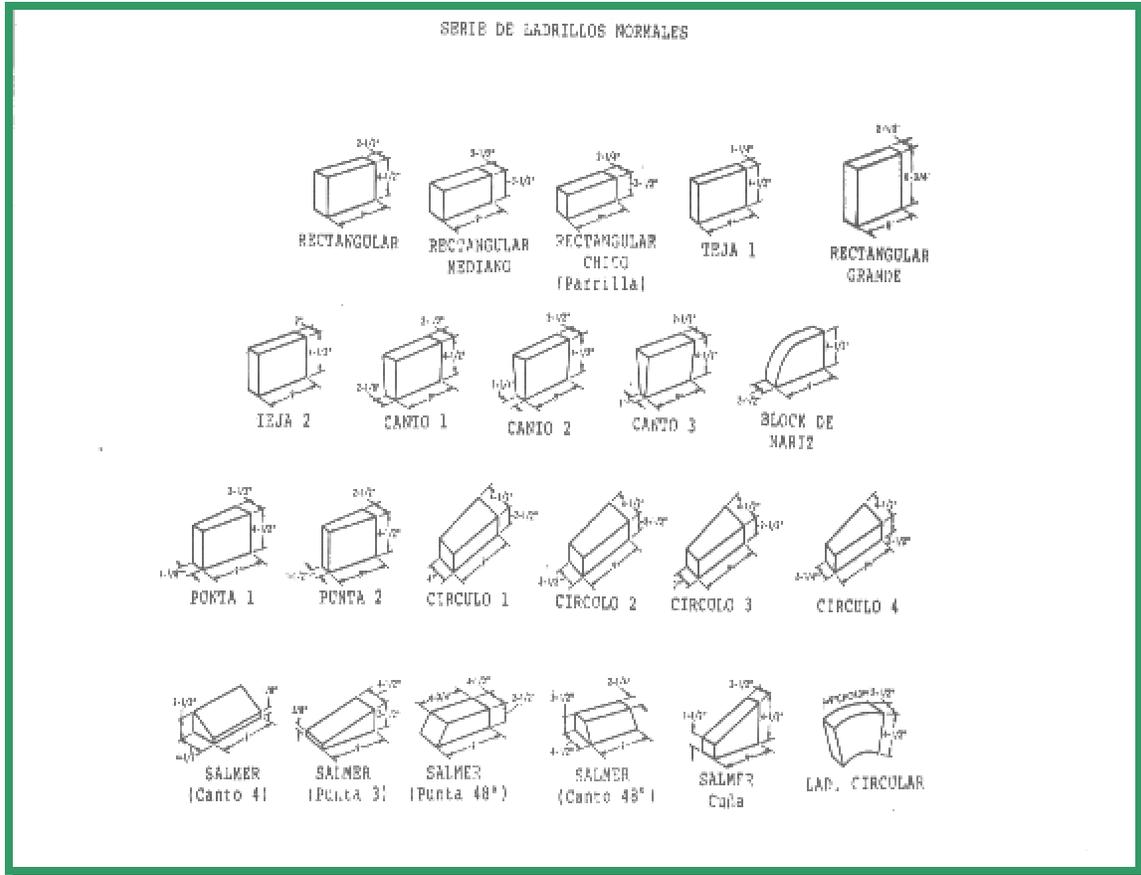


Fig 2. Formatos de ladrillos.

Morteros Refractarios

Son Materiales refractarios en polvo o en pasta, pero siempre partiendo de una granulometría muy fina, que se usan como relleno

entre los ladrillos, debido a que estos no son piezas maquinadas, por lo que este relleno evita filtraciones de gases, fugas, etc.

El mortero refractario rellena estos huecos, brindando un perfecto sello a la instalación. En muchas ocasiones el mortero contiene un aditivo químico que le permite fraguar al contacto con el aire (air setting), sirviendo de unión a los ladrillos y colaborando así a presentar una estructura sólida y fuerte desde la temperatura ambiente. Otras veces, el mortero no tienen ningún ligante a baja temperatura, sino que se comporta como polvo de relleno que brinda un colchón para que los ladrillos se puedan mover y acomodar al irse calentado (heat setting) o al ser empujados por la carga o por la coraza del horno. Al alcanzar altas temperaturas estos morteros también pueden fraguar y unir los ladrillos.

Concretos Refractarios

Se conocen como tales a mezcla formadas por materiales refractarios de diferentes granulometrías y un cemento de alta temperatura. Este

cemento al contacto con el agua se hidrata rápidamente formando fuertes cadenas moleculares que mantienen unido al material refractario, permitiendo así la fabricación de grandes piezas o de revestimientos completos directamente en el horno donde se van a usar.

Para poderlos usar es necesario hidratarlos, fraguarlos y secarlos a altas temperatura, con lo que se obtienen piezas monolíticas de carácter cerámico. Tienen grandes ventajas sobre el ladrillo, pero requieren una técnica muy rigurosa para su instalación y uso.

Plásticos Refractarios.

Son masas refractarias preparadas por la adición de agua sobre los minerales refractarios y su mezclado al vacío y bajo presión hasta lograr un material con características plásticas, que puede ser moldeado con facilidad mediante una ligera presión. Una vez seco y calentado se comporta como un ladrillo.

Apisonables Refractarios.

Son materiales refractarios en polvo, secos, que se solidifican por compactación o apisonado directo en el lugar donde se va a usar. En algunos casos, se usan pequeñas cantidades de humedad para lubricar los granos y lograr una mejor compactación. Estos materiales deben cocerse dentro del mismo horno hasta lograr una estructura monolítica, que tiene como principal ventaja una porosidad sumamente baja. Son ideales para construir crisoles donde se alojaran metales líquidos.

Refractarios proyectables.

Su característica principal es su adherencia, en frío o en caliente, sobre paredes de refractario usado con lo que se logra su regeneración y, por tanto, la prolongación de su vida útil.

El uso ideal de estos materiales es lanzándolos por medio de aire a presión al interior de hornos en operación sobre zonas problemáticas, logrando así un parchado sin detener la operación por largo tiempo.

Toda esta presentación de tipos de refractarios se puede lograr con una gran variedad de productos minerales, de diversas composiciones y propiedades.

2.4.2 Clasificación química de los refractarios. La mezcla de componentes que intervienen en la fabricación de un refractario, le confieren un carácter químico determinado y muy importante para predecir su comportamiento ante el ataque de gases, líquidos o escorias corrosivas.

Gracias a la composición química de un refractario, podemos seleccionar el material adecuado de acuerdo a la zona de aplicación.

Siguiendo los lineamientos tradicionales, dividimos a los refractarios en materiales ácidos, neutros y básicos.

Los refractario **ÁCIDOS** son aquellos constituidos por sílice, compuesto natural, en forma de cuarzo, arena o vidrio, estable en la

naturaleza, poco reactivo y con características refractarias bien definidas.

Los refractarios BÁSICOS son aquellos constituidos por magnesita y cal, materiales obtenidos por tratamiento físico o químico de compuestos naturales. Son materiales de alta actividad química y punto de fusión elevado.

Los refractarios NEUTROS son aquellos que, por definición, se mantienen sin alteración en cualquier medio que se encuentren. Tradicionalmente se han llamado neutros a la alúmina y a la cromita, aunque estas solo lo en algunas circunstancias.

2.4.3 Elección de los refractarios. Como señalamos anteriormente, la elección de la calidad del refractario depende de la zona donde se quiera aplicar ya que factores como la temperatura y las reacciones químicas son definitivas en la selección del material adecuado. En los

equipos se diferencian varias zonas en las cuales corresponden ciertas categorías de refractarios.

En la Fig. 3, vemos las diferentes zonas y las temperaturas de trabajo en un horno rotatorio tradicional.

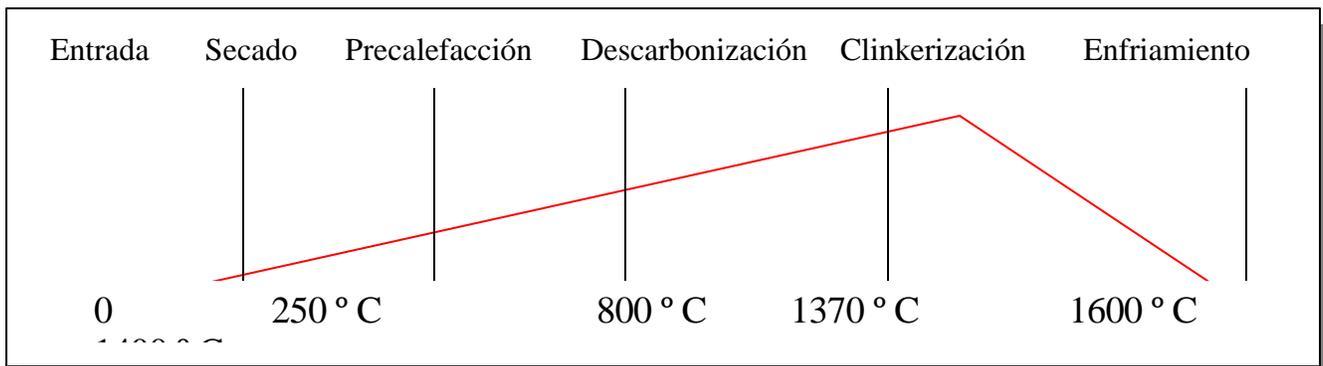


Fig 3. Temperaturas de operación de un horno

❖ **ZONA ENTRADA.** En vía seca la entrada al proceso en si es por medio del quinto ciclón por esto entra al horno con una temperatura

más elevada por lo que los ladrillos contienen un 30 a 40% de alúmina.

❖ **ZONA DE SECADO Y PRECALEFACCION.** En vía seca, el contenido de alúmina del refractario tiende a ser de un 40%.

❖ **ZONA DE DESCARBONATACION Y PRECOCHURA.** Es necesario disponer de refractarios resistentes al calor presentando gran estabilidad de volumen (40 – 50 % Al_2O_3). Los ladrillos pueden revestirse exteriormente de una capa aislante fijada al ladrillo refractario durante su fabricación. También se puede utilizar ladrillos refractarios de poca conductividad térmica.

❖ **ZONA DE CLINKERIZACION.** Las condiciones de temperaturas exigen un refractario especialmente bien adaptado. Se utiliza generalmente refractarios de 70 a 75% Al_2O_3 (alúmina), en la superficie de las cuales se establece un vestido protector. Cuando la temperatura es más elevada o el vestido difícil de establecer , se

puede emplear en esta zona , ladrillos magnesianos o cromo magnesiano aunque debido a que el cromo es altamente contaminante ya se usa muy poco por lo que actualmente se usan ladrillos tipo espinela a base de magnesio y alúmina.

❖ **ZONA DE SALIDA.** Los ladrillos situados a la salida, se aguantan por una corona compuesta de piezas angulares de acero refractario.

❖ **ENFRIAMIENTO.** El material aún muy caliente (1000 a 1200 °C) entra en el enfriador mediante un plano inclinado guarnecido de refractarios al carbón o constituidos por placas de acero refractario. En el enfriador de parrilla, las paredes verticales y horizontales que no lleguen a tener contacto con el clinker pueden constituirse por ladrillos de 30% $Al_2 O_3$.

2.4.4 Instalación del refractario. Aunque los métodos de instalación de refractarios están estandarizados en forma general, existen

tecnologías que permiten optimizar el tiempo de instalación por medio de herramientas mas eficientes pero la finalidad es la misma: lograr una mampostería compacta, de acuerdo a las especificaciones, en un tiempo determinado.

La correcta aplicación de los refractarios son el factor clave en la durabilidad de la mampostería y al mismo tiempo un factor determinante para reducir los “downtime” de la fabrica.

Debido a la complejidad y lo extenso de este tema y para no incurrir en repeticiones innecesarias, incluiremos como anexo un manual detallado de instalación de refractarios que servirá como guía de entrenamiento para las personas relacionadas con el montaje: Ingenieros, supervisores, albañiles, ayudantes; y como información adicional para el lector interesado en ampliar sus conocimientos en el tema.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En general, toda planta industrial durante su período productivo, requiere una serie de mantenimientos y reparaciones periódicas programadas para garantizar su confiabilidad operacional y al mismo tiempo asegurar la continuidad y normalidad del proceso de producción.

La importancia que para cualquier planta, en este caso una planta de cemento, posee la ejecución de una parada de planta o de un proyecto de construcción, hace imprescindible la necesidad de que los responsables de ejecutar las labores programadas, realicen estas actividades dentro de un tiempo determinado y bajo unas condiciones de calidad estrictas.

Para un contratista, en este caso REFRA THERMAL LTDA, la ejecución de tareas durante este tipo de proyectos o paradas, requiere de una programación lógica y detallada de actividades, con asignación apropiada de recursos con el fin de cumplir con los objetivos y los tiempos de ejecución contratados.

En este orden de ideas, se hace evidente la necesidad de efectuar en forma efectiva y óptima este conjunto de tareas, manteniendo una búsqueda constante de su mejoramiento, apoyándose en el uso y aprovechamiento de herramientas disponibles, tales como, sistemas de información, aplicación de normas y estándares de trabajo.

Cada uno de estos proyectos o paradas, representan costos significativos para el contratista, tanto por su ejecución como por lucro cesante, los cuales deben ser controlados detalladamente, pues repercuten directamente en la rentabilidad de la empresa.

Actualmente, la planeación y la definición de los procedimientos se llevan a cabo siguiendo el criterio particular del Gerente de la empresa, quien gracias a su amplia experiencia en montaje de refractarios, ha logrado estimar tiempos de ejecución de tareas y costos relacionadas con estas, sin embargo, no existen documentos ni estudios específicos de tiempos para la instalación de refractarios que permitan hacer una mejor planeación de la obra desarrollando un

cronograma de actividades coherente, asignando los recursos adecuados para ejecutar las tareas de acuerdo a las normas y tiempos estimados y controlando las variables relacionadas con la ejecución de un proyecto de este tipo. Por esta razón, este proyecto busca establecer parámetros más acertados soportados en un estudio de tiempos, basados en la medición de 3 proyectos característicos recientes, para que sean tenidos en cuenta por la empresa en una futura presentación de oferta y aplicados en la planeación y ejecución de este tipo de montajes.

3.2 DESARROLLO DEL PROYECTO

Como personas relacionadas directamente con la empresa, y a la vez como estudiantes de último semestre, queríamos poner a prueba y al mismo tiempo aplicar todos esos conocimientos adquiridos durante el transcurso de nuestra carrera en un campo de acción que nos brindara la oportunidad de desarrollar toda esa energía y a su vez realizar un proyecto significativo que fuese benéfico para la empresa.

La idea de desarrollar este proyecto específico fue exclusivamente nuestra, basada en la corta pero enriquecedora experiencia que habíamos adquirido en el tiempo que llevábamos laborando allí.

El proyecto se nos presentaba como una gran oportunidad de lograr todo eso que queríamos pero al mismo tiempo, implicaba enfrentarnos con un tema del cual no se tenía mucho conocimiento, aparte del que podían brindarnos el Gerente y los demás ingenieros de la empresa quienes fueron nuestros asesores en lo referente a los refractarios, además de un consumo considerable de tiempo ya que teníamos que cumplir con una extensa jornada laboral con una amplia responsabilidad por lo que nos veíamos obligados a suspender constantemente el desarrollo del mismo.

La primera actividad que se efectuó fue investigar, basados en trabajos anteriores, cual había sido la situación real en campo, es decir, como se llevaba a cabo la ejecución de las tareas, el seguimiento del cronograma, la asignación de los recursos, etc y enfrentarlo con el cronograma propuesto inicialmente, para lograr una comparación directa que nos permitiera tener una idea mas concreta de las falencias de la empresa. En los Anexos B y C podemos observar la desviación existente en tiempo de ejecución real de un proyecto específico, Cementos Diamante CEMEX (Ibague), contra el cronograma inicial propuesto. Además, se consulto constantemente al grupo de ingenieros sobre sus puntos de vista acerca

del desarrollo de las obras y al mismo tiempo pudimos conocer como funcionaba el proceso planeación, ejecución y control del montaje por parte de los realizadores del proyecto, con el fin de recopilar información y formarnos una visión global que nos permitiera tener elementos de juicio desde diferentes perspectivas a la hora de evaluar la situación bajo análisis.

Esta búsqueda nos permitió obtener unas conclusiones iniciales:

- a) Un deficiente sistema para definir la distribución de maquinas y herramientas por equipo, sub-utilización de la mano de obra; todo esto conlleva al desaprovechamiento del tiempo en el desarrollo de un proyecto, parámetro que es de vital importancia para el cumplimiento de entregas de los trabajos terminados.

- b) La planeación de las órdenes de trabajo se hace de manera empírica, aunque se tiene en cuenta la capacidad real de la maquinaria, su aprovechamiento no es el máximo. Otros factores como la cantidad de mano de obra requerida y los tiempos de ejecución de tareas son parámetros que no están establecidos cuantitativamente para la empresa por unidad de trabajo, sino que

corresponde a un estimativo basado en experiencias anteriores, que aunque no es del todo impreciso, depende de la habilidad de la persona que ejecuta el trabajo y no de un tiempo calculado por actividad sin importar quien la ejecute.

c) Deficiencia en la asignación de responsabilidades a los trabajadores, ocasionando confusiones y demoras durante el proceso de ejecución.

d) La falta de un mantenimiento constante y correctivo a las maquinarias y herramientas de trabajo afectan la programación de las actividades y la eficiencia en la ejecución.

e) El medio ambiente deteriora el trabajo físico progresivamente por su incomodidad en las labores cotidianas, principalmente el polvo ocasionado por los productos utilizados.

Todos los factores anteriormente mencionados tienen una gran incidencia en el incumplimiento en cantidades y plazos de entrega.

Luego de alimentarnos de esta información, decidimos hacer un estudio completo a algunos de los montajes siguientes, desde su etapa de licitación hasta la entrega final de obra aprobada por el cliente, escogiendo 3 en particular: Cementos San Salvador (SALVADOR), Cementos Pacífico (COSTA RICA) y Rinker (USA). el estudio procedimental y económico se hizo basado en el proyecto de Cementos Pacífico y el estudio de métodos y tiempos se hizo en los tres debido a que no tuvimos la oportunidad de estar en la totalidad de las etapas de cada uno de estos proyectos.

Luego de mas de cuatro meses de estudio nos dimos cuenta que el proyecto resultaba ser mas complicado de lo imaginado y que nuestra intenciones eran demasiado ideales al querer abarcar todas las actividades que rodeaban un proyecto tan complejo corriendo el riesgo de presentar un proyecto cargado de información excesiva e

innecesaria en vez de uno dirigido hacia una actividad específica, cuya influencia sobre el éxito del proyecto fuera superior y significativa y a su vez sirviera de base tanto para definir otras actividades en base a esta, como para dejar la puerta abierta a futuras investigaciones relacionadas con el tema.

Esta actividad sería la instalación de refractarios como tal, zona a zona, debido a que este proceso es la base de la actividad comercial de la empresa y la tarea que mas tiempo consume en el desarrollo de un montaje en una torre de precalcinación, dentro del alcance de trabajo de REFRA THERMAL LTDA.

Sin embargo, quisimos ilustrar y soportar el viraje que le habíamos dado al proyecto, haciendo una descripción completa de las tareas y actividades que rodean a un montaje de esta magnitud, enfocando nuestra atención de manera mas profunda en el proceso escogido, obviando actividades paralelas propias de la empresa que no representan una ruta crítica en el cronograma del proyecto, con la

seguridad que la esencia de nuestro trabajo seguiría intacta, contando lógicamente con la aprobación final de la empresa.

3.3 MONTAJE DEL REVESTIMIENTO REFRACTARIO DE UNA TORRE DE PRECALCINACION DE CLINKER COMO PROYECTO.

La instalación del revestimiento refractario comprende además una serie de actividades paralelas que empiezan desde el correcto almacenamiento, transporte del material, equipos y herramientas hasta la zona de aplicación, armado de andamios, limpieza de equipos, corte de ladrillos, soldada de anclajes, etc, hasta finalizar la construcción.

Todo este conjunto de actividades operativas, sumadas a otras administrativas, encaminadas hacía un objetivo específico, en este caso el montaje del revestimiento refractario de una torre de precalcificación de clinker, constituyen un proyecto.

Según lo define el Project Managment Body of Knowledge (PMBOK, conjunto de conceptos de la administración de proyectos) del Project Management Institute

(PMI), el desarrollo de un proyecto comprende una serie de pasos que delinear el proceso de administración del mismo, ordenados en una secuencia lógica con un principio y un fin:

- Inicio.
- **Planeación.**
- **Ejecución.**
- **Control.**
- Finalización.

Aunque estas fases pueden llamarse por otro nombre, el objetivo es el mismo y la idea es poder organizarlas y manejar el concepto.

Es importante definir cada uno de estos pasos para diferenciar las fases de un proyecto y el alcance de cada una.

FASE 1: INICIO.

Esta fase hace hincapié en el desarrollo de una visión para el proyecto y establecimiento de las metas respectivas. Incluye pasos como:

- Determinar lo que el proyecto quiere lograr. Conocer el proyecto como tal.
- Precisar el alcance real del proyecto.
- Identificar riesgos y restricciones.
- Selección del equipo que manejará el proyecto.

FASE 2: PLANEACION.

Esta fase se refiere a la definición de los recursos requeridos para la culminación exitosa del proyecto, elaborar un calendario y desarrollar un presupuesto para el mismo.

Algunas de las actividades que comprende esta fase son:

- Identificar el equilibrio entre resultados, tiempo y recursos.
- Listado de tareas y actividades que llevaran al logro de las metas del proyecto.
- Establecimiento de la secuencia de actividades en la forma mas eficiente posible.

- Desarrollo de un calendario viables para asignar recursos a las actividades que se requieren para completar el proyecto.

FASE 3: EJECUCIÓN.

Esta fase consiste en coordinar con los integrantes del equipo para que el trabajo se realice como se presentó en el plan de proyecto aprobado por el cliente. Algunas de estas tareas incluyen:

- Coordinación de actividades.
- Resolver los conflictos que se presenten durante el desarrollo del proyecto.
- Asignar los recursos necesarios (Dinero, personal, equipo, tiempo) para realizar el plan del proyecto.

FASE 4: CONTROL.

Esta fase se refiere a la vigilancia del proyecto. Ósea, medir el avance de obra, enfrentarlos con las metas planteadas a la fecha y emprender

acciones para asegurarse que las desviaciones del plan no afecten en forma negativa los resultados finales del proyecto, teniendo en cuenta factores como retrasos inesperados, cambios de última hora en el alcance de la obra, etc.

Estas actividades incluyen:

- Vigilar las desviaciones del programa.
- Ejecutar acciones correctivas para igualar el avance real con el propuesto.
- Cambiar calendarios del proyecto si es necesario.
- Adaptar los niveles de recurso en caso de ser necesarios.

FASE 5: FINALIZACION.

La fase de finalización o conclusión nos lleva a analizar el resultado final de la obra. Entre otras actividades están:

- Reconocimiento de logros y objetivos.
- Verificación de cantidades de obra.

- Facturación.

El resultado de nuestro estudio, definirá unas bases que permitirán a la empresa desarrollar de forma óptima los tres pasos subrayados (planeación, ejecución y control). Sin embargo, mostraremos el funcionamiento actual de la empresa en cuanto a presentación de la oferta, control de herramientas, asignación de recursos, programación de tareas, tomando como referencia el proyecto desarrollado en Cementos San Salvador (Salvador), con el fin de poder ilustrar las fortalezas y debilidades que la empresa tiene y paralelamente desarrollar las mejoras planteadas en nuestros objetivos siguiendo el lineamiento de manejo de proyectos aquí presentado.

3.4 PROCEDIMIENTOS ACTUALES DE REFRA THERMAL LTDA.

Aunque los procedimientos actuales no están plenamente organizados dentro de las fases mencionadas anteriormente, existe un orden lógico basado en la experiencia a través de los años de la gerencia de la empresa en el manejo de proyectos, que le ha asegurado a esta un buen desempeño en el desarrollo de los mismos cumpliendo los requerimientos del cliente.

3.4.1 Visita de Obra. El primer paso después de recibir la invitación a licitar por la empresa solicitante se hace la visita de obra en la cual se toma los siguientes aspectos en consideración:

- Verificación del Alcance real de la obra . Requiere una inspección al sitio de trabajo, para verificar lo que realmente quiere en la cotización, las características generales, permitiendo esto que todos los concursantes liciten bajo las mismas condiciones.
- Verificación de planos en general. En esta etapa, es conveniente revisar los planos y compararlos con lo real, para tener una visión más amplia con respecto a lo que requiere el solicitante.
- Exposición y solución de dudas. La disponibilidad de exponer ante un funcionario de la empresa solicitante, la dudas con respecto al trabajo a cotizar.

- Disposición de servicios generales:
 1. Luz
 2. Agua
 3. Aire comprimido
 4. transporte interno de materiales.

Es importante saber si los servicios generales, son suministrados totalmente por el solicitante , si no es así, conocer la disponibilidad de ellos .

- Ubicación general del equipo a intervenir. Es importante determinar la posición del equipo dentro de la planta. El tiempo de realización de la obra, va muy ligado , la función del equipo dentro de la empresa. De esta manera , se planea de forma razonable todo para la entrega total del proyecto.

3.4.2 Preparación de Pliegos. La cotización que se elabora en REFRA TERMAL Ltda.,es como se muestra en la siguiente página.

La realización de las cotizaciones ,involucra a tres personas actualmente, donde ellos determinan por experiencia ,el número total de trabajadores en cada especialidad. ,teniendo en cuenta: Dimensión Total del Proyecto y el Tipo de Trabajo.

Las dos especialidades que maneja esta empresa permite a su personal manejar, con mucha destreza, la búsqueda de el número total de personas para un proyecto.

El personal actual con que cuenta REFRA TERMAL Ltda. Es calificado y entrenado. En este tipo de empresa, el personal es escaso, debido a las pocas competencia que se encuentran actualmente en el medio.

La condiciones comerciales son definidas de acuerdo al retorno esperado sobre la inversión y el capital actual con que cuente la empresa, sin embargo estos ítem son constantemente negociados entre las partes para llegar a un acuerdo benéfico para ambos.

El alcance del trabajo también es definido en la oferta, incluyendo los recursos que ambas partes deben suplir.



REFRA THERMAL LTDA

INGENIERIA DE REFRACTARIOS Y AISLANTES TERMICOS

Cartagena, diciembre 9 de 1998
RT-264/98

Señores
CEMENTOS CESSA
Ing.
Gerente General
Salvador

REF: PROPUESTA ECONOMICA DE MANO DE OBRA PARA INSTALACIÓN DE REFRACTARIOS DEL HORNO 5 EN CEMENTOS CESSA.

De acuerdo a lo conversado telefónicamente en el día de ayer estamos confirmándoles nuestros precios unitarios y debido al poco tiempo que tenemos también adjuntamos lista de requerimientos con el fin de adelantar los preparativos del montaje:

MATERIALES A INSTALAR

Ladrillos, concretos refractarios y aislantes de acuerdo a solicitud.

MANO DE OBRA

La instalación se hará siguiendo las normas del fabricante (s) y CESSA

DESCRIPCIÓN	UN DE MED	V.UNIT/UM
<i>Instalación de ladrillos (incluidos discos diamantados para corte de ladrillo.</i>	M2	XXX
<i>Aplicación concreto refractario</i>	M2	XXX
<i>Instalación placa aislante</i>	M2	XXX
<i>Soldada de anclajes (incluida soldadura)</i>	cu	XXX

Los anteriores valores son netos libres de impuesto e incluyen : Mano obra, transporte, vivienda, alimentación, seguros, implemento de seguridad y prestaciones del personal a utilizar.

REFRATHERMAL suministrará:

PERSONAL

- ❖ *Ingeniero con más de 20 años de experiencia*
- ❖ *14 oficiales (5 Of.Ref + 9 Of.II)*
- ❖ *2 carpinteros*
- ❖ *5 Albañiles*
- ❖ *60 ayudantes de la zona*
- ❖ *2 Soldadores*

EQUIPOS

- ❖ *Mezcladora*
- ❖ *Vibradores*
- ❖ *Herramientas menores*
- ❖ *Cortadoras*
- ❖ *Andamios*
- ❖ *Grapas*

OTROS MATERIALES

- ❖ 200 tablonos de 2" x 3 mts
- ❖ 100 láminas triplex 19 mm
- ❖ 30 láminas triplex 12 mm
- ❖ 50 listones de 2" x 2"
- ❖ 100 listones de 2" x 3"
- ❖ 300 kg alambre dulce calibre 18 ó 20
- ❖ 350 Tubos de 1 ½" aguas negras espesor 3.2 mm

CEMENTOS CESSA suministrará:

- ❖ Materiales refractarios y consumibles
- ❖ Energía 440 – 220 – 110 Volt. (conexiones)
- ❖ Iizará materiales al sitio de trabajo
- ❖ Agua potable
- ❖ Sitio para container
- ❖ Facilitará vivienda para 12 trabajadores
- ❖ IMPORTARA Y EXPORTARA TEMPORALMENTE CONTAINER CON EQUIPOS.

CONDICIONES GENERALES

POLIZAS

Las requeridas por CESSA

FORMA DE PAGO:

- ❖ 30% anticipo a la forma del contrato amparado con su respectiva póliza.
- ❖ 70% avance de obra a satisfacción de CESSA

TIEMPO DE EJECUCIÓN :

El tiempo para ejecutar la obra es de 65 días calendario. Adjunto cronograma.

FECHA DE INICIACIÓN:

Estamos en capacidad de iniciar los trabajos 15 días después de entregamos el equipo a revestir y el correspondiente anticipo.

VALIDEZ DE LA OFERTA:

Esta propuesta tiene validez de 60 días.

En espera de sus comentarios y con el deseo de poder servirles, quedamos de ustedes.

Atentamente,

JAIRO BOHÓRQUEZ O.

Gerente

Como los equipos son suministrados por REFRA THERMAL, se debe presentar una remisión de todos los equipos y herramientas que van a ingresar a la empresa. Por el tipo de trabajo (Refractario o Aislante Térmico) , así se envían los equipos y herramientas a la planta, dentro de un contenedor.

Respecto al suministro de los materiales refractarios, estos no están dentro del alcance del trabajo y generalmente, no va incluido para proyectos a gran escala como este.

3.4.3 Adjudicación del Contrato. Presentado el pliego ó cotización, la empresa solicitante internamente decide la mejor propuesta, si le adjudica a REFRA THERMAL Ltda., se empieza la autorización y se firma el contrato.

Inmediatamente después inicia la logística para la movilización de herramientas, equipos y personal. En caso de necesitar personal calificado adicional, se localiza en el país donde se encuentren. La mano de obra no calificada se contrata en el medio local.

Finalmente se legaliza toda la documentación. Esta legalización cubre las pólizas y seguros entre ellas:

- Seguros de los contenedores con equipos y herramientas.
- Póliza Especifica de Seguro de Transporte de Mercancía

- Seguros de Los Equipos
- Póliza de Cumplimiento.

3.4.4 Programación de Actividades y ejecución. Para la programación se utiliza el software Project, como herramienta de ayuda para organizar las actividades por día , la duración de la actividad y el recurso humano del cual se va a disponer . Este proceso es llevado a cabo por el Gerente y un grupo de ingenieros dentro de los que está el jefe de la obra.

El cronograma propuesto para este proyecto se puede ver en el Anexo D.

El Jefe de obra, coordinará con las personas encargadas dentro de la empresa solicitante, todo sobre el proyecto: fecha de inicio, fechas de reporte de avance de obra, solicitud de planos, coordinación con otros contratistas, suministro de los materiales, etc.

El avance de obra debe reportarse en fechas fijadas en los días estipuladas por el solicitante.

El listado de materiales muestra la zona de aplicación de cada uno para que no se cometan errores en cuanto a la calidad del ladrillo o concreto a instalar por zona o equipo. Una copia de este listado es entregada a cada uno de los supervisores.

El ingeniero de campo , organiza al personal y designa las operaciones a seguir , en su orden, asignando el personal para cada equipo de acuerdo al programa.

El seguimiento de la obra se hace a través de papeles entregados al final de cada jornada por los supervisores de área al jefe de obra. Estos papeles contienen información de cantidades instaladas, la cual es llevada a una bitácora con la respectiva firma de la interventoría de la empresa contratante. Esta información es al mismo tiempo alimentada al programa de avance semanal para llevar el registro sobre el programa propuesto.

3.4.5 Finalización de la obra. Previo acuerdo de cantidades instaladas entre las dos partes, REFRA THERMAL LTDA y la empresa contratante, se procede a

levantar un acta de entrega y recibo de obra a satisfacción del cliente, que sirve como soporte para anexarla a la factura final, de acuerdo a los precios unitarios establecidos.

4. ESTUDIO DE METODOS

El objetivo principal de un estudio de métodos y tiempos es el de aumentar la productividad de un proceso, mejorando la confiabilidad del producto final y al mismo tiempo reduciendo los costos por unidad con el fin de obtener una mayor producción y un mejor servicio para nuestros clientes.

En el caso de Refra Thermal , la producción se define como la cantidad de refractario instalado en kilos o por metros cuadrados, ya sea concreto o ladrillo, en un tiempo determinado. Estas unidades de medida son las que le sirven a la empresa no solo para evaluar su productividad sino también porque son las unidades de facturación de los trabajos realizados.

Para el caso de nuestro estudio, tomaremos como unidad de medida los metros cuadrados con el fin de estandarizar los datos de manera que puedan ser útiles para cualquier área calculando el rendimiento promedio establecido por metro cuadrado por el área de aplicación.

Por esta razón, las operaciones a medir son operaciones compuestas por varias actividades (que a su vez también podrían ser medidas pero que no representarían un dato de interés para la compañía), las cuales suman un tiempo

de operación que permite medir la productividad del proceso en las medidas útiles para la empresa.

Como mencionamos anteriormente, el estudio estará separado equipo por equipo ya que la complejidad del montaje es diferente para cada uno de ellos, e incluso, una misma operación puede ser mas complicada en diferentes áreas de un mismo equipo.

Finalmente, sumando los tiempos de montaje para cada equipo componente, podremos establecer un tiempo real de obra, horas-hombre consumidas, que permitirán a la empresa evaluar económicamente un proyecto.

A continuación, definiremos paso a paso cada una de estas operaciones dentro de los métodos actuales para cada equipo, con el fin de establecer un inicio y un final para el objeto de la medición del tiempo.

Para tal efecto, desarrollamos un listado de operaciones para cada equipo ya que aunque algunas operaciones son iguales en muchos de ellos, creímos importante realizarlas en cada uno por separado para obtener datos mas reales en caso de realizar trabajos de forma independiente.

4.1 OPERACIONES

4.1.1 Descripción de las operaciones y actividades para el montaje de refractario en un ciclón.

- **Trazar punta cono.** Debe hacerse un trazado con tiza para marcar la ubicación donde se van a soldar los anclajes metálicos. La distancia entre ellos y el número a soldar dependen del espesor del concreto y el área de aplicación.
- **Soldar Anclajes en el cono.** Unir el anclaje a la superficie de la Torre de precalcificación. Luego de hacer el trazado se procede a soldar el anclaje firmemente a la lámina.

- ***Inspección prueba de martillo.*** Finalmente se hace una prueba de martillo que consiste en golpear los anclajes con un martillo para inspeccionar si están bien soldados.
- ***Instalar Placa aislante.*** Colocar la placa aislante en la parte interior del equipo como backup para proteger la chapa metálica de las altas temperaturas que se manejan. La placa se corta en segmentos que permitan dar la curvatura al equipo y se instala en todo el área de este.
- ***Impermeabilizar placa aislante.*** Luego se impermeabiliza con el fin de que la placa no absorba el agua contenida en la mezcla de concreto refractario que va a aplicarse encima.
- ***Cortar triplex y listones para el cono.*** Se cortan para armar las formaletas y encofrar. La formaleta se hace a base de un triplex grueso(10-12 mm) que se corta a la medida deseada, luego se

perfora con un taladro con el fin de introducir el alambre para amarre, sujetado en el otro extremo a la punta de los anclajes.

- ***Impermeabilizar triplex.*** El triplex se impermeabiliza con la misma finalidad de la placa aislante.
- ***Amarrar el alambre entorchado al anclaje.*** Deben amarrarse unos alambres en la punta de los anclajes que sirven como remaches para asegurar la formaleta.
- ***Encofrado punta de cono.*** Es colocar los moldes de madera o metálico alrededor de la superficie interna de la zona donde se va a vaciar el concreto. Dependiendo del equipo o la zona donde vaya a aplicarse el concreto, la fabricación de la formaleta puede ser mas compleja. Se utilizan los tacos de madera cortados del listón, que sirven para darle mayor resistencia a la formaleta en el momento del fraguado del concreto debido a su expansividad.

Estos son amarrados como puntales a la madera con el alambre sujetado a los anclajes.

- **Inspección formaleta.** Verificar que la formaleta está correctamente amarrada e instalada.
- **Mezclar concreto.** El concreto es pre-mezclado en una mezcladora planetaria o vertical, regularmente con capacidad para 100 kg por mezcla (4 bolsas de 25 kg), luego se agrega la cantidad de agua necesaria para realizar la mezcla con un tiempo de mezclado determinado y constante para todas las mezclas.
- **Fundir concreto punta del cono.** Aplicar el concreto dentro de la formaleta. La mezcla se extrae a través de una compuerta ubicada en la parte inferior de la mezcladora por medio de unos baldes que son transportados por el ayudante hacia el sitio del vaciado para finalmente depositarlo dentro de la formaleta.

Cuando se vacía en techos, la mezcla se vierte a través de unos orificios hechos en la parte superior de la lámina del equipo, lo que hace un poco más complejo el vaciado. A medida que se vierte la mezcla, esta se va vibrando en sitio con un vibrador de lápiz para eliminar vacíos y burbujas de aire que afectarían el desempeño del refractario.

- **Fraguado de concreto del cono.** Proceso de adquisición de resistencia del concreto. Luego de vaciado y vibrado, el concreto debe dejarse fraguar al aire con el fin de que endurezca y se produzca la liga química que permitirá una masa compacta. Es un tiempo establecido que depende del refractario y no del aplicador.
- **Desencofrar.** Quitar los moldes del concreto endurecido.
- **Instalar ladrillo refractario.** El resto del cono y el cuerpo cilíndrico del ciclón se harán en ladrillo, aunque dependiendo del

diseño puede ser también en concreto. El ladrillo es introducido al interior del ciclón desde afuera por dos ayudantes a través de la puerta de inspección y es recibido por los instaladores a medida que se va instalando hilera por hilera de abajo hacia arriba.

- ***Trazar techo.*** se hace con la misma finalidad de ubicar y soldar los anclajes. Es un poco mas demorado debido a la posición que debe asumir el trazador.
- ***Soldar anclaje techo.***
- ***Cortar triplex y listones para el techo.***
- ***Impermeabilizar triplex.***
- ***Amarrar alambre entorchado a los anclajes.***
- ***Encofrar techo.***
- ***Inspección de formaleta.***
- ***Mezclar concreto para techo.***
- ***Fundir concreto techo.***

- ***Fraguado techo.***
- ***Desencofrar.***

4.1.2 Descripción de las operaciones y actividades para el montaje de refractarios en un horno rotatorio.

Radiar Horno. Antes de colocar el primer ladrillo en el horno, es necesario radiar el horno desde su parte inferior para asegurarse que las hiladas no estarán torcidas en forma de espiral. La radiada consiste en trazar una línea radial, como su nombre lo dice, que sirva de guía para el instalador del ladrillo. Se coloca una regla nivel en la parte inferior y se ubica el centro punto. Se trazan dos líneas cada 3 hiladas para asegurar la alineación constante y se unen con otra línea recta.

Colocar ladrillos guía. Los ladrillos guía son los dos primeros ladrillos que se colocan para empezar una hilada. Antes de iniciar cada hilada

debe hacerse esto para asegurar que la hilada esta alineada con el radio del horno.

Instalación media caña. Luego de colocar los ladrillos guía, se procede a levantar una media caña de ladrillos a lado y lado de estos hasta llegar a la mitad del horno donde estos pueden sostenerse solos, sin presión.

Instalación de borriquete. El borriquete no es mas que una mesa con una media luna clavada en su superficie que permite colocar unos gatos (pogos) presionando los ladrillos para que no se caigan cuando se está cerrando una hilada. El movimiento de este borriquete es manual y se hace cada tres hiladas.

Cierre de hiladas. Luego de ubicar el borriquete se continua subiendo la pared de ladrillos, sosteniendo a medida que va subiendo y cerrando el arco, con los pogos hasta lograr cerrar por completo el anillo.

Trazado labio de horno. El labio del horno se hará en concreto por lo que debe trazarse para soldar los anclajes.

Soldar anclajes.

Inspección prueba de martillo.

Instalación de listones. En esta zona, el vaciado del concreto puede hacerse por varios métodos. Para efectos del estudio se hará por medio de listones que se colocan lado a lado como molde, dependiendo del ancho calculado por placa a fundir y se amarran con alambre a los anclajes.

Mezclar concreto del labio del horno.

Fundir concreto labio. El concreto se funde placa por placa.

Fraguado de concreto.

Remover listones.

4.1.3 Descripción de las operaciones y actividades para el montaje de refractarios en el calcinador.

Trazar pared del calcinador.

Soldar anclajes.

Realizar prueba de martillo.

Instalar placas.

Impermeabilizar placas.

Amarrar alambre al anclaje.

Cortar triplex y listones.

Impermeabilizar triplex.

Formaletear paredes

Mezclar concreto.

Fundir paredes.

Fraguado del concreto.

Desencofrar

4.1.4 Descripción de las operaciones y actividades para el montaje de refractarios en el ducto terciario.

Radiar ducto. Al igual que en el horno, el ducto debe radiarse para asegurar alineación en las hiladas de los ladrillos.

Colocar ladrillos guía.

Instalación de media caña.

Movilización de media luna. La media luna es una herramienta similar a la que se usa para el cierre de ladrillos en el horno.

Cierre de anillos con pogos.

4.1.5 Descripción de las operaciones y actividades para el montaje de refractarios en los riser. Estos ductos pueden ser revestidos en concreto o ladrillo. En este proyecto se utilizó concreto.

Trazado riser

Soldar anclaje riser

Inspección prueba martillo

Cortar triplex y listones riser.

Impermeabilizar triplex.

Amarrar alambre entorchado al anclaje.

Formaletear riser.

Inspección formaleta.

Mezcla concreto riser.

Fundir concreto.

Fraguado riser.

Desencofrar riser.

4.1.6 Descripción de las operaciones y actividades para el montaje de refractarios en el enfriador.

Trazar techo

Trazar paredes

Soldar anclajes laterales. Estos anclajes son similares a los utilizados en los demás equipos.

Soldar anclajes de techo tipo clip. Son anclajes metálicos en forma de “C” que permiten agarrar los anclajes cerámicos que se utilizan en esta aplicación.

Inspección prueba de martillo.

Instalar anclajes cerámicos. Son anclajes en forma de ladrillo. Se usan especialmente para aplicación de refractario sobre cabeza en áreas significativas debido al gran peso que representa la masa refractaria.

Cortar triplex y listones.

Impermeabilizar triplex.

Amarrar alambre a anclajes tipo clip.

Formaletear paredes.

Mezclar concreto.

Fundir concreto.

Fraguado.

Desencofrar.

Formaletear techo.

Mezclar concreto

Fundir.

Fraguado.

Desencofrar.

4.2 DIAGRAMAS DE PROCESO.

Los diagramas de proceso representan gráficamente las etapas u operaciones que se llevan a cabo para la ejecución de un trabajo específico basados en un listado de tareas, proporcionando una descripción sistemática del ciclo de un trabajo o proceso. Los diagramas son excelentes herramientas para la presentación de

propuestas que mejoren los métodos en todos los niveles de la administración.

En el análisis de métodos se usan generalmente ocho tipos de diagramas de proceso, cada uno de los cuales tiene aplicaciones específicas. Ellos son:

- Operaciones de proceso
- De Flujo de proceso.
- De recorrido
- De interrelación Hombre-Maquina.
- De proceso para grupo o cuadrilla.
- De proceso para operario.
- De viajes de material.
- PERT.

El diagrama que se utilizará es el diagrama PERT, este diagrama ilustra un flujo de red para la ejecución de cada equipo cuando existen

muchas tareas interrelacionadas y corresponde a un medio de pronóstico para planeación y control que revela gráficamente el camino óptimo a seguir para llegar a un objetivo predeterminado, por lo general en términos de tiempo. Además, la teoría señala que puede utilizarse el método Pert desde el punto de vista de reducción de costos.

En este diagrama se muestra la secuencia de actividades, predecesoras y alternas para la realización de cada equipo. En el caso de este estudio, ya mencionamos anteriormente los equipos a estudiar : ciclones (uno a uno), calcinador, riser, ducto terciario, horno rotatorio y enfriador, los cuales forman el conjunto principal: la torre de precalcinación.

Los diagramas realizados son acordes a los métodos actuales bajo los que se realizan las operaciones. En acuerdo con las directivas de la empresa, el estudio debíamos basarlo en determinar los tiempos de ejecución de acuerdo al flujo de operaciones que desarrollamos desde

la realidad actual, es por esto que no se hizo el levantamiento de métodos propuestos sino que se hizo énfasis en los estándares de ejecución para efectos de asignación de recursos y estimación de tiempo de ejecución de una obra.

Para finalizar, escogimos este diagrama para análisis de métodos porque es de especial utilidad en el caso de proyectos de gran envergadura que implican periodos o tiempos relativamente largos, además nos sirve para complementar las graficas de GANTT del Project en la determinación de duración de tareas por equipo e identificación de ruta crítica, importante en la fase de ejecución y control de un proyecto.

5. MEDICIÓN DEL TRABAJO

En la práctica empresarial conocer el tiempo de ejecución de las tareas que se realizan tiene un gran valor, ya que permite tomar decisiones con respecto al modelo que se utiliza, el funcionamiento del proceso, tiempo improductivo añadido en el curso de la producción y por que no aquellas deficiencias debido a las políticas de la gerencia o a la actuación de los trabajadores, ya que todos ellos tienden a reducir la productividad de cualquier empresa.

La medición del trabajo es una técnica que se utiliza para medir el tiempo que invierte un operario calificado en llevar a cabo una tarea específica de acuerdo a una norma de ejecución preestablecida.

De lo anterior se infiere que en la práctica es difícil y hasta imposible desvincular el estudio de métodos de los procesos y la medición del trabajo. Para cumplir a cabalidad con el último fue necesario realizar el estudio de métodos el cual aparece detallado en el capítulo 4.

Se han ideado varios métodos para la medición del trabajo a continuación anotaremos las de mayor empleo:

- Estudio de tiempos

- Muestro del trabajo
- Síntesis de los datos tipo

- Tiempos tipos predeterminado de los movimientos

De estos métodos, se empleará el estudio de tiempos para calcular los tiempos de ejecución de las tareas que se llevan a cabo en la empresa Refra Thermal Ltda., ya que este se constituye en la técnica base para la medición del trabajo.

5.1. ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo que se emplea para registrar de manera detallada los tiempos y ritmos de trabajo que corresponden a todos los elementos o fases que comprenden la ejecución de una tarea efectuada por un operario calificado en condiciones normales con el objeto de investigar y establecer el tiempo requerido para realizarla.

5.2. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE TIEMPOS

La figura 4 representa un análisis gráfico de las etapas a seguir para establecer un estándar de tiempo. Antes de iniciar el estudio de tiempos es necesario hacer dos cosas, estudiar los métodos de trabajo existentes y estandarizar. Una vez echo esto puede poner manos a la obra para iniciar el estudio de tiempos y esto se consigue seleccionando y preparando a los operarios sobre los que se efectuará el mismo.

A continuación se describen las etapas para realizar un estudio de tiempos.

1. Selección del operario. Elección de operario calificado y que trabaje a un nivel aceptable de actividad.

2. Explicación al operario. Contacto establecido con el operario para informarlo de forma clara y honesta que se va a hacer y como, con el propósito de familiarizarlo con la técnica del estudio de tiempos.

3. Registro de información. Registro completo, redactado de manera comprensible sobre como se llevan a cabo las tareas, esto se hace por medio de formatos impresos (Ver anexo E).

4. Operaciones en elementos. Subdivisión que se hace a la operación bajo estudio en numero de operaciones mas pequeñas que seran estudiadas y cronometradas independientemente. Estas subdivisiones son conocidas como operaciones elementales, ya que se consideran diferentes y cuantificables.

5. Determinación del numero de observaciones. Fijación del numero de observaciones que deben ser realizadas para determinar el tiempo, a un nivel de confianza deseado de una operación especifica. En términos generales su elección puede dejarse a criterio del observador.

6. Medición del tiempo. Trabajo de campo en el cual el tiempo es medido por medio de un cronómetro destinado para tal fin. Existen dos maneras de leer los tiempos en el cronometro, el método de vuelta a cero y el método continuo.

La figura 4 nos muestra las diferentes etapas del estudio de tiempos.

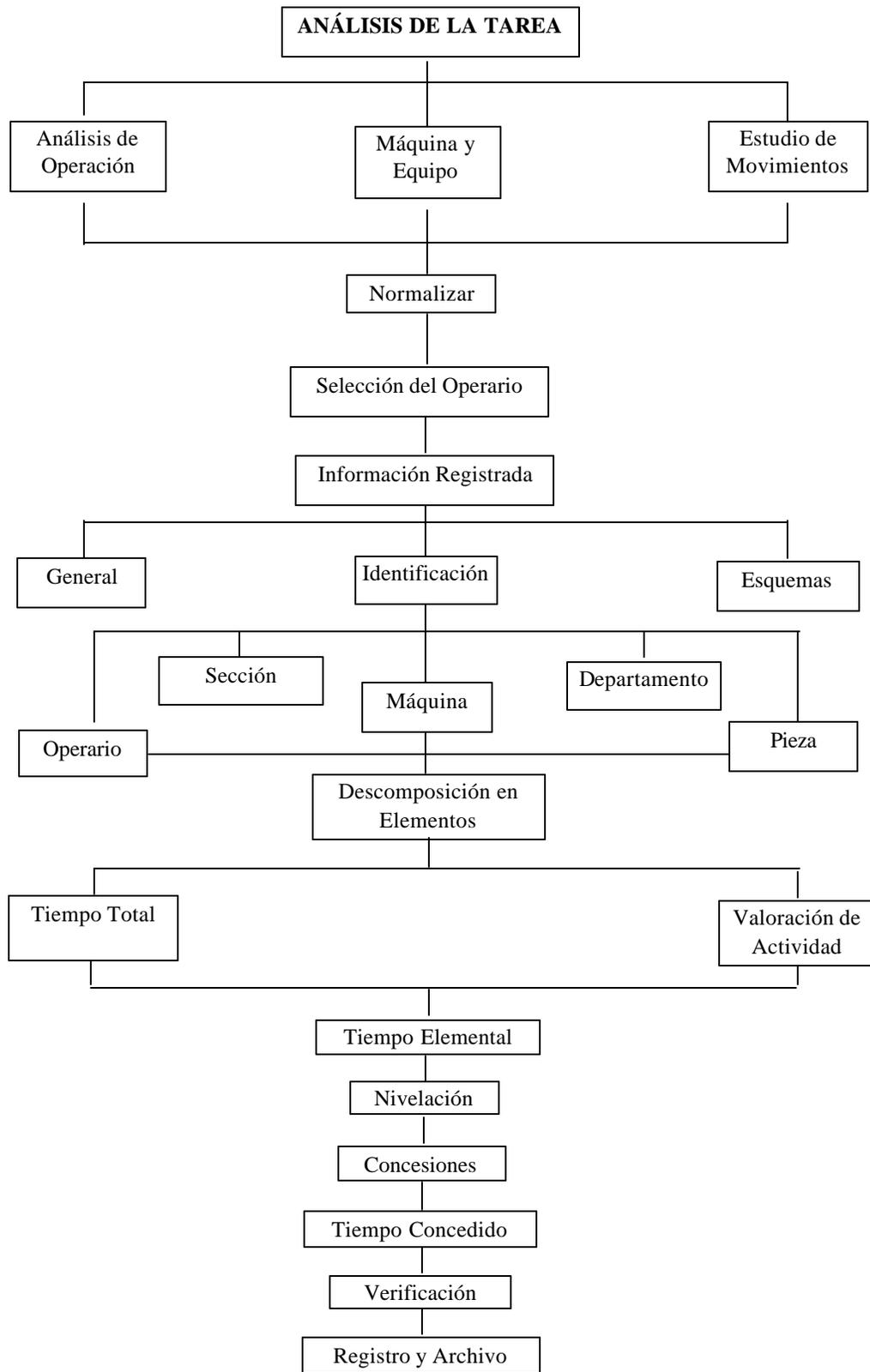


Figura 4 Etapas del estudio de tiempos

7. Tiempo total. Registro del tiempo total que transcurre al estudiar una operación. Se anotará la hora del día en que se inició y finalizó el estudio de tiempo de la operación.

8. Valoración de la actividad. Apreciar el ritmo del trabajo al cual una operación realiza una determinada actividad o tarea. Es vital que quien realice el estudio registre la actividad del operario en ese mismo momento, ya que su criterio en ese punto es de gran valía puesto que el tiempo final concedido estará basado en la actividad del operario.

9. Tiempo elemental. Tiempo concedido a la tarea una vez que se ha procesado la información registrada. Su exactitud es esencial.

10. Tiempo estándar o normal. Tiempo requerido por un operario calificado que trabaja a un nivel de actividad normal, para realizar un elemento.

11. Suplementos. Porcentaje de tiempo calculado para cubrir posibles interrupciones (ocasionadas por esfuerzo humano) que se pueden presentar al operario durante un día de trabajo normal. Los suplementos se calculan con base a la fatiga, necesidades personales, paradas y descanso que requiere un trabajador para reponerse y poder continuar con su trabajo.

12. Tiempo concedido. Una vez registrado el porcentaje de suplementos, la fase final es calcular el tiempo concedido para cada elemento. Esto se halla así: $T. \text{ Estándar} + T. \text{ Suplemento}$.

5.3. HERRAMIENTAS FUNDAMENTALES

Un estudio de tiempos exige el siguiente material:

- Cronómetro
- Tablero de observaciones
- Formulario de estudio de tiempos
- Instrumentos para medir: Cinta métrica, reglas, etc.

5.4. REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS EN REFRA THERMAL LTDA

Para llevarlo a cabo en la empresa se ejecutaron las etapas descritas con anterioridad, el método de lectura de cronometro que se empleo fue el continuó y la información sobre el tiempo invertido por el operario en ejecutarlo se registró en el formato que aparece en el anexo F

Se realizó el inicialmente el estudio con una premuestra de 10 ciclos de operación.

Se utilizó la distribución “ t de Student “, para indicar el comportamiento de las medias muestrales, a causa del desconocimiento de la desviación estándar de la población y a que su cálculo se basa en la población de la muestra.

Anexo G

Las fórmulas empleadas para realizar los diferentes cálculos aparecen a continuación:

- Desviación estándar de la muestra

$$S = \sqrt{\sum (t_i - \bar{T})^2 / (M-1)}$$

Donde :

S: Desviación estándar

t_i : Tiempos de ciclo de la premuestra

\bar{T} : Tiempo promedio

- Tamaño de la muestra. Número de observaciones requeridas para determinar el tiempo de ciclo de las operaciones.

$$N = \frac{4 (t_{\alpha})^2 S^2}{a^2}$$

Donde:

N: Tamaño de la muestra

t_{α} : Factor para un coeficiente de confianza α , donde t_{α} se obtiene a partir de la tabla de áreas de la distribución de “ t de Student “ y M-1 grado de libertad.

α : Error o intervalo de confianza.

S: Desviación estándar

Al realizar los cálculos se deberá tener en cuenta que el tamaño de la muestra sea igual al de la premuestra, si $N > M$ deberán realizarse $N-M$ observaciones adicionales, a fin de que se satisfagan los requerimientos del error de muestreo.

Para realizar la valoración del operario se escogió como base una escala numérica de 0 hasta 100, es decir desde una actividad nula hasta un ritmo de trabajo normal, es decir el ritmo considerado tipo, la valoración dada a los diferentes operarios dentro de la escala fue basada en el criterio y la intuición de los realizadores del estudio.

Con respecto a los suplementos podemos decir que las consideraciones asumidas para calcular el tiempo adicional que requiere un operario por razones de fatiga, condiciones de trabajo, necesidades personales, entre otras, para ejecutar una tarea determinada, fueron primordialmente los siguientes:

- Suplementos constantes

Necesidades personales	2%
Fatiga	5%
Trabajar en pie	4%
Mala ventilación	3%

- Suplementos variables

Uso de la fuerza	2%
Ruido	5%
Polvo	5%
Olores	1%
Temperatura	3%

A manera de ilustración a continuación se desarrollan los pasos para calcular el tiempo tipo de una operación. La operación tomada como ejemplo es “**Mezclar concreto punta cono**”.

Se tomó una muestra de 10 ciclos, un nivel de confianza del 90% y un error del 10%, teniendo en cuenta la importancia de la operación y el estado de la máquina.

No. Observa.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σt_i
t_i Tiempo (min.)	7.1	7.15	7.2	7	7.23	7.14	7.3	7.43	7.1	7.3	71.95

Cálculo de la desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{T})^2}{(M-1)}}$$

$$M=10$$

$$\bar{T} = \sum t_i / M = 71.95/10 = 7.195 \text{ min}$$

$$\sum (t_i - \bar{T})^2 = 0.12865 \text{ min}^2$$

$$S=0.1195$$

Se busca en la tabla t student anexo H el valor de $t_{0.90}$ para $C= 0.90$ y $M-1$ grados de libertad; una vez reemplazados los valores obtenemos:

$$N = \frac{4 (\alpha)^2 S^2}{\alpha^2} = \frac{4 (1.83)^2 (0.128)^2}{(0.1)^2} = 19$$

Cálculos	$\sum (t_i - \bar{T})^2$	S	N
Resultados	0.128	0.1195	19

Debido a que N dio 19 se deben hacer 9 observaciones más para completar el número de ciclos necesarios.

A continuación se calcula el promedio de las observaciones hechas, que son 19 para este caso específico y dividir por el mismo.

$$\sum t_i = 7.1 + 7.15 + 7.2 + 7 + 7.23 + 7.14 + 7.3 + 7.43 + 7.1 + 7.3 + 7.2 + 7.22 + 7.11 + 7.05 + 7.31 + 7.21 + 7.08 + 7.05 + 7.13 + \text{min.}$$

$$\bar{T}=136.31/19=7.17 \text{ min.}$$

Esta media aritmética, corresponde al tiempo promedio de la operación en estudio.

Obtenemos el tiempo normal multiplicando el tiempo promedio por la valoración, que para este caso el operario trabaja con una valoración del 100%

Tiempo normal=tiempo promedio x valoración del ritmo observado.

$$\text{Tiempo normal} = 7.17 \times 1.00 = 7.17 \text{ min.}$$

Una vez obtenido el tiempo normal, se le suman los suplementos correspondientes, los cuales fueron:

Necesidades personales.....	2%
Fatiga.....	5
%	
Trabajar	de
pie.....	4%
Mala	
ventilación.....	3%
Polvo.....	5
%	
Total	
19%	

El tiempo normal más los suplementos para la operación “**Mezclar concreto punta cono**” es:

$$7.17 + (7.17 \times 0.19) = 8.53 \text{ min.}$$

Por último se multiplica este valor por la frecuencia y se obtiene el tiempo tipo:

En este ejemplo y para posteriores mezclas la frecuencia será por cada 100 kg

Tiempo tipo = 8.53 minutos X 60 segundos/minuto X 3 mezclas = 1536.72 segundos.

De igual manera se calcularon los tiempos tipos de las operaciones que consideramos de mayor importancia. En los cuadros se muestran los cálculos de los tiempos tipos de operaciones de los ciclones, riser, ducto terciario, calcinador, horno y enfriador.

De esta manera para mayor facilidad de cálculos posteriores utilizaremos los siguientes parámetros de frecuencia.

Los concretos los manejaremos por cochadas de 100 kg, la instalación de ladrillos refractarios, placas aislantes, impermeabilización de placas y soldada de anclajes las manejaremos por m², la formaleta, el fraguado y desencofrado en unidad.

En el Anexo H mostramos las áreas totales de cada equipo a los cuales se instalara material refractario y las cantidades de material final instalado.

ESTUDIO DE TIEMPOS											
OPERACIÓN	OBS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MONTAJE CICLON											
Trazado punta cono		660	606	597.6	598.8	592.2	606	603	612	598.2	606
Soldar anclaje punta cono		1440	1446	1437.6	1436.4	1453.8	1437.6	1446	1438.8	1449	1434
Inspección prueba martillo		30	36.6	36	22.2	22.8	24.6	30.6	33.6	23.4	35.4
Instalar Placa aislante		720	723	726.6	717	704.4	720	720	717	716.4	717.6
Impermeabilizar Placa		120	122.4	123.6	115.8	116.4	126	130.8	130.8	120	118.2
Cortar triplex y listones punta cono		1800	1803	1798.2	1800	1788	1806	1808.4	1809	1807.2	1800
Impermeabilizar triplex		120	126	131.4	118.2	118.8	120	127.8	128.4	123	118.8
Amarrar alambre entorchado al anclaje		180	186	178.2	178.8	192	192	174	176	186	192
Formaletear punta cono		7200	7198.8	7203	7218.6	7210.2	7203.6	7218	7206	7208.4	7200
Inspección formaleta		60	69	56.4	54.6	57	64.8	70.8	69	68.4	60
Mezcla concreto punta cono		426	429	432	420	433.8	428.4	438	445.8	426	438
Fundir concreto		300	306	312	298.8	297	294.6	309	307.2	312	298.2
Fraguado cono		43200	43198.2	43185	43197	43198.8	43200	43202.4	43203	43200	43197
Desencofrado punta cono		900	907.2	892.2	894.6	910.8	900	903	898.2	894	900
Instalar ladrillo refractario		1260	1268.4	1260	1269.6	1257	1257.6	1258.2	1272	1264.8	1268.4
Trazar techo		900	908.4	900.6	897	895.8	894.6	912	912.6	904.8	898.2
Soldar anclaje techo		1800	1804.8	1808.4	1809	1798.8	1794.6	1806	1804.8	1794.6	1796.4

Cortar triplex y listones techo	3600	3596.4	3597	3612	3596.4	3607.2	3613.8	3596.4	3600	3608.4
Impermeabilizar triplex	120	126	131.4	118.2	118.8	120	127.8	128.4	123	118.8
Amarrar alambre entorchado al techo	240	232.2	236.4	249	247.2	237	238.8	245.4	273.7	248.4
Formaletar techo	18000	18006	17996.4	18000	18009.6	17996.4	17994.6	18007.2	18003	18008.4

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MONTAJE CICLON											
Trazado punta cono		612.6	612								
Soldar anclaje punta cono		1428	1452	1440	1438.2						
Inspección prueba martillo		32.4	28.8	33							
Instalar Placa aislante		716.4	718.2	722.4	720	898.8					
Impermeabilizar Placa											
Cortar triplex y listones punta cono		1806	1807.2	1798.2	1797	1800					
Impermeabilizar triplex		117.6									
Amarrar alambre entorchado al anclaje		186	176.4	177.6	187.2	189	183				
Formaletar punta cono		7278	7198.8	7208.4	7197	7207.8	7202.4	7197.6	7234.8		
Inspección formaleta		63	67.2	70.8	58.2	38.4					
Mezcla concreto punta cono		432	433.2	426.6	423	438.6	432.6	424.8	423	427.8	
Fundir concreto		304.2	306	295.8	307.8	294.6	294.6	302.4	294.6		

Fraguado cono	43200	43208.4	43207.8	43224	43193.4	43197	43198.2			
Desencofrado punta cono	903	897	897	908.4	904.8					
Instalar ladrillo refractario	1260	1264.2								
Trazar techo	907.8	902.4	900	897.6	895.8	907.2				
Soldar anclaje techo	1793	1800								
Cortar triplex y listones techo	3596.4	3596.4	3597.6	3602.4	3600	3596.4	3609	3604.8	3596.4	
Impermeabilizar triplex	117.6									
Amarrar alambre entorchado al techo	240	234.6								
Formaletar techo	17992.8									

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACION	OBS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MONTAJE CICLON											
Mezclar concreto techo		426	424.8	420	432	418.8	414	420	417.6	414.6	413.4
Fundir concreto		373.8	360	363	368.4	360	357	356.4	369	366	372
Fraguado techo		86400	86407.8	86396.4	86398.2	86400	86400.6	86409.6	86404.2	86413.8	86396.4
Desencofrado techo		1020	1023.6	1023	1029.6	1016.4	1017	1032	1018.8	1028.4	1014.6

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACION	OBS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MONTAJE CICLON											
Mezclar concreto techo		426									
Fundir concreto		356.4	354.6								
Fraguado techo		86408.4	86409.6	86396.4							
Desencofrado techo		1020									

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MONTAJE RISER											
Trazado riser		660	606	597.6	598.8	592.2	606	603	612	598.2	606
Soldar anclaje riser		1440	1446	1437.6	1436.4	1453.8	1437.6	1446	1438.8	1449	1434
Inspección prueba martillo		30	36.6	36	22.2	22.8	24.6	30.6	33.6	23.4	35.4
Cortar triplex y listones riser		1200	1206	1205,4	1212	1208,4	1210,8	1209,6	1195,8	1197	1208,4
Impermeabilizar triplex		120	126	131.4	118.2	118.8	120	127.8	128.4	123	118.8
Amarrar alambre entorchado al anclaje		180	186	178.2	178.8	192	192	174	176	186	192
Formaletear riser		3600	3606	3608,4	3594	3604,8	3591,6	3594,6	3607,2	3603	3606
Inspección formaleta		60	69	56.4	54.6	57	64.8	70.8	69	68.4	60
Mezcla concreto riser		426	429	432	420	433.8	428.4	438	445.8	426	438
Fundir concreto		300	306	312	298.8	297	294.6	309	307.2	312	298.2
Fraguado riser		43200	43198.2	43185	43197	43198.8	43200	43202.4	43203	43200	43197
Desencofrado punta riser		900	907.2	892.2	894.6	910.8	900	903	898.2	894	900

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MONTAJE RISER											
Trazado riser		612,6	612								
Soldar anclaje riser		1428	1452,8	1440	1438,2						
Inspección prueba martillo		32,4	28,8	33							
Cortar triplex y listones riser		1208,4	1210,8								
Impermeabilizar triplex		117,6									
Amarrar alambre entorchado al anclaje		186	176,4	177,6	187,2	189	183				
Formaletear riser		3595,8	3604,8	3600,6	3607,8	3594,6					
Inspección formaleta		63	67,2	70,8	58,2	58,4					
Mezcla concreto riser		432	433,2	426,6	423	438,6	432,6	424,8	423	427,8	
Fundir concreto		304,2	306	295,8	307,8	294,6	294,6	302,4	294,6		
Fraguado riser		43200	43208,4	43207,8	43224	43193,4	43197	43198,2			
Desencofrado punta riser		903	897	897	908,4	904,8					

OPERACIÓN	OBS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Horno											
Radiar horno		60	61,2	58,8	78	65,4	57,6	67,2	66,6	69	60
Colocar ladrillos guía		58,2	61,8	73,8	68,4	65,4	57,6	67,2	66,6	69	70,2
Instalación media caña ladrillo		257,4	246	247,2	253,8	258	246	255	258	252,6	264,6
Instalación borriquete		300	300,6	309,6	298,8	298,2	311,4	312,6	307,2	292,2	300
Cierre de hiladas		428,4	429	435,6	426	429	427,2	423	418,8	414	414
Trazado labio horno		3	2,9	2,95	3,06	3,1	2,8	2,9	3,12	3,05	3,15
Soldar anclajes		1440	1447,8	1434	1440	1444,8	1449	1446	1452	1434	1437
Inspeccion prueba martillo		30	36.6	36	22.2	22.8	24.6	30.6	33.6	23.4	35.4
Instalación de listones		900	913,2	906	909	895,2	912	908,4	894	903	900
Mezcla concreto labio horno		426	424.8	420	432	418.8	414	420	417.6	414.6	413.4
Fundir concreto labio horno		373.8	360	363	368.4	360	357	356.4	369	366	372
Fraguado de concreto		43200	43198.2	43185	43197	43198.8	43200	43202.4	43203	43200	43197
Remover listones		120	129	111	123,6	121,2	118,2	127,8	115,2	123	126

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Horno											
Radiar horno		61,2	72	57,6	56,4	64,8					
Colocar ladrillos guias		72	57								
Instalación media caña ladrillo		262,8									
Instalación borriquete		308,4	306,6	298,2	314,4	294	292,2	304,8	312		
Cierre de hiladas		408	427,2	428,4	421,2	426	402	408	421,2	420	
Trazado labio horno		3	2,8	2,86	3,04						
Soldar anclajes		1444,8	1446	1440	1434	1458	1452	1428			
Inspeccion prueba martillo		32.4	28.8	33							
Instalación de listones		904,8	918	894	880,8	905,4	912				
Mezcla concreto labio horno		426									
Fundir concreto labio horno		356.4	354.6								
Fraguado de concreto		43200	43208.4	43207.8	43224	43193.4	43197	47198.2			
Remover listones		111,6	120	123,6	111,6	125,4	121,2				

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CALCINADOR											
Trazado de la pared		660	606	597.6	598.8	592.2	606	603	612	598.2	606
Soldar anclajes de tornillo		1440	1446	1437.6	1436.4	1453.8	1437.6	1446	1438.8	1449	1434
Prueba martillo		30	36.6	36	22.2	22.8	24.6	30.6	33.6	23.4	35.4
Instalar placas		720	723	726.6	717	704.4	720	720	717	716.4	717.6
Impermeabilizar placas		120	122.4	123.6	115.8	116.4	126	130.8	130.8	120	118.2
Amarrar alambre a anclajes		240	232.2	236.4	249	247.2	237	238.8	245.4	273.7	248.4
Cortar triplex y listones		1800	1803	1798.2	1800	1788	1806	1808.4	1809	1807.2	1800
Impermeabilizar triplex		120	126	131.4	118.2	118.8	120	127.8	128.4	123	118.8
Formaletear paredes		3600	3606	3608,4	3594	3604,8	3591,6	3594,6	3607,2	3603	3606
Mezclar concreto		426	429	432	420	433.8	428.4	438	445.8	426	438
Fundir concreto		300	306	312	298.8	297	294.6	309	307.2	312	298.2
Fraguado pared		86400	86407.8	86396.4	86398.2	86400	86400.6	86409.6	86404.2	86413.8	86396.4
Desencofrar pared		900	907.2	892.2	894.6	910.8	900	903	898.2	894	900

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CALCINADOR											
Trazado de la pared		612.6	612								
Soldar anclajes de tornillo		1428	1452	1440	1438.2						
Prueba martillo		32.4	28.8	33							
Instalar placas		716.4	718.2	722.4	720	898.8					
Impermeabilizar placas											
Amarrar alambre a anclajes		240	234.6								
Cortar triplex y listones		1806	1807.2	1798.2	1797	1800					
Impermeabilizar triplex		1117.6									
Formaletear paredes		3595,8	3604,8	3600,6	3607,8	3594,6					
Mezclar concreto		432	433.2	426.6	423	438.6	432.6	424.8	423	427.8	
Fundir concreto		304.2	306	295.8	307.8	294.6	294.6	302.4	294.6		
Fraguado pared		86408.4	86409.6	86396.4							
Desencofrar pared		903	897	897	908,4	904,8					

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DUCTO TERCEARIO											
Radiar ducto		60,6	69	65,4	69	70,8	72	75,6	70,8	60	73,2
Colocar ladrillos guía		48	60,6	57,6	67,2	63	65,4	54,6	60,6	61,8	69,6
Instalación media caña		258	253,2	258,6	253,2	251,4	246	261	271,2	261,6	255,6
Movilización de media luna		126	121,2	129	118,8	130,2	117	132	128,4	121,2	124,8
Cierre de anillo con pogo		1111,2	1104	1105,2	1108,2	1087,2	1097,4	1099,8	1105,2	1111,8	1100,4

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DUCTO TERCEARIO											
Radiar ducto		61,2	72	57,6	56,4	64,8					
Colocar ladrillos guía		59,4	63,6								
Instalación media caña		264,6	259,2	250,8	251,4	260,4	258,6	253,8	255		
Movilización de media luna											
Cierre de anillo con pogo		1099,8	1096,8	1104	1102,8	1110	1078,2	1087,2	1092	1090,8	1098

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MONTAJE ENFRIADOR											
Trazado techo		900	908.4	900.6	897	895.8	894.6	912	912.6	904.8	898.2
Trazado paredes		660	606	597.6	598.8	592.2	606	603	612	598.2	606
Soldar anclajes laterales		1440	1446	1437.6	1436.4	1453.8	1437.6	1446	1438.8	1449	1434
Soldar anclajes de techo tipo clip		1800	1804.8	1808.4	1809	1798.8	1794.6	1806	1804.8	1794.6	1796.4
Inspección prueba de martillo		30	36.6	36	22.2	22.8	24.6	30.6	33.6	23.4	35.4
Instalar anclajes cerámicos		1920	1914	1902	1908	1908	1920,6	1905	1903,2	1908	1920,6
Instalar placas		720	723	726.6	717	704.4	720	720	717	716.4	717.6
Impermeabilizar placas		120	122.4	123.6	115.8	116.4	126	130.8	130.8	120	118.2
Cortar triplex y listones		3600	3596.4	3597	3612	3596.4	3607.2	3613.8	3596.4	3600	3608.4
Impermeabilizar triplex		120	126	131.4	118.2	118.8	120	127.8	128.4	123	118.8
Amarrar alambre a anclajes		240	232.2	236.4	249	247.2	237	238.8	245.4	273.7	248.4
Formaletear paredes		3600	3606	3608,4	3594	3604,8	3591,6	3594,6	3607,2	3603	3606
Mezclar concreto		426	429	432	420	433.8	428.4	438	435.8	426	438
Fundir concreto		300	306	312	298.8	297	294.6	309	307.2	312	298.2
Formaletear techo		18000	18006	17996.4	18000	18009.6	17996.4	17994.6	1807.2	18003	18008.4
Mezclar Concreto techo		426	424.8	420	432	418.8	414	420	417.6	414.6	413.4
Fundir techo		373.8	360	363	368.4	360	357	356.4	369	366	372

Fraguado	86400	86407.8	86396.4	86398.2	86400	86400.6	86409.6	86404.2	86413.8	86396.4
Desencofrado	1020	1023.6	1023	1029.6	1016.4	1017	1032	1018.8	1028.4	1014.6

ESTUDIO DE TIEMPOS

OPERACIÓN	OBS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MONTAJE ENFRIADOR											
Mezclar concreto techo		426									
Trazado techo		907.8	902.4	900	897.6	895.8	907.2				
Trazado paredes		612.6	612								
Soldar anclajes laterales		1428	1452	1440	1438.2						
Soldar anclajes de techo tipo clip		1793	1800								
Inspección prueba de martillo		32.4	28.8	33							
Instalar anclajes cerámicos		1923,6	1912,8	1914	1923	1920,6	1926	1908	1902	1900,8	
Instalar placas		716.4	718.2	722.4	720	898.8					
Impermeabilizar placas											
Cortar triplex y listón		3596.4	3596.4	3597.6	3602.4	3600	3596.4	3609	3604.8	3596.4	

Impermeabilizar triplex	117.6									
Amarrar alambre a anclajes	240	234.6								
Formaletear paredes	3595,8	3604,8	3600,6	3607,8	3594,6					
Mezclar concreto	432	433.2	426.6	423	438.6	432.6	424.8	423	427.8	
Fundir concreto	304.2	306	285.8	307.8	294.6	294.6	302.4	294.6		
Formaletear techo	17992.8									
Mezclar Concreto techo	426									
Fundir techo	356.4	354.6								
Fraguado	86408.4	86409.6	86396.4							
desencofrado	1020									

FECHA		D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS			Estudio N°
		01	01	2002				Hoja 1 de 1
Departamento: Producción				Sección: Operativa			Hora inicio:	
Instalación/ Máquina :						Hora final:		
Herramientas utilizadas :						Tiempo trans:		
Producto : Revestimiento Refractario						Operario:		
Pieza : Cyclon V						Ficha N°:		
Material: Ladrillo y concreto Refractario						Observado por:		
Condiciones de trabajo: Normales						Comprobado por:		
Obs	Descripción del Elemento	V	TN	TN+S	F	TP	Observación	
1	Trazado punta	100 %	608.7	669.57	3	2008.71		
2	Soldar anclajes	100 %	1441.24	1657.43	3	4972.29		
3	Inspección anclaje	100 %	32.94	33.24	3	99.74		
4	Instalar placa	100 %	803.57	859.09	3	2577.27		
5	Impermeabilizar placa aislante.	100 %	122.40	145.66	3	436.97		
6	Cortar triplex y listones	100 %	1801.88	2144.24	3	6432.71		
7	Impermeabilizar triplex	105 %	128.86	147.21	3	441.63		
8	Amarrar alambre	105 %	192.56	219.97	3	659.92		
9	Formaletear Punta	105 %	7571.17	8649.15	1	8649.15		
10	Inspeccion formaleta	100 %	61.84	73.59	1	220.77		
11	Mezclar concreto punta	110 %	473.50	520.42	15	7806.26		
12	Fundir cono	110 %	332.13	365.04	15	5475.56		
13	Fraguado cono	100 %	36467.2	43396	1	43396.01		
14	Desencofrado cono	110 %	990.75	1088.92	1	1088.92		
15	Instalar ladrillos	100 %	1263.35	1503.39	268	402907.58		
16	Trazar techo	90 %	811.96	1056.45	37	39088.54		
17	Soldar anclaje techo	100 %	1800.87	2143.03	37	79292.16		
18	Cortar triplex y listones	90 %	3241.28	4217.26	8	33738.11		
19	Impermeabilizar triplex	100 %	122.73	146.05	37	5403.68		
20	Amarrar alambre	110 %	267.91	294.46	37	10895.09		
21	Formaletear techo	95 %	17101.2	21250.5	8	170004.36		
22	Mezcla concreto techo	100 %	420.65	500.58	136	68078.73		
23	Fundir Techo	100 %	363.05	432.03	136	58756.01		
24	Fraguado	100 %	86403.2	102819.8	4	411279.16		
25	Desencrofado	100 %	1022.13	1216.33	1	1216.33		
26								
27								

28							
29							
30							
31							
Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo							

FECHA			ESTUDIO DE TIEMPOS				Estudio N°	
D	M	A					Hoja 1 de 1	
01	01	2002						
Departamento: Producción			Sección: Operativa				Hora inicio:	
Instalación/ Máquina :							Hora final:	
Herramientas utilizadas :							Tiempo trans:	
Producto : Revestimiento Refractario							Operario:	
Pieza : Cyclon IV							Ficha N°:	
Material: Ladrillo y concreto Refractario							Observado por:	
Condiciones de trabajo: Normales							Comprobado por:	
Obs	Descripción del Elemento		V	TN	TN+S	F	TP	Observación
1	Trazado punta		100 %	608.7	669.57	5	3013.07	
2	Soldar anclajes		100 %	1441.24	1657.43	5	7458.44	
3	Inspección anclaje		100 %	32.94	33.24	5	149.58	
4	Instalar placa		100 %	803.57	859.09	5	3865.91	
5	Impermeabilizar placa aislante.		100 %	122.40	145.66	5	655.45	
6	Cortar triplex y listones		100 %	1801.88	2144.24	5	9649.07	
7	Impermeabilizar triplex		105 %	128.86	147.21	5	662.45	
8	Amarrar alambre		105 %	192.56	219.97	5	989.88	
9	Formaletear Punta		105 %	7571.17	8649.15	1	8649.15	
10	Inspeccion formaleta		100 %	61.84	73.59	1	73.59	
11	Mezclar concreto punta		110 %	473.50	520.42	15	7806.26	
12	Fundir cono		110 %	332.13	365.04	15	5475.56	
13	Fraguado cono		100 %	36467.2	43396	1	43396.01	
14	Desencofrado cono		110 %	990.75	1088.92	1	1088.92	
15	Instalar ladrillos		100 %	1263.35	1503.39	174	261589.2	
16	Trazar techo		90 %	811.96	1056.45	46	48364.14	
17	Soldar anclaje techo		100 %	1800.87	2143.03	46	98107.97	
18	Cortar triplex y listones		90 %	3241.28	4217.26	8	33738.11	
19	Impermeabilizar triplex		100 %	122.73	146.05	46	6685.96	
20	Amarrar alambre		110 %	267.91	294.46	46	13480.47	
21	Formaletear techo		95 %	17101.2	21250.5	8	170004.36	

22	Mezcla concreto techo	100 %	420.65	500.58	150	75086.84	
23	Fundir Techo	100 %	363.05	432.03	150	64804.43	
24	Fraguado	100 %	86403.2	102819.8	4	411279.16	
25	Desencrochado	100 %	1022.13	1216.33	1	1216.33	
26							
27							
28							
29							
32							

Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo

FECHA		D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS			Estudio N°	
		01	01	2002				Hoja 1 de 1	
Departamento: Producción				Sección: Operativa			Hora inicio:		
Instalación/ Máquina :							Hora final:		
Herramientas utilizadas :							Tiempo trans:		
Producto : Revestimiento Refractario							Operario:		
Pieza : Cyclon III							Ficha N°:		
Material: Ladrillo y concreto Refractario							Observado por:		
Condiciones de trabajo: Normales							Comprobado por:		
Obs	Descripción del Elemento			V	TN	TN+S	F	TP	Observación
1	Trazado punta			100 %	608.7	669.57	4	2678.28	
2	Soldar anclajes			100 %	1441.24	1657.43	4	6629.72	
3	Inspección anclaje			100 %	32.94	33.24	4	132.96	
4	Instalar placa			100 %	803.57	859.09	4	3436.36	
5	Impermeabilizar placa aislante.			100 %	122.40	145.66	4	582.62	
6	Cortar triplex y listones			100 %	1801.88	2144.24	4	8576.95	
7	Impermeabilizar triplex			105 %	128.86	147.21	4	588.85	
8	Amarrar alambre			105 %	192.56	219.97	4	879.89	
9	Formaletear Punta			105 %	7571.17	8649.15	1	8649.15	
10	Inspeccion formaleta			100 %	61.84	73.59	1	73.59	
11	Mezclar concreto punta			110 %	473.50	520.42	20	10408.34	
12	Fundir cono			110 %	332.13	365.04	20	7300.75	
13	Fraguado cono			100 %	36467.2	43396	1	43396.01	
14	Desencrochado cono			110 %	990.75	1088.92	1	1088.92	
15	Instalar ladrillos			100 %	1263.35	1503.39	158	237535.07	
16	Trazar techo			90 %	811.96	1056.45	31	32538.57	

17	Soldar anclaje techo	100 %	1800.87	2143.03	31	66005.37	
18	Cortar triplex y listones	90 %	3241.28	4217.26	8	33738.11	
19	Impermeabilizar triplex	100 %	122.73	146.05	31	4498.20	
20	Amarrar alambre	110 %	267.91	294.46	31	9069.43	
21	Formaletear techo	95 %	17101.2	21250.5	8	170004.36	
22	Mezcla concreto techo	100 %	420.65	500.58	134	67077.57	
23	Fundir Techo	100 %	363.05	432.03	134	57891.95	
24	Fraguado	100 %	86403.2	102819.8	4	411279.16	
25	Desencrochado	100 %	1022.13	1216.33	1	1216.33	
26							
27							
28							
29							
32							

Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo

FECHA		D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS			Estudio N°
		01	01	2002				Hoja 1 de 1
Departamento: Producción				Sección: Operativa			Hora inicio:	
Instalación/ Máquina :							Hora final:	
Herramientas utilizadas :							Tiempo trans:	
Producto : Revestimiento Refractario							Operario:	
Pieza : Cyclon II							Ficha N°:	
Material: Ladrillo y concreto Refractario							Observado por:	
Condiciones de trabajo: Normales							Comprobado por:	
Obs	Descripción del Elemento	V	TN	TN+S	F	TP	Observación	
1	Trazado punta	100 %	608.7	669.57	4	2678.28		
2	Soldar anclajes	100 %	1441.24	1657.43	4	6629.72		
3	Inspección anclaje	100 %	32.94	33.24	4	132.96		
4	Instalar placa	100 %	803.57	859.09	4	3436.36		
5	Impermeabilizar placa aislante.	100 %	122.40	145.66	4	582.62		
6	Cortar triplex y listones	100 %	1801.88	2144.24	4	8576.95		
7	Impermeabilizar triplex	105 %	128.86	147.21	4	588.85		
8	Amarrar alambre	105 %	192.56	219.97	4	879.89		
9	Formaletear Punta	105 %	7571.17	8649.15	1	8649.15		
10	Inspeccion formaleta	100 %	61.84	73.59	1	73.59		
11	Mezclar concreto punta	110 %	473.50	520.42	20	10408.34		

12	Fundir cono	110 %	332.13	365.04	20	7300.75	
13	Fraguado cono	100 %	36467.2	43396	1	43396.01	
14	Desencofrado cono	110 %	990.75	1088.92	1	1088.92	
15	Instalar ladrillos	100 %	1263.35	1503.39	158	237535.07	
16	Trazar techo	90 %	811.96	1056.45	31	32538.57	
17	Soldar anclaje techo	100 %	1800.87	2143.03	31	66005.37	
18	Cortar triplex y listones	90 %	3241.28	4217.26	8	33738.11	
19	Impermeabilizar triplex	100 %	122.73	146.05	31	4498.20	
20	Amarrar alambre	110 %	267.91	294.46	31	9069.43	
21	Formaletear techo	95 %	17101.2	21250.5	8	170004.36	
22	Mezcla concreto techo	100 %	420.65	500.58	134	67077.57	
23	Fundir Techo	100 %	363.05	432.03	134	57891.95	
24	Fraguado	100 %	86403.2	102819.8	4	411279.16	
25	Desencrofado	100 %	1022.13	1216.33	1	1216.33	
26							
27							
28							
29							
32							

Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo

FECHA		D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS			Estudio N°
		01	01	2002				Hoja 1 de 1
Departamento: Producción				Sección: Operativa			Hora inicio:	
Instalación/ Máquina :						Hora final:		
Herramientas utilizadas :						Tiempo trans:		
Producto : Revestimiento Refractario						Operario:		
Pieza : Cyclon I						Ficha N°:		
Material: Ladrillo y concreto Refractario						Observado por:		
Condiciones de trabajo: Normales						Comprobado por:		
Obs	Descripción del Elemento	V	TN	TN+S	F	TP	Observación	
1	Trazado punta	100 %	608.7	669.57	4	2678.28		
2	Soldar anclajes	100 %	1441.24	1657.43	4	6629.72		
3	Inspección anclaje	100 %	32.94	33.24	4	132.96		
4	Instalar placa	100 %	803.57	859.09	4	3436.36		
5	Impermeabilizar placa aislante.	100 %	122.40	145.66	4	582.62		
6	Cortar triplex y listones	100 %	1801.88	2144.24	4	8576.95		

7	Impermeabilizar triplex	105 %	128.86	147.21	4	588.85	
8	Amarrar alambre	105 %	192.56	219.97	4	879.89	
9	Formaletear Punta	105 %	7571.17	8649.15	1	8649.15	
10	Inspeccion formaleta	100 %	61.84	73.59	1	73.59	
11	Mezclar concreto punta	110 %	473.50	520.42	20	10408.34	
12	Fundir cono	110 %	332.13	365.04	20	7300.75	
13	Fraguado cono	100 %	36467.2	43396	1	43396.01	
14	Desencofrado cono	110 %	990.75	1088.92	1	1088.92	
15	Instalar ladrillos	100 %	1263.35	1503.39	144	215886.3	
16	Trazar techo	90 %	811.96	1056.45	37	39088.54	
17	Soldar anclaje techo	100 %	1800.87	2143.03	37	79292.16	
18	Cortar triplex y listones	90 %	3241.28	4217.26	8	33738.11	
19	Impermeabilizar triplex	100 %	122.73	146.05	37	5403.68	
20	Amarrar alambre	110 %	267.91	294.46	37	10895.09	
21	Formaletear techo	95 %	17101.2	21250.5	8	170004.36	
22	Mezcla concreto techo	100 %	420.65	500.58	179	89603.62	
23	Fundir Techo	100 %	363.05	432.03	179	77333.37	
24	Fraguado	100 %	86403.2	102819.8	2	205639.58	
25	Desencrofado	100 %	1022.13	1216.33	1	1216.33	
26							
27							
28							
29							
32							

Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo

FECHA		D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS				Estudio N°
		01	01	2002					Hoja 1 de 1
Departamento: Producción				Sección: Operativa			Hora inicio:		
Instalación/ Máquina :						Hora final:			
Herramientas utilizadas :						Tiempo trans:			
Producto : Revestimiento Refractario						Operario:			
Pieza : Riser I to II						Ficha N°:			
Material: Concreto Refractario						Observado por:			
Condiciones de trabajo: Normales						Comprobado por:			
Obs	Descripción del Elemento	V	TN	TN+S	F	TP	Observación		
1	Trazado riser	100 %	608.70	657.40	143	93448.29			
2	Soldar anclajes	95 %	1369.24	1560.93	143	221979.56			

3	Inspeccion anclaje	110 %	32.95	36.24	143	5153.62	
4	Cortar triplex y listones	105 %	1266.35	1456.31	143	207101.19	
5	Impermeabilizar triplex	100 %	122.73	128.87	143	18326.10	
6	Amarrar alambre	90 %	165.36	195.12	143	27748.19	
7	Formaletear riser	100 %	3601.28	4321.54	4	17286.14	
8	Inspeccion formaleta	110 %	69.49	76.44	4	305.74	
9	Mezclar concreto riser	100 %	430.66	495.26	478	236733.80	
10	Fundir riser	110 %	332.12	365.34	478	174630.27	
11	Fraguado riser	105 %	45360.6	48989.48	1	48989.48	
12	Desencofrado riser	100 %	900.68	1035.78	1	1035.78	
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo							

FECHA	D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS			Estudio N°
	01	01	2002				Hoja 1 de 1
Departamento: Producción				Sección: Operativa			Hora inicio:
Instalación/ Máquina :							Hora final:
Herramientas utilizadas :							Tiempo trans:
Producto : Revestimiento Refractario							Operario:
Pieza : Riser II to III							Ficha N°:

Material: Concreto Refractario Condiciones de trabajo: Normales						Observado por:	Comprobado por:
Obs	Descripción del Elemento	V	TN	TN+S	F	TP	Observación
1	Trazado riser	100 %	608.70	657.40	142	92955.79	
2	Soldar anclajes	95 %	1369.24	1560.93	142	220715.21	
3	Inspeccion anclaje	110 %	32.95	36.24	142	5124.27	
4	Cortar triplex y listones	105 %	1266.35	1456.31	142	105921.58	
5	Impermeabilizar triplex	100 %	122.73	128.87	142	18221.72	
6	Amarrar alambre	90 %	165.36	195.12	142	27590.15	
7	Formaletear riser	100 %	3601.28	4321.54	4	17286.14	
8	Inspeccion formaleta	110 %	69.49	76.44	4	305.74	
9	Mezclar concreto riser	100 %	430.66	495.26	468	231781.21	
10	Fundir riser	110 %	332.12	365.34	468	170976.92	
11	Fraguado riser	105 %	45360.6	48989.48	1	48989.48	
12	Desencofrado riser	100 %	900.68	1035.78	1	1035.78	
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							

Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo

FECHA	D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS	Estudio N° Hoja 1 de 1
	01	01	2002		

Departamento: Producción		Sección: Operativa				Hora inicio:	
Instalación/ Máquina :						Hora final:	
Herramientas utilizadas :						Tiempo trans:	
Producto : Revestimiento Refractario						Operario:	
Pieza : Riser III to IV						Ficha N°:	
Material: Concreto Refractario						Observado por:	
Condiciones de trabajo: Normales						Comprobado por:	
Obs	Descripción del Elemento	V	TN	TN+S	F	TP	Observación
1	Trazado riser	100 %	608.70	657.40	128	84278.17	
2	Soldar anclajes	95 %	1369.24	1560.93	128	200110.96	
3	Inspeccion anclaje	110 %	32.95	36.24	128	4645.90	
4	Cortar triplex y listones	105 %	1266.35	1456.31	128	186698.35	
5	Impermeabilizar triplex	100 %	122.73	128.87	128	16520.69	
6	Amarrar alambre	90 %	165.36	195.12	128	25014.55	
7	Formaletear riser	100 %	3601.28	4321.54	4	17286.14	
8	Inspeccion formaleta	110 %	69.49	76.44	4	305.74	
9	Mezclar concreto riser	100 %	430.66	495.26	545	269916.16	
10	Fundir riser	110 %	332.12	365.34	545	199107.74	
11	Fraguado riser	105 %	45360.6	48989.48	1	48989.48	
12	Desencofrado riser	100 %	900.68	1035.78	1	1035.78	
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

31							
Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo							

FECHA			ESTUDIO DE TIEMPOS				Estudio N° Hoja 1 de 1	
D	M	A						
01	01	2002						
Departamento: Producción			Sección: Operativa				Hora inicio:	
Instalación/ Máquina :							Hora final:	
Herramientas utilizadas :							Tiempo trans:	
Producto : Revestimiento Refractario							Operario :	
Pieza : Riser IV to V							Ficha N°:	
Material: Concreto Refractario							Observado por:	
Condiciones de trabajo: Normales							Comprobado por:	
Obs	Descripción del Elemento		V	TN	TN+S	F	TP	Observación
1	Trazado riser		100 %	608.70	657.40	173	113729.51	
2	Soldar anclajes		95 %	1369.24	1560.93	173	270040.53	
3	Inspeccion anclaje		110 %	32.95	36.24	173	6269.43	
4	Cortar triplex y listones		105 %	1266.35	1456.31	173	251940.83	
5	Impermeabilizar triplex		100 %	122.73	128.87	173	22293.90	
6	Amarrar alambre		90 %	165.36	195.12	173	33755.98	
7	Formaletear riser		100 %	3601.28	4321.54	4	17286.14	
8	Inspeccion formaleta		110 %	69.49	76.44	4	305.74	
9	Mezclar concreto riser		100 %	430.66	495.26	615	304584.29	
10	Fundir riser		110 %	332.12	365.34	615	224681.21	
11	Fraguado riser		105 %	45360.6	48989.48	2	97978.96	
12	Desencofrado riser		100 %	900.68	1035.78	1	1035.78	
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								

26							
27							
28							
29							
30							
31							
Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo							

FECHA			ESTUDIO DE TIEMPOS				Estudio N°	
D	M	A					Hoja 1 de 1	
01	01	2002						
Departamento: Producción			Sección: Operativa				Hora inicio:	
Instalación/ Máquina :							Hora final:	
Herramientas utilizadas :							Tiempo trans:	
Producto : Revestimiento Refractario							Operario:	
Pieza : Calcinador							Ficha N°:	
Material: Concreto Refractario							Observado por:	
Condiciones de trabajo: Normales							Comprobado por:	
Obs	Descripción del Elemento		V	TN	TN+S	F	TP	Observación
1	Trazado pared		100 %	604.20	676.70	432	292539.14	
2	Soldar anclaje de tornillo		95 %	1369.18	1492.40	432	645166.26	
3	Inspección prueba martillo		110 %	32.95	36.24	432	15666.34	
4	Instalar placas		100 %	803.57	859.09	432	371384.61	
5	Impermeabilizar placas		100 %	122.40	145.66	432	62967.09	
6	Amarrar alambre		90 %	165.36	195.12	432	84350.92	
7	Cortar triplex y listones		100 %	1801.88	2144.24	432	926953.74	
8	Impermeabilizar triplex		105 %	128.86	147.21	432	63639.47	
9	Formaletear paredes		100 %	3601.41	4141.62	12	49699.46	
10	Mezclar concreto		100 %	430.66	495.26	925	458114.58	
11	Fundir concreto		110 %	332.12	365.34	1850	675870.31	
12	Fraguado pared		100 %	86403.2	102819.79	1	102819.79	
13	Desencofrar pared		100 %	900.78	1035.78	1	1035.78	
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo							

FECHA		D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS			Estudio N°	
		01	01	2002				Hoja 1 de 1	
Departamento: Producción				Sección: Operativa			Hora inicio:		
Instalación/ Máquina :						Hora final:			
Herramientas utilizadas :						Tiempo trans:			
Producto : Revestimiento Refractario						Operario:			
Pieza : Horno Rotatorio						Ficha N°:			
Material: Ladrillo y Concreto Refractario						Observado por:			
Condiciones de trabajo: Normales						Comprobado por:			
Obs	Descripción del Elemento			V	TN	TN+S	F	TP	Observación
1	Radiar horno			100 %	63.72	70.09	278	19485.58	
2	Colocar ladrillos guias			110 %	72.16	77.93	300	23379.84	
3	Instalacion media caña			94 %	239.39	272.90	476	129900.4	
4	Instalacion borriquete			100 %	303.40	367.11	100	36711.40	
5	Cierre de hiladas			105 %	442.49	504.44	480	242131.08	
6	Trazado Labio			100 %	604.20	676.70	10	6767	
7	Soldar anclajes			95 %	1369.18	1492.40	10	14924	
8	Inspeccion prueba martillo			110 %	32.95	36.24	10	362.4	
9	Instalacion de listones			100 %	903.49	966.73	8	7733.87	
10	Mezcla concreto labio			100 %	430.66	495.26	40	19810.36	
11	Fundir concreto labio			110 %	332.12	365.34	40	14613.6	
12	Fraguado de concreto			100 %	36467.2	43396.01	8	347168.06	
13	Remover listones			95 %	114.50	125.95	8	1007.6	
14									
15									

16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo								

FECHA				ESTUDIO DE TIEMPOS				Estudio N°
D	M	A						Hoja 1 de 1
01	01	2002						
Departamento: Producción			Sección: Operativa			Hora inicio:		
Instalación/ Máquina :						Hora final:		
Herramientas utilizadas :						Tiempo trans:		
Producto : Revestimiento Refractario						Operario:		
Pieza : Enfriador						Ficha N°:		
Material: Concreto Refractario						Observado por:		
Condiciones de trabajo: Normales						Comprobado por:		
Obs	Descripción del Elemento		V	TN	TN+S	F	TP	Observación
1	Trazado techo		110 %	993.14	1142.11	64	73094.74	
2	Trazado paredes		95 %	578.27	636.09	223	141848.40	
3	Soldar anclajes laterales		95 %	1369.24	1560.93	223	348086.92	
4	Soldar anclajes tipo clip		100 %	1800.87	2143.03	64	137154.01	
5	Insp. Prueba de martillo		110 %	32.95	36.24	287	10400.74	
6	Instalar anclaje ceramico		100 %	1827.38	2101.49	64	134495.17	
7	Instalar placas		100 %	803.57	859.09	287	246558.83	
8	Impermeabilizar placas		100 %	122.40	145.66	287	41803.27	
9	Cortar triplex y listones		100 %	1801.88	2144.24	287	615396.08	
10	Impermeabilizar triplex		105 %	128.86	147.21	287	42249.66	

11	Amarrar alambre	90 %	165.36	195.12	287	55999.80	
12	Formaletear paredes	100 %	3601.41	4141.62	26	107682.16	
13	Mezclar concreto paredes	100 %	430.66	495.26	385	190674.72	
14	Fundir concreto	110 %	332.12	365.34	770	281308.18	
15	Formaletear techo	95 %	17101.2	21250.55	8	170004.36	
16	Mezclar concreto techo	100 %	420.65	500.58	111	55564.26	
17	Fundir techo	100 %	363.05	432.03	221	95478.52	
18	Fraguado	100 %	86403.2	102819.79	1	102819.79	
19	Desencofrado	100 %	1022.13	1216.33	4	4865.33	
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
Nota: V=Valoración TN=Tiempo Normal S=Suplemento F=Frecuencia TP=Tiempo Tipo							

FECHA		D	M	A	ESTUDIO DE TIEMPOS			Estudio N°
		01	01	2002				Hoja 1 de 1
Departamento: Producción				Sección: Operativa			Hora inicio:	
Instalación/ Máquina :							Hora final:	
Herramientas utilizadas :							Tiempo trans:	
Producto : Revestimiento Refractario							Operario:	
Pieza : Ducto terceario							Ficha N°:	
Material: Ladrillo Refractario							Observado por:	
Condiciones de trabajo: Normales							Comprobado por:	
Obs	Descripción del Elemento	V	TN	TN+S	F	TP	Observación	
1	Radiar ducto	100 %	63.72	70.09	116	8130.67		
2	Colocar ladrillo guías	110 %	72.16	77.93	350	27276.48		
3	Instalacion media caña	100 %	256.87	285.13	160	45620.11		
4	Instalacion media luna	115 %	143.59	155.08	116	17988.83		
5	Cierre de anillo con pogo	100 %	1099.25	1242.15	160	198744.40		

6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
Nota:	V=Valoración	TN=Tiempo Normal	S=Suplemento	F=Frecuencia	TP=Tiempo Tipo		

6. MEDICION COSTOS

6.1 Costo de la mano de obra

Una de las ventajas competitivas de todo negocio, es el conocimiento del verdadero concepto del costo, mas aún en la época actual donde todo gira alrededor de la globalización.

Análogamente, la función de costo de la mano de obra esta relacionada estrechamente con el estudio de tiempos, y de manera muy parecida a la forma en que el agua sostiene la vida, el dinero sostiene los proyectos. Si el financiamiento se agota también se acaban los proyectos.

Tener un presupuesto aproximado a lo real le permite a la empresa tener una ventaja competitiva a la hora de licitar gracias al conocimiento de los recursos propios, calculando el costo de la prestación de un servicio, logrando planear las actividades de un proyecto y obtener la información necesaria para su control tomando las decisiones a tiempo.

En este capítulo, realizaremos un estudio de costos, tomando como base el consumo de horas hombre estimado durante la realización del proyecto, soportado

en el estudio de métodos y tiempos, obteniendo un patrón fundamental para medir el costo de la realización de un equipo específico y finalmente permitiendo a la empresa contar con una herramienta administrativa de planeación y control en sus proyectos futuros.

Con base en esto hemos desarrollado unas tablas basadas en las operaciones realizadas para cada equipo asignando en ellas los responsables de cada operación y los tiempos tipos, de esta manera sabremos de manera aproximada el tiempo neto trabajado en horas por cada cargo.

Para hacer un análisis representativo, debemos utilizar como base la jornada laboral normal empleada durante el proyecto en mención, que corresponde a doce horas diarias distribuidas en ocho horas normales, dos horas extras diurnas y dos horas extras nocturnas. Cabe anotar que no se trabajaran días feriados ni domingos donde el recargo es mayor.

A manera de ilustración, a continuación se desarrollan los pasos para calcular el costo de la mano de obra directa en la operación trazar y soldar en un ciclón.

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TIEMPO TIPO EN HORA
Trazado	1 soldador+1 ayudante	0.56 horas
soldar	1 soldador+1 ayudante	1.38horas

Una vez la tabla este realizada, se procede a hacer la sumatoria de horas trabajadas por cada uno de los cargos, obteniendo un total de horas trabajadas por cada uno de ellos, independientemente de cual persona ejecutó el trabajo.

CICLON V							
CARGO	HN	HED	HEN	VHN	VHED	VHEN	CMOD
	1	1.25	1.75				
Oficial							
Formaletero							
Soldador	1.94			\$ 3425	\$ 4281.25	\$ 5993.75	\$6644.5
Ayudante	1.94			\$ 2100	\$ 2625	\$ 3675	\$4074
COSTO TOTAL POR EQUIPO							\$10718.5

De esta manera se obtiene un costo de mano de obra operativa para cada equipo multiplicando el número de horas consumidas por el costo unitario establecido para cada cargo.

Las anteriores abreviaturas se definen así:

- HT : HORAS TOTALES.
- HN : HORAS NORMAL.
- HED : HORAS EXTRAS DIURNAS.
- HEN : HORAS EXTRAS NOCTURNAS.
- VHN : VALOR HORA NORMAL.

VHED : VALOR HORA EXTRA DIURNA.

VHEN : VALOR HORA EXTRA NOCTURNA.

CARGO	VALOR HORA NORMAL	VALOR HORA EXTRA DIURNA	VALOR HORA EXTRA NOCT.
OFICIAL	\$5.700	\$7.125	\$9.975
FORMALETERO	\$4.750	\$5.937.5	\$8.312
SOLDADOR	\$3.425	\$4.281.25	\$5.993.75
AYUDANTE	\$2.100	\$2.625	\$3.675

Definidos los valores de horas trabajadas por cada cargo nos disponemos a evaluar los responsables de cada operación para determinar el numero de horas totales trabajadas por cargo, abreviando los cargos de la siguiente manera:

Supervisor : sup.

Oficial : ofi.

Formaletero : form.

Ayudante : ayud.

NOTA: Todos los salarios establecidos para este estudio, han sido modificados con el fin de mantener la privacidad de la empresa en el manejo de este rubro. Sin embargo, mantuvimos una proporción real de la tabla salarial para los diferentes

cargos para efectos de comparar porcentualmente la desviación real del proyecto respecto al presupuesto inicial y los datos finales.

6.1.1 Identificación de recurso humano por equipo. La identificación de los recursos a utilizar, está basada en la observación real en campo y en los tiempos obtenidos para la realización de cada equipo, teniendo en cuenta la complejidad que puede presentar la ejecución de cada actividad y suponiendo la disposición total del recurso humano y tecnológico requerido para tal efecto.

CICLON V.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Trazado punta	1 sold+ 1 ayud	0.557975
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	1.381191667
Inspección anclaje	1 sup	0.027705556
Instalar placa	1 ofi + 3 ayud	0.715908333
Impermeabilizar placa aislante	1 ofi + 3 ayud	0.12138
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	1.786864333
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	0.122676136
Amarrar alambre	1 ofic + 1 ayud	0.183311089
formaletear punta	1 form + 3 ayud	2.402542968
Inspección formaleta	1 sup	0.061324667
Mezclar concreto punta	2 ayud	2.168405132
Fundir cono	1 ofi + 3 ayud	1.520989167
Fraguado cono		12.05444657
Desencofrado cono	3 ayud	0.302478367
Instalar ladrillo	2 ofi + 4 ayud	111.9187728
Trazar techo	1 sold + 3 ayud	10.85792673
Soldar anclaje techo	1 sold + 3 ayud	22.02559981
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	9.371697895
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	1.501022727
Amarrar alambre	1 ofic + 2 ayud	3.026415257
Formaletear techo	1 ofi + 1 form + 3 ayud	47.22343418
Mezclar concreto techo	2 ayud	18.91075879
Fundir techo	1 ofi + 4 ayud	16.32111444
desencofrar	1 ofi + 2 ayud	0.337869848

CICLON IV

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Trazado punta	1 sold+ 1 ayud	0.8369625
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	2.0717875
Inspección anclaje	1 sup	0.04155
Instalar placa	1 ofi + 3 ayud	1.0738625
Impermeabilizar placa aislante	1 ofi + 3 ayud	0.18207
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	2.6802965
Impermeabilizar triples	1 form + 3 ayud	0.184014205
Amarrar alambre	1 ofic + 1 ayud	0.274966633
formaletear punta	1 form + 3 ayud	2.402542968
Inspección formaleta	1 sup	0.020441556
Mezclar concreto punta	2 ayud	2.168405132
Fundir cono	1 ofi + 3 ayud	1.520989167
Desencofrado cono	3 ayud	0.302478367
Instalar ladrillo	2 ofi + 4 ayud	72.66368083
Trazar techo	1 sold + 3 ayud	13.4344834
Soldar anclaje techo	1 sold + 3 ayud	27.25221512
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	9.371697895
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	1.857211364
Amarrar alambre	1 ofic + 2 ayud	3.744575418
Formaletear techo	1 ofi + 1 form + 3 ayud	47.22343418
Mezclar concreto techo	2 ayud	20.85745455
Fundir techo	1 ofi + 4 ayud	18.00122917
desencofrar	1 ofi + 2 ayud	0.337869848

CICLON III.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Trazado punta	1 sold+ 1 ayud	0.743966667
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	1.841588889
Inspección anclaje	1 sup	0.036933333
Instalar placa	1 ofi + 3 ayud	0.954544444
Impermeabilizar placa aislante	1 ofi + 3 ayud	0.16184
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	2.382485778
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	0.163568182
Amarrar alambre	1 ofic + 1 ayud	0.244414785
formaletear punta	1 form + 3 ayud	2.402542968
Inspección formaleta	1 sup	0.020441556
Mezclar concreto punta	2 ayud	2.891206842
Fundir cono	1 ofi + 3 ayud	2.027985556
Desencofrado cono	3 ayud	0.302478367
Instalar ladrillo	2 ofi + 4 ayud	65.98196306
Trazar techo	1 sold + 3 ayud	9.038490358
Soldar anclaje techo	1 sold + 3 ayud	18.33482363
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	9.371697895
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	1.2495
Amarrar alambre	1 ofic + 2 ayud	2.519286214
Formaletear techo	1 ofi + 1 form + 3 ayud	47.22343418
Mezclar concreto techo	2 ayud	18.63265939
Fundir techo	1 ofi + 4 ayud	16.08109806
Desencofrar	1 ofi + 2 ayud	0.337869848

CICLON II.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Trazado punta	1 sold+ 1 ayud	0.743966667
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	1.841588889
Inspección anclaje	1 sup	0.036933333
Instalar placa	1 ofi + 3 ayud	0.954544444
Impermeabilizar placa aislante	1 ofi + 3 ayud	0.16184
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	0.595621444
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	0.163568182
Amarrar alambre	1 ofic + 1 ayud	0.244414785
formaletear punta	1 form + 3 ayud	2.402542968
Inspección formaleta	1 sup	0.020441556
Mezclar concreto punta	2 ayud	2.891206842
Fundir cono	1 ofi + 3 ayud	2.027985556
Desencofrado cono	3 ayud	0.302478367
Instalar ladrillo	2 ofi + 4 ayud	65.98196306
Trazar techo	1 sold + 3 ayud	9.038490358
Soldar anclaje techo	1 sold + 3 ayud	18.33482363
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	9.371697895
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	1.2495
Amarrar alambre	1 ofic + 2 ayud	2.519286214
Formaletear techo	1 ofi + 1 form + 3 ayud	47.22343418
Mezclar concreto techo	2 ayud	18.63265939
Fundir techo	1 ofi + 4 ayud	16.08109806
Desencofrar	1 ofi + 2 ayud	0.337869848

CICLON I.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Trazado punta	1 sold+ 1 ayud	0.688169167
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	1.703469722
Inspección anclaje	1 sup	0.034163333
Instalar placa	1 ofi + 3 ayud	0.882953611
Impermeabilizar placa aislante	1 ofi + 3 ayud	0.149702
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	2.203799344
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	0.151300568
Amarrar alambre	1 ofic + 1 ayud	0.226083676
formaletear punta	1 form + 3 ayud	2.402542968
Inspección formaleta	1 sup	0.020441556
Mezclar concreto punta	2 ayud	2.891206842
Fundir cono	1 ofi + 3 ayud	2.027985556
Desencofrado cono	3 ayud	0.302478367
Instalar ladrillo	2 ofi + 4 ayud	59.96841706
Trazar techo	1 sold + 3 ayud	10.85792673
Soldar anclaje techo	1 sold + 3 ayud	22.02559981
Cortar triplex y listones	1 form + 2 ayud	9.371697895
Impermeabilizar triplex	1 form + 3 ayud	1.501022727
Amarrar alambre	1 ofic + 2 ayud	3.026415257
Formaletear techo	1 ofi + 1 form + 3 ayud	47.22343418
Mezclar concreto techo	2 ayud	24.88989576
Fundir techo	1 ofi + 4 ayud	20.40139306
desencofrar	1 ofi + 2 ayud	0.337869848

RISER I TO II.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Trazado riser	1 sold + 1 ayud	25.9689681
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	61.66098796
Inspección anclaje	1 sup	1.431560915
Cortar triplex y listones	1 form + 4 ayud	57.52810761
Impermeabilizar triplex	1 form + 4 ayud	5.090584713
Amarrar alambre	1 form + 4 ayud	7.707831774
formaletear riser	1 form + 4 ayud	4.801706667
Inspección formaleta	1 sup	0.084928556
Mezclar concreto riser	2 ayud	65.75938944
Fundir riser	1 form + 4 ayud	48.50840928
Desencofrado riser	1 form + 4 ayud	0.287717222

RISER II TO III.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
trazado riser	1 sold + 1 ayud	25.821054
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	61.30977918
Inspección anclaje	1 sup	1.423407028
Cortar triplex y listones	1 form + 4 ayud	57.2004389
Impermeabilizar triplex	1 form + 4 ayud	5.06158975
Amarrar alambre	1 form + 4 ayud	7.66392949
formaletear riser	1 form + 4 ayud	4.801706667
Inspección formaleta	1 sup	0.084928556
Mezclar concreto riser	2 ayud	64.38367
Fundir riser	1 form + 4 ayud	47.493589
Desencofrado riser	1 form + 4 ayud	0.287717222

RISER III TO IV.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
trazado riser	1 sold + 1 ayud	23.410602
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	55.58637688
Inspección anclaje	1 sup	1.290528861
Cortar triplex y listones	1 form + 4 ayud	51.86065252
Impermeabilizar triplex	1 form + 4 ayud	4.58907925
Amarrar alambre	1 form + 4 ayud	6.94848487
formaletear riser	1 form + 4 ayud	4.801706667
Inspección formaleta	1 sup	0.084928556
Mezclar concreto riser	2 ayud	74.97670972
Fundir riser	1 form + 4 ayud	55.30770514
Desencofrado riser	1 form + 4 ayud	0.287717222

RISER IV TO V.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
trazado riser	1 sold + 1 ayud	31.59153
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	75.01125742
Inspección anclaje	1 sup	1.741509306
Cortar triplex y listones	1 form + 4 ayud	69.98356385
Impermeabilizar triplex	1 form + 4 ayud	6.19275125
Amarrar alambre	1 form + 4 ayud	9.37666055
formaletear riser	1 form + 4 ayud	4.801706667
Inspección formaleta	1 sup	0.084928556
Mezclar concreto riser	2 ayud	84.60674583
Fundir riser	1 form + 4 ayud	62.41144708
Desencofrado riser	1 form + 4 ayud	0.287717222

CALCINADOR.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
trazado pared	1 sold + 1 ayud	81.260872
Soldar anclajes de tornillo	1 sold + 1 ayud	179.2128494
Prueba martillo	1 sup	4.351759958
Instalar placas	2 ofi + 2 form + 4 ayud	103.1623908
Impermeabilizar placas	2 ofi + 2 form + 4 ayud	17.490858
Amarrar alambre a anclajes	2 ofi + 2 form + 4 ayud	23.43081131
Cortar triplex y listones	2 form + 4 ayud	257.4871504
Impermeabilizar triplex	2 ofi + 4 ayud	17.67763125
Formaletear paredes	2 ofi + 2 form + 4 ayud	13.805405
Mezclar concreto	4 ayud	254.5080972
Fundir concreto	2 ofi + 2 form + 8 ayud	187.7417514
desencofrar pared	2 ofi + 2 form + 4 ayud	0.287717222

HORNO ROTATORIO.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Radiar horno	1 ofi + 1 ayud	5.41266
Colocar ladrillos guías	2 ofi + 6 ayud	6.4944
Instalación media caña ladrillo	2 ofi + 6 ayud	36.08402252
Inst. borriquete	2 ofi + 6 ayud	10.19761111
Cierre de hiladas	2 ofi + 6 ayud	67.258632
Trazado labio horno	1 sold + 1 ayud	1.823341333
Soldar anclajes	1 sold + 1 ayud	4.021199721
Inspección prueba martillo	1 suo	0.097645319
Instalación de listones	2 ofi + 4 ayud	2.148298444
Mezcla concreto labio horno	2 ayud	5.502877778
Fundir concreto labio horno	2 ofi + 4 ayud	0.984375669
Remover listones	2 ofi + 4 ayud	0.034987181

ENFRIADOR.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Trazado techo	1 ofi + 1 sold + 1 ayud	20.30409333
Trazado paredes	1 ofi + 1 sold + 1 ayud	39.40233458
Soldar anclajes laterales	1 sold + 2 ayud	96.69081158
Soldar anclajes de techo tipo clip	1 sold + 2 ayud	38.09833481
Inspección prueba de martillo	1 sup	2.889093472
Instalar anclajes cerámicos	2 ofi + 6 ayud	37.35976889
Instalar placas	2 ofi + 6 ayud	68.48856389
Impermeabilizar placas	2 ofi + 6 ayud	11.61202
Cortar triplex y listones	2 form + 4 ayud	170.9433546
Impermeabilizar triplex	2 form + 4 ayud	11.73601705
Amarrar alambre a anclajes	2 ofi + 6 ayud	15.55550045
Formaletear paredes	2 ofi + 2 form + 6 ayud	55.22162
Mezclar concreto paredes	4 ayud	52.96519861
Fundir concreto	2 ofi + 6 ayud	78.14116139
Formaletear techo	2 form + 6 ayud	64.932222
Mezclar Concreto techo	4 ayud	15.43451636
Fundir techo	2 ofi + 6 ayud	26.52181097
Desencofrado	2 ofi + 6 ayud	1.351479394

DUCTO TERCEARIO.

OPERACIONES	RESPONSABLES	TIEMPOS TIPO
Radiar ducto.	2 ofi + 4 ayud	2.25852
Colocar ladrillos guía	2 ofi + 4 ayud	7.5768
Instalación media caña	2 ofi + 4 ayud	12.67225333
Instalación de media luna	2 ofi + 4 ayud	4.9968972
Cierre de anillo con pogo	2 ofi + 4 ayud	55.20677778

6.1.2 estudio de costos de H-H por equipo.

CICLON V								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	293	199.2	46.88	46.88	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 1937316.0
Formaletero	62.41	42.44	9.986	9.986	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 343879.10
Soldador	34.8	23.66	5.568	5.568	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 138260.40
Ayudante	811	551.5	129.8	129.8	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1975596.0
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 4395051.50

CICLON IV								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	218	148.2	34.88	34.88	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 1441416.0
Formaletero	63.72	43.33	10.2	10.2	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 351097.20
Soldador	43.6	29.65	6.976	6.976	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 173222.80
Ayudante	687	467.2	109.9	109.9	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1673532.0
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 3639268.0

CICLON III								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	201.5	137	32.24	32.24	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 1332384.120
Formaletero	62.79	42.7	10.05	10.05	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 345972.90
Soldador	29.96	20.37	4.794	4.794	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 119031.080
Ayudante	619	420.9	99.04	99.04	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1507859.640
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 3305247.740

CICLON II								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	202	137.4	32.32	32.32	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 1335624.0
Formaletero	62.8	42.7	10.05	10.05	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 346028.0
Soldador	30	20.4	4.8	4.8	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 119190.0
Ayudante	619	420.9	99.04	99.04	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1507884.0
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 3308726.0

CICLON I								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	195.3	132.8	31.25	31.25	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 1291257.480
Formaletero	62.85	42.74	10.06	10.06	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 346303.50
Soldador	35.28	23.99	5.645	5.645	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 140167.440
Ayudante	641	435.9	102.6	102.6	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1561476.0
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 3339204.420

RISER I TO II								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	0	0	0	0	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$.0
Formaletero	123.9	84.27	19.83	19.83	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 682799.20
Soldador	87.63	59.59	14.02	14.02	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 348153.990
Ayudante	763.4	519.1	122.1	122.1	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1859520.60
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 2890473.790

RISER II TO III								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	0	0	0	0	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$.0
Formaletero	122.5	83.31	19.6	19.6	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 675030.10
Soldador	87.13	59.25	13.94	13.94	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 346167.490
Ayudante	753.4	512.3	120.5	120.5	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1835355.480
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 2856553.070

RISER III TO IV								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	0	0	0	0	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$.0
Formaletero	123.8	84.18	19.81	19.81	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 682138.0
Soldador	79	53.72	12.64	12.64	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 313867.0
Ayudante	779.4	530	124.7	124.7	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1898715.840
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 2894720.840

RISER IV TO V								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	0	0	0	0	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$.0
Formaletero	153.1	104.1	24.49	24.49	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 843305.50
Soldador	106.6	72.49	17.06	17.06	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 423521.80
Ayudante	950.4	646.3	152.1	152.1	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 2315271.840
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 3582099.140

CALCINADOR								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHN	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	1271	864.1	203.3	203.3	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 8402066.760
Formaletero	1243	845.4	198.9	198.9	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 6849866.70
Soldador	260.4	177.1	41.67	41.67	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 1034648.660
Ayudante	4211	2864	673.8	673.8	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 10258288.320
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 26544870.440

HORNO								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	354.9	241.3	56.78	56.78	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 2346532.680
Formaletero	8.68	5.902	1.389	1.389	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 47826.80
Soldador	5.84	3.971	0.934	0.934	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 23202.320
Ayudante	795.7	541	127.3	127.3	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 1938227.760
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 4355789.560

ENFRIADOR								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	600	408	96	96	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 3967200.0
Formaletero	559.6	380.5	89.54	89.54	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$ 3083396.0
Soldador	275	187	44	44	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$ 1092575.0
Ayudante	3404	2315	544.6	544.6	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 8292144.0
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 16435315.0

DUCTO TERCEARIO								
CARGO	HT	HN	HED	HEN	VHD	VHED	VHEN	CMOD
		1	1.25	1.75				
Oficial	165.4	112.5	26.47	26.47	\$ 5700.0	\$ 7125.0	\$ 9975.0	\$ 1093757.040
Formaletero	0	0	0	0	\$ 4750.0	\$ 5937.50	\$ 8312.50	\$.0
Soldador		0	0	0	\$ 3425.0	\$ 4281.250	\$ 5993.750	\$.0
Ayudante	330.8	225	52.93	52.93	\$ 2100.0	\$ 2625.0	\$ 3675.0	\$ 805926.240
COSTO TOTAL POR EQUIPO								\$ 1899683.280

En resumen, la tabla de costo de H-H por equipo, muestra el costo final de mano de obra, sin considerar parafiscales (aunque estos son proporcionales), y el porcentaje de influencia del costo de mano de obra operativa para cada equipo sobre el costo total operativo del proyecto.

COSTO H-H POR EQUIPO		
EQUIPO	\$H-H/EQUIPO	% de efecto
Cic V	\$ 4.395.051,00	5,53%
Cic IV	\$ 3.639.268,00	4,58%
Cic III	\$ 3.305.248,00	4,16%
Cic II	\$ 3.308.726,00	4,16%
Cic I	\$ 3.339.204,00	4,20%
Ris 1-2	\$ 2.890.473,00	3,64%
Ris 2-3	\$ 2.856.553,00	3,60%
Ris 3-4	\$ 2.894.720,00	3,64%
Ris 4-5	\$ 3.582.099,00	4,51%
Calc	\$ 26.544.870,00	33,41%
Horno	\$ 4.355.790,00	5,48%
Enf	\$ 16.435.315,00	20,69%
Terc	\$ 1.899.683,00	2,39%
TOTAL H-H	\$ 79.447.000,00	100,00%

Podemos observar claramente que el calcinador y el enfriador, acumulan mas de un 50% del costo de mano de obra del proyecto, y al mismo tiempo los que condicionan en gran parte la duración del mismo si observamos el cronograma de trabajo. La grafica siguiente, ilustra estas diferencias en pesos.

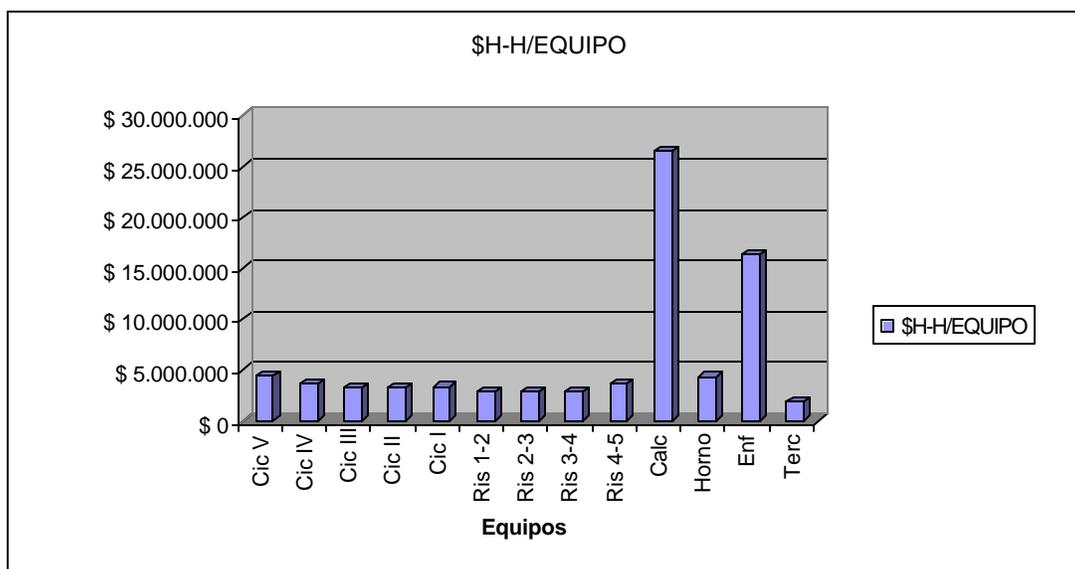


Fig 5: Costo Horas hombre por equipo

Una vez obtenidos los cálculos por equipo procedemos a la sumatoria de cada uno de ellos agregando otros costos obligatorios:

- 52% del total en pólizas y seguros.
- Las arandelas respectivas de alimentación, viáticos y alojamiento.

Estos costos variables fueron calculados tomando los días de estadía de cada cargo en la obra, es decir, si los oficiales son 11, los días de estadía fueron 27 y los viáticos \$6000, serian:

$$11 \times 27 \times 6000 = 1,782.000.$$

Las prestaciones sociales hacen parte del salario base liquidado según la tabla de salarios actual de la empresa.

COSTO TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA	
COSTO MANO DE OBRA OPERATIVA	\$79,447.002
Poliza y seguro	\$41,312.441
Viaticos	\$3,654.000
Alimentacion	\$9,978.000
Alojamiento	\$3,000.000
COSTO TOTAL Mano de obra operativa	\$137,391.443

6.2 GASTOS DE ADMINISTRACIÓN.

Estos serian fijos en la realización del montaje y los calculamos orientados en los días proyectados de trabajo y a la exigencia que cada etapa del proyecto requiere.

6.2.1 Personal

CARGO	NºDIAS	CANT.	V.UNITARIO	VR.TOTAL
Ing. Director	120	1	66.666	\$7,999.920
Ing. Campo	100	1	43.333	\$4,333.300
Supervisor de obra	100	3	26.666	\$7,999.800
Supervisor de salud	100	1	26.666	\$2,666.600
Almacenista	100	1	16.666	\$1,666.600
Chofer	120	1	13.333	\$1,599.960
Sub-total salarios admón.				\$26,266.180

6.2.2 EQUIPOS Y TRANSPORTE

DESCRIPCION	NºDIAS	CANT.	V.UNITARIO	VR.TOTAL
Camioneta	120	1	\$100.000	\$12,000.000
Computador	120	1	\$15.000	\$1,800.000
Radios	100	6	\$15.000	\$1,800.000
Sub-total				\$15,600.000

6.2.3 SERVICIOS GENERALES.

DESCRIPCION	NºDIAS	CANT.	V.UNITARIO	V.TOTAL
Campamento	100		Global	\$500.000
Papelería	100		Global	\$170.000
Teléfono y Fax	120		Global	\$170.000
Sub-total				\$840.000

6.2.4 Seguridad industrial.

DESCRIPCION	Nº DIAS	CANT.	V.UNITARIO	V.TOTAL
Uniformes	-	100	\$45.000	\$4,500.000
Implementos de seguridad	100	1500	\$15.000	\$22,500.000
Botiquín	-	1	\$100.000	\$100.000
Sub- total				\$27.500.000

TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS	
PERSONAL	\$26,266.180
EQUIPOS Y TRANSPORTE	\$15,600.000
SERVICIOS GENERALES	\$840.000

OTROS	\$27.500.000
TOTAL	\$70.206.180

6.3 COSTO EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

En este análisis presentamos los equipos y herramientas mas utilizados en un montaje de revestimiento refractario, que representan un valor significativo en el costo total de este ítem, y asumiremos un arriendo de cada uno de ellos donde se repartirá proporcionalmente el costo de mantenimiento de estos, su traslado al sitio de trabajo, es decir los fletes, pagos de impuestos y logística.

Estos costos pueden variar considerablemente de acuerdo al sitio del montaje y las políticas de REFRATHERMAL en la asignación de valores por arriendo ya que la empresa cuenta con todos estos equipos como propios, pero consideramos que para nuestro análisis lo importante es abarcar los movimientos necesitados y para una futura licitación bastaría con cambiar los precios considerando los valores reales del momento en los puntos antes mencionados.

Nuevamente, la asignación de estos recursos se debe a una minuciosa observación de cada una de las etapas del proyecto, combinadas con el cronograma propuesto y el factor humano estimado, con el fin de cumplir con las obligaciones adquiridas en cuanto a fechas de entrega se refiere.

Como mencionamos, la disponibilidad actual de estos recursos por parte de REFRA THERMAL LTDA no ha sido considerada puesto que nuestro objetivo es

lograr estimar el número ideal de recursos requeridos para la ejecución de la obra en el tiempo presupuestado.

CANTIDAD	EQUIPOS	V. UNITARIO	Nº DIAS	TOTAL
6	mezcladoras verticales	\$40.000	100	\$24.000.000
6	vibradores para cemento	\$8.000	100	\$4.800.000
2	Cortadoras de ladrillos	\$20.000	100	\$4.000.000
15	Discos de corte con punta diamante 1,5	\$80.000		\$1.200.000
4	Caladoras	\$5.000	100	\$2.000.000
8	Taladros	\$4.000	100	\$3.200.000
3	Maquinas de soldar	\$25.000	100	\$7.500.000
3	Sierras electricas	\$5.000	100	\$1.500.000
10	Poleas	\$2.000	100	\$2.000.000
40	Baldes de albañil	\$1.000	100	\$4.000.000
3	Niveles de burbuja	\$1.000	100	\$300.000
15	Cinceles	\$1.000	100	\$1.500.000
12	Reflectores	\$4.000	100	\$4.800.000
20	Filamentos para cambio de reflectores	\$7000		\$140.000
300	Metros de cable para instalación	\$300	100	\$9.000.000
6	Escuadras de 90°	\$100	100	\$60.000
6	Portaelectrodos			\$0
4	Pecheras para soldador			\$0
4	Mascaras de soldar			\$0
300	Kilos de electrodos acero inox	\$15.000		\$4.500.000
12	Carretillas	\$5.000	100	\$6.000.000
10	Mazo con goma	\$100	100	\$100.000
700	Kilos de alambre para amarre	\$1500		\$1.050.000
8	Monas	\$100	100	\$80.000
150	Cajas de clavos de 1 ½"	\$3.000		\$450.000
200	Cajas de clavos de 2"	\$3.500		\$700.000
100	Cajas de clavos de 3"	\$3.500		\$350.000
100	Cajas de clavos de 4"	\$4.000		\$400.000
80	Pogos	\$200	100	\$1.600.000
5	Plomadas	\$100	100	\$50.000
6	Lamparas portátiles	\$500	100	\$60.000
40	Flexometros	\$2.000		\$80.000
200	Metros de manila 2"	\$100	100	\$2.000.000

100	Metros de manila 1"	\$100	100	\$1.000.000
TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				\$88.420.000

6.4 ANÁLISIS DE PRECIOS

RESUMEN DE VALORES (propuesto)	
Costo personal operativo	\$137.391.443
Gastos administrativos	\$70.206.180
Costo equipos y herramientas	\$88.420.000
sub.-total	\$296.017.623
Admón. Cartagena 10%	\$29.601.762
Imprevistos 5%	\$14.800.881
Utilidad 30%	\$88.805.286
Total a licitar(propuesto)	\$429.225.552

Teniendo los resultados del estudio realizado podemos hacer una comparación de costos, basados en la experiencia del ingeniero experto y a su vez con el costo final de la obra tomada como base logrando mostrar las aproximaciones de cada uno con este real. Aclaramos que no presentamos su procedimiento de toma de datos si no su resumen de costos y recordemos que los valores expresados en la tesis no son reales, mas representan una proporción real de cada ítem por lo que

lo importante aquí es el porcentaje de variación entre cada uno de los objetos a comparar.

RESUMEN DE VALORES PRESUPUESTADO (Ing. Experto)	
Costo personal operativo	\$116.500.000
Gastos administrativos	\$68.200.180
Costo equipos y herramientas	\$78.250.000
Sub-total	\$262.950.180
Admón. Cartagena 10%	\$26.950.018
Imprevistos 5%	\$13.147.509
Utilidad 30%	\$78.885.305
Total a licitar(ing.Experto)	\$381.933.012

RESUMEN DE VALORES. RESUMEN FINAL (real)	
Costo personal operativo	\$168.530.250
Gastos administrativos	\$73.580.320
Costo equipos y herramientas	\$94.230.312
Sub-total	\$336.340.882
Admón. Cartagena	\$24.300.050
Imprevistos	\$21.123.000
Utilidad	\$59.658.082

Total costos	\$441.422.014
--------------	---------------

TABLA COMPARATIVA			
DESCRIPCIÓN	PROPUESTO	INICIAL(PPTO)	REAL(FINAL)
Costo personal operativo	\$137.391.443	\$116.500.000	\$168.530.250
Gastos administrativos	\$70.206.180	\$68.200.180	\$73.580.320
Costos equipos y herramientas	\$88.420.000	\$78.250.000	\$94.230.312
SUBTOTAL	\$296.017.623	\$262.951.018	\$336.340.882
Admón. Cartagena	\$29.601.762	\$26.950.018	\$24.300.050
Imprevistos	\$14.800.881	\$13.147.509	\$21.123.000
Utilidad	\$88.805.286	\$78.885305	\$59.658.082
TOTAL COSTO	\$340.420.265	\$303.048.545	\$381.763.932

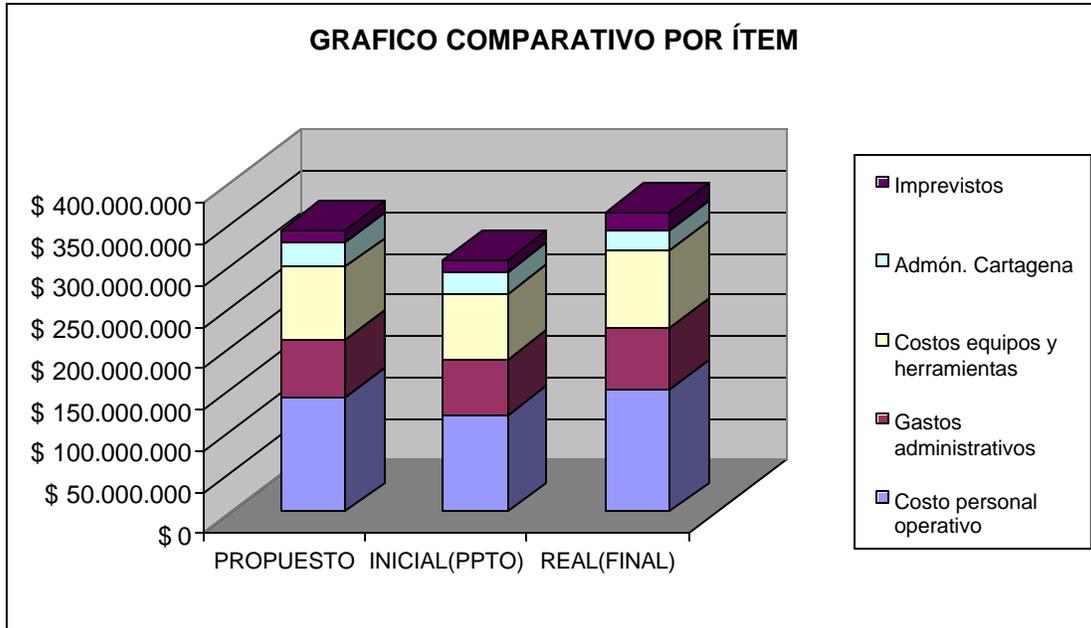


Fig.6: Gráfico comparativo de costos

Al comparar simultáneamente los tres totales, podemos destacar las diferencias entre ellos pero podríamos equivocarnos si nos basamos solo en las cifras ya que existen varios aspectos que afectaron las diferentes variables en el transcurso del proyecto. En este caso haremos un análisis horizontal, tomando como referencia los costos llamados “inicial” realizados por el ingeniero de presupuestos versus el presupuesto propuesto, pero antes realizamos un análisis junto con la gerencia de la compañía para poder tener elementos de juicio que permitieran evaluar el proyecto.

De acuerdo con la información adicional obtenida por medio de la contabilidad del proyecto, sabemos que la mano de obra subió alrededor de un 28% respecto al presupuesto solo por horas extras adicionales que no estaban presupuestadas, sin embargo esta conclusión es demasiado superficial teniendo en cuenta que no se han analizado los hechos consignados en el reporte final de la obra.

En el reporte final, el jefe de obra expresa las razones de este incremento, traducido en:

1. Número de personal estimado insuficiente y mayor cantidad de obra instalada.
2. Cambios en el cronograma inicial y atrasos en la entrega de equipos a REFRA THERMAL, fenómenos normales que siempre están presentes en todos los proyectos y que corresponden a los imprevistos que se deben enfrentar. Por ende, mayores gastos de alojamiento, alimentación, etc.
3. Otro punto de desfase significativo fue el rubro de equipos y herramientas dada la necesidad de arrendar maquinaria debido a fallas en algunas de estas. El costo del alquiler se sopesó con los costos de envío de equipos para reemplazar desde la oficina central en Cartagena y el tiempo de este transporte junto a los trámites y costos de nacionalización.

Estas circunstancias determinaron para que los imprevistos resultaran superiores a los esperados, trayendo como consecuencia una disminución en la utilidad

estimada en un 33% aproximadamente, ósea que la utilidad final del proyecto fue alrededor del 18% a pesar de la mayor cantidad de obra instalada, que no compensó los costos incurridos.

Claramente podemos ver que los costos por personal operativo y de maquinarias y equipos, representan mas del 65% en los costos totales de este proyecto o en otras palabras, la utilidad esperada del proyecto se ve afectada en un 65% por estos costos. Esta influencia justifica un estricto control en el manejo de estos recursos para lograr el éxito financiero de la obra pero también dependen de una correcta planeación y ejecución de esta.

Un presupuesto se debe basar en información real adquirida a través del tiempo o bajo estimaciones cercanas a la capacidad de la empresa y los compromisos adquiridos. Sin embargo, los estándares de planeación permiten absorber diversos criterios de precisión de cada empresa de acuerdo a sus expectativas, léase “utilidad”.

La utilidad que deje un proyecto es la que permite que la empresa logre sus objetivos financieros, pero no representa una camisa de fuerza en el desarrollo del presupuesto ya que puede fluctuar dentro de un margen determinado a conveniencia o decisión de los accionistas o dueños, mientras que los costos que conllevan a la ejecución normal de un proyecto deben ser asumidos con absoluta

responsabilidad y analizados en base a las metas planteadas y compromisos adquiridos.

Aunque el esquema de costos planteado en este capítulo, corresponde a un proyecto específico, está basado en el estudio real de métodos y tiempos realizado en los dos capítulos anteriores y por consiguiente el resultado de este constituye una base razonable para el desarrollo de un presupuesto de otro proyecto.

Finalmente el resultado obtenido nos deja satisfechos al igual que a la gerencia porque le permite a la empresa ser mas real en la estimación de los tiempos de entrega, punto critico en los proyectos y permite mantener sólido el nombre de la empresa afianzando su asesoría e interventoría en la programación de proyectos porque les permite programarse para sus paradas de emergencias y ampliaciones futuras.

7. PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA EL MANEJO DEL PROYECTO.

De acuerdo a los pasos planteados en el capítulo 3 para el manejo de un proyecto y basados en el estudio de métodos y tiempos y su análisis realizado en los capítulos 4,5 y 6 podemos organizar y realizar una estructura de manejo de proyectos que le permita a la empresa optimizar sus procedimientos alcanzando las metas esperadas.

De las 5 fases mencionadas para el desarrollo de un proyecto, nos concentraremos en las fases de planeación, ejecución y control.

Nuestra propuesta define la fase de inicio solo hasta el paso previo al desarrollo de la cotización ya que con los datos obtenidos a través de nuestro estudio, la empresa podrá estimar unos costos mas reales teniendo en cuenta los recursos a utilizar y el tiempo de utilización de los mismos.

Existen otros costos variables sin embargo, que dependen de cada proyecto en si, tales como Transporte aéreo, Tramites de pasaporte, Cambio de moneda, precios de hospedaje, alimentación, etc que deben ser estimados de acuerdo a la realidad de cada país o zona, para lo cual debe hacerse un estudio anterior a estas condiciones y no correr el riesgo de equivocarnos por exceso o lo que es peor, por defecto.

Consideramos que la fase de finalización se lleva a cabo de manera adecuada y por lo tanto solo procederemos a indicar una secuencia de pasos que deberían llevarse a cabo para un cierre de proyecto adecuado.

7.1 PLANEACION.

Para el manejo de todas las variables directas, desarrollamos una tabla de análisis de precios para elaborar el presupuesto de la obra. El formato considera los costos de recurso Humano, técnico, materiales y otros, además del porcentaje de utilidad esperado. Ver Anexo I.

El formato define cuatro subtotales correspondientes a los diferentes recursos a utilizar: Materiales necesarios, mano de obra, Herramientas y equipos y otros, expresados en dinero de acuerdo a la cantidad necesaria estimada y tiempo de utilización.

El Subtotal F corresponde al A.I.U estimado por la empresa de acuerdo a sus expectativas.

Definidos los precios a cotizar, se procede a enviar la oferta utilizando el formato actual donde se incluyen las condiciones comerciales y generales como:

- Formas de pago.
- Validez de la oferta.
- Fecha de inicio.
- Pólizas requeridas.
- Plazo de entrega.
- Alcance de la obra por parte del contratista y contratante.

Luego de haberse adjudicado la orden de trabajo a REFRA THERMAL LTDA, se procede con la etapa de planeación de la obra.

Como hemos visto en el capítulo 4, el desarrollo de este montaje, se desglosa en una serie de tareas a llevar a cabo por equipo. Cada equipo representa a su vez un subproyecto.

El número de tareas está determinado por las diferentes actividades que deben llevarse a cabo para lograr el objetivo y deben definirse claramente para definir su alcance y la responsabilidad de quienes la ejecutan.

Para este efecto, hemos diseñado un formato llamado "Listado de tareas".

El Anexo J nos muestra un ejemplo del manejo de este cuadro, que permitirá a la empresa llevar un registro de actividades, con tiempo de ejecución que permita medirlas y asignando una persona responsable.

Algunas de estas tareas no son fáciles de estandarizar debido a que dependen de situaciones externas ajenas al funcionamiento de REFRA THERMAL, por tal motivo es importante estandarizar solo las más importantes y aquellas que en realidad se repiten de manera regular en múltiples proyectos.

7.1.1 Cronograma de actividades. Una vez definidas las actividades a realizar, se debe hacer un calendario para programación de tareas, basados entre otros, en los recursos de la empresa (Maquinaria, Mano de obra, etc) y en el tiempo establecido para entrega de obra por parte de la empresa contratante.

En la actualidad, como mencionamos anteriormente, REFRA THERMAL LTDA utiliza el Microsoft Project como herramienta de programación de actividades. Para efectos de nuestro estudio seguiremos utilizando dicho software pero basados en el estudio de tiempos realizado, que permite estimar tiempos de ejecución mas reales por área de aplicación.

El capítulo 5 define claramente los tiempos tipo para cada actividad por metros cuadrados.

El cronograma debe definir no solo el tiempo de ejecución de una tarea sino también los recursos necesarios para efectuar las labores.

Como sabemos, el Microsoft Project permite establecer precedencia entre las tareas, por lo tanto, es importante determinar las secuencias que necesitan diagramarse para el óptimo desarrollo del programa.

Siguiendo con el ejercicio de Cementos San Salvador, tomando los tiempos tipo y el análisis de horas hombre trabajadas, la empresa está en capacidad de desarrollar un cronograma de actividades propuesto ajustado a la realidad de la empresa como lo muestra el Anexo K correspondiente al Cronograma de este proyecto específico.

Este cronograma propuesto esta basado en el cronograma real de los trabajos mecánicos para este proyecto el cual define las fechas de liberación de equipos para proceder a la instalación de refractarios.

El cronograma define el tiempo de ejecución para cada equipo por zonas. Las actividades alternativas y de precedencia fueron establecidas con el fin de optimizar el desarrollo de la obra, minimizando el número del personal, maquinas y herramientas requerido y el tiempo total de ejecución del proyecto. La variación de

la secuencia en estas actividades debe atribuirse solo a fenómenos externos que no tengan nada que ver con el manejo de la empresa, mientras tanto, consideramos que bajo condiciones normales, el cronograma planteado es óptimo y consecuente con la capacidad de REFRA THERMAL LTDA, en caso de presentarse cambios, debe haber una revisión con el fin de determinar nuevas fechas, agregar o disminuir recursos, trasladar tareas, etc.

Los diagramas de Pert que aparecen en el capítulo 4, permiten observar el flujo de las tareas y la relación entre ellas para que el ingeniero o supervisor a cargo de su ejecución, pueda hacer un seguimiento estricto al desarrollo de estas. Así mismo ilustrará al planeador para que este pueda desarrollar un óptimo Calendario de tareas.

La Ruta crítica.

Es importante definir también la ruta crítica del proyecto, que corresponde a la actividad o la secuencia de actividades mas larga del proyecto. El retraso en la ejecución de una tarea perteneciente a la ruta crítica se traduce en el retraso total de la obra.

Aunque el Horno es el último equipo dentro del calendario y es quien define el tiempo total del proyecto, este no representa un tiempo determinante para su finalización y el rendimiento en la ejecución de este equipo es superior a cualquier

otro, además no tiene ninguna precedencia con otra actividad por lo que su fecha de inicio puede acomodarse al programa de trabajo.

El calcinador por otra parte, es el equipo que consume el mayor tiempo para su ejecución, la complejidad y los recursos necesarios para su desarrollo representan una cifra significativa en lo que a costos se refiere y por lo tanto es el equipo que define la ruta crítica del proyecto. Los diagramas de Pert desarrollados en el capítulo 4 muestran la secuencia de las diferentes actividades para cada equipo.

En resumen, ilustraremos en un diagrama de flujo la secuencia que deben tener los planeadores del proyecto para la creación de un cronograma óptimo.

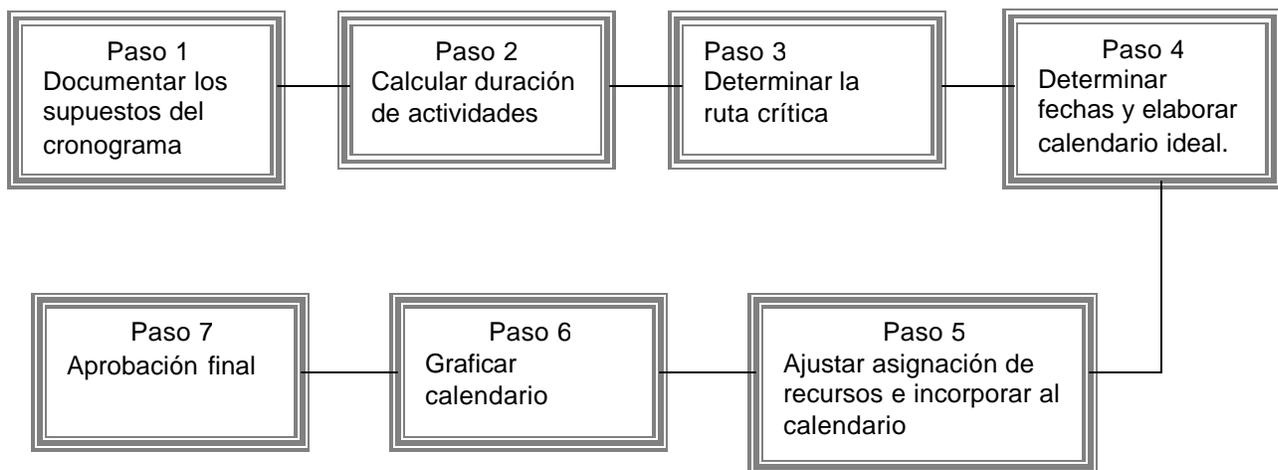


Fig 7. Pasos para creación de cronograma de

7.2 EJECUCIÓN.

Luego de la etapa de planeación, donde ya tenemos a la mano el plan aprobado del proyecto, identificando los miembros del equipo base, un presupuesto establecido y una fuente de ingresos para financiar el proyecto, pasamos a la etapa de ejecución que no es mas que empezar a hacer realidad todo lo planificado.

7.2.1 Reunión de inicio. Para un correcto inicio de la ejecución de la obra, es necesario que todos los miembros relacionados hablen el mismo idioma, es decir, que todos estén enterados y comprometidos con las metas planteadas por la gerencia, las responsabilidades y el alcance de las actividades de cada quien, los recursos que van a utilizarse, la fuente de consecución de los materiales y recursos indirectos, ubicación, entre otros.

Una reunión de inicio “Kick off Meeting” con las personas encargadas por parte de la empresa contratante aclarará todos los aspectos relacionados con el desarrollo del proyecto:

- Resumen de objetivos y metas del proyecto.

- Persona clave a quien dirigirse.
- Permisos de trabajo
- Aspectos de seguridad
- Fechas para reuniones de avance.
- Lista de tareas personales.

Toda esta información debe ser distribuida entre los miembros de la empresa de acuerdo al alcance del cargo. Para esto, es importante una junta interna de inicio en donde además de todos los aspectos anteriormente mencionados, se debe definir las fechas de las reuniones internas y la información requerida por parte del gerente del proyecto para llevar un seguimiento estricto del desarrollo del proyecto e ir comparando con el cronograma planeado, evaluando las diferentes variables presupuestadas y así tomar las decisiones acertadas a tiempo.

7.2.2 Manejo de recursos. El manejo de los recursos es el factor fundamental en esta etapa, sobre todo en empresas contratistas como es el caso de REFRA THERMAL, además de la especialización de la actividad que esta desarrolla.

En la etapa de planeación, se define el número de recursos necesarios para el desarrollo del proyecto. En esta etapa, se debe hacer la selección de estos recursos tratando de obtener lo mejor de ellos.

El personal especializado que usualmente trabaja con la empresa, cuenta con la experiencia, habilidad y conocimiento para la instalación de refractarios y la selección solo se basaría en la eficiencia de cada uno de ellos, la localización del proyecto y el número requerido.

La mano de obra no calificada es reclutada en la zona donde se va a ejecutar el trabajo. Esto permite ahorrar costos de transporte, alojamiento y alimentación, sin embargo, es necesario hacer una selección adecuada del personal de acuerdo a las habilidades requeridas para este trabajo y algo muy importante en la actualidad: la seguridad.

En el capítulo 6, identificamos el número de personal adecuado que debió utilizarse para este proyecto en especial, integrando el estudio de métodos y tiempos y el calendario de tareas.

Aunque este número es una estimación basada en el estudio hecho bajo un método científico, el resultado está basado para unas áreas y cantidades específicas que siempre varían dependiendo de la obra. Sin embargo su variación podría ser mínima evaluando los aspectos que lo afectarían como:

- Distancias recorridas.
- Métodos de transporte de materiales.

- Nueva tecnología.
- Tipos de revestimiento.
- Programa general del proyecto.

El manejo de los materiales es de suma importancia en un proyecto ya que el suministro adecuado y a tiempo de estos evitará atrasos en la obra.

Aunque los materiales refractarios son suministrados generalmente a la empresa por el contratante o un proveedor externo, el buen manejo de estos depende de REFRATHERMAL LTDA directamente.

7.2.3 Lectura de Planos para instalación de refractarios. Los planos para el revestimiento refractario, definen detalladamente las calidades de refractario, combinaciones, detalles y cantidades a instalar por equipo. Todas las personas relacionadas con el trabajo deben tener claros estos aspectos para evitar equivocaciones que causen retrasos en la ejecución ya sean por alto desperdicio de materiales, material equivocado o mala aplicación.

La correcta lectura de planos por parte de las personas relacionadas y aclaración de dudas con el contratante conllevan a un mejor manejo de los materiales.

Planos detallados de dimensiones son del manejo del fabricante mecánico pero deben ser solicitados para efectos de cálculo de cantidades dado el caso.

Los anexos M y N ilustran unos planos típicos de instalación de refractario.

Algunos aspectos a tener en cuenta para una correcta lectura:

- **Referencia del equipo.** En la parte inferior derecha encontramos la referencia del equipo, número de plano y fabricante.
- **Descripción de materiales.** La convención utilizada para la descripción de materiales refractarios puede variar de acuerdo al fabricante. En este caso, esta descripción se encuentra en la parte inferior, a la izquierda del cuadro de referencia.
- **Cantidad y formatos.** El anexo P muestra la distribución de ladrillos en el cono de un ciclón. El cuadro alterno ubicado al lado derecho, describe la calidad, formato y cantidad de ladrillos a utilizar anillo por anillo.
- **Detalles y vistas.** Cada plano presenta una vista frontal, lateral y superior para visualizar la descripción de materiales. Detalles y observaciones son ampliadas para su lectura.

7.3 CONTROL.

Una vez iniciado el proyecto, los procedimientos deben ir acorde con lo planificado. El objetivo de esta etapa es lograr que las cosas se hagan a tiempo y dentro de lo presupuestado.

Aunque sabemos que lograr un desempeño igual al planificado es demasiado ideal debido a todos los factores externos que se presentan y a la misma condición de seres humanos que somos, podemos establecer parámetros y controles para lograr acercarnos lo mas posible a lo planificado.

Algunos criterios que deben seguirse para el éxito del programa son:

- ***Utilizar el plan propuesto como guía para la coordinación del proyecto.***

Si el proyecto ha sido correctamente planificado, el control del mismo no debe complicarse. Debemos recordar también que el plan inicial puede cambiar dependiendo de muchos fenómenos que rodean este tipo de proyectos que están compuestos por varias partes.

- **Supervisar los avances de obra.** En las reuniones de avance, deben compararse todas las variables que influyen en el proyecto: tiempo, costo, métodos y desarrollo en general respecto al propuesto.
- **Adaptar el calendario, presupuesto y plan de trabajo.** Como lo mencionamos anteriormente, muchos cambios pueden ocurrir que demandan un ajuste de estos aspectos para mantener encarrilado el proyecto.
- **Supervisar cantidades de obra.** Para evitar incongruencias en las cantidades instaladas en la etapa de facturación, debe llevarse un registro riguroso de estas, registrado y verificado por la persona encargada por parte del contratante.
- **Calidad del trabajo.** Los trabajos deben efectuarse bajo un estándar de calidad y siguiendo unas normas de instalación proporcionadas por el proveedor y /o contratante.\
- **Seguridad y actitudes del personal.** El factor de la seguridad es muy importante ya que además de estar expuestos a accidentes de todo tipo, la

ejecución de una tarea puede verse afectada debido a este aspecto, sin mencionar el trauma que se podría causar. La actitud del trabajador puede afectar el buen desempeño del proyecto, por esto es importante mantenerse enterado de las situaciones que puedan ocurrir dentro de la obra y que afecten la misma.

7.3.1 Control de avance. El avance de obra debe llevarse diariamente para no correr el riesgo de pasar por alto algún aspecto.

Hemos desarrollado un formato de avance correspondiente al Anexo L donde podemos comparar las fechas estimadas con las actuales, evaluando el desempeño con el fin de poder establecer prioridades en las diferentes áreas de trabajo y asignar los recursos necesarios para compensar el plan y lograr las metas propuestas.

7.3.2 Supervisión y control del presupuesto. Los informes y juntas de avance permiten evaluar el programa y desempeño, pero el manejo de presupuestos y desembolsos en efectivo, requieren de un manejo mas estricto y complejo dada la importancia de esta variable.

Algunos gastos presentados durante el desarrollo de la obra pudieron no ser contemplados en el presupuesto inicial por lo que debemos ejercer controles sobre estos cambios y considerarlos como un hecho real.

De acuerdo a lo investigado, el departamento de contabilidad de la empresa lleva el registro de gastos de las obras por centro de costos, un informe a regular de esta información debe ser solicitada por el Jefe del proyecto para comparar sobre el presupuesto.

Debemos tener en cuenta para el control, las cuentas por pagar que no aparecen dentro del informe de gastos ya que este solo refleja los causados “a la fecha”.

El cuadro 2 muestra una manera de poder llevar ese control y la variación que pueda tenerse.

CUADRO DE CONTROL DE PRESUPUESTO						
Proyecto:				Fecha:		
Cantidades en miles	Mano de obra	Materiales	Equipos	Renta	Gastos Varios	Total
Presupuesto						
Real						
Variación						

Cuadro 2: Control de presupuesto

7.3.3 Control de materiales y cantidades de obra. El control de materiales se refiere no solo a los materiales adquiridos por la empresa sino también los suministrados por un tercero. El almacenista de REFRATHERMAL, debe llevar un registro de materiales entregados con fecha y nombre de la persona a quien se le hace la entrega. Actualmente existen en la empresa formatos de control de herramientas y materiales que sirven para este fin.

La facturación final se hace a base de las cantidades reales instaladas multiplicadas por el precio unitario aprobado en el contrato, de aquí la necesidad de llevar un registro claro de estas cantidades y el área de aplicación para poder soportar esta factura. Este control debe ser firmado a la vez por el supervisor encargado del contratante para que exista un visto bueno de aprobación y evitar diferencias.

El Anexo N muestra un cuadro de registro diario de cantidades instaladas por equipo que debe ser llevado por el jefe de obra, alimentado con la información proporcionada por los ingenieros y supervisores de obra.

7.3.4 Control del personal. El presupuesto inicial, indica un número de terminado de recurso humano que debe ser utilizado para efectuar las labores y un tiempo determinado del uso de este recurso.

Debe llevarse un registro de entrada y salida del personal, firmado por cada uno de los empleados para llevar un buen control que sirva para el pago de salarios y liquidación y verificar el cumplimiento de los horarios de los mismos.

El formato utilizado en la actualidad es adecuado para el manejo de este aspecto.

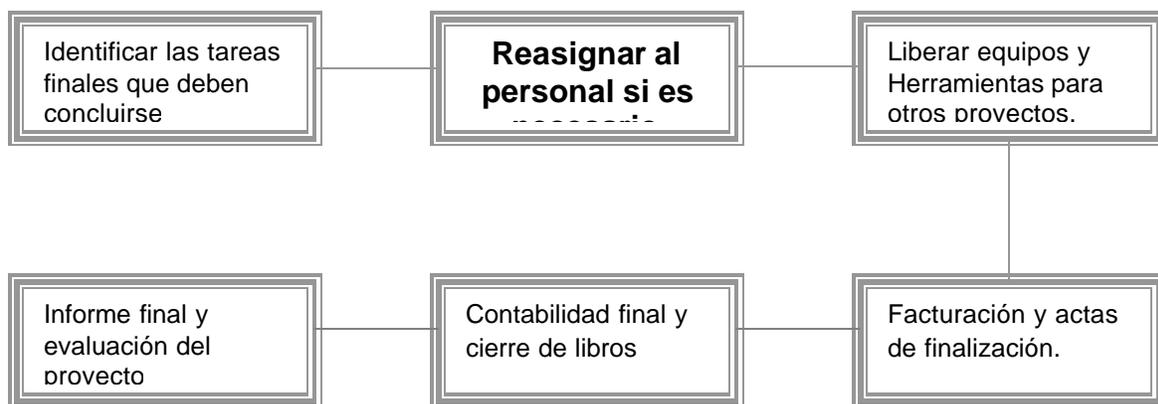
Finalmente, la etapa de control debe llevar a cumplir todas las metas planteadas durante el proyecto que consisten en ejecutar el 100% de las actividades dentro de un tiempo estipulado con unos recursos determinados, bajo unos estándares de calidad requeridos, logrando la satisfacción del cliente final.

7.4 FINALIZACION Y CIERRE.

El cierre total de un proyecto tiene lugar cuando todas las actividades se han ejecutado en un 100%, resaltamos esto porque con frecuencia es difícil hacer que se concluyan los detalles finales de un proyecto dado al temor del personal a quedarse sin trabajo y terminan trabajando en tareas insignificantes o a un ritmo deficiente para alargar su período de trabajo, mucho mas cuando el factor de primas, vacaciones y demás prestaciones están en consideración.

Por esto es importante seguir una serie de pasos de tal manera que permitan tener a la empresa la seguridad que el proyecto llegará a feliz término.

Para esta etapa sugerimos una serie de pasos que servirán como guía para lograr este objetivo.



8. MANUAL DE INSTALACIÓN DE REFRACTARIOS.

Este manual corresponde a las técnicas generales para instalación de refractarios en la industria del cemento pero aplicables en otro tipo de industrias.

Aunque las técnicas aquí ilustradas son las ideales para la instalación de refractarios, la variación o adaptación de estas depende de las herramientas que se posean y las características de cada equipo en general por lo que constituyen una guía importante mas no un documento estricto para la mampostería.

8.1 NORMAS DE ALMACENAJE.

Antes de la recepción de los materiales refractarios ha de procurar que esté disponible una superficie suficientemente extensa para su almacenaje. Ver Fig.8

Esta superficie ha de tener una base firme (hormigón o pavimento).
Conviene tener la posibilidad de apilar uno encima de otro como mínimo 3 palets de ladrillos (de 1.3 mt máximo, cada uno).

Con las masas y morteros no conviene apilar más de 2 palets, para que no se produzca ningún daño de los embalajes. Conviene adoptar siempre las medidas necesarias para que pueda efectuarse el transporte del material desde el punto de descarga hasta el almacén intermedio y de éste al punto de utilización , por medio de carretillas elevadoras o camiones.

Los productos de magnesita, los ladrillos refractarios ligeros y todas las calidad de ladrillo con aglomerados química (sin cocción) es necesario, como regla general básica, almacenarlos en lugares seco y bien ventilados.

Las calidades cocidas de alto contenido en alúmina y de chamota pueden almacenarse al aire libre, siempre que el sustrato sobre el que

descansan sea llano y seco y los ladrillos se tapen con lonas resistentes a la intemperie.

Los ladrillos básicos en contacto con el agua, tienen tendencia, por naturaleza, a sufrir una hidratación destructora.

Los ladrillos hidratados , caracterizados por grietas a modo de red sobre su superficie, ya no pueden emplearse, debiendo por tanto evacuarse como desecho teniendo presentes las normas locales al respecto. Los ladrillos que se hayan mojado pero no presenten grietas pueden secarse a temperaturas ambiente y con suficiente corriente de aire en un lugar bajo techo y apilados en pequeños grupos con una buena distancia entre ladrillos (de 20 a 50 mm). Antes de su empleo, sin embargo, deberá controlarse si están exentos de grietas.

Los ladrillos cocidos de alto contenido en alúmina , los de alúmina y los de chamota que se hayan mojado pueden utilizar sin inconveniente

alguno tres secarlos cuidadosamente (es posible secarlo con aire caliente).

Los tipos de ladrillos con aglomerados químico, sin cocción, puede absorber la humedad del aire incluso si se hallan correctamente almacenados. En tal caso los ladrillos pueden presentar un aspecto algo humedecido en su superficie y dar un sonido apagado al golpearlos con el martillo. Estos fenómenos no representan en absoluto menoscabo alguno para poder instalarlos ni para su durabilidad. No es necesario aplicarles secado alguno.

Los morteros y masas deben almacenarse por principio en sitios secos y bien ventilados. Las masas que se hayan mojado o que hayan sido almacenadas demasiado tiempo no pueden aprovecharse .

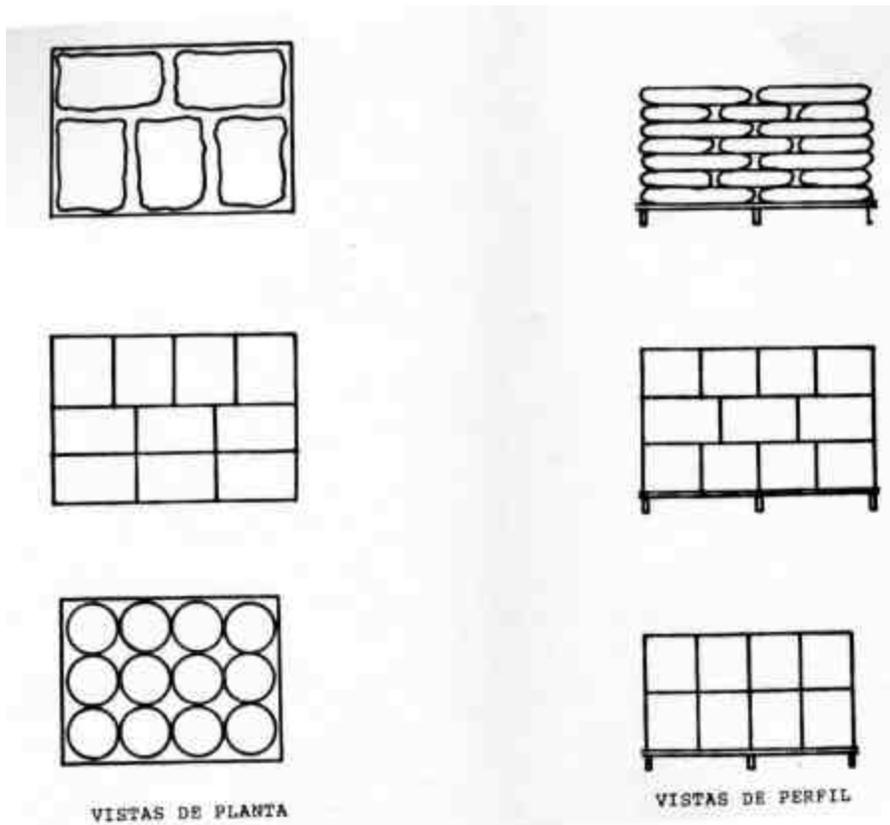
Los ladrillos suministrados en palets no deben apilarse con una altura excesiva (peligro de accidente). En concreto no han de sobrepasarse las siguientes alturas de apilado:

PRODUCTO	ALTURA MÁXIMA DE APILADO
Ladrillos básicos	2-5 palets
Ladrillos de alto contenido en alúmina y de chamota	2-5 palets
Ladrillos ligeros	2 palets
Morteros, masas refractarias	2 palets
Ladrillos aislantes	2 palets

Cuadro 3. Altura Máxima de Apilado de los ladrillos

El apilado depende del sustrato del suelo, siendo conveniente en caso de un suelo no afirmado no sobrepasar los valores más indicados. A fin de evitar una fuerte compresión de los cantos en ladrillos determinados, cada palet, colocado encima de otro conveniente que descansa sobre toda la superficie.

El almacenaje intermedio de los materiales entregados debería efectuarse separado por calidades y formatos de ladrillo. Sólo así puede evitarse un trabajo innecesario de búsqueda al instalar los ladrillos. Ver **Fig. No.8.**



Ver Fig.8. Normas de Almacenaje

8.2 MECANIZADO DE LADRILLOS REFRACTARIOS.

Se debe tener en cuenta que la mampostería sea compacta sin huecos. Las juntas han de ejecutarse lo más finas posible (máx 2 mm) . Para la ejecución de estos trabajos hay que asegurarse de disponer de albañiles cualificados especialista en hornos.

Todos los ladrillos de chamota y de alta contenido en alúmina pueden cortarse tanto en húmedo, con discos de diamante, como en seco con discos de SIC.

Para ladrillos básicos y para ladrillos ligeros conviene utilizar solo discos para tronzar en seco , a fin de que no penetre humedad alguna en los ladrillos.

Dichos discos deberá facilitarlos la empresa que efectúa el montaje.

El Corte de ladrillos tanto ligeros como normales conviene que se lleve a cabo siempre con máquinas estacionarias, para que también en las zonas donde se instalen ladrillos cortados sea posibles obtener una mampostería con juntas finas.

La colocación de los ladrillos debe realizarse siempre utilizando mazas de goma dura. En ningún caso pueden colocarse los ladrillos con macetas de albañil metálicas, dado que ello originaría daños en los ladrillos.

8.2.1 Instalación de Ladrillos básicos.

- Asegurarse que tienen los ladrillos adecuados para el área. Las paletas están marcadas con la marca, tamaño y forma.

- Es comprobar que la carcaza está limpia y libre de mugre y desperdicios. Gire la carcaza de modo que las deformaciones queden en el fondo.
- Organizar una manera segura para obtener que tanto los ladrillos como el personal entren y salgan del horno eficientemente.
- Marcar la carcaza, esto es muy importante. Es muy fácil que se realice la alineación de los ladrillos diferente de corridas derechas y paralelas. Cuando efectúan esto, logran que los ladrillos se contacten punta contra punta en vez de cara contra cara, para permitir así el deslizamiento de los revestimientos.

Usar algunos buenos puntos de referencia para partir. Hay quienes trabajan en referencia a las soldaduras, pero debe asegurarse que éstas sean correctas. A continuación midan equidistante de este punto alrededor de 3 pies. Marquen una línea. Usen ésta para controlar y ver como se ejecutan las corridas . Marquen líneas similares cada 3 pies o aproximado para tener un punto de control continuado.

También marquen una línea de centro, al fondo, paralela a la dirección del horno. Marquen líneas de circunferencia paralelas a ésta cada 3´ - 4´.

Esto termina en un enrejado de líneas que las mantiene alineadas en todas las direcciones y les da un buen punto de partida.

- Enladrillar desde el fondo. Asegúrese que se ponen los ladrillos con la cuerda corta en la cara caliente. Con ladrillos enlatados, el borde de la lata va hacia la cara caliente. Coloque el primer anillo ligeramente sobre la mitad de los dos o alrededor de 190°C, asegurándose que están alineados bien cerca con sus líneas de referencia. Coloque la corrida siguiente de una manera similar, pero partan distante, de modo que las uniones estén escalonadas. Esto asegura que la corrida siguiente repita el escalonamiento y continúe de esta manera por no más de 15´ - 20` de fondo pueden estar desalineados si se va más lejos de

esa medida. Si usan gatos, pueden ir tan lejos como el número de gatos de disponen les permita ir.

- Colocar los ladrillos en la mitad superior. Si usan gatos, tendrán que girar el horno de modo de dejar finalmente el área de cierre en el fondo. Si emplean un aparejo no se hace necesario girar el horno. Palos de apoyo también pueden emplearse sin requerir que se gire el horno. La técnica para enladrillar son las mismas para todos los métodos, por lo que asegúrense que se emplee un aparejo . Enladrillar la parte superior es lo mismo como el fondo. Mantengan la alineación y enlainer cuando sea necesario. Asegúrense de colocar los ladrillos a ras de la carcaza.
- En el cierre, los ladrillos básicos están usando una combinación de tablillas proporcionadas, que son ladrillos de $\frac{2}{3}$ o $\frac{3}{4}$ del espesor de un ladrillo regular. Primero coloquen una gato abridora en la abertura a ser cerrada y apreté el anillo. Usen un trozo de madera o acero entre la gata y el ladrillo. Segundo , midan la abertura tanto al fondo como arriba. Tercero , tracen

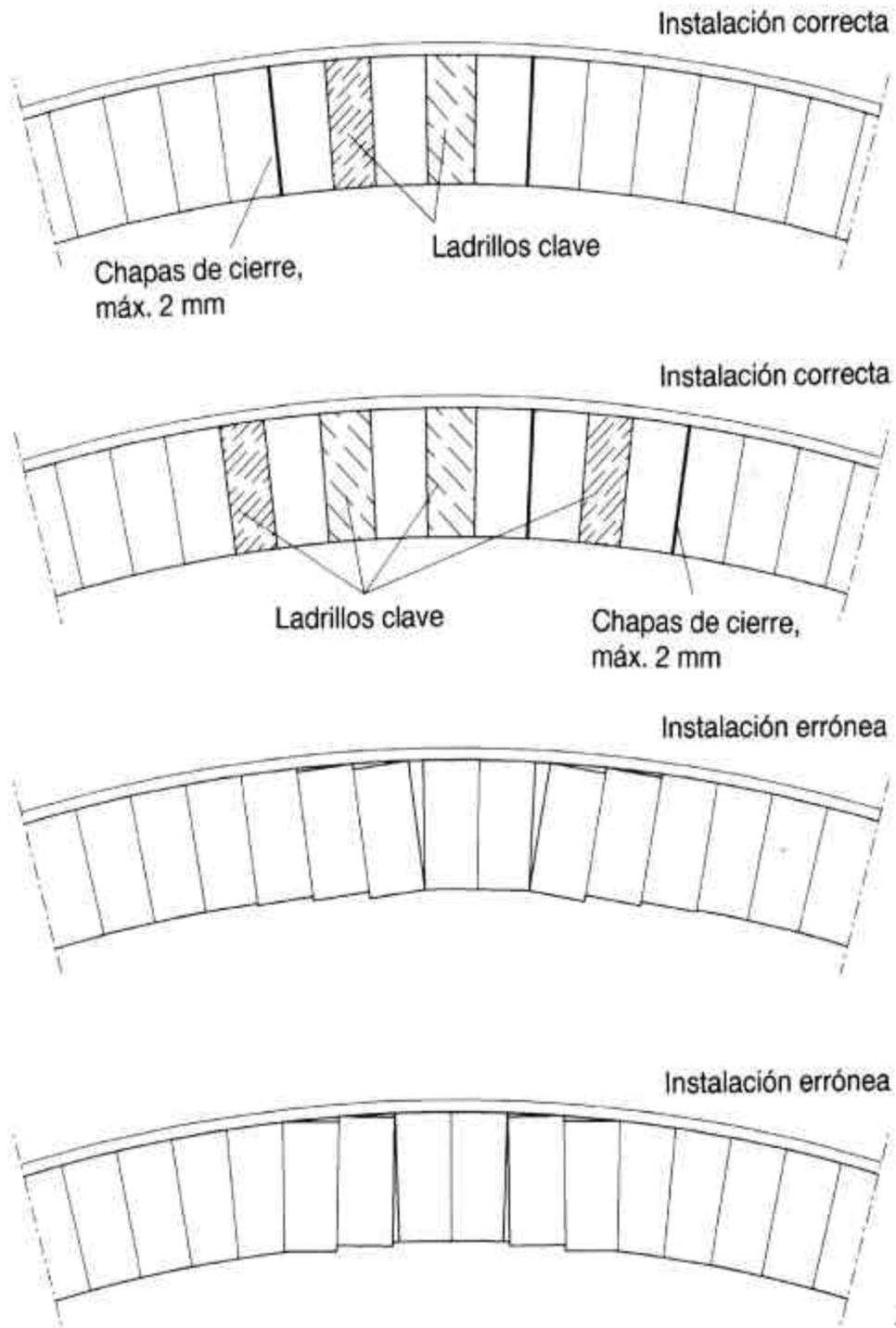
una combinación de $2/3$, $3/4$ o piezas completas que se ajusten apretadamente a la abertura. Finalmente, coloquen estas llaves , y la última llave y lana apretadamente. Coloque lanas en las uniones de varios ladrillos distanciados del cierre mismo. Ver

Fig. 9

- Inspeccionar el revestimiento completo después de girar el horno varias veces. Coloque lanas donde sea necesario apretar. Ver

Fig. 10

8.2.2 Instalación de Ladrillos No Básicos. Estos son altos en alúmina y arcilla, es similar a lo ya descrito para los ladrillos básicos.



42

Fig.

9. Cierre de los Ladrillos

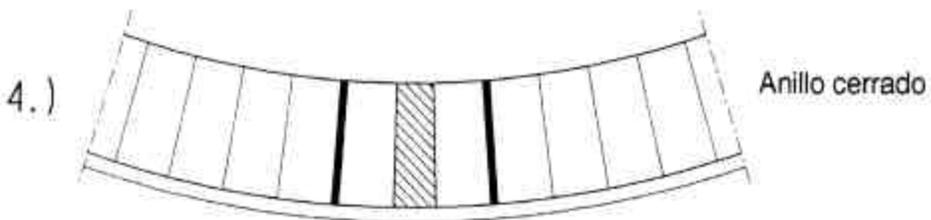
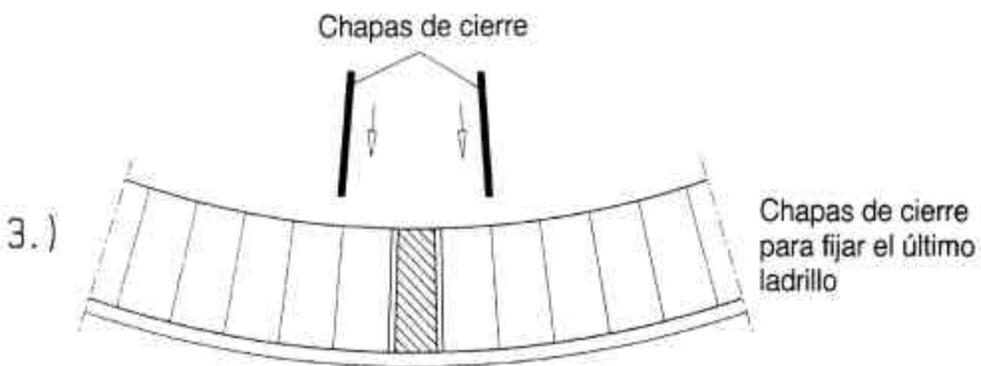
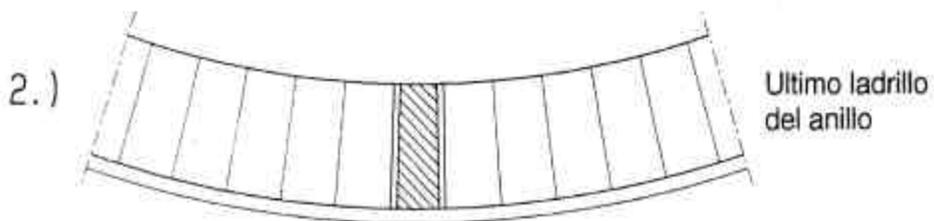
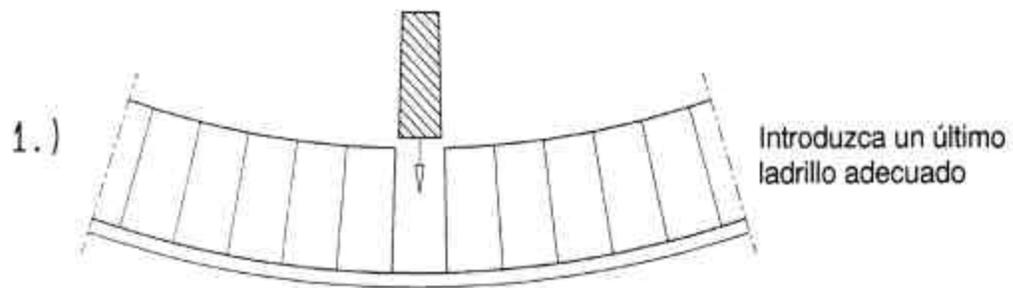


Fig. 10. Instalación de Ultimo Ladrillo

- Primero, en vez de laines se usa mortero para corregir la manera como los ladrillos hacen el anillo. Laines de acero pueden reaccionar con ladrillos de arcilla y alta alúmina, así que ellas son inadecuadas.
- Segundo, cuando revisten una sección larga pongan la cara con la marca hacia su lado y hacia el lado opuesto., alternadamente. Hay una pequeña inclinación dada a los RKB para salir del molde cuando se prensan , que cuando se colocan varias corridas puede llevarlos fuera de alineación si no toman estas precauciones.

La gran diferencia entre la colocación de ladrillos básicos y no básicos, es el método del cierre. Como dicho, el cierre de los ladrillos básicos se hace una combinación de ladrillos $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$ y completos. Con lo ladrillos no básicos, se cortan ladrillos con sierra, lo involucra una

medición cuidadosa. La llave cortada no debe deslizarse en el lugar sino que debe introducirse con un martillo de suela; no usar un martillo metálico. Nunca cortar una llave que sea menos de la mitad de un ladrillo normal. También traten de escalonar las llaves de cierre, en corridas a la derecha y a la izquierda del centro y así sucesivamente. La alineación de la mampostería se muestra en la **Fig. 11**.

8.3 AMASADO Y APLICACIÓN DE MASAS REFRACTARIAS.

El amasado y la aplicación de las masas refractarias han de realizarse según las normas especiales para las distintas calidades . Las masas refractarias tienen que

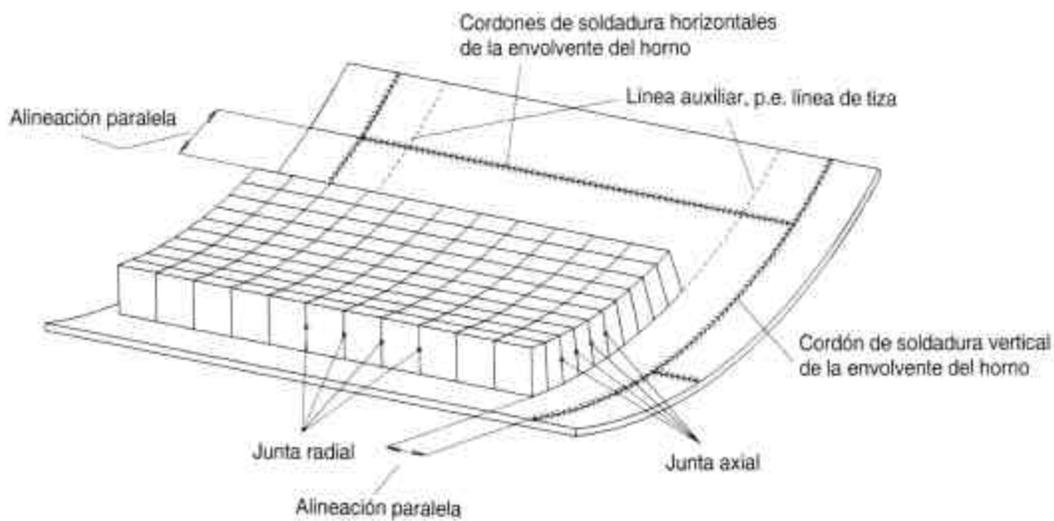


Fig. 11 . Alineación de la Mampostería

amasarse con agua limpia del grifo (agua potable) en hormigoneras batidoras , para utilizarlas inmediatamente.

Por principio debe prestarse atención a que todos los aparatos, máquinas, recipientes y cajas para mortero que se emplean para trabajar con masas y morteros estén absolutamente limpios.

8.3.1 Instalación con Materiales Monolíticos, Plásticos – Concretos y Mezclas de Aplicación con Pistola .

- Para la aplicación en horno rotatorios, el único comentario específico es que los anclajes deben tener alguna soltura contra la carcasa, y no ser tan rígido que vayan a quebrar el refractario con deformaciones de la carcasa.
- Plásticos vienen en cajas de 50 Kg., en panes pre-cortados. Primeramente prepare su juego de anclajes, planifíquelo y la forma de apretar los moldajes de modo que haya lugar para martillar. Solden las tuercas de los anclajes a la carcasa, cuidadosamente.

8.3.1.1 Instalación de Plásticos. Con plásticos se usa anclajes cerámicos, de modo que él se sujete bien. El equipo necesario es un martillo de aire, una plana pulidora y algunas barras de soldadura. El martillo debe ser con embaladas rápidas y cortas y cabeza de 2" – 3". Con ello se golpea el material para pegarlo al plástico adyacente sin intentar poner el material más denso. Es útil un aceitado en la línea de suministro.

Como las cajas abiertas se secarán, abra solamente tantas como vaya a usarse, comience colocando un tablero para partir o algo contra que martillar. Rompa los panes o no podrá pegar los trozos en una masa. Comience a martillar manteniendo las embaladas del martillo paralelo a la carcasa, de manera que no produzcan laminaciones y que puedan desprenderse.

Cuando los plásticos está instalado casi al nivel con las tuercas de anclaje, instale los anclajes cerámicos asentándolos dentro del plástico. Esto se hace con persuasión por mazo de ladrillo. Asegúrese que el plástico está dentro de las estriadas de los anclajes.

Al terminar, recorte el exceso de material y deje la superficie áspera. Perfore la superficie alrededor de 2/3 de su espesor, con barras de soldadura, a una distancia de 12" entre centros, para permitir la salida del vapor. Algunos tableros se dejan en el lugar para que se quemem , si la instalación es en altura.

8.3.1.2 Instalación de los Concretos. Generalmente los clientes de refractarios eligen concretos porque son más fáciles de instalar, demandan mano de obra menos especializada que la necesaria para colocar ladrillos. Pero ello no significa que los concretos se colocan y hacen el servicio esperado sin que se siga el procedimiento apropiado.

El mezclado, instalación, secado y curado , se hace especialmente importante cuando se usan calidades desarrolladas para servicios de alta resistencia y temperatura.

El primer paso hacia la instalación exitosa viene con la elección del refractario. Considerar la temperatura de operación, la atmósfera en el horno, conductividad térmica, resistencia a la abrasión y otros requerimientos del servicio.

Concretos refractarios debieran almacenarse en bodegas cerradas, cuando sea posible. En caso contrario, pueden ser almacenados a la intemperie y cubiertos. Deben protegerse del agua, ya que un

humedecimiento prematuro va a arruinar el refractario. Concretos almacenados a la intemperie en climas fríos, deben ser calentados a 20° - 25° C antes de mezclarlos y vaciarlos.

La mayor parte de las instalaciones de concretos refractarios requiere anclajes, hechos de alambre, barras, metal colado , o piezas refractarias. Normalmente, anclajes barras se usan para revestimientos hasta 9 pulgadas de espesor, mientras que anclajes cerámicos o del metal colado para revestimientos de más de 9 pulgadas o sometidos a altas temperaturas. Anclajes de aceros al carbono servirán donde las temperaturas no excedan los 550°C; tipo de aceros inoxidable, para temperaturas mayores.

Cuiden que cuando se use un bloque aislante detrás del concreto, debe estar separado del concreto por una capas impermeable para evitar que el agua necesaria para la hidratación del concreto se vaya afuera.

El largo de los anclajes de barra debe ser 0.8 veces del espesor del revestimiento, redondeado hacia arriba lo más cercano a ½ pulgada. Por ejemplo , un revestimiento de 9 pulgadas $\times 0.8 = 7.2$, o sea anclajes de 7 ½ pulgadas.

La distancia entre anclajes debería ser cuidadosamente considerada. Se requieren más anclajes en los bordes, en la bóveda y en la barrera y áreas donde la vibración, movimientos mecánicos o peso, imponen cargas sobre el revestimiento, los anclajes deberán ser anclados en el lugar con una plantilla cuadrada, con las puntas rotadas en 90°C de cada anclaje vecino.

Soldado punteado no es suficiente para anclajes de barras. Estos requieren a lo menos media pulgada de cordón de soldadura por ambos lados y anclajes de barras más fuertes pueden requerir tanto como 2 pulgadas de cordón a ambos lados del pié.

Para probar la soldadura, golpee la mitad de ellos firmemente con un martillo. Un sonido metálico indica una buena soldadura, mientras que un sonido fofo indicará una falla potencial. Luego doble alrededor de 1%, hasta ponerlo plano. Si el ensayo muestra una soldadura pobre, chequee todos los anclajes y reemplace aquellos que fallen.

El sistema que emplea anclajes refractarios, debería ser usado para temperaturas sobre 1000°C. Anclajes refractarios vienen en largos de 9 a 18 pulgadas , y están diseñados para ser fijados o en soportes soldados o deslizados en anclajes colados.

Todos los concretos refractarios deberían ser mezclados en una mezcladora de morteros o de paletas, de 4 a 12 pies cúbicos de capacidad. Estas mezcladoras aseguran una mezcla rápida y completa , vacían la carga completa, de carga a carga, quedando virtualmente limpias.

El mezclador deber estar limpio. Substancias que se encuentren en mezcladores sucios se combinan con el cemento del concreto y causan una fragua instantánea u otras veces bajan la resistencia final del concreto.

El agua usada para mezclar el concreto refractario debe ser potable. En climas fríos puede usarse agua caliente para aumentar la temperatura del agua a 10°C – 25°C. En climas calientes, el agua debe ser enfriada de modo que la temperatura no excede los 30°C en el mezclador.

Para comenzar a mezclar, vaciar la mitad a tres cuartos del total del agua requerida para una dosificación en el mezclador, con las paletas girando. A continuación vacíen el concreto seco por sacos completos. Ocasionalmente se produce segregación de los componentes del concreto durante el transporte. Si una parte del saco se desea usar, el contenido debiera ser cuidadosamente mezclado se pone de un color uniforme, agreguen el saldo del agua requerida para llevar el concreto a la consistencia de vaciado, por pequeñas cantidades. No usar más agua que la cantidad recomendada. Excesos de humedad redundan en una disminución de la resistencia del concreto.

El material debería permanecer en el mezclador sólo el tiempo suficiente para producir un mezclado uniforme. Un exceso de

mezclado generalmente genera calor, acelera el tiempo en endurecimiento, reduce la resistencia y caen los granos del agregado, especialmente en concretos livianos. Un mezclador de paletas eficiente debiera hacer el trabajo en 1 ½ a 2 ½ minutos. El tiempo de mezclado no debería nunca exceder en 5 minutos.

Todos los concretos refractarios tienden a espesarse algo al salir del mezclador, de modo que el juicio de si la mezcla ha alcanzado o no la consistencia necesaria debería hacerse en el punto de colocación.

Para instalar concretos, el ensayo de la Bola en la Mano, da una guía útil de consistencia adecuada. Una bola de concreto mezclado, disparada 6 a 12 pulgadas hacia arriba sobre la mano, debería al caer adaptarse a la mano; no debería escurrirse entre los dedos ni desintegrarse. Desintegración puede indicar insuficiencia de agua.

Los concretos deben vaciarse en moldes inmediatamente después que se han mezclado, particularmente cuando son instalados bajo

condiciones de alta temperatura o humedad. En ningún caso el tiempo entre el mezclado y viciado debiera exceder de 30 minutos. Los concretos conteniendo cementos de alta pureza de aluminados de calcio, debieran colocarse dentro de 15 minutos.

Tableros o moldes usados para vaciar el concretos refractarios, deben ser aceitados completamente, o cubiertos con una sustancia que evite una pérdida prematura de humedad de la mezcla. Una pérdida prematura de agua requerida para el endurecimiento, e hidratación de la mezcla, va a reducir la resistencia final del refractario.

El vaciado debiera efectuarse a un ritmo suficientemente rápido para asegurarse que la superficie expuesta del concreto no se seca.

Todos los concretos refractarios deberían vibrarse en el lugar, especialmente mezclas con agregados gruesos. Un vibrador de inmersión debiera moverse suavemente a través del concreto de modo que no queden agujeros o canales detrás de él. Una vibración excesiva va a segregar los componentes y debilitar el concreto, por lo

que debe evitarse demasiada vibración. Si empleando el vibrador despacio y al sacarlo de la mezcla quedan hoyos detrás, puede estar la mezcla demasiado espesa.

Las uniones de construcción deberían coincidir con juntas de expansión así como mostrar en los planos de instalación. Cuando sea posible, debiera emplearse un sistema de áreas alternadas de construcción. Esto permite dejar que se produzca el encogimiento inicial antes de la instalación de la sección adyacente, lo que reduce el encogimiento lineal total dentro del revestimiento.

Los concretos no deben colocarse cuando la temperatura de la carcaza o la atmósfera es baja 10°C. En climas fríos, la temperatura del concreto, agua y carcaza deben mantenerse sobre 10°C, y el refractario y la carcaza deben mantenerse sobre esa temperatura por 24 horas después que el concreto se ha vaciado.

Después que una sección ha sido vaciada, la superficie expuesta debiera ser rociada con un compuesto a base de resina, para curado , o cubierto con un film de plástico por aproximadamente 24 horas para evitar pérdidas de agua. El mismo efecto puede lograrse con una fina llovizna de agua, pero el rociado de agua no es práctico para instalaciones grandes.

Normalmente los tableros pueden retirarse 8 horas después del vaciado. La mayoría de los cementos contenidos en los concretos alcanzan casi toda su resistencia final en 24 horas, así que el curado es substancialmente completo en un día.

Debido a que cada instalación es única, no hay en particular un programa de secado que puede ser aconsejado para toda aplicación.

Los revestimientos de concretos requieren un programa de calentamiento controlado. Esto es especialmente válido para aquellos que contienen lingotes de alta pureza y alta resistencia.

El calor removerá el agua libre como vapor alrededor de 100°C, mientras que el agua de hidratación se eliminará entre 200°C – 800°C. Velocidades iniciales de calentamiento debieran aumentar la temperatura alrededor de 25°C por hora. Típicamente, períodos de sostenimiento debieran efectuarse a 200°C – 250°C , a 500°C- 600°C y a la máxima temperatura de precalentamiento . Sin embargo, si a cualquier punto el calentamiento se nota vapor, debe mantenerse la temperatura hasta que éste se elimine.

Debiera evitarse el impacto directo de la llama sobre el refractario.

8.3.1.3 Instalación Neumática. La aplicación de materiales granulados mediante pistola neumáticas diseñadas para este fin ha tenido un auge muy grande en los últimos años. Este método presenta interesantes ventajas.

El material refractario se lanza a presión por medio de una corriente de aire a través de una manguera, al final de la cual se tiene una boquilla con una mezclador de agua que humedece el granulado.

Cualquier material en polvo se puede lanzar por este medio sin necesidad de cimbra para instalarse, lo que puede reducir el tiempo de instalación y el costo. Esto es mas notable en los lugares de difícil acceso.

Se puedan instalar concretos refractarios o apisonables con granulometría controlada, comúnmente llamados “proyectables”.

Generalmente los proyectables es usan para reparar hornos en caliente sin dejar de operarlos. Con este fin, el proyectable tiene algunos aditivos que le permiten adherirse a una pared de refractario usado o a una coraza en caliente.

La cantidad de agua que se le adiciona en la boquilla se regula para que no haga mucho polvo, pero sin excesos para que el material llegue con fuerza a la pared donde se va a aplicar y que no rebote ni se escurra.

Los concretos pueden instalarse por este medio casi en cualquier parte.

Como el cemento es muy fino, con frecuencia el chorro de aire lo arrastra y lo separa de la grava y la arena. Por esta razón necesario pre- humedecerlo utilizando una mezcladora.

8.4 JUNTAS DE DILATACIÓN.

Para la durabilidad de los revestimientos refractarios tiene especial importancia la observancia de las juntas de dilatación indicadas en los planos.

Estas no deben en ningún caso quedar vacías, dado que los huecos se llenarían de polvo, impidiendo así la dilatación de la Mampostería.

Las juntas de dilatación deben llenarse con la esfera refractaria prevista en los planos. Deben seguirse al respecto las instrucciones especiales del supervisor.

8.5 ANCLAJE.

Debido a la dilatación térmica y a procesos de transformación química en la cara caliente del ladrillo, las paredes refractarias planas tienen tendencia a abovedarse

hacia el interior del horno. En consecuencia, las paredes planas han de anclarse siempre.

Para masas refractarias es asimismo válido el principio de anclar las partes más extensas. A este respecto se dan en los planos indicaciones detalladas. Es especialmente importante observar las separaciones entre los anclajes en caso de piezas colgantes. En este caso han de respetarse las indicaciones exactas de cada plano.

Las masas refractarias conviene que recubran con un espesor de cómo mínimo 20 a 50 mmm las puntas de los anclajes. Antes de aplicar el hormigón, todos los anclajes deben untarse con parafina, betún o una sustancia similar, a fin absorber la diferente dilatación del acero. Todos los anclajes han de soldarse siempre con los electrodos especiales previstos al efecto.

El supervisor no es responsable de la calidad de las soldaduras, pero forma parte de su cometido el controlar que se utilicen los soportes, herrajes y electrodos indicados en los planos.

En caso de que existieran dudas sobre la calidad del material de los elementos de anclaje, una prueba de esmerilado permite sacar conclusiones al respecto: los

anclajes de acero de construcción sueltan chispas claras, mientras que los de material refractario las sueltas de tonalidad oscura. Ver Fig 12. Anclajes

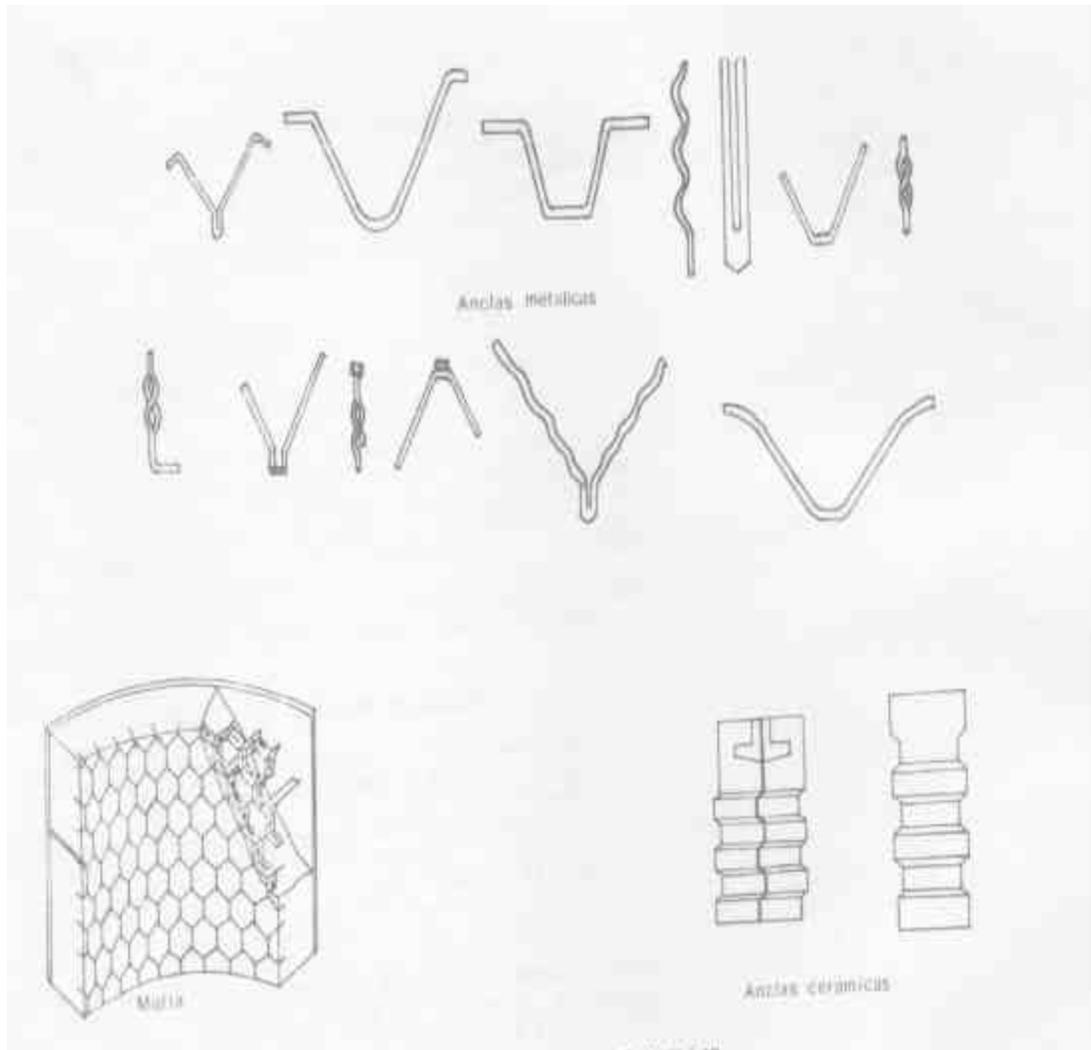


Fig. 12. Tipos de anclajes

8.6 SOPORTES Y VIGAS.

Para la estabilidad de la mampostería es imprescindible la incorporación de soportes vienen ya previstos en los planos de la estructura de acero.

8.7 MONTAJE DE LOS MATERIALES DE REVESTIMIENTOS.

En las zonas en las que las masas para apisonado entren en contacto con materiales de aislamiento, éstos han de pintarse o untarse con una capa protectora.

Los ciclones de las etapas I a V tienen suspendidos horizontales. El revestimiento de los mismos han de ejecutarse como techos combinados, utilizando ladrillos y masa refractaria. Los empalme con los tubos de inmersión y el aislamiento en la camisa o virola exterior se realizarán con masa para apisonado, teniendo en cuenta las juntas de dilatación y los campos de separación prescritas en los planos.

El techo del calcinador han de ejecutarse también como techo combinado, utilizando ladrillos y masa refractaria. Los detalles puede verse en el plano. Los techos del conducto de gas y los empalmes con los techos de los ciclones se revisten también, colocando una combinación de ladrillos y masa refractaria.

En las zonas en las que no sea posible utilizar los anclajes cerámicos, es necesario asegurar la masa para apisonado con anclajes metálicos. Es muy importante seguir las instrucciones del supervisor en este respecto.

Al montar el encofrado para las zonas a revestir con masas para apisonado debe presentarse atención a que los anclajes cerámicos del techo del enfriador no sena empujados hacia fuera del dispositivo fijador. Ver Fig.13

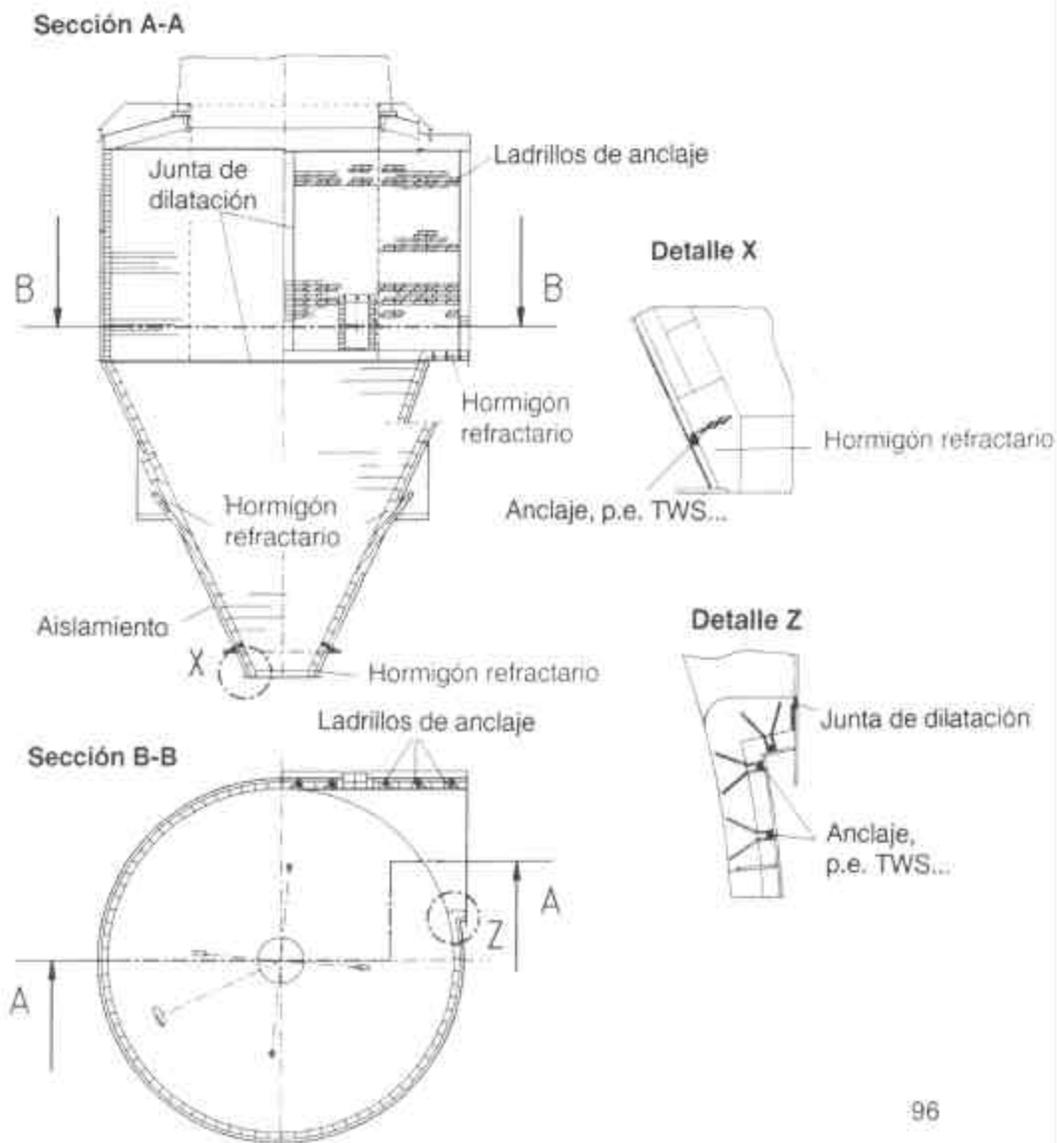


Fig. 13 Revestimiento Refractario de la Etapa del Ciclón de un Precaentador de Suspensión.

CONCLUSIONES.

Todas las empresas manejan una filosofía o cultura que se desarrolla a partir de los creadores de la misma y se propaga por todos los empleados dando justificación a cada una de sus acciones.

En REFRA THERMAL LTDA, como hemos mencionado, los procesos para el desarrollo de un proyecto usualmente se habían hecho de manera informal desde su creación, a excepción de los procesos de instalación que siguen una norma universal para estas aplicaciones.

El resultado de este trabajo, brinda a la empresa una herramienta estructurada que identifica claramente unos pasos coherentes que deben seguirse para el desarrollo de sus obras, pudiéndolo aplicar también a los trabajos de aislamiento térmico o cualquier otro trabajo que represente un proyecto, permitiendo a la empresa lograr una ventaja competitiva, concentrando sus energías en mantener un orden estricto según lo planeado, un seguimiento de la ejecución bajo las mas altas normas de calidad basado en el manual de instalación proporcionado y logrando finalmente que el trabajo se haga de manera

mas eficiente de acuerdo a los estándares, controlando a su vez los costos.

Utilizando la estructura planteada en nuestro trabajo, la empresa tendrá la capacidad de establecer sus metas y objetivos para cada proyecto de acuerdo a los resultados deseados, definiendo su presupuesto, los puntos de control, las actividades, las relaciones entre estas y los estimativos de tiempo (costo y otros recursos), elementos que definen el cuerpo de un proyecto.

La etapa de **planeación**, que es la que consideramos mas importante, establece las bases para el éxito de un proyecto, determinando:

1. Tareas a realizar y los recursos necesarios para la ejecución de estas.
2. Mediante el diagrama de flujo de Pert, se obtienen con precisión la secuencia de las actividades, estableciendo un orden de las tareas alternas y subsecuentes.

3. El cronograma de trabajo define los tiempos de ejecución de las actividades y el tiempo total del proyecto, permitiendo el seguimiento constante del avance del mismo.

La etapa de **ejecución** requiere del conocimiento adecuado de los objetivos establecidos en la etapa de planeación, los recursos presupuestados y las expectativas del cliente. La persona directamente responsable de esta etapa es el jefe de obra o gerente del proyecto, quien además del conocimiento requerido para la correcta ejecución del trabajo, debe ser una persona con la capacidad necesaria para ejercer autoridad pero quizás, la principal cualidad que esta persona debe tener es la capacidad de dirigir el grupo de trabajo, integrando, estimulando y procurando sacar el mejor provecho del recurso mas importante como es el recurso humano ya que finalmente el éxito de la obra depende directamente del personal que la ejecuta.

Para que la etapa de **control** cumpla su función de controlar todas las variables relacionadas con la ejecución de la obra, las metas y objetivos establecidos en la etapa de planeación deben estar correctamente establecidas y ser fácilmente mesurables para poder llevar a cabo el registro necesario que alimente el progreso en la ejecución.

Al igual que en la etapa anterior, las personas encargadas para ejercer el control deben tener una capacidad adicional de manejo de grupo que les permita exigir al personal de acuerdo a los rendimientos esperados pero al mismo tiempo, que puedan mantener una actitud respetuosa y considerada con la intensidad y exigencia del trabajo, recordando que las personas a su cargo son seres humanos y no maquinas.

La integración de estas tres etapas, sumadas a las etapas de inicio y finalización, constituyen las cinco fases principales para el correcto desarrollo de un proyecto y en este trabajo, hemos adaptado estas fases al montaje de refractarios en una torre de precalcinación de clinker, estableciendo unos parámetros y estándares reales para la ejecución de las actividades, elaborando formatos prácticos, concretos, con una información confiable, clara y necesaria para el seguimiento y buen desarrollo de este tipo de proyectos.

En la actualidad, la empresa ha venido adaptando a sus funciones los resultados y pasos desarrollados en este proyecto logrando entre otras:

- Confianza en la estimación de presupuestos de obra, gracias a los estándares de tiempo de ejecución estimados en el estudio, que permiten a la empresa disminuir el tiempo de estimación de costos y el desarrollo en general de las ofertas.

- Objetividad en la planeación de las actividades de acuerdo a su capacidad económica y sus recursos. Como lo hemos venido mencionando, la planeación era estimada solo en base a la experiencia del gerente. Los tiempos estimados en este estudio han permitido a la empresa trabajar con metas diarias de rendimiento para cada actividad, evaluando así la eficiencia de los operarios, el progreso de la obra y finalmente la estableciendo fechas de culminación de esta.
- Mejor distribución de los recursos, realizando los análisis de horas hombre requeridas para la ejecución de las tareas, siendo aplicado además a las actividades de aislamiento térmico, el otro campo de acción de la compañía.
- Optimización de los sistemas de información internos, que permiten al gerente una evaluación acertada, confiable y a tiempo del desarrollo del proyecto.
- Capacitación continua del personal. El personal antiguo que conforman el staff de los refractaristas, redundan en una edad promedio de 45 años, gracias al manual de instalación, se han venido capacitando jóvenes que puedan ejecutar el oficio en un futuro próximo y al mismo tiempo para apoyar en caso de una contingencia.

- Evaluar las diferentes opciones que puedan utilizarse para la presentación de una oferta. El año anterior, evaluando los costos inherentes a la ejecución de un montaje en el exterior como transporte de personal y maquinaria, gastos de alojamiento, etc y con la experiencia adquirida en los trabajos anteriores, se estableció una modalidad de oferta que consiste en el suministro del personal especializado y las herramientas menores para la ejecución, trasladando al cliente los costos que por maquinaria se incurran para reparaciones de paradas de planta. Debemos aclarar que esta modalidad ha podido utilizarse en Centroamérica debido a la auto capacidad de las plantas que usualmente realizaban estos trabajos con recursos propios.

En el aspecto tecnológico, la empresa constantemente actualiza sus conocimientos a través de seminarios, capacitaciones y medios informativos como el Internet y magazines internacionales asociados al tema, convirtiéndose este aspecto en una fortaleza adicional y una ventaja respecto a la competencia, sin embargo, gracias a experiencias adquiridas en el exterior y a la profunda investigación que realizamos sobre métodos y herramientas de instalación utilizados en otros países mas tecnificados y desarrollados en las áreas relacionadas con nuestro estudio, pudimos establecer algunos

sistemas de transporte de materiales e instalación de ladrillos y concretos que podrían ser aplicados por REFRATHERMAL LTDA para optimizar los rendimientos de instalación:

Transporte de materiales. La gran cantidad de ayudantes que se requieren para el transporte de materiales incide de manera importante en el costo de producción de la empresa y al mismo tiempo representa un riesgo ergonómico para el personal involucrado debido al desgaste físico al que está sometido y las posiciones que tienen que asumir para transportar ladrillos con un promedio de 8 Kilogramos cada uno, llegando a transportar hasta 6 toneladas en un solo día. Las bandas de rodillos se convierten en una herramienta altamente funcional, reduciendo el tiempo de transporte de ladrillos y los otros aspectos mencionados.

Estas bandas son colocadas en las puertas de inspección de los equipos, por donde son alimentados, con una inclinación determinada para que el ladrillo pueda “resbalar” por estas hasta las manos del ayudante en el otro extremo, de esta forma se reduce la cadena humana que actualmente se utiliza, disminuyendo los costos de mano de obra y como habíamos mencionado, el tiempo. Según nuestras investigaciones, este sistema podría ahorrar hasta en un 30% los costos por mano de obra directa en esta etapa y hasta en un 50% el tiempo de transporte, y pueden fabricarse localmente ya que es una

herramienta simple. Para la implementación futura de esta banda, recomendamos a la empresa realizar un estudio real de los ahorros en tiempo y dinero que esto podría generar y re-estandarizar los tiempos de instalación establecidos en este estudio ,en base a este sistema de transporte.

En cuanto al transporte de concreto mezclado, existen factores además del peso, tiempo y desgaste físico, que pueden afectar la operación de vaciado como lo es la temperatura ambiente de la zona. En clima caliente, el concreto tiende a endurecerse mas rápidamente por lo que el personal encargado de su transporte debe estar activo el 100% entregando la mezcla en las condiciones óptimas requeridas para su vibrado. Existen bombas “pumps”, que pueden utilizarse como complemento de las maquinas mezcladoras, que permiten transportar el material que sale directamente de ellas al nivel donde se esté aplicando el concreto. Estas bombas consisten en una tolva de alimentación, con un compresor de aire y mangueras de interconexión para el transporte del material. La mezcla retirada de la mezcladora es vaciada por los ayudantes en la tolva de la bomba y luego impulsada de forma neumática a través de la manguera hasta el sitio deseado. Además del tiempo ahorrado por este sistema y la clara disminución del costo por mano de obra del personal para el transporte, el sistema permite a la empresa reducir el número de maquinas mezcladoras utilizadas en un proyecto, evitando tener una en cada nivel de

aplicación, ubicando los equipos en un solo nivel. Esto disminuiría a su vez, el costo que por transporte de maquinarias debe incurrir la empresa.

Una recomendación adicional, sería la de adquirir 2 mezcladoras con mayor capacidad de mezclado para reducir también la frecuencia en esta operación, la productividad en la operación de vaciado y a su vez, el desgaste excesivo de las maquinas.

2. Método de aplicación de concreto. En la actualidad se utilizan básicamente tres métodos para la aplicación de concreto refractario: vaciado manual, wet gunning (lanzado húmedo) y dry gunning o shotcrete.

REFRATHERMAL LTDA cuenta con la capacidad tecnológica para realizar las dos primeras técnicas y de acuerdo a la aplicación, se utiliza una u otra. Recordemos que para el caso de nuestro estudio, evaluamos la técnica manual debido a que es la que representa un costo mas elevado dentro de las operaciones de la empresa y comercialmente todavía es el método mas utilizado para la aplicación de concreto en esta industria, aunque el wet gunning ha ido posicionándose en los últimos tiempos en esta área geográfica. El tercer método de aplicación mencionado, es una tecnología de

vanguardia diseñada por una empresa fabricante de refractarios, que permite la aplicación de concreto en un promedio de hasta 50 toneladas día. Actualmente esta tecnología es suministrada directamente por los fabricantes de refractarios y por empresas especializadas debido a su alto costo, además de la marcada resistencia al cambio por ser una tecnología muy nueva, de los industriales del cemento pero su comercialización se ha venido incrementando en los Estados Unidos, algunos países de Europa y el Área del Caribe y en un futuro cercano podría convertirse en una herramienta productiva para REFRATHERMAL LTDA.

Finalmente, de acuerdo a las exigencias propias del mercado actual, la globalización de la industria y la misma necesidad de la empresa de mantener su Goodwill y posicionamiento en la industria, consideramos que REFRATHERMAL LTDA debe proponerse como objetivo a corto plazo, la implementación de un programa de calidad tanto en las áreas de refractario como de aislamientos térmicos y su parte administrativa, tendiente a lograr en el mediano plazo la certificación de la norma ISO 9000, con el fin de potencializar su capacidad fortaleciendo sus debilidades y maximizando sus fortalezas, funcionando bajo los mas estrictos índices de calidad que el mercado interno y externo exige, asegurando a su vez un futuro promisorio y lleno de éxitos.

GLOSARIO

ACTUACIÓN NORMAL. Actuación esperada de un operario con adiestramiento medio cuando sigue el método prescrito y trabaja a un ritmo normal o medio.

ACTUACIÓN PRODUCTIVA. Relación de la producción real de un operario a la producción estándar.

ANÁLISIS DE OPERACIONES. Proceso de investigación relativo a las operaciones en el trabajo industrial o de oficina. Generalmente el proceso que lleva a la estandarización de las operaciones, incluyendo el estudio de tiempos.

DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO. Representación gráfica que ayuda a visualizar de manera clara la totalidad de las causas y los factores

que influyen en un efecto determinado. Las causas están clasificadas por series y subseries con el propósito de no olvidar ninguna.

DIAGRAMA DE CURSO DE PROCESO. Representación gráfica de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que ocurren durante un proceso o método. El diagrama incluye la información considerada deseable para el análisis, así como el tiempo requerido y la distancia a recorrer.

DIAGRAMA DE FLUJO. Representación gráfica que indica cómo “fluye” o circula un producto, o se desarrolla un fenómeno, a través de un sistema o una serie de sistemas operativos. Se llama también “flujograma o reograma” por analogía con la hidráulica.

DIAGRAMA DE GANTT. Serie de gráficas que consisten en barras o líneas horizontales en posiciones y longitudes que muestran la magnitud de programas o cuotas, y el avance

DIAGRAMA DE PROCESO. Representación gráfica de la sucesión de fases o hechos que se presentan al aplicar el método o procedimiento de trabajo, clasificándolos mediante símbolos según la naturaleza de cada cual.

DIAGRAMA DE RECORRIDO DE ACTIVIDADES. Representación pictográfica de la distribución de un proceso, que muestra la localización de todas las actividades que aparecen en el diagrama de curso de proceso y las trayectorias o camino que sigue el trabajo o pieza trabajada.

DISTRIBUCIÓN DE PARETO. Distribución que refleja el hecho de que la parte principal de una actividad (Generalmente el 80-85%) es realizada por una minoría.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. Metodología empleada para organizar de manera eficiente los espacios, disposición de maquinaria y equipos, la materia prima, flujo de esta y el espacio necesario para el normal desenvolvimiento de los trabajadores dentro del área de trabajo, con el objetivo de aumentar la productividad

ESTANDANDARIZACIÓN. Conjunto de reglas o métodos que establecen el como y la secuencia en las actividades, para que estas se lleven a cabo de manera eficiente.

ESTUDIO DE MÉTODOS. Análisis de una operación para aumentar la producción por unidad por unidad de tiempo y en consecuencia reducir el costo unitario.

MÉTODO. Termino utilizado para designar la técnica empleada para realizar una operación.

OPTIMIZACIÓN. Búsqueda de la mejor forma de realizar una actividad, lográndose el máximo rendimiento de un proceso o un sistema.

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se utiliza el método de análisis y solución de problemas (Q.C STORY) con el fin de encontrar las causas vitales que traen como consecuencia un problema, para buscar mecanismo de solución efectivas.

En REFRA THERMAL LTDA realizamos un análisis del proceso productivo de la empresa con el fin de proponer una metodología para su OPTIMIZACIÓN.

Para el estudio seleccionamos los equipos mas representativas de un montaje de revestimiento refractarios como son los ciclones, ducto terciario, enfriador, horno rotatorio, calcinador y riser, con el fin de cubrir en lo posible el proceso de elaboración de los diferentes proyectos.

De la información recopilada en el análisis se concluyó que el gran problema por el que atraviesa la empresa es necesidad de una mayor exactitud en la etapa de licitación en los aspectos como: Tiempos de entrega, programación de actividades, selección del personal, maximizar sus ganancias, cantidad de maquinas y herramientas, imprecisión de funciones y responsabilidades e inexistencia de métodos de trabajo.

Para optimizar el proceso productivo de la empresa REFRA TERMAL LTDA se hizo necesario plantear mejoras en los métodos de trabajo, basados en el estudio de la forma como se llevan a cabo las actividades. Este estudio permitió crear la estructuras del nuevo método de trabajo, el cual fue orientado a una disminución de los tiempos de trabajo para reducir costos de producción tiempos de entrega y aumentar calidad del trabajo y hacer más segura la labor en los puestos de trabajo, todo esto genera ganancia de tiempo y aumento de la productividad pudiendo satisfacer la demanda de los clientes.

El recursos fundamental de toda empresa es el factor humano, conscientes de esto los realizadores del proyecto

elaboramos un manual de funciones y de procedimientos para establecer de manera clara y concisa el quien y el como se deben realizar las actividades en los diferentes trabajos, contribuyendo a un mayor rendimiento y capacidad de este recurso.

Para optimizar el cumplimiento en cantidades y plazos de entrega de productos a los clientes se plantearon las herramientas requeridas para que la dirección programe y controle los recursos disponibles y necesarios.

Para finalizar el proyecto se plantearon una serie de recomendaciones que deben ser consideradas por la dirección.

