

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“MODELO PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE PRECIOS  
UNITARIOS DE LAS ACTIVIDADES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA  
COMO MARCO REFERENCIAL EN LA CONTRATACIÓN DE SERVICIOS  
PRESTADOS A TERNIUM SIDOR.”

Realizado por:  
Norki Josefina, España Bellorín

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como  
Requisito Parcial para optar al Título de Ingeniero Civil

Barcelona Marzo de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“MODELO PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE PRECIOS  
UNITARIOS DE LAS ACTIVIDADES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA  
COMO MARCO REFERENCIAL EN LA CONTRATACIÓN DE SERVICIOS  
PRESTADOS A TERNIUM SIDOR.”

---

Realizado por:

Norki Josefina, España Bellorín

---

ING. ANTONIO LÓPEZ

Asesor industrial

---

PROF. JOSÉSOSA

Asesor Académico

Barcelona Marzo de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“MODELO PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE PRECIOS  
UNITARIOS DE LAS ACTIVIDADES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA  
COMO MARCO REFERENCIAL EN LA CONTRATACIÓN DE SERVICIOS  
PRESTADOS A TERNIUM SIDOR.”

El jurado hace constar que asigno a esta tesis la calificación de:

---

PROF. JOSÉ SOSA  
**Asesor Académico**

---

PROF. LUISA TORRES  
Jurado Principal

---

PROF. LUIGI COTELESSA  
Jurado Principal

Barcelona Marzo de 2009



---

## RESOLUCIÓN

---

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 44 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO: “LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”.

## DEDICATORIAS

---

A mis padres *Mónica* y *Vidal* por todo su amor y comprensión aún en los momentos más difíciles, este logro más que mío es de ustedes sin su apoyo no lo hubiese logrado.

A mi hijo *Gabriel* por llegar a mi vida como un rayo de luz para iluminar mis pasos y poder seguir adelante, eres lo más hermoso que me ha podido suceder, ¡Te amo!

A mis sobrinitos Armando Jesús, Jesús Gabriel y las princesitas Camila y Valeria.

A mis hermanos *Armando* y *Trinidad* por su cariño, comprensión, ser asesores de vida y por la unión que siempre hemos tenido.

En memoria de mi abuelita *Leonor* y mi hermano *Luís*, se que desde donde estén deben sentirse felices porque pude lograr unas de mis metas. A mis amigos *Franklin*, *Sayget* y *Carmelis* que se fueron sin decirme adiós y sin poder cumplir sus metas profesionales, los quiero mucho y sus recuerdos siempre estarán en mí.

*Norki España*

## AGRADECIMIENTOS

---

A mis padres por cuidar de *Gabriel* para que yo pudiera asistir a clases y culminar la carrera, y sobre todo durante mi permanencia en puerto Ordaz. A ustedes les debo todo lo que soy, no me alcanzara la vida para retribuirle todo lo que han hecho por mí. ¡Mil gracias!

A mi tíos *Humberto* y *Zoraida* por su cariño y recibirme en su hogar, haciéndome sentir como en casa, en especial a mi tío porque sin su ayuda no hubiese podido ingresar a la empresa a realizar la pasantía. ¡Los quiero mucho!

A los ingenieros *Yvan Girón* y *Jhonny Rivero* por hacer posible desarrollar mi trabajo de grado en el sector refractario de planta y al Ing. *Jorge Rivero* por su apoyo y colaboración.

Al Ing. *Antonio López* por haber tenido la difícil tarea de asesorarme en el área industrial, apoyarme en el desarrollo del proyecto y facilitarme toda la información que le fue posible, por sus valiosos consejos que me servirán para toda la vida y sobre todo por tenerme paciencia. ¡Mil gracias!

A *Emelindo Núñez* por guiarme en las diferentes plantas y explicarme los procesos y sobre todo por brindarme su apoyo, cariño y amistad. ¡Gracias viejito!

A *Juan Carlos Palacios* por toda su cooperación, por sus consejos y en especial por el compañerismo que logramos tener en tan poco tiempo.



A los ingenieros supervisores de STR Horizontes *Franklin Salazar, Atilio Nery* y en especial a *Erick Estrada* por responder a todas mis preguntas, su disposición de facilitarme información y explicarme el desarrollo de las actividades refractarias, por todo tu aporte en este proyecto y el compañerismo que logramos. ¡Muchas Gracias!

A todo el personal de las contratistas por su colaboración en el desarrollo del proyecto, en especial a *Juan Carlos Villanueva, Annalieses Pulido, Ronald Rodríguez*.

A mis compañeras de pasantía *Gleisis y Mailing* con las que compartí momentos de tensión, angustia, y alegría. A *Erika Rodríguez* por haberme brindado su amistad y cariño desde el momento que llegue a la empresa.

A mi asesor académico profesor *José Sosa* por haber mostrado su gran disposición de ayudarme a desarrollar este proyecto y sobre todo por sus consejos que me serán de mucha utilidad a nivel profesional y personal. ¡Mil Gracias!

A mis amigos y compañeros de la universidad *Rosmaida, Cosme, Karen, Oscar y Jessica*, por estar siempre allí para brindarme su apoyo y cariño. A mis primos *Xavier, Humberto, Raúl, Daniel, Yvan y Stefany*.

*¡A todos muchas gracias!*

## RESUMEN

---

El costo es un factor determinante en el otorgamiento de contratos a empresas especializadas en prestar un servicio, sumado a ello también debe asegurarse que esté represente la calidad y la eficiencia requeridas por el ente contratante. El propósito de este estudio fue realizar estimaciones de precios unitarios de las actividades que representan mayor incidencia en el contrato de fumistería refractaria del sector de refractario de planta, perteneciente al departamento de mantenimiento de Ternium Sidor, para facilitar la comparación de los precios presentados por las contratistas, en procura de conocer precios referenciales que le permita al sector de refractario de planta junto con el departamento de abastecimiento, adjudicar el contrato a la que presente mejor cotización así como la que disponga los mejores recursos disponibles de maquinarias y mano de obra necesarias en las labores fumistería. El estudio partió de la selección de las actividades que ejercen mayor gasto anual del monto global del contrato a través del diagrama de Pareto, tomando sus rendimientos durante las labores de mantenimiento programadas e imprevistas, de las diferentes plantas que administra el sector, al mismo tiempo se realizó el cálculo del factor de costo al salario así como sus implicaciones en la duración de los turnos de trabajo. Finalizando con la obtención de precios unitarios verificados en obra, así como por recomendaciones de expertos en el área.



## ÍNDICE

---

<b>RESOLUCIÓN</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIAS</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>CAPÍTULO I-INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
1.1. ASPECTOS GENERALES DE TERNIUM SIDOR	15
1.1.1. Descripción de la empresa	15
1.1.2. Ubicación Geográfica	15
1.1.3. Proceso productivo	16
1.1.3.1. Sistema de reducción	18
1.1.3.2. Sistema de productos planos	19
1.1.3.3. Sistema de productos largos	21
1.1.4. Estructura organizativa	22
1.1.5. Sector refractario de planta	22
1.1.5.1. Funciones	22
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	26
1.3.1. Objetivo General	26
1.3.2. Objetivos Específicos	26



<b>CAPÍTULO II-FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>27</b>
2.1. MATERIALES REFRACTARIOS	27
2.1.1. Clasificación de los materiales refractarios	27
2.1.1.1. Clasificación físico-química	28
2.1.1.2. Clasificación según su presentación	30
2.1.1.4. Clasificación según su finalidad	33
2.1.1.3. Clasificación según su técnica de instalación	34
2.1.2. Otro tipo de materiales refractarios (Anclajes)	36
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CONCRETOS REFRACTARIOS	38
2.2.1. Concretos Convencionales	38
2.2.2. Concretos Refractarios de Bajo Cemento	39
2.2.3. Concretos Refractarios de Ultra-Bajo Cemento	39
2.2.4. Concretos Refractarios de Cero Cemento	39
2.2.5. Concretos Refractarios Aislantes	39
2.4. ACTIVIDADES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA	40
2.4.1. Actividades preliminares y de limpieza	40
2.4.2. Actividades de Construcción	41
2.4.3. Actividades de Reconstrucción	41
2.4.4. Actividades de Revestimiento refractario	42
2.4.5. Actividades de Mampostería refractaria	43
2.5. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA	44
2.5.1. Planificación de las actividades de mantenimiento basadas en el tiempo.	44
2.5.2. Planificación de las actividades de mantenimiento basadas en condición.	47



2.6. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	47
2.6.1 Costos Directos	48
2.6.1.1. Costos de materiales	48
2.6.1.2. Costo de Equipos	50
2.6.1.3. Costos de Mano de Obra y Rendimiento	51
2.6.2. Costos Indirectos	53
2.6.3. Utilidad e Imprevistos	53
2.6.4. Financiamiento	53
2.7. DIAGRAMA DE PARETO	54
2.8. CIRCULO DE DEMING	55
2.8.1. Planear	55
2.8.2. Hacer	55
2.8.3. Verificar	56
2.8.4. Actuar	56
<b>CAPÍTULO III-DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>57</b>
3.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS	59
3.1.1. Tipo de investigación	59
3.1.2. Población o universo	59
3.1.3. Muestra	60
3.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
3.1.4.1. Observación directa	60
3.1.4.2. Observación indirecta	61
3.1.4.3 Entrevistas no estructuradas	66
3.2. PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE CÁLCULO	66



3.2.1. Determinación de las partidas de mayor influencia en el contrato de fumistería refractaria usando el diagrama de Pareto.	67
3.2.1.1. Descripción de las partidas de proyección de materiales densos y livianos.	71
3.2.1.2. Descripción de las partidas de vaciado de materiales densos y livianos.	74
3.2.1.3. Descripción de las partidas de demolición de materiales refractarios	81
3.2.1.4. Descripción de la partida Extracción de escama de laminación y escoria del piso del interior del horno y ductos en frío.	82
3.2.1.5. Descripción de las partidas de Revestimiento instalado por colocación de materiales de fibras	82
3.2.1.6. Descripción de las partidas de reconstrucción con ladrillos.	84
3.2.1.7. Descripción de la partida de armado de andamio	85
3.2.1.8. Descripción de la partida de Construcción de cámaras de combustión de pellas con piezas premoldeadas.	85
3.2.2. Determinación de rendimientos reales en las labores de fumistería refractaria de mayor incidencia en el contrato.	88
3.2.2.1. Mediciones de rendimientos para partidas de proyección y vaciado.	88
3.2.2.2. Mediciones de rendimientos para partidas de demolición	102
3.2.2.3. Mediciones de rendimientos para las partidas de extracción de escorias y escamas en frío.	106
3.2.2.4. Medición de rendimientos para las partidas de colocación de mantas y placas aislantes.	108
3.2.2.5. Medición de rendimientos para las partidas de reconstrucción con ladrillos.	112



3.2.2.6. Análisis estadístico de rendimientos a través del software Crystal Ball.	116
3.2.3. Determinación del factor de costo asociado al salario de acuerdo a lo establecido a la contratación colectiva de la industria de la construcción (CCIC)	124
3.2.3.1. Estimación de la cuadrilla típica y salario promedio ponderado	124
3.2.3.2. Estimación de los días efectivamente trabajados	125
3.2.3.3. Estimación de los días pagados	127
3.2.4. Análisis de las implicaciones de la duración de los turnos de trabajos en el factor de costos asociados al salario (FCAS).	131
3.2.5. Verificación a través del círculo de calidad de Deming las cantidades requeridas de materiales, equipos y mano de obra para cada actividad.	132
3.2.5.1. Planear	132
3.2.5.2. Hacer	132
3.2.5.3. Verificar	133
3.2.5.3. Actuar	133

**CAPITULO IV- ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** **153**

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS PARTIDAS QUE REPRESENTAN MAYOR INFLUENCIA EN EL CONTRATO DE FUMISTERÍA REFRACTARIA.	153
4.2. DETERMINACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS REALES EN LAS LABORES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA DE MAYOR INFLUENCIA EN EL CONTRATO.	154
4.3. FACTOR DE COSTO ASOCIADOS A LOS SALARIOS CON BASE A LO ESTABLECIDO EN LA CONVENCION COLECTIVA DE TRABAJO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION (CCIC).	158



4.4. ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES DE LA DURACIÓN DE LOS  
TURNOS DE TRABAJOS EN EL FACTOR DE COSTOS ASOCIADOS AL  
SALARIO. 158

4.5. VERIFICACIÓN A TRAVÉS DEL CÍRCULO DE CALIDAD DE DEMING  
LAS CANTIDADES REQUERIDAS DE MATERIALES, EQUIPOS Y MANO  
DE OBRA PARA CADA ACTIVIDAD. 160

4.6. CONCLUSIONES 162

4.7. RECOMENDACIONES 164

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **REFERENCIAS ADICIONALES CONSULTADAS**

## **ANEXOS**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

---

### 1.1. ASPECTOS GENERALES DE TERNIUM SIDOR

#### 1.1.1. Descripción de la empresa

Sidor forma parte del grupo Ternium que integra las siderúrgicas Hylsa de México y Siderar de Argentina, privatizada en 1997. Es el complejo siderúrgico integrado de Venezuela, principal productor de acero del país y de la comunidad andina de naciones, y uno de complejos más grandes de este tipo en el mundo. Sus actividades abarcan desde la fabricación de acero hasta la producción y comercialización de sus productos semielaborados (planchones, lingotes y palanquillas), planos (laminados en caliente, frío, hojalata y hoja cromada) y largos (barras y alambón); usando tecnologías de reducción directa (HYL y Midrex) y hornos de arco eléctrico. <sup>[1]</sup>

#### 1.1.2. Ubicación Geográfica

La planta industrial de Ternium Sidor se encuentra ubicada en la zona industrial Matanzas, ciudad Guayana, estado Bolívar sobre la margen derecha del río Orinoco a 282 km de su desembocadura en el océano Atlántico y a 17 kilómetros de la confluencia con el río Caroní. Esta conectada con el resto del país por vía terrestre, y por vía fluvial- marítima con el resto del mundo, a través de los ríos Orinoco y Caroní (ver figura 1.1).<sup>[1]</sup>



Figura1.1. Ubicación Geográfica de Ternium

Fuente: Presentación Institucional

### 1.1.3. Proceso productivo

Sidor produce acero a partir de un mineral de alto contenido de hierro, utilizando la vía de reducción directa, hornos eléctricos de arco y colada continua. Habitualmente la carga en sus hornos eléctricos es de 80% mínimo de hierro de reducción directa (HRD), y 20% máximo de chatarra, lo que contribuye a la elaboración de un acero de bajo contenido de impureza.<sup>[2]</sup> Para ello desarrolla dos grandes procesos; los primarios (tienen como finalidad darle al mineral características físico – químicas específicas, que luego lo convertirán en acero con estándares de calidad) y los procesos de fabricación (su objetivo es darle al acero las dimensiones y formas físicas requeridas). Estos a su vez se subdividen en sistemas, los primarios en sistemas de reducción y los de fabricación en sistemas de productos planos y largos. En la figura 1.2 se muestra el flujograma general de proceso.



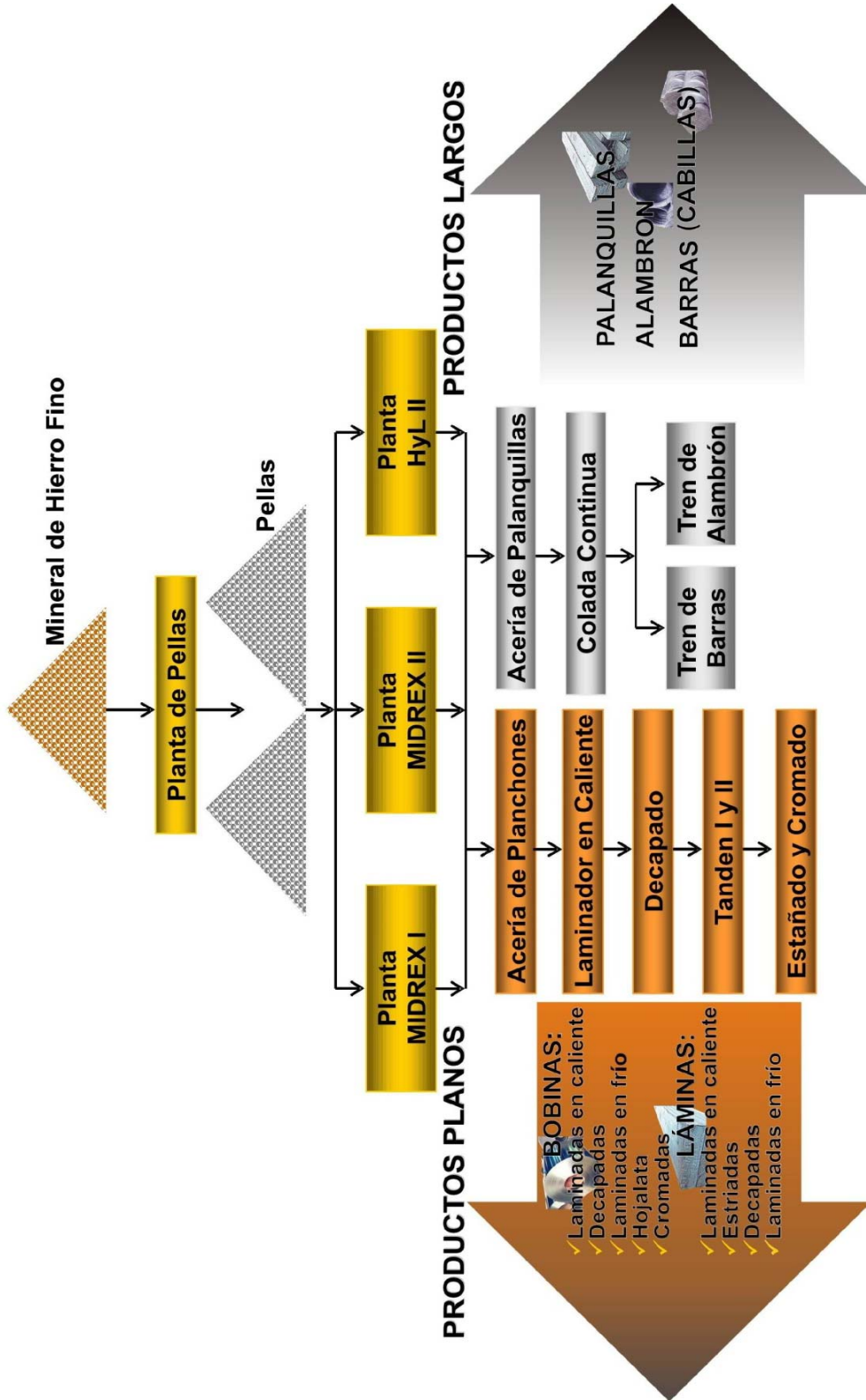


Figura 1.2.: Proceso general de producción de Ternium Sidor  
Fuente: Monografías Sidor, modificación realizada por la autora



### 1.1.3.1. Sistema de reducción

El sistema de reducción está constituido por la planta de pellas (peletizadora) y las plantas de reducción directa Midrex I, Midrex y HyL II. Su objetivo fundamental es producir unidades de hierro metálico necesarios para la producción de acero de Ternium Sidor.

El proceso productivo del sistema de reducción (ver figura 1.3), se inicia en la peletizadora donde se recibe la materia prima (mineral de hierro), proveniente de CVG Ferrominera del Orinoco a través de vía férrea, aquí es seleccionada y mezclada con aditivos (dolomita, bentonita, coque y cal), y materiales reciclados pasando por diferentes etapas (molienda, peletización, cribado, y quemado), hasta obtener aglomerados de mineral en forma esférica llamadas pellas, estas son distribuidas por cintas transportadoras a las plantas de reducción directa donde se le es extraído o eliminado el oxígeno con la adición de gas natural, produciendo hierro de reducción directa (HRD) en los hornos reductores o reactores.

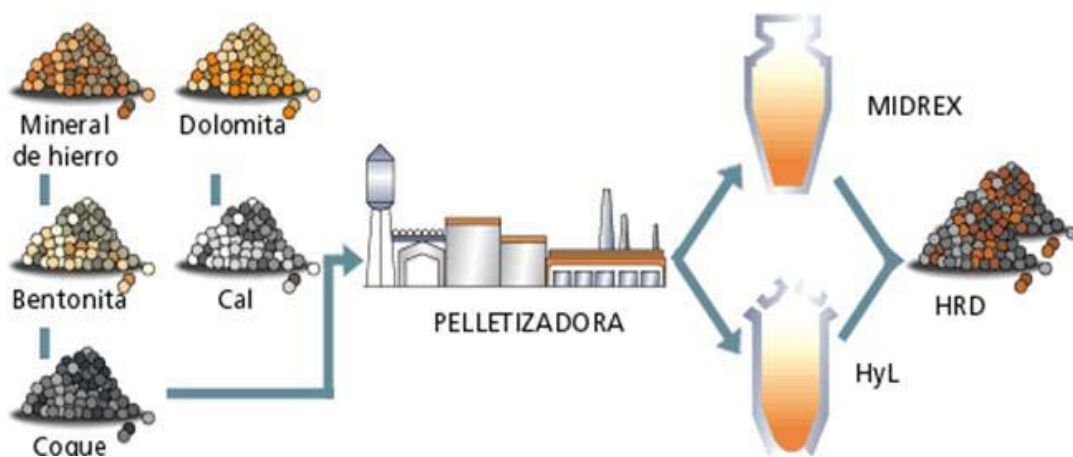


Figura 1.3. Sistema de reducción

Fuente: Referencia 2



### 1.1.3.2. Sistema de productos planos

El sistema de productos planos está constituido por una Acería de Planchones, un Proceso de Laminación en Caliente y un Proceso de Laminación en Frío. En la figura 1.4 se muestra el diagrama de proceso.

El proceso de producción del sistema de productos planos se inicia en la acería de planchones, donde el HRD obtenido en las plantas de Midrex y HyL, se carga a los hornos eléctricos de arco para obtener acero líquido. El acero líquido resultante, con alta calidad y bajos contenidos de impurezas y residuales, tiene una mayor participación de HRD y una menor proporción de chatarra (20% máximo). Su refinación se realiza en las estaciones de metalurgia secundaria (hornos de cuchara), donde se le incorporan las ferroaleaciones. Posteriormente, pasa a las máquinas de colada continua para su solidificación, obteniéndose acero semielaborado en forma de planchones, que se destinan a los sistemas de fabricación de productos planos.<sup>[2]</sup>

Los planchones son cargados en hornos de recalentamiento y llevados a temperaturas de laminación. Este tratamiento permite, por medio de la oxidación que se genera, remover pequeños defectos superficiales y ablandar el acero para ser transformado mecánicamente en el tren de Laminación en Caliente, en bandas, con ancho y espesor definidos. Las bandas pueden ser suministradas como tales o como bobinas o láminas, sin decapar o decapadas, en función de los requerimientos del cliente en el uso y forma. Las bandas también pueden ser sometidas a deformación a temperatura ambiente (Laminación en Frío) para reducir el espesor y obtener bobinas laminadas en frío (LAF). Estas últimas pueden ser entregadas al mercado como crudas "Full Hard", o continuar su procesamiento en los



hornos de recocido y en los trenes de Laminación de Temple, con el objetivo de modificar sus características metalúrgicas, mecánicas y, muy ligeramente, las geométricas. De esta manera, se obtienen bobinas recocidas y/o procesadas en el laminador de temple, que podrán ser proporcionadas en bobinas, cortadas a longitudes específicas (láminas), o continuar procesos posteriores con recubrimiento electroquímico de cromo o estaño.<sup>[2]</sup>

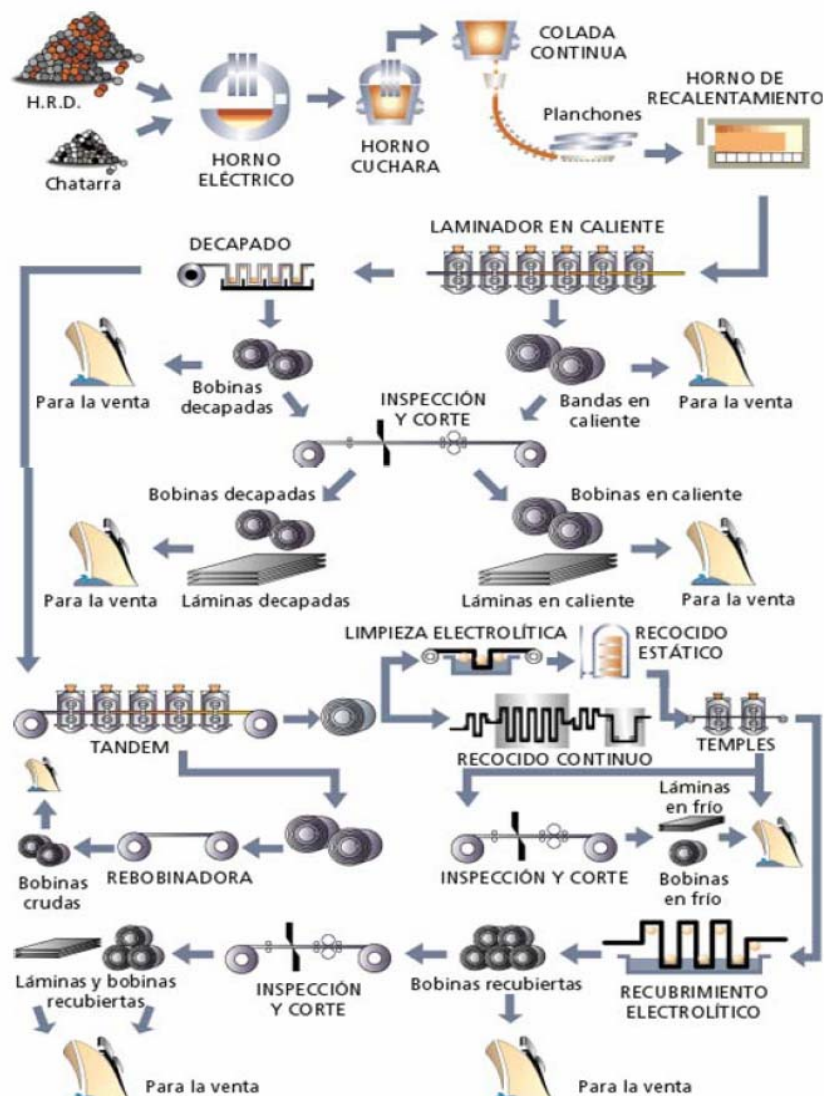


Figura1.4. Sistema de Productos Planos

Fuente: Referencia 2



### 1.1.3.3. Sistema de productos largos

El complejo de Productos Largos de Sidor busca producir y abastecer de manera eficiente, competitiva y rentable los mercados de alambρόn y barras para la construcción. Esta integrado por las plantas de Palanquillas, Barras y Alambρόn. En la figura 1.5 se muestra el diagrama de proceso.

El proceso del sistema de productos largos se inicia en la acería de palanquillas, donde el proceso de elaboración del acero se desarrolla de forma similar al ejecutado por la acería de planchones obteniendo en este caso palanquillas. Las palanquillas son cargadas en Hornos de Recalentamiento y llevadas a temperatura de laminación. Este tratamiento permite, por medio de la oxidación generada, remover pequeños defectos superficiales y ablandar el acero para ser transformado mecánicamente en los Laminadores de Alambρόn y de Barras, para obtener el alambρόn y las barras con resaltes (cabillas), respectivamente.

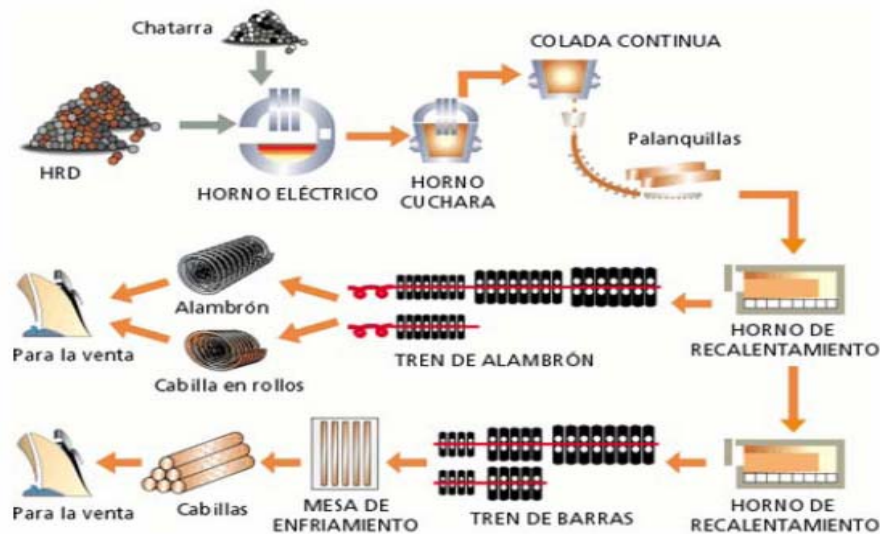


Figura 1.5. Sistema de Productos largos

Fuente: Referencia 2



#### **1.1.4. Estructura organizativa**

Esta compuesta por un presidente ejecutivo quien es asistido por un coordinador, y diferentes direcciones por área que permiten establecer las gestiones por sectores de producción y servicios de Sidor (ver figura 1.6). De la dirección industrial se desprende varios departamentos por áreas de servicios a cubrir hasta llegar al sector de refractario de planta, lugar de desarrollo de esta investigación.

#### **1.1.5. Sector refractario de planta**

El sector refractario de planta es el responsable de todas las tareas de instalación y mantenimiento de los revestimientos refractarios de la planta de Sidor (con la excepción de las acerías), TAVSA y MATESE. Es una dependencia del departamento de mantenimiento de dirección industrial y está compuesto por personal propio de Sidor y personal contratado que en conjunto, supervisan y coordinan las labores de mantenimiento ejecutadas por empresas especializadas.

##### **1.1.5.1. Funciones**

- ✓ Dirección y coordinación de las actividades de mantenimiento.
- ✓ Reparación y montaje de revestimiento refractario.
- ✓ Elaboración diseños e ingeniería de detalle de obra.
- ✓ Cómputos de materiales refractarios.
- ✓ Consumibles para realizar actividades.
- ✓ Control de calidad de materiales.
- ✓ Fijación de stock para los distintos tipos de materiales.
- ✓ Elaboración y administración de contratos de mano de obra y de servicios.

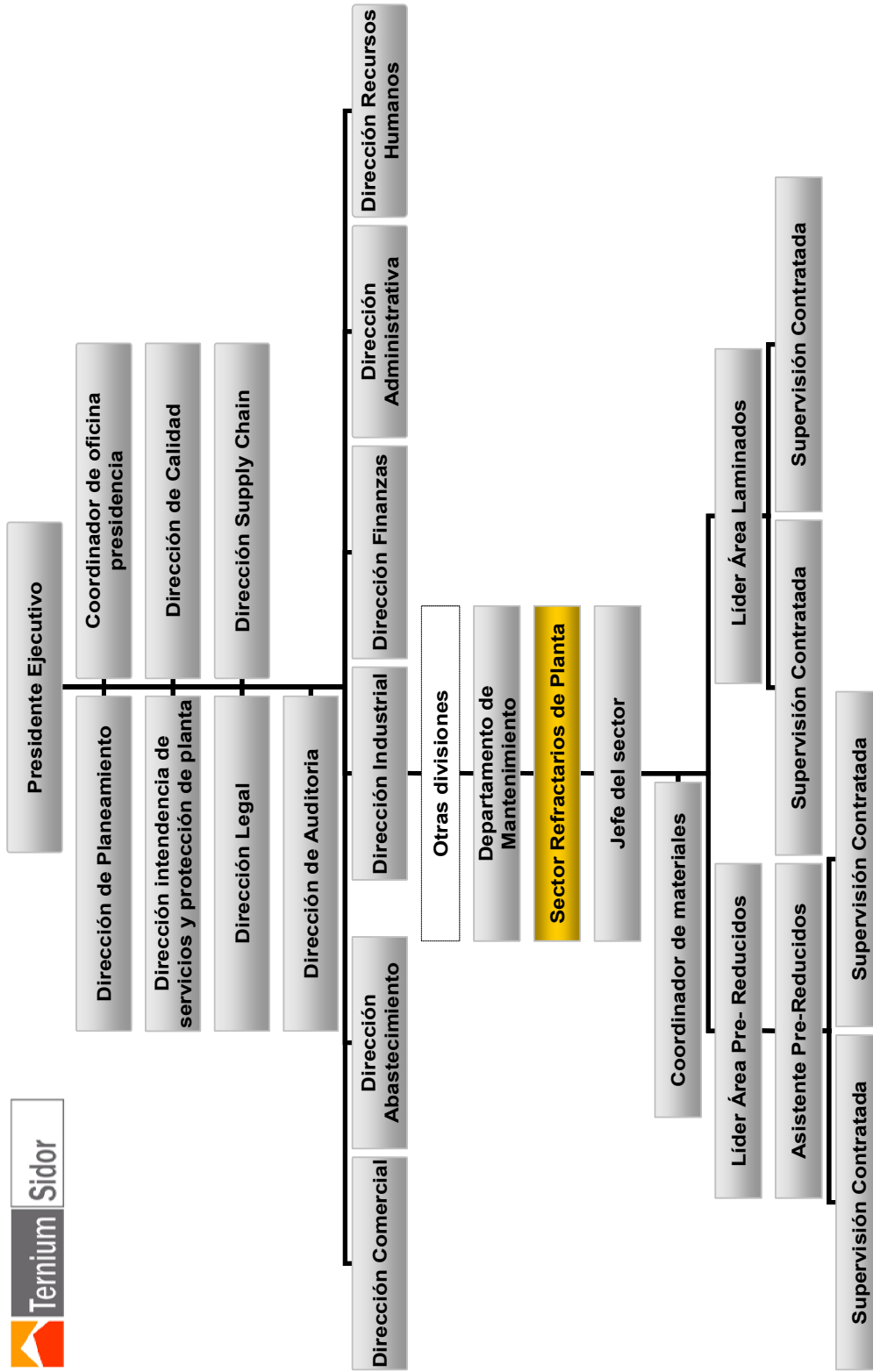


Figura 1.6. Estructura Organizativa de Ternium Sidor

Fuente: Elaboración propia



## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos de elaboración del acero desarrollado por Sidor, se llevan a cabo en condiciones de temperatura superiores a los 1600 °C para lo que se requiere de instalaciones y equipos (hornos, reactores que por lo general son de superficie metálica), capaces de resistir los cambios de calor generado durante la obtención del acero. Estos equipos para cumplir con sus funciones, son revestidos en su interior por materiales refractarios que protegen la carcasa metálica y disipan el calor generado hacia el exterior, brindando protección tanto al equipo como al personal. El buen desempeño de estos materiales requiere de ciertas actividades de mantenimiento que permitan prolongar la vida útil de los equipos y obtener mayores niveles de producción de acero.

Sidor para la ejecución de las labores de mantenimiento o fumistería refractaria, entendiéndose por ello todo lo referente a construcción, reconstrucción y mampostería con materiales refractarios, realiza la contratación de empresas especialistas en la instalación de dichos materiales con mano de obra calificada, a través de licitaciones selectivas que pueden ser anuales o en periodos de tiempo menores, dependiendo de la programación de mantenimiento industrial. Estas labores deberían ser ejecutadas en 3 turnos de trabajo con duración de 8 horas como lo establece la ley, sin embargo se realizan en general en 2 turnos de 12 horas. La dirección, coordinación y administración de contrato de las actividades fumistas se encuentra bajo la responsabilidad del sector refractario de planta.

El contrato de fumistería refractaria contempla un total de 71 partidas de las cuales 68 de ellas están referidas a actividades de instalación de materiales refractarios y a tareas previas que facilitan su instalación, las 3





partidas restantes representan horas administrativas. El sector solo cuenta con las especificaciones técnicas en donde se detallan la forma de instalación de los materiales refractarios (estos son suministrados por sidor cuyo costo no se computa en los análisis de precios unitarios), equipos y el tipo de mano de obra a utilizar, pero no con la estructuración de los análisis de precios unitarios de cada partida donde se detallen los costos que ocasionan, las cantidades requeridas, rendimientos, factor de costos asociados al salario, factores determinantes en el computo de los precios unitarios, que les permita una comparación de precios con los presentados por las contratistas. Siendo la contratación de servicios de mantenimiento refractario tan importante para el desarrollo del proceso productivo de las diferentes plantas que conforma sidor se hace necesario elaborar un modelo de elaboración de análisis de precios unitarios (APU) para las actividades de fumistería refractaria, que permita servir de base en la contratación de servicios.

En la elaboración de los APU se determinarán las partidas más representativas del gasto total anual del contrato, a través de valuaciones y serán jerarquizadas utilizando la herramienta estadística diagrama de Pareto. Se medirán los rendimientos realizando un estudio de campo mediante la observación directa de las partidas resultantes tomando las cantidades ejecutadas por jornada de trabajo, se calculara el factor de costo asociado al salario para los diferentes turnos de trabajo y se analizaran como se ve afectado éste con la duración de los turnos de trabajo, por ultimo se elaborarán los APU siguiendo la metodología del circulo de calidad de Deming, que es proceso continuo de ensayo y error que permitirá verificar que se toman en cuenta todos los recursos necesarios para ejecutar la unidad de la partida , obteniendo así el mejor precio unitario.



El desarrollo de esta investigación en las diferentes plantas donde se ejecutaron los trabajos de mantenimiento, permitirá al sector refractario de planta contar con partidas referenciales con un formato establecido que facilite la negociación de los contratos sobre requerimientos reales para la ejecución de las actividades fumistas.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Elaborar los precios unitarios referenciales para las actividades de fumistería que se realizan bajo la administración del sector de Refractario de Planta perteneciente a la gerencia de mantenimiento de Ternium Sidor.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar las partidas que representan mayor influencia en el contrato de fumistería refractaria mediante el uso del diagrama de Pareto.
2. Determinar rendimientos reales en las labores de fumistería refractaria de mayor influencia en el contrato.
3. Calcular el factor de costos asociados al salario en base a lo establecido en la convención colectiva de trabajo para la industria de la construcción (CCIC).
4. Analizar las implicaciones de la duración de los turnos de trabajos en el factor de costos asociados al salario.
5. Verificar a través del círculo de calidad de Deming las cantidades requeridas de materiales, equipos y mano de obra para cada actividad.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

---

#### **2.1. MATERIALES REFRACTARIOS**

Los materiales refractarios dentro de la industria siderúrgica son de vital importancia para llevar a cabo su proceso productivo. De ellos depende el buen funcionamiento de gran cantidad de equipos de las diferentes plantas. Estos se encargan de mantener y disipar las altas temperaturas requeridas en el calentamiento de las materias primas para la elaboración del acero en sus distintas presentaciones.

En definición los refractarios son materiales cerámicos heterogéneos que pueden resistir una gran variedad de condiciones de servicio incluyendo: alta temperatura, choque térmico, desgaste físico y ataque químico, y pueden retener su integridad por un período aceptable de tiempo. Dicha capacidad de retener su integridad en condiciones de trabajo, muestra la gran importancia que tienen los materiales refractarios dentro de la industria. <sup>[2]</sup>

##### **2.1.1. Clasificación de los materiales refractarios**

Los materiales refractarios se pueden clasificar de distintas maneras: según su apariencia física, según su método de instalación, según el tipo de enlace, etc. Generalmente, en la industria, se utilizan dos tipos de clasificación de materiales refractarios: según su composición química y/o



características físico-químicas y según su presentación. En la figura 2.1 se puede ver los diferentes tipos de clasificaciones.



Figura 2.1 Clasificación de los Materiales Refractarios

Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.1.1. Clasificación físico-química

La clasificación de los materiales refractarios en cuanto a su características físico químicas, tiene que ver con las condiciones de resistencia que ofrece a las diferentes sollicitaciones a la cuales están sometidos, como son la resistencia al choque térmico, a la abrasión, a la



compresión, presión y las más importante la capacidad de resistir al fuego. Cada uno de los diferentes materiales refractario de acuerdo a su composición química, presenta características de resistencia diferentes (ver tabla 2.1).

Tabla 2.1 Características Físico- Químicas de los materiales refractarios

MATERIAL	COMPOSICIÓN QUÍMICA	PROPIEDADES
Silicoaluminosos	10%<math>Al_2O_3</math>>30% SiO <sub>2</sub>	Alta resistencia al choque térmico. Alta resistencia a las escorias acidas. Excelente resistencia a la corrosión por metales fundidos y escorias. Excelente resistencia al monóxido de carbono (CO). Excelente resistencia a la corrosión por metales fundidos y escorias.
Alta alúmina	56%<math>Al_2O_3</math>	Alta estabilidad volumétrica Buena resistencia a la corrosión Buena resistencia al ataque por escorias Buena resistencia al choque térmico Habilidad de soportar cargas a altas temperaturas Alta resistencia en caliente Resistencia a la abrasión
Básicos	MgO Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO.MgO	Buena resistencia a las reacciones corrosivas con escorias y cenizas químicamente básicas a altas temperaturas. Resistencia al ataque químico de óxido de hierro, álcalis y fundentes básicos
Especiales	ZrSiO <sub>4</sub> ZrO <sub>2</sub> AZS  CSi	Buena resistencia a la abrasión Buena resistencia al choque térmico Excelente resistencia a la corrosión Alta resistencia a la deformación bajo carga Alta conductividad térmica Excelente resistencia al desconchamiento Excelente resistencia a la abrasión Alta resistencia a la corrosión de escorias no oxidantes

Fuente: Elaboración propia



### 2.1.1.2. Clasificación según su presentación

#### Piezas preformadas

Las piezas preformadas corresponden a los productos conformados y calcinados en planta. Son de uso muy común en la industria siderúrgica por las diferentes ventajas que presentan, entre ellas se pueden mencionar la buena resistencia mecánica, alta densidad, baja porosidad, y por no requerir de tratamientos adicionales para su uso inmediato. Se pueden clasificar en piezas normalizadas y piezas especiales; teniendo entonces una amplia variedad en cuanto a forma y dimensiones. [2]

Dentro de la gran variedad de piezas preformadas se encuentran los ladrillos refractarios (ver figura 2.2), anclajes cerámicos que se encuentra dentro de las especiales, kit de cámaras de combustión de pellas, kit de bóvedas de hornos de alambrón y quemadores (ver figura 2.3)

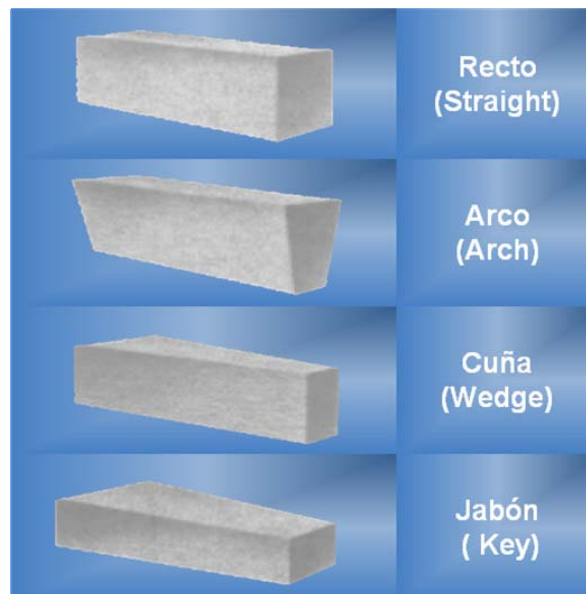


Figura 2.2. Tipo de Ladrillos Refractarios

Fuente: Imágenes Harbison Walker

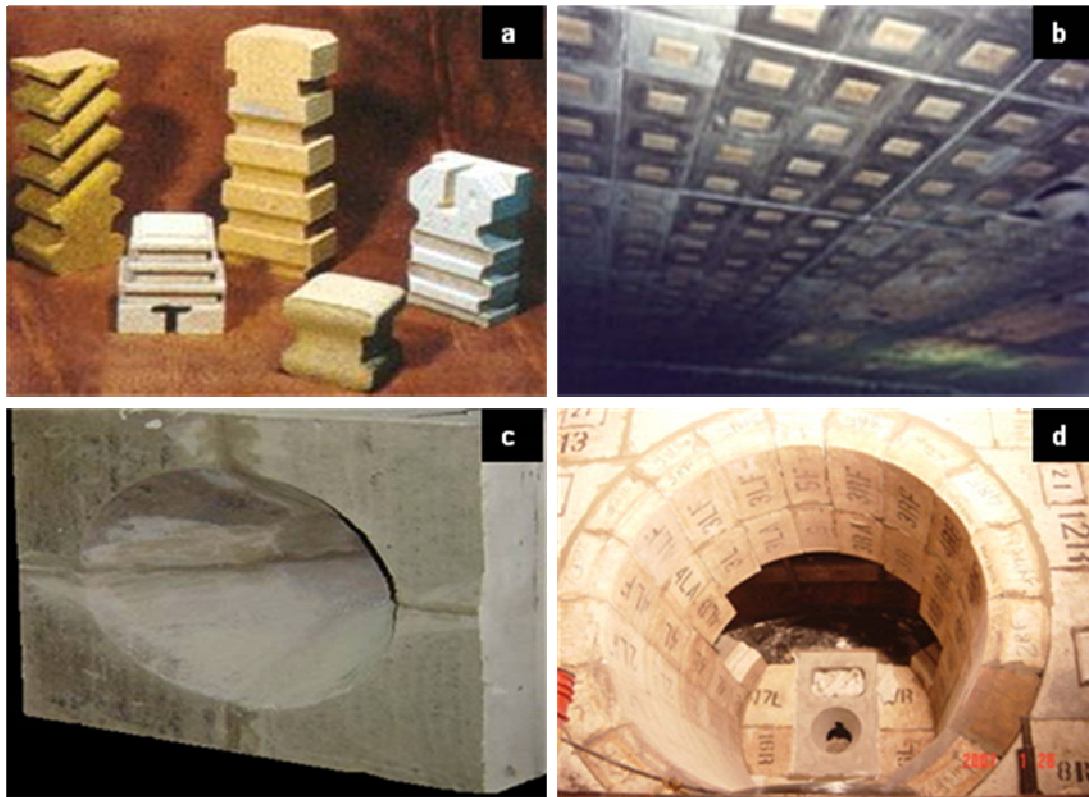


Figura 2.3. Ejemplo de piezas preformadas: a) diferentes anclajes cerámicos, d) kits bóvedas alambazón, c) bloque quemador, d) kit cámara de combustión de pellas.

### Refractarios monolíticos

Los refractarios monolíticos o moldeables consisten en agregados y un enlazante tipo cemento aluminoso. Los constituyentes del concreto se adicionan en proporciones específicas dependiendo de las propiedades finales deseadas en el producto. Este tipo de material es suministrado en estado seco en sacos a prueba de humedad. Se mezcla con agua en el sitio de la instalación y se vacía en formas ó encofrados de manera similar al concreto de construcción basado en cemento Pórtland. La cantidad de agua que debe usarse en la mezcla de los moldeables refractarios es dependiente de la hidratación del cemento aluminoso y de la consistencia requerida durante la instalación. <sup>[2]</sup>



En los últimos años se han introducido concretos refractarios con menores porcentajes de cemento aluminoso, este ha sido un desarrollo muy importante para los productos monolíticos. Con estos avances los “moldeables convencionales” han sido muy discriminados por los moldeables de “alta tecnología” (bajo cemento, ultrabajo cemento, cero cemento, entre otros).<sup>[2, 3]</sup>

Estos materiales se consideran superiores debido a que generalmente, los concretos convencionales contienen entre 15 y 30% de cemento aluminoso como enlazante, y el porcentaje de agua añadida para su procesamiento (entre 8 y 15%) se consume en tres formas, la primera es absorbida por la porosidad de la chamota (compuesto calcinado que da propiedades refractarias), la segunda requerida para las reacciones de hidratación del cemento aluminoso y la tercera es responsable de conferirle fluidez a la mezcla. La cantidad de agua consumida para promover el fragüe hidráulico (reacciones de hidratación) se lleva un alto porcentaje. Por el contrario, los moldeables denominados de alta tecnología, con menores contenidos de CaO (cemento), consumen menores porcentajes de agua.<sup>[2, 3]</sup>

### Morteros

Es una mezcla que se utiliza para unir diversos ladrillos y piezas especiales refractarias y cumplen con las siguientes finalidades: enlazar el levantamiento de ladrillos para convertirlo en una unidad sólida, producir un mejor trabado entre las superficies ligeramente irregulares de los ladrillos y también para hacer herméticas las paredes frente a los gases o bien impedir la penetración de escoria en las uniones. Los morteros cuando se diluyen en varias partes de agua, se pueden emplear como revestimientos adicionales de protección en las “caras calientes” de los refractarios instalados.





### Refractarios de fibra

Los refractarios de fibra son materiales sumamente aislantes, a base de óxido de alúmina. Debido a sus características fisicoquímicas, pueden ser empleados en un sin número de aplicaciones, como el reemplazo de asbesto amianto, en chimeneas, ductos, calentadores, hornos u otros equipos. Se presentan en diversas formas (manta o placa, ambas en diversos espesores) y diversas densidades de  $96 \text{ kg/m}^3$  y  $128 \text{ kg/m}^3$  <sup>[4]</sup> (Ver figuras 2.4 y 2.5).



Figura 2.4. Manta de fibra cerámica

Fuente: Harbison Walker

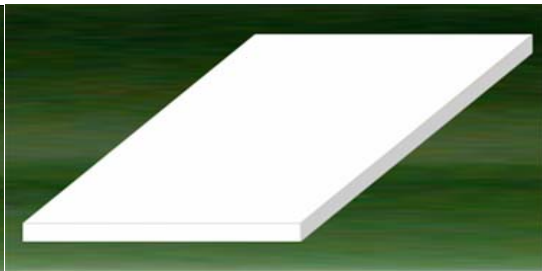


Figura 2.5. Placa de fibra cerámica

Fuente: Elaboración propia

#### **2.1.1.4. Clasificación según su finalidad**

##### Aislantes

Los refractarios aislantes o livianos tienen la finalidad de disipar e impedir la salida del calor generado dentro de hornos, reactores u otros equipos. Su densidad es baja de allí el apelativo de ligeros.

##### Densos

Los refractarios densos tienen la finalidad de resistir elevadas temperaturas conservando sus propiedades físico químicas, cubren las caras calientes de los equipos con espesores mayores a los aislantes y poseen mayor cantidad de peso sobre volumen.



### **2.1.1.3. Clasificación según su técnica de instalación**

La clasificación de los materiales refractarios según su forma de colocación esta relacionada básicamente con las características granulométricas que poseen los refractarios monolíticos, para ser instalado mediante las técnicas de vaciado y proyección.

#### Instalación por Vaciado

Los materiales para ser colocados o instalados por vaciado poseen una granulometría variada, pueden ser de granos finos y / o gruesos; por colocarse en moldes, su instalación debe ser rápida a fin de evitar que la superficie del cemento seque.

#### Instalación por Proyección

Los materiales a instalar por vía de proyección son del tipo monolíticos especialmente dosificados con un ajuste granulométrico especial para minimizar las perdidas por rebote producidas por el choque del chorro del material proyectado contra la pared o superficie a revestir. El revestimiento colocado por proyección acorta el tiempo de instalación si se compara con la instalación del mismo material por vaciado, aunque requiere de un equipo de proyección (ver figura 2.6) y un equipo especializado para obtener las debidas propiedades del material instalado.

La proyección consiste en impulsar el material de forma neumática hacia la superficie a cubrir con movimientos elípticos, a través del equipo de proyección. Existen diferentes métodos de proyección en estado húmedo, semi-húmedo y seco, el más utilizado en sidor es el semi-húmedo porque genera menor perdida de material por rebote.



En el proceso húmedo, el moldeable se mezcla con la cantidad de agua especificada por el fabricante del producto, posteriormente se alimenta neumáticamente a través de la manguera para finalmente descargarse por la boquilla.<sup>[3]</sup>

En los procesos semi-húmedo y en estado seco se realiza un prehumedecimiento del material con menor porcentaje de agua para el estado seco, luego el material pasa a través de la manguera de proyección y en la boquilla se adiciona el resto del agua hasta que el concreto tenga una apariencia húmeda, sedosa y sin ondulaciones.



Figura 2.6. Equipo de proyección neumática doble campana

Fuente: [www.AllentownEquipment.com](http://www.AllentownEquipment.com).



### 2.1.2. Otro tipo de materiales refractarios (Anclajes)

Los anclajes son piezas metálicas generalmente de acero inoxidable cuya función es contener y sujetar los materiales refractarios empleados dentro de un horno (concreto, fibra o ladrillo). Estos también pueden ser de tipo cerámico que están incluidos dentro de los materiales especiales <sup>[4]</sup>.

El anclaje metálico se emplea para temperaturas de funcionamiento inferiores a 1.200 °C, y el cerámico para temperaturas superiores. Los anclajes metálicos presentan una infinidad de formas según el uso que se les quiera dar, así como el fabricante que los manufactura. Se fabrican a partir de pletina o varilla de acero y en algunos casos de fundición. Pueden tener diferente sección/anchura en el caso de la pletina, y distinto diámetro en el caso de la varilla. Las formas más generales de los anclajes formados por pletinas o varillas son la V y la Y.

El anclaje se suelda a la carcasa metálica de la instalación a revestir, y posteriormente se vierte o se proyecta el concreto, esta soldadura requiere por lo menos  $\frac{1}{2}$  pulgadas de filete de soldadura en ambos lados. El cálculo del tamaño del anclaje viene dado por la ingeniería diseñadora del revestimiento refractario, ya que los anclajes deben ser capaces de aguantar, entre otros factores, el peso del revestimiento refractario.

Las puntas de los anclajes deben quedar embutidas unos 25 mm por debajo de la superficie del revestimiento refractario, este espacio se debe dejar para la correcta dilatación del anclaje debido a que el coeficiente de dilatación lineal del acero a las temperaturas de servicio a lo que son sometidos es mayor al del revestimiento refractario, de lo contrario se producirían grietas en el revestimiento.



Para contrarrestar la diferencia del coeficiente de dilatación de los anclajes y los revestimientos refractarios se coloca en las puntas de los anclajes en el caso de los metálicos, pintura bituminosa (soluciones de asfalto) o un capuchón de polímero (pieza de protección con material tipo caucho), con la cual se aumenta el espesor, en el sentido de la anchura del anclaje, la pintura o el capuchón se queman y desaparecen con la temperatura y queda por lo tanto un espacio que puede llenar el metal al dilatarse. En el caso de los anclajes cerámicos se colocan cintas de fibras cerámicas en soporte metálico que los sujetan a la carcasa del equipo que funcionan como aislamiento térmico.

La distribución de separación entre los anclajes va a depender de la forma y el largo del anclaje y la superficie donde se va instalar (paredes, techos, pisos, narices), esta separación va de eje a eje siempre a  $90^\circ$ . En la figura 2.7 se muestra la forma de distribución de los anclajes metálicos y en la figura 2.8 se pueden observar los diferentes anclajes metálicos de mayor uso en sidor.

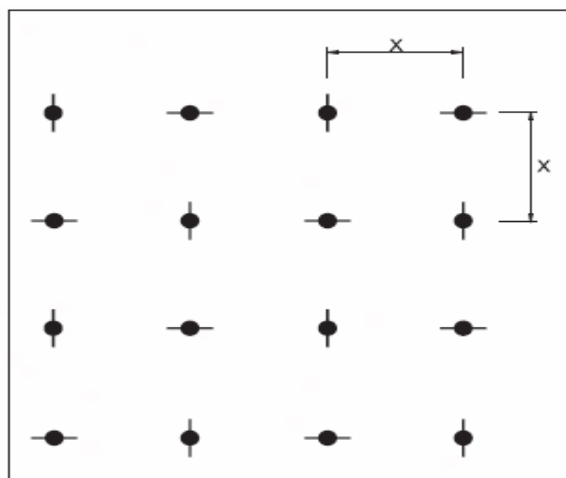


Figura 2.7. Distribución de anclajes metálicos

Fuente: Forjados Bolívar



Figura 2.8. Tipos de anclajes metálicos

Fuente: Elaboración propia

## 2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CONCRETOS REFRACTARIOS

Los concretos refractarios según las normativas ASTM <sup>[5]</sup>, se pueden clasificar en: convencionales, bajo cemento, ultra-bajo cemento, cero cemento y aislantes, esta clasificación esta basada en su composición química y la capacidad de soporte a las diferentes sollicitaciones que presentan.

### 2.2.1. Concretos Convencionales

Son aquellos concretos refractarios de alta alúmina y sílico-aluminosos que contienen cemento de fraguado hidráulico, cuyo contenido de óxido de



calcio (CaO) es mayor al 2,5% sobre base calcinada. Generalmente presentan buena resistencia mecánica.

### **2.2.2. Concretos Refractarios de Bajo Cemento**

Son aquellos de alta alúmina y sílico-aluminosos que contienen cemento de fraguado hidráulico, cuyo contenido total de óxido de calcio (CaO) se encuentra entre 1,0 y 2,5% sobre base calcinada. Poseen alta densidad y resistencia.

### **2.2.3. Concretos Refractarios de Ultra-Bajo Cemento**

Son aquellos de alta alúmina y sílico-aluminosos que contienen cemento de fraguado hidráulico, cuyo contenido total de óxido de calcio (CaO) se encuentra entre 0,2 y 1,0% sobre base calcinada. Presentan alta resistencia en caliente y refractariedad.

### **2.2.4. Concretos Refractarios de Cero Cemento**

Son los concretos refractarios de alta alúmina y sílico-aluminosos que no contienen cemento de fraguado hidráulico, en los cuales, el contenido de óxido de calcio (CaO) es insignificante. Pueden llegar a contener un porcentaje de óxido de calcio (CaO) no mayor a 0,2% sobre base calcinada. Poseen alta resistencia en caliente.

### **2.2.5. Concretos Refractarios Aislantes**

Son aquellos que poseen granos refractarios, agentes enlazantes y, además, gran cantidad de agregados livianos. Se clasifican en función del



peso volumétrico y de la estabilidad volumétrica a las temperaturas de calcinación.

## **2.4. ACTIVIDADES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA**

Las actividades de fumistería refractaria están asociadas a las labores que contemplan la construcción, reconstrucción, revestimiento y mampostería con materiales refractarios, adicionales se encuentran las actividades previas y de limpieza.

El contrato de fumistería refractaria contempla un total de 71 partidas de las cuales 68 partidas están referidas a actividades de instalación de materiales refractarios y a tareas previas que facilitan su instalación, las 3 partidas restantes representan horas administrativas. Las partidas se encuentran distribuidas en específicas por planta y en tareas generales que abarcan todas las plantas que se encuentran bajo la administración del sector de refractario de planta. Cada partida esta identificada con un código Sidor, donde los primeros 2 dígitos identifican la planta a la que pertenece y el resto de los dígitos a la posición que ocupa en el contrato.

### **2.4.1. Actividades preliminares y de limpieza**

Las actividades preliminares son las que permiten o facilitan ejecutar las labores de instalación y montajes de materiales refractarios dentro estas se encuentran la demolición y el armado de andamios. Las de limpieza consisten en extraer materiales como laminas, escorias, residuos de carbón de ductos, hornos cámaras de combustión u otros equipos que los requieran. Algunas de las partidas que corresponden a este reglón en el contrato se muestran en la tabla 2.2.





Tabla 2.2. Partidas de actividades preliminares y de limpieza

PLANTA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LAS PARTIDAS	UNIDAD
Laminación en Caliente	12-10	Extracción de escama de laminación y escoria del piso del interior del Horno y Ductos en Frío.	m <sup>3</sup>
HyL II	16-10	Armado de andamio para reactores de HyL II General	cu
	16-20	Armado de andamio para Reactores de HyL II hasta 2 mesas	cu
Tareas Generales	17-10	Demolición y Reparación de CAPAS de Manta Cerámica de Techo y Pared con Andamio.	m <sup>3</sup>
	17-60	Armar y Desarmar Andamios	m <sup>3</sup>
	17-110	Demolición de Paredes en General	m <sup>3</sup>
	17-120	Demolición de Pisos en General	m <sup>3</sup>

Fuente: Contrato general de servicios de fumistería refractaria

#### 2.4.2. Actividades de Construcción

La construcción en general consiste en un conjunto de actividades que se ejecutan para la fabricación total nueva de un equipo, con materiales refractarios, estas pueden ser con piezas preformadas y/o concretos. Dentro del contrato de fumistería refractaria las partidas que corresponde a este renglón pertenecen específicamente a planta de pellas y se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Partidas de construcción

PLANTA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNIDAD
Pellas	10-10	Construcción de Quemadores, Paredes, y Nariz con Piezas Premoldeadas.	m <sup>3</sup>
	10-20	Construcción de Cámaras/Pared Quemadores de Quema y Pre Quema con Piezas Premoldeadas.	cu

Fuente: Contrato general de fumistería refractaria

#### 2.4.3. Actividades de Reconstrucción

Las actividades de reconstrucción con materiales refractarios, se refiere a fabricación parcial o total de algunas secciones dañadas de un equipo.



Estas consisten en general de actividades previas para poder ejecutarse, como lo es el retiro del material existente dañado, para luego sustituirlos por materiales nuevos. Algunas de partidas pertenecientes a este renglón se pueden observar en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Partidas de reconstrucción

PLANTA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNIDAD
Pta. Cal	11-10	Reconstrucción Camisa de Trabajo y Seguridad del Horno (Ladrillos).	m <sup>3</sup>
Laminación en caliente	12-90	Reconstrucción de Puertas de Salida con Hormigón Vaciado (General).	cu
	12-100	Reconstrucción de puertas de entrada con hormigón vaciado (general).	cu
Decapado	13-10	Demolición y Reconstrucción de paredes y pisos de los tanques no 1-2-3-4 y tanque de lavado.	m <sup>3</sup>
Recocidos	14-20	Reconstrucción de losas de bóveda horno campana	m <sup>2</sup>
Pta. Regen.HCL	17-10	Demolición y Reconstrucción de preevaporador (venturi).	cu
Tareas Generales	17-210	Reconstrucción con plástico apisonado de bóvedas y techos con colocación de anclajes cerámicos.	m <sup>3</sup>
	17-220	Reconstrucción con plástico apisonado de paredes con colocación de anclajes cerámicos.	m <sup>3</sup>

Fuente: Contrato general de fumistería refractaria

#### 2.4.4. Actividades de Revestimiento refractario

Las actividades de revestimiento refractario, se realizan para cubrir las caras internas de los equipos con materiales refractarios estos pueden ser aislantes (fibras y concretos) o densos. Las funciones del revestimiento son diversas, las más importantes son la resistencia a las sollicitaciones de temperatura y abrasión, y aislamiento térmico. En la tabla 2.5 se pueden observar algunas partidas referentes a esta actividad. En este grupo de partidas, se encuentra las actividades que se realizan con mayor frecuencia como lo son el vaciado y proyección de materiales refractarios con o sin anclajes, y las no tan comunes, colocación de placas aislantes en diferentes superficies.



Tabla 2.5. Partidas de revestimiento con material refractario

PLANTA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNIDAD
Tareas Generales	14-30	Vaciado Corona horno campana	m <sup>3</sup>
	17-20	Calafateo de Juntas hasta 2" espesor	m
	17-80	Colocar Placas Aislantes en Paredes	m <sup>3</sup>
	17-90	Colocar Placas Aislantes en Pisos	m <sup>3</sup>
	17-170*	Proyección de Materiales Aislantes con anclajes Metálicos o Cerámicos	m <sup>3</sup>
	17-180**	Proyección de Materiales Aislantes sin anclajes	m <sup>3</sup>
	17-190*	Proyección de Materiales Densos con anclajes Metálicos o Cerámicos	m <sup>3</sup>
	17-200**	Proyección de Materiales Densos sin anclajes	m <sup>3</sup>
	17-280*	Vaciado de Materiales Aislantes con anclajes Metálicos o Cerámicos	m <sup>3</sup>
	17-290**	Vaciado de Materiales Aislantes sin anclajes	m <sup>3</sup>
17-300*	Vaciado de Materiales Densos con anclajes Metálicos o Cerámicos	m <sup>3</sup>	

Fuente: Contrato general de fumistería refractaria

\* El precio unitario de la partida incluye la actividad previa de colocar anclajes.

\*\* El precio unitario de la partida corresponde solo a la colocación del material por vaciado.

#### 2.4.5. Actividades de Mampostería refractaria

Las actividades de mampostería refractaria están definidas como la fabricación con piezas premoldeadas como ladrillos de distintas formas y diferentes propiedades físico químicas, instalados en forma trabada, con o sin colocación de mortero para su contención. Su forma de instalación es realizada de forma muy similar en la construcción civil. Algunas de las partidas que se encuentran en esta modalidad en el contrato de fumistería refractaria se muestran en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Partidas de Mampostería Refractaria

PLANTA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNIDAD
Tareas Generales	17-40	Abrir y Cerrar Pasos de Hombre de hasta 0.50 m2 con Ladrillos	cu
	17-230	Reconstrucción Paredes Ladrillos Aislantes en General	m <sup>3</sup>



17-240 Reconstrucción Paredes Ladrillos Densos en General m<sup>3</sup>

Fuente: Contrato general de fumistería refractaria

## **2.5. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA**

La planificación de las actividades de fumistería refractaria va a depender de dos factores: el primero que se trate de una reparación extraordinaria (REX) mayor o menor (mantenimiento basado en el tiempo) y el segundo de una reparación ordinaria (mantenimiento basado en condición).

### **2.5.1. Planificación de las actividades de mantenimiento basadas en el tiempo.**

En el mantenimiento basado en el tiempo, la planificación parte del listado de paradas programadas (ver figura 2.9), este listado es elaborado por el personal de gestión de ordenes e ingeniería industrial, en el se muestra la fecha estimada y duración de la parada programada para cada una de las plantas en el venidero ejercicio fiscal de Sidor <sup>[4]</sup>. Es de suma importancia para la estimación de tiempos de mantenimiento refractario, alcance de obra y para determinar fechas de entrega de materiales. Esta se puede obtener a través de la Intranet de la empresa. Obtenida esta información se procede a revisar los reportes de las condiciones operativas de los equipos como lo son: termografías (ver figura 2.10); informes de paradas anteriores y de la vida útil esperada de los materiales instalados en reparaciones anteriores.

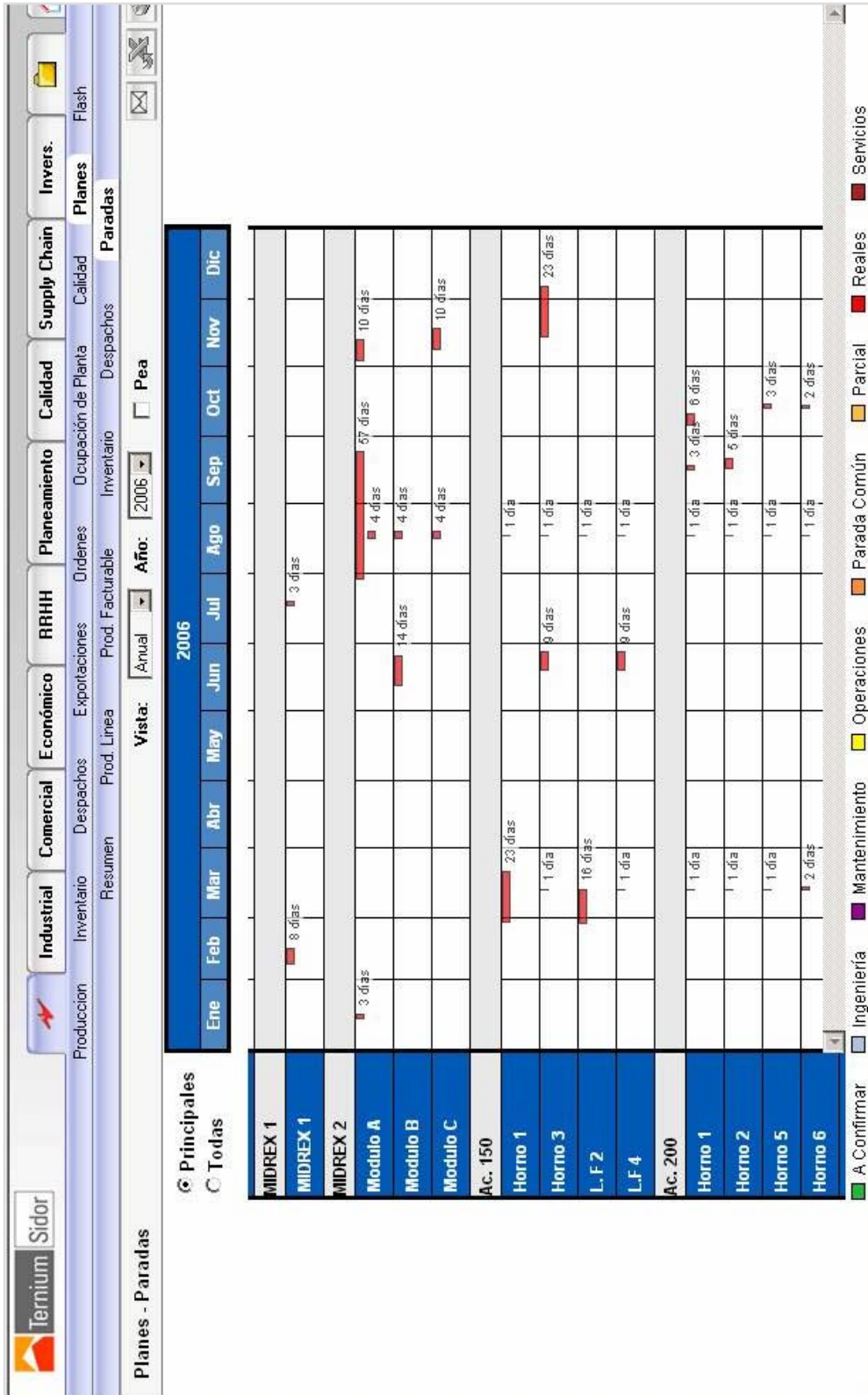


Figura 2.9. Vista del listado de paradas programadas

Fuente: Visual flash sidornet

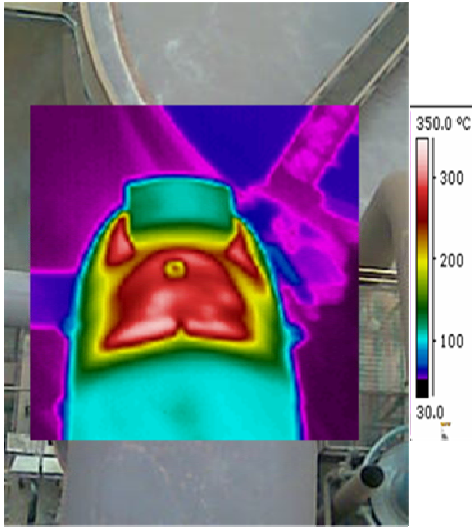


Figura 2.10. Imagen de una termografía del ducto gas tope de Midrex I  
Fuente: Registro termográfico de Midrex I

De las termografías se determina cuales son las zonas mas criticas donde se presentan fallas de acuerdo a la temperatura, de los informe de las paradas anteriores las zonas y equipos reparados, materiales y cantidades utilizadas así como mano de obra requerida por actividad, a fin de establecer la asignación de recursos necesarios para la nueva intervención, por último de las especificaciones técnicas de los materiales, se define cuales recubrimientos presentarían fallas no observadas a través de las termografías, por cumplirse teóricamente su período de utilidad.

Efectuado el análisis de todos los elementos a considerar como tiempo, materiales y mano de obra a utilizar para una efectiva planificación de actividades y recursos se procede a realizar el diagrama de Gant general para toda la parada. Sin embargo no se sabrá con exactitud la duración y cantidades o equipos a intervenir hasta que no se detenga el proceso de producción y se realice una inspección en el área interna de los equipos a intervenir, que pueden adicionar tareas no consideradas en la programación o eliminar las que no sean necesarias.



### **2.5.2. Planificación de las actividades de mantenimiento basadas en condición.**

En el mantenimiento basado en condición la planificación se basa directamente de las condiciones de fallas que presentan en un momento determinado los equipos, normalmente se realizan en caliente (se realiza un descenso de la temperatura del proceso en el sector de la planta a reparar) su duración depende de la magnitud de la falla puede ser de días o horas. Las cantidades a reparar también se estiman a través de las termografías y los tiempos de las actividades se establecen como referencia la duración de trabajos anteriores que se hayan realizado en las mismas condiciones.

### **2.6. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Antes de realizar una obra de ingeniería de construcción o de reconstrucción, es necesario elaborar una estimación de los gastos (en el caso del ente contratante) y costos (para las empresas contratistas) que se generaran en la ejecución de una obra. A fin de establecer un presupuesto, este se realiza determinando previamente la cantidad en dinero necesaria para realizar la labor, tomando como base la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante. La forma o el método para realizar esa determinación son diferentes según sea el objeto que se persiga con ella.<sup>[6]</sup>

Cuando se trata únicamente de determinar si el costo de una obra guarda la debida relación con los beneficios que de ella se espera obtener, o bien si las disponibilidades existentes bastan para su ejecución, es suficiente hacer un presupuesto aproximado, tomando como base unidades mensurables en números redondos y precios unitarios que no estén muy detallados. Por el contrario, este presupuesto aproximado no basta cuando el



estudio se hace como base para financiar la obra, o cuando el constructor la estudia al preparar su proposición, entonces hay que detallar mucho en las unidades de medida y precios unitarios, tomando en cuenta para estos últimos no sólo el precio de los materiales y mano de obra, sino también las circunstancias especiales en que se haya de realizar la obra. Esto obliga a penetrar en todos los detalles y a formar precios unitarios partiendo de sus componentes.<sup>[6]</sup> Al estudio realizado de los costos por componentes de una obra es a lo que se conoce en la administración de obras como: “Análisis de Precios Unitarios” (APU).

Los análisis de precios unitarios están compuestos por los costos directos e indirectos, rendimiento, utilidad y financiamiento. En la figura 2.11 se puede observar un esquema de los componentes y subcomponente de los análisis de precios unitarios.

### **2.6.1 Costos Directos**

Los costos directos se refieren a los gastos internos de una actividad y comprenden materiales, equipos y mano de obra directa para su ejecución.

#### **2.6.1.1. Costos de materiales**

El costo por materiales representa la cantidad necesaria de éstos para la ejecución de una obra, para cuantificar dentro de una partida el costo producido por materiales se toma en cuenta la suma de los costos por almacén y traslado, multiplicados por el desperdicio teórico de los mismos.



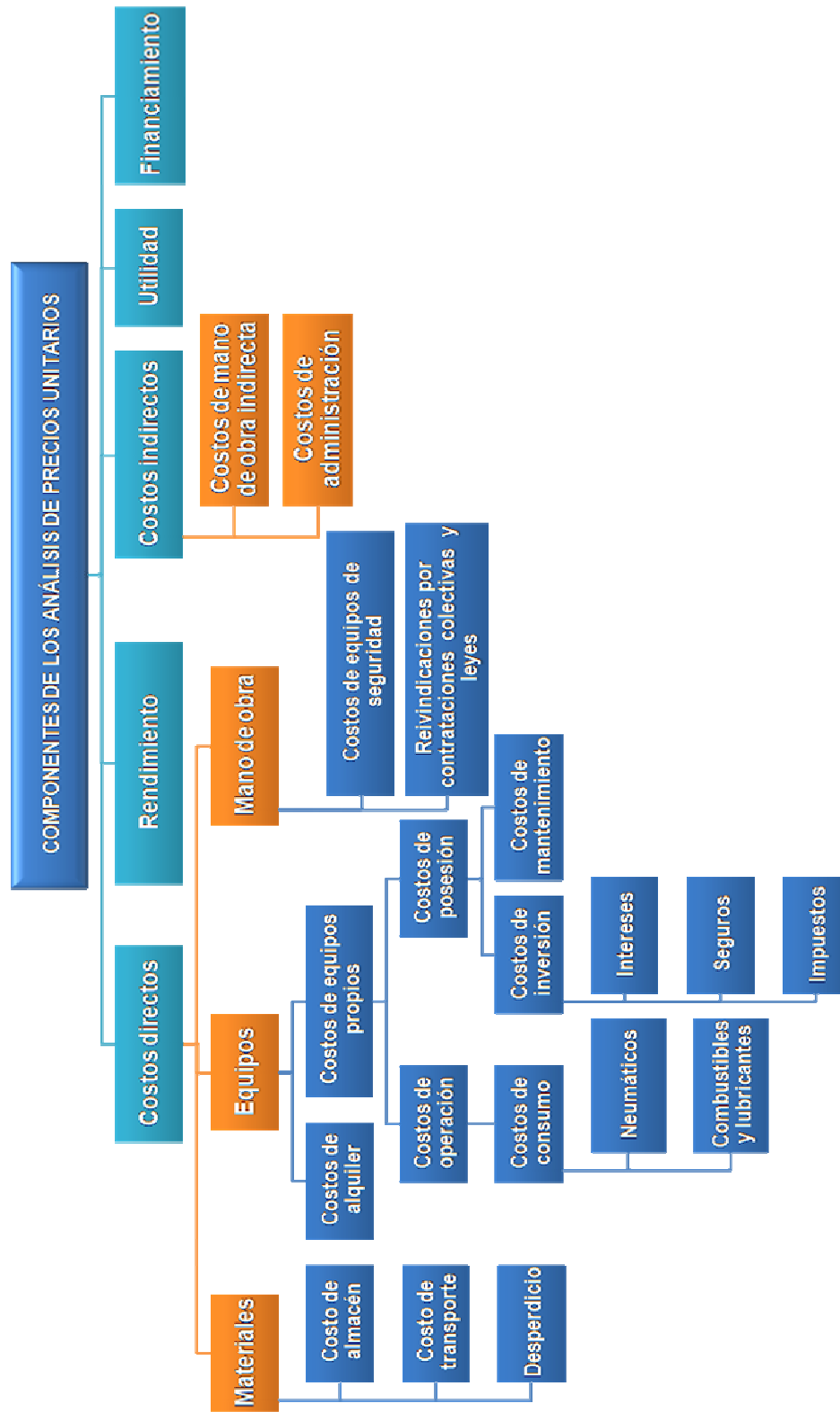


Figura 2.11. Componentes de los análisis de precios unitarios

Fuente: Elaboración propia



Los materiales utilizados en una obra pueden ser de acuerdo a su uso básicos y complementarios, los básicos forman parte del producto terminado y se pueden asociar directamente con el, un ejemplo de ello son los concretos y ladrillos. Los materiales complementarios facilitan las labores de instalación o fabricación del producto, como anclajes, alambres u otros que puedan ayudar a realizar una actividad. En el caso específico de Ternium Sidor este facilita los materiales básicos.

#### **2.6.1.2. Costo de Equipos**

Los costos por equipos son los que se derivan por concepto del uso de las maquinas, herramientas adecuadas y requeridas para la ejecución de las labores de construcción, conforme a lo estipulado en especificaciones técnicas y del contrato. <sup>[7]</sup> Para el costo producido por equipos pueden considerarse dos casos, uno que los equipos sean alquilados y el otro que sean propios de la contratista encargada de realizar las labores.

Los **equipos alquilados** representan la opción de facilitar el uso de un equipo que no se requiera de manera continua durante la duración de la obra, o para no tener que ocuparse de los costos producidos por mantenimiento y así poder realizar sus actividades con mayor productividad por no tener fallas en equipos que puedan retrasar sus labores. Para ello existen empresas especializadas en la renta de equipos y maquinarias cuyas tarifas varían de acuerdo al tiempo de uso, ubicación geográfica del proveedor, del sitio y condiciones de la misma obra. Las tarifas pueden o no incluir el uso del operario y/o el mantenimiento del equipo.



Los **equipos propios** de la contratista, se deben considerar los costos en que se incurrirán por uso. Para ello se consideran dos tipos: los costos de posesión y los costos de operación.

Los **costos de posesión** representan los costos fijos que corresponden a la operatividad o no del equipo. Y están compuestos por la depreciación de los equipos con el tiempo, los costos por inversión (costos de intereses, costos por seguros, costo por impuestos) y los costos por mantenimiento.

Los **costos de operación** representan los costos variables que debe incurrir la empresa para el equipamiento de las maquinarias, tiene que ver con los costos por consumo como lo son los costos por cauchos y los costos de combustibles y lubricantes.

### 2.6.1.3. Costos de Mano de Obra y Rendimiento

Los **costos por mano** de obra es uno factores que mas influyen en el precio total por unidad de una actividad, debido a los diversos factores que establecen las contrataciones de la industria de la construcción. Estos describen la cantidad de personas especializadas ó no, necesarias para realizar una labor determinada en un tiempo determinado. Para cuantificar el costo total con respecto a mano de obra, se refleja el porcentaje de prestaciones sociales, bonos y cualquier otra reivindicación que se le pague al personal, ya sea por decretos, leyes ó contratación colectiva a los que en conjunto se les denomina factor de costo asociado al salario.<sup>[8]</sup>

El **Factor de Costo Asociado al Salario** viene expresado en un porcentaje con respecto al salario promedio ponderado de los salarios tabulados, utilizados en los análisis de precios del presupuesto. Este



porcentaje va a depender de muchos factores, entre los cuales se puede mencionar los siguientes, sin ser limitativo de los mismos: duración de la obra, cantidad de personas a utilizar ubicación de la obra horario de trabajo permitido días laborables, días de fiestas, instalación de baños instalación, de comedores, implementos de seguridad, examen medico pre empleo y post empleo, beneficios de la ley del trabajo, beneficios del contrato colectivo suministro de hielo, agua en botellón, vasos. Otros que estén contemplados en la convención colectiva de los trabajadores de la industria de la construcción.<sup>[8]</sup>

Luego de sumar todas las bonificaciones y salarios mencionadas en párrafos anteriores, el costo total de mano de obra se divide entre el rendimiento esperado para la ejecución de las actividades debido a que el costo producido por mano de obra no solo repercute en la cantidad de dinero que pueda absorber el personal obrero o una cuadrilla con su respectivo salario. El nivel de producción por unidad de tiempo inherente a cada trabajador o a una cuadrilla es de mucha importancia en el costo final de una partida. Esta producción se le conoce en la administración de obras como rendimiento.<sup>[9]</sup>

El **rendimiento** esta asociado principalmente a la cantidad de resultados de cantidad de calidad obtenidos por el obrero por unidad de tiempo. La unidad de medida puede ser ( $m^3 / \text{día}$ ), ( $m^2 / \text{día}$ ), ( $kg / \text{día}$ ), etc. En aquellas actividades donde la participación de los equipos sea muy significativa, el rendimiento estará mucho mas asociado a las características inherentes a la maquinaria empleada aunque indiscutiblemente existe el factor humano en la operación de los mismos que también ejerce condiciones determinantes en su desempeño.<sup>[9]</sup> El rendimiento es en definitiva el elemento mas significativo de una actividad debido a que en la



medida que su valor sea mayor, los costos por unidad construida disminuirá notablemente.

### **2.6.2. Costos Indirectos**

Los costos indirectos son los gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado. Se representan como la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta ejecución de una obra.

Los costos administrativos son los gastos que se generan tanto a nivel de oficina de obra como la oficina principal, los mismos se expresan como un porcentaje del costo directo. Este porcentaje va a depender de muchos factores, entre los cuales se encuentran los gastos de servicios, alquiler, papelería, sueldo de personal profesional, impuestos y otros que se puedan generar, dependiendo del tipo y condiciones de las labores a realizar.

### **2.6.3. Utilidad e Imprevistos**

La utilidad e imprevistos representan el beneficio que debe obtener una empresa por haber invertido tiempo, dinero y trabajo, en la ejecución de una obra. El mismo se expresa como un porcentaje de la inversión realizada, es decir de la suma de los costos directos e indirectos. Este porcentaje puede variar entre empresas, dependiendo del beneficio que quiera obtener cada una, así como también de la complejidad ó sencillez de la obra.<sup>[8]</sup>

### **2.6.4. Financiamiento**

El financiamiento corresponde al dinero que tiene que retornar al inversionista por haber financiado parte o toda la obra, viene expresada en



un porcentaje de la inversión realizada que es la suma de los costos directos y los gastos de administración. La misma va a depender si se ha recibido un anticipo ó no, de la forma de pago y tiempo de recibirlo. Para el cálculo de la tasa a considerar de retorno de capital, se toma la tasa pasiva promedio a plazo fijo no mayor de noventa días (90) de los seis principales bancos del país.<sup>[8]</sup>

## 2.7. DIAGRAMA DE PARETO

El Diagrama de Pareto consiste en un tipo específico de histograma, ordenado por frecuencia de ocurrencia, que muestra cuántos defectos se han generado por tipo o categoría de causa.

En los diagramas de Pareto, el ordenamiento por categoría se usa para guiar la acción correctiva. El equipo del proyecto debería llevar a cabo acciones para solucionar primero los problemas que están causando la mayor cantidad de defectos. Los diagramas de Pareto están relacionados conceptualmente con la ley de Pareto, que sostiene que una cantidad relativamente pequeña de causas provoca generalmente la mayor parte de los problemas o defectos. Esto comúnmente se denomina principio 80/20, donde el 80 por ciento de los problemas se debe al 20% de las causas. Los diagramas de Pareto también se pueden usar para resumir todos los tipos de datos para los análisis 80/20.<sup>[10]</sup>

La construcción de un diagrama de Pareto comienza con la identificación de el problema a estudiar, se reúnen los datos ordenándolos de mayor a menor categoría, luego se totalizan para todas las categorías, simultáneamente se calcula el porcentaje del total que cada categoría representa, así como su acumulado. Para realizar grafico se trazan los ejes



horizontales y verticales, de manera que la escala del eje vertical izquierdo para frecuencia sea de cero al total, de izquierda a derecha trazar las barras para cada categoría en orden.

## **2.8. CIRCULO DE DEMING**

El círculo de Deming es una metodología recomendada para la realización de cualquier actividad que permite lograr los resultados esperados en forma sistemática, partiendo de información confiable para la toma de decisiones.<sup>[11]</sup> El círculo tiene cuatro fases: planear, hacer, verificar y actuar.

### **2.8.1. Planear**

En esta etapa se definen los objetivos que se persiguen lograr, determinando la situación actual a través de un diagnóstico de la problemática y las áreas de mejoras priorizadas en orden de importancia. También se definen las acciones de mejora necesarias para pasar de la situación actual a la situación deseada y se establece un plan de trabajo con los pasos a seguir para implementar las acciones de mejora.

### **2.8.2. Hacer**

Esta etapa es la de implementación de la solución definida. Es importante que se efectúe el plan tal como fue diseñado y que se establezcan mecanismos de control, para ir evaluando los progresos y/o corrigiendo las fallas.



### **2.8.3. Verificar**

La fase de verificación permite comparar los resultados obtenidos, contra los esperados. La verificación se da en dos momentos: mientras se implementa el proceso y cuando ya se tienen los resultados. La verificación pretende comprobar si lo que se planeó y ejecutó cumplió efectivamente con lo esperado.

### **2.8.4. Actuar**

De acuerdo con los resultados de la verificación, se deben ir haciendo los ajustes y replanteando las acciones para lograr los beneficios esperados. Si los resultados se lograron se debe estandarizar y sistematizar los procedimientos para asegurar el mantenimiento de los resultados.



# CAPÍTULO III

## DESARROLLO DEL PROYECTO

En este Capítulo se describe los aspectos metodológicos utilizados, y el procedimiento seguido en el desarrollo de la elaboración de precios unitarios referenciales para el sector de mantenimiento refractario de Ternium Sidor. Las figuras 3.1 y 3.2 muestran la esquemización de los aspectos metodológicos y del procedimiento seguido, respectivamente.

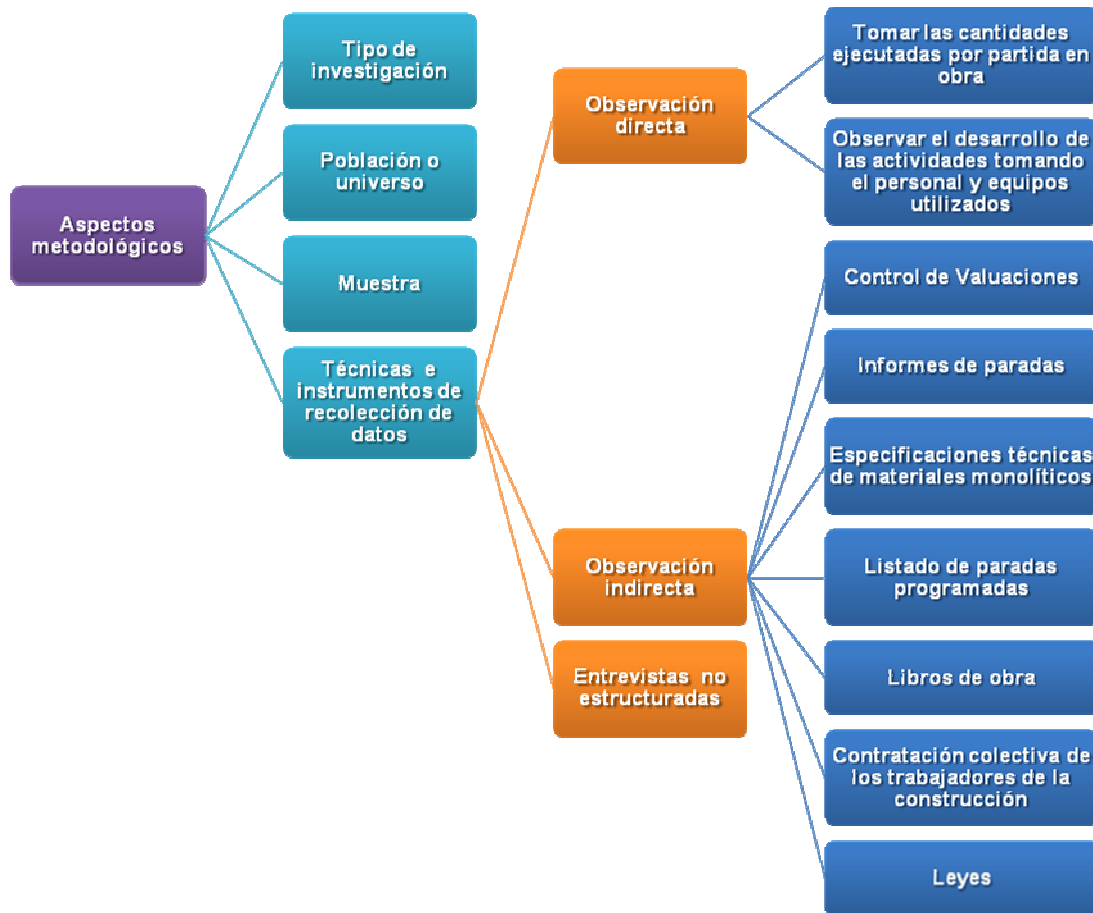


Figura 3.1. Esquema de los aspectos metodológicos utilizados.

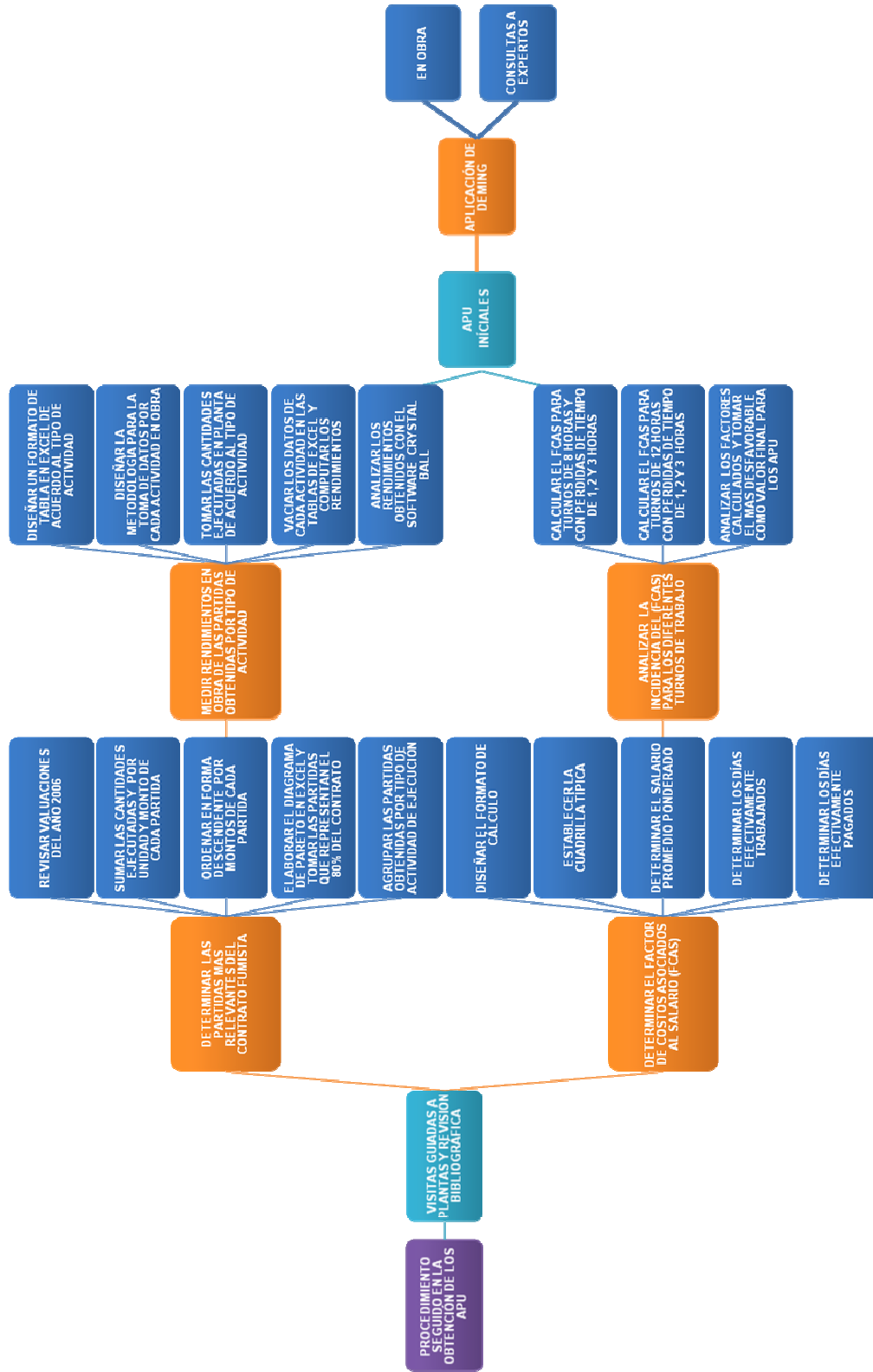


Figura 3.2. Esquema del procedimiento seguido en la elaboración de los APU  
Fuente: Elaboración propia



### 3.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizada en la elaboración de este proyecto fue la exploración de campo que según **Sabino** <sup>[12]</sup> consiste en recoger los datos o informaciones directamente de la realidad, permitiendo al investigador cerciorarse de las verdaderas condiciones, en donde se han conseguido sus datos, haciendo su revisión o modificación, en el caso de que surjan dudas respecto a su calidad. Se utilizó esta herramienta porque fue necesario estar presente en la ejecución de las actividades refractarias para obtener los datos para la determinación de los rendimientos, mano de obra y equipos utilizados en obra, para luego computar los precios unitarios referenciales.

#### 3.1.2. Población o universo

La población según **Sabino** <sup>[12]</sup>, considera que el sentido que cada persona constituye el origen, y la fuente de los datos obtenidos. Estas fuentes, que pueden ser personas, observaciones directas de situaciones, libros, documentos, etc., son lo que llamamos unidades de datos, y a la suma de todas las unidades se le da el nombre de universo. En esta investigación el origen de los datos principales que permitieron obtener las partidas más relevantes de contrato fumista, provinieron de las valuaciones digitalizadas del año 2006, a partir de estas partidas se recolecto en planta y libros de obras los datos posibles por parada para la obtención de rendimientos de cada partida, el resto de los datos que facilitaron el estudio provinieron de informes de paradas, listado de paradas de plantas, especificaciones de materiales y entrevistas a expertos del área y mano de obra directa.



### 3.1.3. Muestra

La muestra según **Sabino** <sup>[12]</sup> se define como una parte de todo que se llama universo y que sirve para representarlo, es decir, consiste en un número de sujetos que reúnen las mismas características de la población que será estudiada y por lo tanto son representativos de la misma. Cuando una muestra cumple con las condiciones anteriores, es decir, cuando refleja en sus unidades lo que ocurre en el universo, se denomina muestra representativa.

En esta investigación la muestra representativa de los datos principales fue seleccionada a través del diagrama de Pareto, para la obtención de los rendimientos se trabajó con toda la muestra obtenida en campo y de los libros de obra, analizándola con el programa estadístico Crystal Ball para obtener un rendimiento promedio por partida donde fue posible debido al comportamiento de los datos.

### 3.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.1.4.1. Observación directa

La observación es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar.<sup>[13]</sup> Esta técnica se utilizó para conocer las formas de ejecución de las actividades refractarias en cada planta donde se efectuaron los trabajos de mantenimiento refractario, así como la mano de obra utilizada, equipos y cantidades ejecutadas por turno.



### 3.1.4.2. Observación indirecta

La observación es indirecta cuando el investigador entra en conocimiento del hecho o fenómeno observando a través de las observaciones realizadas anteriormente por otra persona. Tal ocurre cuando nos valemos de libros, revistas, informes, grabaciones, fotografías, etc., relacionadas con lo que estamos investigando, los cuales han sido conseguidos o elaborados por personas que observaron antes lo mismo que nosotros. <sup>[13]</sup>.

Dentro de la información utilizada a través de esta técnica en esta investigación se encuentran: control de valuaciones, informes de las intervenciones de mantenimientos efectuados en las diferentes paradas de plantas, especificaciones de materiales y libros de obra

#### Control de valuaciones

El control de valuaciones son registros de las cantidades ejecutadas en unidad y costo por partida durante el año, especificadas por contrato y empresa que realizó las obras. Dentro de sí se mantiene una base de datos digitalizadas en Excel que permite verificar los gastos realizados y las cantidades ejecutadas por obras. La figura 3.3 muestra una pequeña parte del formato digital del registro de las valuaciones. Donde aparecen ítem y descripción del mismo que para el caso de esta investigación son código de la partida y descripción de ella, planta, precio unitario (reflejado con la unidad por no poderse mostrar por ser propiedad de la contratista), cantidad ejecutada, fecha, planta y el tipo de mantenimiento efectuado, y por último el total ejecutado y gasto generado por partida.



A		B		C		D		E		V		X		Y		Z		AA		AB	
<p><b>SIDOR</b>  <b>REFRACTARIOS DE PLANTA</b>  <b>CONTRATO GENERAL DE REFRACTARIOS</b>  <b>EMPRESA: KARRENA</b>  <b>SOLP</b>  <b>PEDIDO MARCO: 6700014591</b></p>																					
<p>TOTAL  CONSUMIDOS  DISPONIBLES</p>																					
<p>2' DE N°</p>																					
<p>2' Relaciones Totales</p>																					
<p>016 017 018 019 Total</p>																					
<p>464-34 662-01 662-01 464-34 Total</p>																					
<p>21/01/2006 20/01/2006 22/01/2006 18/01/2006 Bs.</p>																					
<p>30/01/2006 26/01/2006 22/01/2006 22/01/2006</p>																					
<p>OT 1001278143 OT 1001273840 OT 1001273863 OT 1001278143</p>																					
<p>Rec II H-31 Tarsa H-006 Tarsa H-015 Rec II H-04</p>																					
PLANTA	ITEM	DESCRIPCION DEL ITEM DE TRABAJO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO ADJUDICADO	016	017	018	019	Total Item	Total Bs.											
Laminacion en Caliente	12-10	Extracción de escama de laminación y escoria del piso del interior del Horno y Ductos en Frio.	M3	1		8,97	1,95		10,12	10,12											
Recocidos	14-10	Demolicion refractarios de Horno de Campana	M3	1	1,44			1,11	10,97	10,97											
	14-30	Vaciado Corona horno campana	M3	1	0,68			0,17	0,85	0,85											
	14-40	Retoques General Corona, Paredes y Techo.	CU	1					0,00	0,00											
Tareas Generales	17-10	Demolicion y Reparación de CAPAS de Mania Cerámica de Techo y Pared con Andamio.	M3	1		0,12			0,12	0,12											
	17-20	Calafateo de Juntas hasta 2" espesor	Ml	1		93,00			93,00	184,73											
	17-30	Demolicion y Reparación de MODULOS de Mania Cerámica de Techo y Pared con Andamio.	M3	1					0,35	0,35											
	17-200	Proyección de Materiales Densos s/anchajes	M3	1		0,46			0,46	0,46											
	17-210	Reconstrucción c/Plastico Apisonado de Bovedas y Techos c/colocación de Anclajes Ceramicos.	M3	1					0,00	0,00											
		Reconstrucción c/Plastico Apisonado de Paredes c/colocación de																			

Figura 3.3. Vista del formato de valuaciones en Excel de las actividades refractarias Fuente: Sector de mantenimiento refractario



### Informes de paradas

En los informes de paradas se detalla el alcance de las obras realizadas especificando cantidades de materiales utilizados, horas hombres empleadas, mano de obra utilizada, equipos intervenidos, duración, fotografías, termografías, planos de las zonas reparadas, mejoras en diseños y recomendaciones para futuras intervenciones.

### Especificaciones de materiales

El sector refractario de planta cuenta con una gran variedad de especificaciones técnicas de materiales o catálogos, donde se detallan la clasificación de material al cual pertenece, composición química de los, resistencia, densidad, temperatura de soporte, porcentaje de agua requerido por kilogramos de material, resistencia a la compresión, modulo de rotura y algunas otras características de cargas que resisten. En la figura 3.4 se muestra una hoja técnica tipo de moldeables refractarios del proveedor cerámicas Carabobo.

### Libro de obra

El libro de obra utilizado por Sidor, es donde se lleva el registro de cantidades ejecutadas por turno, y se especifican la fecha, planta, turno, equipo intervenido, cantidad y oficio de la mano de obra involucrada en la actividad, se detallan los trabajos dependiendo de las actividades realizadas tales como demolición, reconstrucción de masas, reconstrucción de piezas, e instalación de andamios. Estos datos son reportados y firmados en conjunto por los supervisores de la obra, por parte de sidor y la de la contratista ejecutora de los trabajos. En la figura 3. 5 se muestra una hoja tipo del libro de obra utilizado por Sidor.





 <b>MOLDEABLES</b>		<b>REFRACTARIOS</b>			
		<b>H-W SUPER MOLDEABLE</b>	<b>HARCAST</b>	<b>HARCAST ES</b>	<b>H-W ALTA ALUMINA MOLDEABLE</b>
<b>CLASIFICACIÓN</b>		Moldeable clase D (ASTM C-401)	Moldeable clase D (ASTM C-401) de bajo hierro	Moldeable clase D (ASTM C-401) de alta resistencia a la abrasión	Moldeable clase E (ASTM C-401)
Temperatura máxima de servicio, °C		1500	1540	1540	1650
Cantidad requerida para vaciado, kg/m <sup>3</sup>		2100	1900	2150	2200
Cantidad aproximada de agua requerida, litros por 100 kg de material seco		13 a 15	13 a 15	10 a 12	10 a 12
Peso Volumétrico (kg/dm <sup>3</sup> ) después de secado a 110 °C		2.14	2.05	2.22	2.29
Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> ) después de secado a 110 °C después de cocción a 815 °C		35 a 60 15 a 25	50 a 70 40 a 60	70 a 100 50 a 80	30 a 60 20 a 30
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) después de secado a 110 °C después de cocción a 815 °C		200 a 300 100 a 150	350 a 500 200 a 400	500 a 700 400 a 600	250 a 400 130 a 250
Cambio Lineal Permanente, % después de secado a 110 °C después de cocción a 815 °C después de cocción a 1480 °C después de cocción a 1600 °C		Insignificante -0.1 -0.5 a +0.5 ---	Insignificante -0.1 -0.1 a -1.5 ---	Insignificante 0.0 a -0.2 -0.1 a -1.0 ---	Insignificante -0.1 --- +0.3 a +1.5
Análisis Químico aproximado (%) (base calcinada):					
Sílice (SiO <sub>2</sub> )		41.4	55.0	38.2	28.0
Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		48.1	36.4	53.3	65.0
Titanía (TiO <sub>2</sub> )		2.0	1.2	1.4	2.3
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		1.8	1.4	1.6	1.5
Cal (CaO)		5.8	5.3	4.7	2.5
Magnesia (MgO)		0.2	0.1	0.2	0.2
Álcalis (K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O)					
<p>Los datos indicados representan propiedades promedio obtenidas con procedimientos y métodos descritos en las normas COVENIN y ASTM correspondientes, donde son aplicables, sobre lotes de producción comercial y no deben ser considerados especificaciones garantizadas.</p>					
		FABRICADOS EN VENEZUELA BAJO LICENCIA DE HARBISON-WALKER REFRACTORIES CO.			

Figura 3.4. Imagen de una hoja técnica tipo de materiales refractarios





**SIDOR**  
Refractarios de Planta

Página:

Control de Trabajos por turno

Planta:	Equipo:	Fecha:	Turno:
---------	---------	--------	--------

Fuerza laboral:	Sup:	T. Seg:	Elect:	Alb:	Ayud:	Carp:
	Sold:	Opr:	Proy:	Mec:	J.O:	Alm:

*Detalle Trabajos:*

Demolición:

A	Lugar:	Dimensiones x paños:
1		
2		
3		
4		
5		

Reconstrucción de Masas:

B	Lugar:	Vaciā	Proy	Con anc	Sin anc	Dimensiones	Material (nombre o código)	kg utilizados
6								
7								
8								
9								
10								

Reconstrucción de Piezas:

C	Lugar:	Dimensiones paños inst:	Nº Piezas	Dimensiones C/ Pieza	Aisl	Dens
11						
12						
13						

Andamios:

D	Lugar:	Dimensiones (considerando nodo a nodo) y cantid.
14		
15		

Observaciones Generales:

16	
17	
18	
19	
20	Se puede continuar al reverso e incluir planos y detalles de ejecución

Supervisor SIDOR \_\_\_\_\_ Supervisor contratista \_\_\_\_\_  
Firma \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Figura 3.5. Imagen de una hoja tipo del libro de obra Sidor



### 3.1.4.3 Entrevistas no estructuradas

La entrevista no estructurada según **Sabino** <sup>[12]</sup>, es aquella en donde existe una estandarización formal, habiendo por lo tanto un margen más o menos grande de libertad para la respuesta. Se utilizó como instrumento porque se consideró como una interrelación entre el investigador y las personas que componen el objeto de estudio. A través de la entrevista al personal se obtuvo informaciones relacionadas con la frecuencia y cantidad asignada de consumibles de seguridad (mascarillas, guantes, anteojos y algún otro implemento necesario para el desarrollo de sus actividades). Las entrevistas fueron de tipo libre y de forma verbal, permitiendo mayor libertad de respuestas.

## 3.2. PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE CÁLCULO

El proceso de elaboración de análisis de precios unitarios para las actividades de fumistería refractaria, se inició con la consulta de libros, informes de gestión y catálogos de materiales refractarios a fin de obtener información que facilitó familiarizar al investigador con dichos materiales. Simultáneamente se realizaron visitas guiadas a las diferentes plantas con el propósito de conocer sus procesos y la forma de ejecución de las actividades de fumistería refractaria. Cumplida esta fase de inicio se definió el problema a resolver y se plantearon cinco objetivos específicos que permitieron alcanzar el objetivo general, y a partir de ellos se diseñaron los pasos a seguir para cumplirlos.

El primer objetivo fue determinar las partidas mas relevantes del contrato a través del diagrama de pareto y esto permitió desarrollar los cuatro objetivos siguientes, el segundo fue determinar los rendimientos de las



partidas obtenidas en el primero y se ejecutó de forma paralela con el tercero donde se calculó el factor de costos asociados a los salarios (FCAS) , con el cuarto se pudo establecer la incidencia que tiene el (FCAS) en la duración de los turnos de trabajos según sidor y el ultimo objetivo consistió en aplicar la teoría del circulo de Deming calculando precios unitarios iniciales a fin de verificar sus componente en obra y a través de consultas expertos para luego obtener los precios unitarios definitivos.

### **3.2.1. Determinación de las partidas de mayor influencia en el contrato de fumistería refractaria usando el diagrama de Pareto.**

En la determinación de las partidas mas relevantes del contrato, se realizó inicialmente un resumen de las 15 valuaciones del año 2006 en una hoja de calculo de Excel que se muestra en la figura 3.6, realizado el resumen se procedió a determinar los datos necesarios para la elaboración del diagrama de pareto de la siguiente forma:

1. Se determinaron las cantidades de obras ejecutadas, para lo que se realizaron sumatorias de las cantidades realizadas por partida en cada valuación ( $\sum_{i=10}^{80} F_i + U_i$ ), donde F y U representan las columnas e i las filas de la tabla que se muestra en la figura 3.6.
2. Las cantidades obtenidas se multiplicaron por su precio unitario para obtener así los gastos parciales de cada partida ( $U_i \times E_i$ ).
3. Se sumaron los gastos parciales obteniendo así el gasto total anual ( $\sum_{i=10}^{80} V_i$ ).
4. Se calcularon los porcentajes de influencia de cada partida con respecto al gasto anual (ver columna Y de la figura 3.6) y Se ordenaron en forma descendente (mayor a menor).



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
15																										
16																										
19																										
20																										
30																										
31																										
33																										
34																										
37																										
38																										
39																										
40																										
41																										
42																										
78																										
79																										
81																										

Figura 3.6. Vista del resumen de valuaciones en Excel de las actividades refractarias Fuente: Sector de mantenimiento refractario, tabla elaboración propia



5. Se calcularon los porcentajes de influencia acumulada (ver columna Z de la figura 3.6).
6. Con los datos obtenidos de los pasos anteriores se procedió a elaborar el diagrama de Pareto, para ello, en la misma hoja de cálculo de Excel se insertó un gráfico del tipo personalizado de líneas y 2 columnas, a través del menú.
7. Se seleccionaron el rango de los datos de las columnas Y y Z.
8. Se establecieron los datos del eje de las abcisas (x) que se encuentran representados por la columna B.
9. Se dieron los formatos deseados al gráfico y se obtuvo el diagrama de Pareto que se muestra en la figura 3.7. A través del diagrama se identificaron las partidas que representan el 80% de influencia en el contrato (ver tabla 3.1) y solo se seleccionaron para el estudio las 14 primeras partidas que se muestran en la tabla 3.1 como las más influyentes.

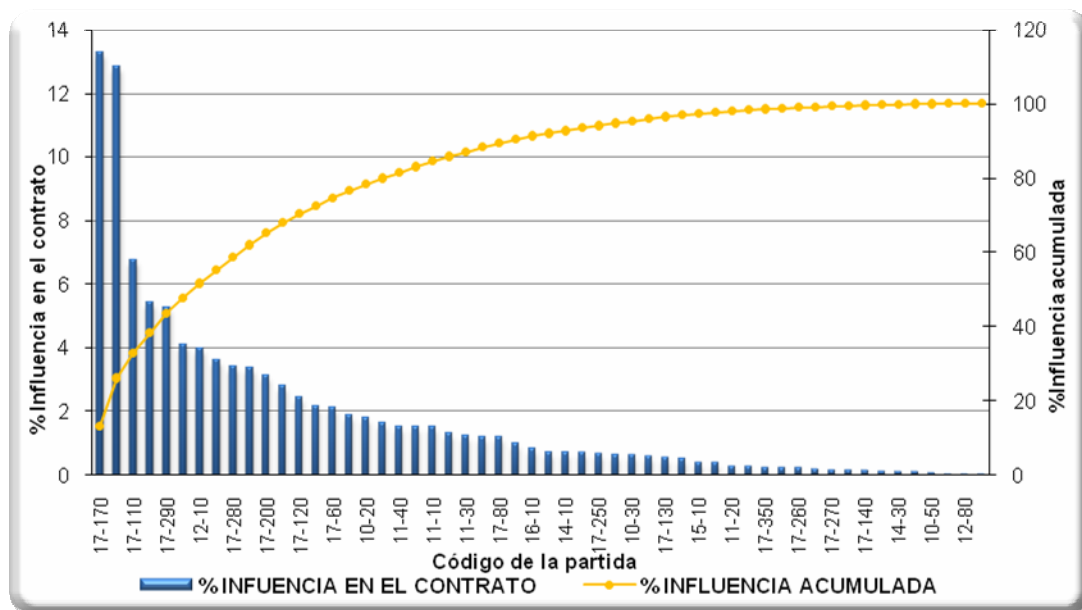


Figura 3.7. Diagrama de Pareto de las partidas de fumistería refractaria  
Fuente: Elaboración propia



Tabla 3.1. Partidas que representan el 80% influencia en el contrato de fumistería

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNID	%INFLUENCIA	%INFLUENCIA ACUMULADA
17-170	Proyección de materiales aislantes incluye la colocación de anclajes metálicos o cerámicos	m <sup>3</sup>	13,4	13,4
17-190	Proyección de materiales densos incluye la colocación anclajes metálicos o cerámicos	m <sup>3</sup>	12,9	26,3
17-110	Demolición de paredes en general.	m <sup>3</sup>	6,8	33,1
17-300	Vaciado de materiales densos incluye la colocación de anclajes metálicos o cerámicos	m <sup>3</sup>	5,5	38,6
17-290	Vaciado de materiales aislantes	m <sup>3</sup>	5,3	43,9
17-180	Proyección de materiales aislantes	m <sup>3</sup>	4,1	48,0
12-10	Extracción de escama de laminación y escoria del piso del interior del horno y ductos en frío.	m <sup>3</sup>	4,0	52,0
17-240	Reconstrucción paredes ladrillos densos en general	m <sup>3</sup>	3,6	55,6
17-280	Vaciado de materiales aislantes incluye la colocación de anclajes metálicos o cerámicos	m <sup>3</sup>	3,4	59,0
17-10	Demolición y reparación de capas de manta cerámica de techo y pared con andamio.	m <sup>3</sup>	3,4	62,4
17-200	Proyección de materiales densos	m <sup>3</sup>	3,2	65,6
17-310	Vaciado de materiales densos	m <sup>3</sup>	2,8	68,4
17-120	Demolición de pisos en general	m <sup>3</sup>	2,5	70,9
17-90	Colocar placas aislantes en pisos	m <sup>3</sup>	2,2	73,1
17-60	Armar y desarmar andamios	m <sup>3</sup>	2,1	75,2
17-230	Reconstrucción paredes ladrillos aislantes en general	m <sup>3</sup>	1,9	77,1
12-20	Construcción de cámaras/pared quemadores de quema y pre quema con piezas pre moldeadas.	cu	1,8	78,9
17-100	Demolición de ductos en general	m <sup>3</sup>	1,6	80,5

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen la forma de ejecución de las partidas de mayor influencia en el contrato mostradas en la tabla 3.1. La descripción de las actividades se hará por grupos incluyendo las tres últimas partidas que no fueron estudiadas, de acuerdo a su técnica de ejecución en: proyección, vaciado, extracción de escoria, demolición, reconstrucción con ladrillos



densos, colocación de placas aislantes, armado de andamio y construcción de cámaras de combustión con piezas premoldeadas.

### **3.2.1.1. Descripción de las partidas de proyección de materiales densos y livianos.**

En este grupo de partidas se encuentran las de códigos: 17-170; 17-180, 17-190 y 17-200, todas se realizan de forma similar, la diferencia está en la aplicación del tipo de material y la colocación o no de anclaje.

El procedimiento de proyección de materiales consiste en impulsar el material de forma neumática hacia la superficie a cubrir con movimientos elípticos, a través del equipo de proyección como ya se dijo en el capítulo II. Para ello se realizan los siguientes pasos:

Inicialmente se realiza un pre humedecimiento y mezclado del material con el porcentaje de agua recomendado en sus especificaciones técnicas. El material mezclado es vertido en una bandeja metálica de dimensiones 1x2 m donde es repartido con palas en toda la extensión, y desde allí es succionado por la proyectadora para la alimentación neumática de la mezcla a través de la manguera de proyección.

En el procedimiento de proyección se utilizan los siguientes equipos: mezcladoras intensivas para el mezclado del material con la cantidad requerida de agua, un compresor portátil de 750 cmf (93,75 m<sup>3</sup>/min) y 1250 psi (87,5kg/cm<sup>2</sup>) para alimentar la presión necesaria al equipo de proyección de doble campana generalmente de la marca Allentown figura 2.5 del Capítulo II y equipos complementarios de seguridad y albañilería.



Cuando se trata de las partidas que incluyen la actividad previa de soldar anclas bien sea metálicas o cerámicas, el procedimiento se desarrolla de la siguiente manera: se limpia bien la superficie a revestir quitando residuos de materiales y óxidos, luego se traza una cuadrícula en la superficie con las separaciones recomendadas dependiendo de si es techo, pared etc., seguidamente se procede a soldar las anclas asegurándose de que estas hallan quedado bien fijas y se le retira con una piqueta de soldador los excesos de material fundente de la varilla de soldadura y por último se verifica que todos los anclajes tengan sus puntas revestidas como se explicó en el Capítulo II. En la figura 3.8 se muestran ejemplos de los equipos utilizados en la proyección de materiales densos o livianos, cuadrícula para la colocación de anclaje y operador de la boquilla del la proyectadora.

La mano de obra utilizada por lo general en la proyección de materiales densos y livianos se puede observar en la tabla 3.2. En la figura 3.9 se muestra la mano de obra y equipos utilizados en el área de preparación de la mezcla para ser instalada por proyección.

Tabla 3.2. Mano de obra utilizada en la proyección de materiales densos o livianos

Nº	OFICIO	DESCRIPCIÓN
1	Soldador	Colocar los anclajes cerámicos o metálicos según diseño.
1	Albañil	Alisar y emparejar las superficies revestidas
1	Operador Allentown	Manipular la proyectadora proporcionando la presión necesaria para el bombeo del material y mantiene comunicación constante vía radio con el Proyectador a fin de que este obtenga la calidad requerida para ser colocado.
1	Operador de la boquilla o Proyectador	Dirigir la boquilla de la manguera de proyección hacia la superficie a cubrir.
1	Carpintero	Realizar los encofrados que se requieran en los equipos según diseño.
5	Ayudante	4 de ellos se encargan de colocar el material en la mezcladora y verterlo en la bandeja metálica, y el restante asistir al soldador.

Fuente: Elaboración propia





Figura 3.8. Ejemplos de equipos utilizados en el revestimiento por proyección: a) maquina de soldar Lincoln R3R-300; b) mezcladora intensiva; c) equipo de proyección; d) operador de la boquilla del equipo de proyección instalando el material, e) compresor portátil de 750 cfm.



Figura 3.9. Imagen de la preparación de la mezcla para ser instalada por proyección

### **3.2.1.2. Descripción de las partidas de vaciado de materiales densos y livianos.**

En este grupo de partidas se encuentran las de códigos: 17-280; 17-290, 17-300 y 17-310, todas se realizan de forma similar la diferencia esta en la aplicación del tipo de material y la colocación o no de anclaje. La instalación de materiales por técnica de vaciado se realiza en tres fases mezclado y transportado, vertido, vibrado y curado (ver figura 3.10).

#### Mezclado

El mezclado se realiza de forma mecánica en mezcladoras especiales (verticales con eje de rotación paralelo al plano horizontal), con tiempos de agitación de 2 a 3 minutos como mínimo para los densos y para los aislantes no se deben superar ese rango de tiempo, ya que un exceso de mezclado acelera el fraguado. Al inicio del mezclado se vierte entre la mitad y las tres



cuartas partes del agua recomendada por el fabricante, el resto se le añade en pequeñas proporciones a partir del momento en que el concreto comience a adquirir un color uniforme, hasta obtener la consistencia deseada.

### Vertido

El vertido consiste en colocar el concreto mezclado anteriormente en bandejas metálicas  $1\text{m}^2$ , para facilitar la colocación en baldes para trasladarlo al lugar a revestir, seguidamente se vacía en moldes o formaletas y/o en paños con dimensiones específicas de  $1\text{m}^2$  para materiales livianos y  $2\text{m}^2$  para materiales densos.

### Vibrado

El vibrado se realiza luego de haberse instalado el material en la superficie a revestir se realiza la técnica de vibrado recomendado por el fabricante dependiendo del tipo de material, para materiales de granos gruesos y moldeables de alta resistencia mecánica el vibrado se realiza por inmersión y para los moldeables de bajo y ultra bajo cemento vibración externa, con la finalidad de reducir los espacios de vacíos, evitando la formación de agujeros y canales en el concreto instalado.

El método de vibrado por inmersión consiste en la utilización de vibradores internos (con frecuencias de 8000 a 15000 vibraciones por minuto). Su diámetro normalmente oscila entre 1" y 3". Sumergidos en la mezcla, deben actuar hasta la formación de una película acuosa o brillante en sus alrededores. La velocidad de avance debe mantenerse entre 1,5 y 3m por min. Verificar que el material entre anclajes sea vibrado para rellenar adecuadamente todos los espacios. Retirarlos lentamente para evitar la retención de una burbuja de aire y luego se nivelan las superficies.



El método de vibración externa solo puede realizarse en encofrados metálicos debido a que la madera no es una buena conductora de la vibración de alta frecuencia, consiste en agregarle presión al encofrado haciendo mover el concreto dentro de él. Los vibradores externos deben operar a frecuencias comprendidas entre 50Hz y 100 Hz. Se debe controlar en forma permanente el tiempo de vibrado para que no se produzca la segregación del hormigón, particularmente en las zonas adyacentes a los encofrados. Este tipo de vibrado no fue observado en planta su descripción es solo información complementaria.

#### Curado y Secado

El curado se realiza a través de dos vías una es la húmeda y la otra es por calentamiento. El curado húmedo se realiza tapando con bolsas humedecidas durante 24 horas las superficies revestidas, luego de realizar el curado húmedo inicial se retiran los moldes o encofrados dejando que continúe su secado al aire indefinidamente antes de aplicar el calor. Este curado inicial se realiza a fin de evitar que en la superficie del concreto ocurran pérdidas de agua antes de que esté completamente hidratado, debido a la temperatura existente durante el vaciado que normalmente puede ser la temperatura ambiente.

El secado consiste en aplicación de calor controlado por equipos especiales para eliminar la humedad almacenada por el concreto durante el proceso de curado. Durante este proceso el agua retenida se libera como vapor a unos 100°C, mientras que el agua de hidratación sale entre un rango de 204 a 649°C. Este procedimiento se realiza a fin de evitar que al ocurrir un calentamiento brusco se pueda producir la expulsión violenta de vapor hacia el exterior, causando daños en la estructura de concreto.



Para el procedimiento de calentamiento se realiza una curva previa de cómo se irá ascendiendo la temperatura hasta lograr la temperatura de trabajo y poner en marcha los equipos, la curva se basa en recomendaciones hechas por los fabricantes de acuerdo a la composición química de cada material, el hecho de que en un equipo se utilizan diferentes tipos de materiales se debe comenzar con el ascenso de la temperatura a partir del material mas desfavorable. Por ejemplo la rata típica de calentamiento inicial aproximadamente es de 24 a 38°C por hora, pero en los cementos aluminosos de alta pureza y resistencia es de 12 a 18°C por hora. Este procedimiento se realiza en general para los materiales vaciados o proyectados. En la figura 3.11 se puede ver un ejemplo de una curva de calentamiento y en la 3.12 ejemplos de zonas revestidas por proyección y vaciado de materiales.

La mano de obra utilizada por lo general en el vaciado de materiales densos o livianos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.3. Mano de obra utilizada en el vaciado de materiales densos o livianos

Nº	OFICIO	DESCRIPCIÓN
1	Soldador	Colocar los anclajes cerámicos o metálicos según diseño
1	Albañil	Alisar y emparejar las superficies revestidas
1	Carpintero	Realizar los encofrados que se requieran en los equipos según diseño
5	Ayudante	4 de ellos se encargan de colocar el material en la mezcladora y vertirlo en la bandeja metálica y transportarlo hasta el sitio donde será colocado, el restante se encarga de asistir al soldador.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.10. Ejemplos de las etapas y equipos utilizados en el revestimiento por vaciado: a) mezcladora intensiva, b) transporte de la mezcla mediante baldes; c) vertido en piso de la mezcla; d) vibrado; e) disposición del equipo de secado imagen referencial de la empresa Reframec; f) equipo de secado utilizado por Pirca (empresa que normalmente presta sus servicios de secado a SIDOR).

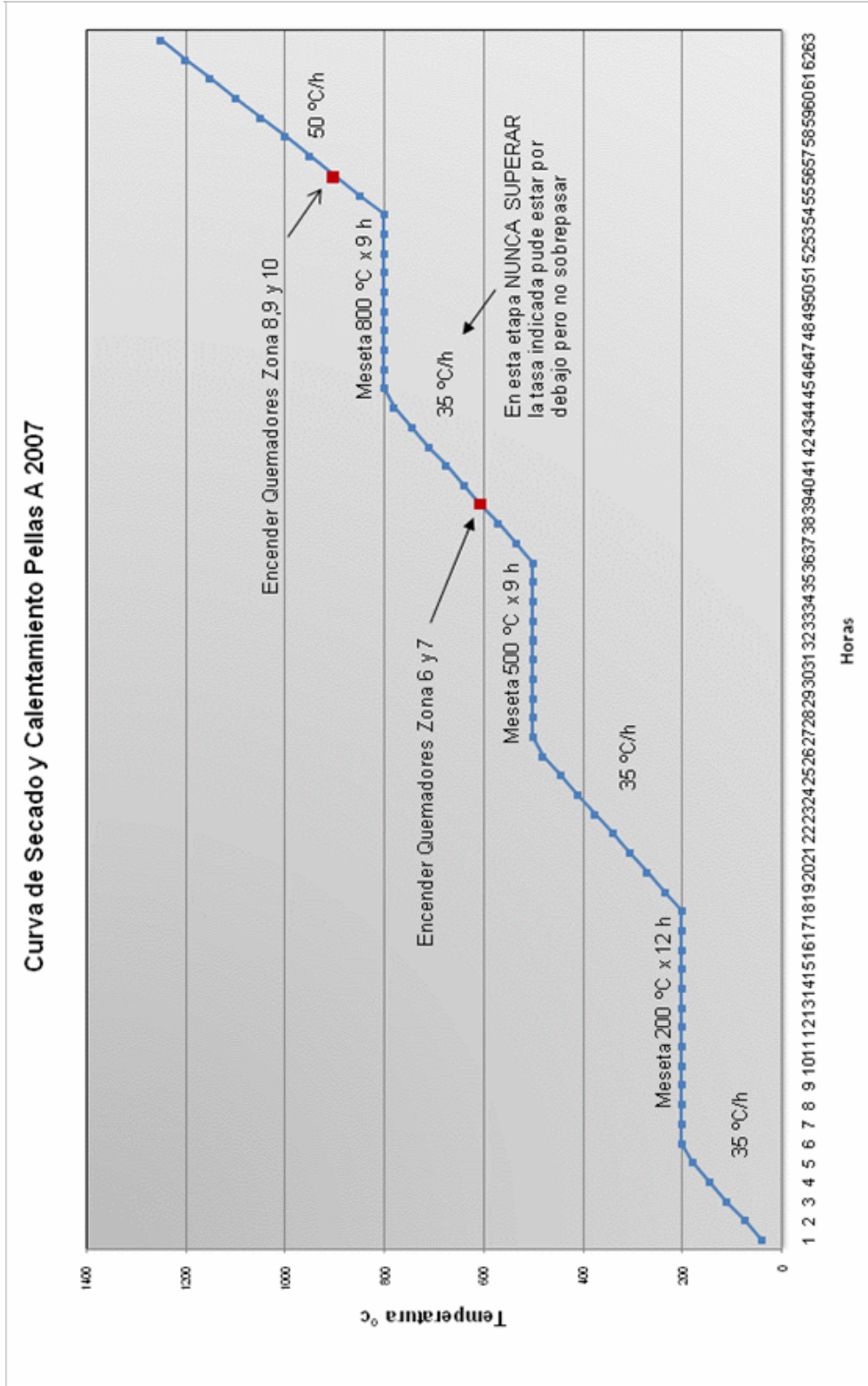


Figura 3.11.: Curva de secado y calentamiento de la Rex de Pellas línea A 2007

Fuente: Refractarios de planta SIDOR



Figura 3.12. Ejemplos del antes y después de revestimiento refractario: a) Distribución de anclas metálicas soldadas en sección de bóveda de pellas, b) revestimiento de la sección de bóveda por proyección; c) bajante del ducto a la cámara de combustión en pellas con anclajes cerámicos; d) bajante revestido por proyección; e) distribución de anclajes cerámicos en sección de bóveda en la zona de quema en pellas; f) vaciado de la sección de bóveda en la zona de quema.





### 3.2.1.3. Descripción de las partidas de demolición de materiales refractarios

En este grupo de partidas se encuentran las de códigos: 17-110; 17-120 y 17-130, todas se realizan de forma similar, la diferencia depende de la ubicación de la superficie a revestir (pared, piso o ducto).

La demolición consiste en devastar materiales refractarios dañados con martillos neumáticos (plogas), mandarría u otro equipo percutor que facilite el debilitamiento del material, de pisos, techos, paredes y ductos de hornos, reactores precalentadores, reformadores u otros. Su retiro de los equipos se realiza mediante carretillas (donde sea posible), así como en cajas metálicas transportadas por puentes grúas hasta lugares accesibles a camiones volteos para su posterior traslado al relleno sanitario de SIDOR o donde éste lo designe. La figura 3.13 muestra algunas secciones demolidas y acarreo de escombros.

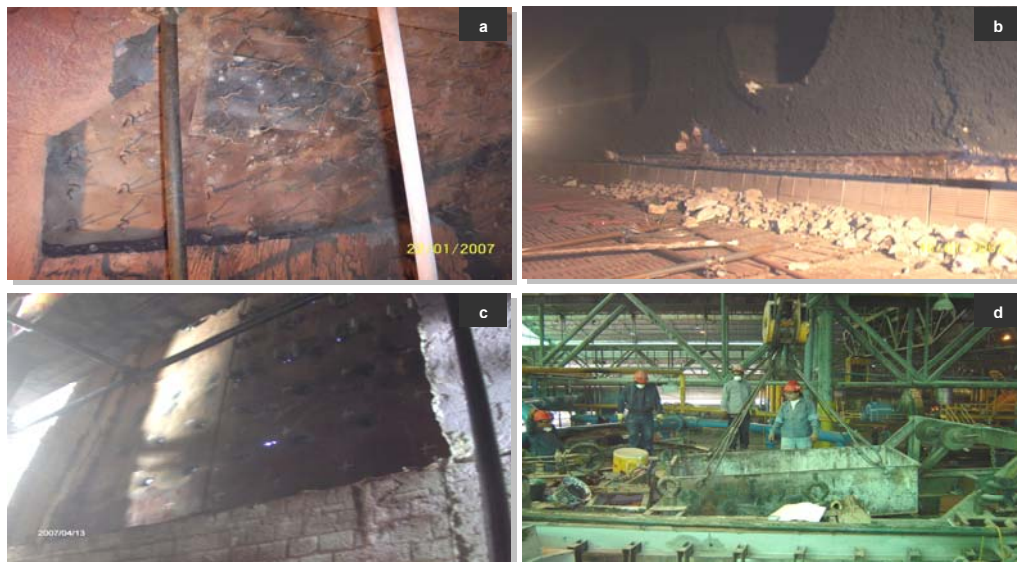


Figura 3.13. Ejemplos de secciones demolidas: a) Sección el ducto recuperador de pellas, b) dinteles, c) sección de pared reformador; d) acarreo de escombros mediante puentes grúas.



#### **3.2.1.4. Descripción de la partida Extracción de escama de laminación y escoria del piso del interior del horno y ductos en frío.**

La extracción de escoria consiste en retirar todo el residuo de hierro fundido dentro de los hornos de laminación, comienza con el enfriamiento del horno, luego se realizan mediciones de temperatura por parte de protección e higiene de planta para determinar los períodos de permanencia dentro del horno realizando la labor y el período de recuperación que debe tener cada trabajador para volver a entrar, lo que se denomina trabajo en régimen caliente y se establece un número de cuadrillas que se turnan en el período de tiempo que se imponga, por ejemplo se trabajan 10 min y se descansa 50 min, entra la otra cuadrilla y así sucesivamente hasta completar el ciclo. En las puertas de los hornos se colocan ventiladores de aire para tratar de minimizar el calor presente en ellos.

La labor de extracción se realiza con palas y transportando con carretillas hasta las afueras de los hornos, donde son apilados hasta tener una gran cantidad de material extraído para luego ser colocados en cajas metálicas y transportadas por grúas puentes hasta un lugar externo de la planta donde pueda acceder un camión volteo para el acarreo a su destino final que disponga Sidor. En la figura 3.14 se pueden observar algunas de las fases de ejecución de la extracción de escoria.

#### **3.2.1.5. Descripción de las partidas de Revestimiento instalado por colocación de materiales de fibras**

El revestimiento por colocación de materiales de fibra (placas y mantas), se realizan de manera similar, consiste en adherir estas a la carcasa metálica del equipo a revestir con mortero refractario cuidando no



dejar espacios vacíos entre el material de fibra y la superficie a cubrir, estos a su vez se sujetan con anclajes metálicos en el caso de las mantas y cerámicos cuando se trate de placas. Las juntas entre material se rellenan con mortero, sin superar un espesor de 3mm, y se cortan de acuerdo al diseño.



Figura 3.14. Ejemplos de fases de extracción de láminas y escoria de hornos: a) Puerta del horno con extractores de aire; b) escoria dentro del horno; c) colocación del material en carretillas; d) traslado en cajas metálicas.



### 3.2.1.6. Descripción de las partidas de reconstrucción con ladrillos.

Esta actividad se realiza de forma similar a la colocación de ladrillos en la construcción civil, utilizando hilos, reglas, niveles manuales, plomadas y equipos de albañilería tradicional. Consiste en adherir los ladrillos con mortero refractario de acuerdo a la forma de los equipos con juntas no mayor de 2 mm y cuidando no dejar espacios vacíos, y donde se requiera según diseño se colocan en las juntas fibra cerámica como aislamiento térmico. En la figura 3.15 se pueden ver algunos ejemplos de paredes reconstruidas con ladrillos densos.



Figura 3.15. Ejemplo de actividades de reconstrucción de ladrillos densos: a) y b) construcción de pared cilíndrica de la cámara de combustión de HyL con ladrillos densos tipo arco, c) pared circular del ducto recuperados de pellas, d) pared media luna del ductor recuperador de pellas.



### **3.2.1.7. Descripción de la partida de armado de andamio**

El armado de andamio consiste en fabricar estructuras de soporte con tubos estructurales de 1½” de diámetro, conectados con abrazaderas metálicas y entablonados con maderas entre 2” y 3”, amarradas con alambre para evitar que los tablonos deslicen. Dentro del contrato general de Ternium Sidor, existen tres tipos de partidas que involucran esta actividad una es general para todas las plantas y las dos restantes específicamente a la construcción de andamios dentro de reactores de HYL II.

Los andamios construidos en forma general para todas las plantas se cotizan en m<sup>3</sup> fabricados y para los específicos de la planta HyL en los reactores se cotizan por mesas construidas. El armado de andamios dentro de los reactores de HYL tiene carácter especial por realizarse en forma de hexágono dejando su centro libre para permitir el ascenso y descenso de materiales, equipos y personal. Todo el personal que labore en esta actividad debe estar sujetado con un cinturón de seguridad (arnet). En la figura 3.16 se muestran diferentes tipos de andamios.

### **3.2.1.8. Descripción de la partida de Construcción de cámaras de combustión de pellas con piezas premoldeadas.**

La construcción de cámaras de combustión de pellas, consiste en armar el kit de piezas premoldeadas diseñadas específicamente para este tipo de equipos que vienen identificadas cada una con una letra y posición, el sentido de colocación de cada pieza es recomendación hecha por su fabricante. La construcción se inicia en una primera fase en adherir placas de fibra cerámica a la carcasa metálica del equipo con mortero refractario que antes son pintadas con asfalto líquido, conjuntamente se ubica el centro



definiendo el radio de la cámara que servirá de guía para el acople de las piezas, luego se inicia la colocación de piezas premoldeadas fijadas a las placas con un espesor determinado de concreto refractario liviano. En la figura 3.17 se pueden observar las diferentes fases de ejecución para la construcción de una cámara de combustión.



Figura 3.16. Ejemplos de andamios: a) andamio construido en el interior de un horno de recocidos, b) andamio construido en el ducto de gas en Midrex I, c) andamio en el interior del reformador de Midrex I, d) andamio en el ducto de gases del reactor 6 de HyL .



Figura 3.17. Ejemplos de fases construcción de una cámara de combustión: a) Cámara totalmente demolida y en centro quemador dañado, b) colocación de placas de fibra cerámica a la carcasa metálica del equipo, c) detalle del espesor de concreto entre la placa y la pieza premoldeada, d) instalación de piezas en el anillo, e) encofrado de madera que sirve de apoyo al cierre del anillo, f) cámara totalmente construida.



### **3.2.2. Determinación de rendimientos reales en las labores de fumistería refractaria de mayor incidencia en el contrato.**

Para la determinación de rendimientos de las 14 partidas objeto de estudio, se diseñó una metodología de cálculo en base al tipo de actividad a desarrollar clasificadas de la siguiente forma:

- ✓ Proyección y vaciado
- ✓ Demolición
- ✓ Extracción de escamas y escorias
- ✓ Colocación de placas y mantas aislantes
- ✓ Reconstrucción con ladrillos

En obra se tomó la cantidad ejecutada por jornada y turno de trabajo, esta información se completó con los reportes del libro de obra y consulta de expertos. Los datos obtenidos se tabularon en hojas de cálculo de Microsoft Excel diseñadas para cada partida donde se computaron los rendimientos en cantidad ejecutada por horas hombres invertidas.

#### **3.2.2.1. Mediciones de rendimientos para partidas de proyección y vaciado.**

Las mediciones realizadas para la determinación de rendimientos estándares de las actividades de proyección y vaciado de materiales densos y aislantes con y sin anclajes, se realizaron tomando las horas hombres empleadas en instalar los materiales, así como la cantidad ejecutada en kg. Para el caso de las partidas que involucran la actividad previa de soldar anclas, se tomaron los turnos y personal utilizados en desarrollar la actividad





y se adicionaron de forma fraccionada a los turnos empleados en revestir las superficies con material refractario. Los volúmenes instalados se obtuvieron con la densidad del material y el rendimiento en m<sup>3</sup>/hh. Las expresiones de cálculo utilizadas para la determinación de los rendimientos son las siguientes:

$$hh = \sum Personal \times dt \quad (3.1)$$

$$v = \frac{m}{\rho} \quad (3.2)$$

$$r = \frac{\sum v}{hh} \quad (3.3)$$

Donde:

hh: Horas hombres empleadas en desarrollar una actividad cualquiera.

$\sum$  Personal: Sumatoria del número trabajadores observados en obra.

v : Volumen instalado por técnicas de instalación de proyección y vaciado en m<sup>3</sup>.

m: Cantidad de material instalado en kg.

$\rho$  : Densidad del material en kg/m<sup>3</sup>.

r : Rendimiento de cualquiera de las actividades estudiadas en m<sup>3</sup>/hh.

A continuación se muestran dos ejemplos del procedimiento de cálculo utilizado en la determinación de los rendimientos para técnicas de aplicación por vía de proyección y vaciado.



**Ejemplo 1:** Determinación de rendimiento por técnica de proyección de materiales densos 40 TRV y RDC 94 sin anclajes partida (17-200), en el equipo AB – 2013, usando los datos de la tabla 3.7 (posición 1) y las ecuaciones 3.1 a 3.3, se obtiene lo siguiente:

$$hh = (3 + 3) \times 12 = 72$$

$$V_{40TRV} = \frac{1800}{2650} = 0,6792 \text{ m}^3$$

$$V_{RDC94} = \frac{1800}{2580} = 0,6977 \text{ m}^3$$

$$r = \frac{(0.6792 + 0.6977)}{72} = 0.0191 \text{ m}^3/\text{hh}$$

**Ejemplo 2:** Determinación de rendimiento por técnica de proyección de material aislante 22 con anclajes (partida 17-170), en el ducto recuperador de pellas, haciendo uso de la tabla 3.4 (posición 2) y las formulas 3.1 a 3.3. se obtiene lo siguiente:

$$hh = (2,5 + 4,5) \times 12 = 84$$

$$v = \frac{800}{897} = 0,892 \text{ m}^3$$

$$r = \frac{0,892}{84} = 0,011 \text{ m}^3/\text{hh}$$

Las tablas 3.4 a la 3.11 que se muestran a continuación corresponden al registro de los datos obtenidos en campo y del libro de obra, para la obtención de rendimientos por técnicas de proyección y vaciado.

Tabla 3.4. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-170

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dtt hr	hh	Personal		Material	m kg	d kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
							N°	Oficio					
1	Pellas	Horno AG-3008 Ducto Recuperador	25/01/07	1	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 26	360	1400	0,257	0,003
2	Pellas	Horno AG-3008 Ducto Recuperador	26/01/07	1	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	800	897	0,892	0,011
3	Pellas	Horno AG-3008 Enfriamiento	26/01/07	2	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	300	897	0,334	0,004
4	Pellas	Horno AG-3008 Catedral y Cámara C	27/01/07	1	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	880	897	0,981	0,012
5	Pellas	Horno AG-3008 Enfriamiento	27/01/07	2	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	400	897	0,446	0,005
6	Pellas	Horno AG-3008 Cámara B	28/01/07	1	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	800	897	0,892	0,011
7	Pellas	Horno AG-3008 Bóveda de enfriamiento	28/01/07	1	12	180	6,5 8,5	Oficial Ayudante	LV 22	3900	897	4,348	0,024
8	Pellas	Horno AG-3008 Quemadores	29/01/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 26	2100	1400	1,500	0,016
9	Pellas	Horno AG-3008 Cámara 11 Prequema	30/01/07	1	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 26	680	1400	0,486	0,007
10	Pellas	Horno AG-3008 Cámara 8	30/01/06	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 26	500	1400	0,357	0,004
11	Pellas	Horno AG-3008	01/02/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 22	500	897	0,557	0,006
12	HyL II	Reactor 2 Cilindro	02/03/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 26	500	1400	0,357	0,004
13	HyL II	Reactor 2 Zona Refrigerada	03/03/07	1	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LIV 26	1200	1400	0,857	0,009
14	HyL II	Reactor 4	09/03/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LIV 26	375	1400	0,268	0,003
15	HYL II	Reactor 5	15/03/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 22	450	897	0,502	0,005
16	Midrex I	Recuperadores	11/04/07	1	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 22	2020	897	2,252	0,023





Tabla 3.4.1. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-170

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt	hh	Personal N°	Oficio	Material	m kg	d kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
17	Midrex I	Recuperadores	12/04/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 22	2600	897	2,899	0,030
18	Midrex I	Recuperadores	13/03/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 22	2240	897	2,497	0,026
19	Midrex I	Cigarra y Recuperadores	15/04/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 22	1020	897	1,137	0,012
20	Midrex I	Reformador	15/04/07	1	12	168	6 8	Oficial Ayudante	LV 22	4720	897	5,262	0,031
21	Midrex I	Ducto de aire caliente	16/04/07	1	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 22	1520	897	1,695	0,018

Tabla 3.5. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-180

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt	hh	Personal N°	Oficio	Material	m kg	d kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
1	Pellas	Horno AG-3008 Zona de quema	25/01/07	1	12	72	2 4	Oficial Ayudante	LV 26	3600	1400	2,571	0,036
2	Pellas	Horno AG-3008 Ducto recuperador	25/01/07	1	12	72	2 4	Oficial Ayudante	LV 26	350	1400	0,25	0,003
3	Pellas	Horno AG-3008 Ducto recuperador	30/01/07	2	12	72	2 4	Oficial Ayudante	LV 22	900	897	1,003	0,014
4	Midrex II	Recuperadores	31/01/07	1	12	96	3 5	Oficial Ayudante	LV 22	1700	897	1,895	0,02
5	Pellas	AB - 2013	01/01/07	2	12	72	2 4	Oficial Ayudante	LV 26	500	1400	0,357	0,005
6	Midrex I	Reformador Ducto de radiación	13/04/07	1	12	72	2 4	Oficial Ayudante	LV 22	850	897	0,948	0,013
7	Midrex I	Ducto gas tope, cigarra, recuperadores	13/04/07	2	12	72	2 4	Oficial Ayudante	LV 22 LV 26	740 460	897 1400	0,825 0,329	0,016
8	Midrex I	Recuperadores	13/04/07	1	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	600	897	0,669	0,008

Tabla 3.6. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-190

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dtt hr	hh	Personal		Material	m kg	ρ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
							N°	Oficio					
1	Pellas	Horno AG-3008 Dinteles	24/01/07	2	12	120	4,5 5,5	Oficial Ayudante	MM55S5V	3500	2600	1,346	0,011
2	Pellas	Horno AG-3008 Dinteles	25/01/07	1	12	120	4,5 5,5	Oficial Ayudante	MM55S5V	1625	2600	0,625	0,005
3	Pellas	Horno AG-3008 Dinteles	25/01/07	2	12	120	4,5 5,5	Oficial Ayudante	MM55S5V	2500	2600	0,962	0,008
4	Pellas	Horno AG-3008 Dinteles	26/01/07	1	12	108	3,5 5,5	Oficial Ayudante	MM55S5V	2375	2600	0,913	0,008
5	Pellas	Horno AG-3008 Ducto Recuperador	26/01/07	2	12	132	5 6	Oficial Ayudante	HARCAST ES	4000	2150	1,860	0,014
6	Pellas	Horno AG-3008 Pared y Techo	27/01/07	1	12	108	4 5	Oficial Ayudante	HARCAST ES	5100	2150	2,372	0,022
7	Pellas	Horno AG-3008 Pre- Quema	27/01/07	2	12	108	4 5	Oficial Ayudante	40TRV	3600	2650	1,358	0,013
8	Pellas	Horno AG-3008 Pared y Techo	27/01/07	2	12	144	5,5 6,5	Oficial Ayudante	HARCAST ES MM55S5V	2000 1500	2150 2600	0,930 0,577	0,145
9	Pellas	Horno AG-3008 Enfriamiento	28/01/07	1	12	108	4 5	Oficial Ayudante	HARCAST ES	4175	2150	1,942	0,018
10	Pellas	Horno AG-3008 Cámara C LC	28/01/07	1	12	120	5,5 4,5	Oficial Ayudante	HARCAST ES	2875	2150	1,337	0,011
11	Pellas	Horno AG-3008 Bóveda enfriamiento	28/01/07	2	12	144	6,5 5,5	Oficial Ayudante	HTMIX	5900	2170	2,719	0,019
12	Pellas	Horno AG-3008 Pre- Quema	28/01/07	2	12	108	4 5	Oficial Ayudante	HTMIX	4000	2170	1,843	0,017
13	Pellas	Horno AG-3008 Bóveda enfriamiento	29/01/07	1	12	132	6,5 4,5	Oficial Ayudante	HTMIX	4725	2170	2,177	0,016
14	Pellas	Horno AG-3008 Bóveda enfriamiento	29/01/07	2	12	132	6,5 4,5	Oficial Ayudante	HTMIX	9700	2170	4,470	0,034
15	Pellas	Horno AG-3008 Dinteles	29/01/07	2	12	108	4,5 4,5	Oficial Ayudante	MM55S5V	700	2600	0,269	0,002



Tabla 3.6.1. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-190

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	hh	Personal		Material	m kg	ρ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
							N°	Oficio					
16	Pellas	Horno AG-3008 Ducto Recuperador	30/01/07	1	12	120	5	Oficial	HTMIX	1800	2170	0,829	0,007
							5	Ayudante					
17	Pellas	Horno AG-3008 Cámara 8 LO	30/01/07	1	12	120	5,5	Oficial	40TRV	3250	2650	1,226	0,010
							4,5	Ayudante					
18	Pellas	Horno AG-3008 Zona de Quema	30/01/07	2	12	108	4	Oficial	40TRV	6000	2650	2,264	0,024
							5	Ayudante					
19	Pellas	Horno AG-3008 Cámara 8 LC	30/01/07	2	12	90	3,5	Oficial	40TRV	7000	2650	2,642	0,029
							4	Ayudante					
20	Pellas	Horno AG-3008 Cámara 8 LC	31/01/07	1	12	102	3,5	Oficial	40TRV	5250	2650	1,981	0,019
							5	Ayudante					
21	Pellas	Horno AG-3008 Cámara 8 LC Ducto 5015	31/01/07	2	12	120	4,5	Oficial	40TRV	1000	2650	0,377	0,014
							5,5	Ayudante	HTMIX	1000	2170	0,461	
									HARCAST ES	1800	2150	0,837	
22	Pellas	AB -2013	01/02/07	2	12	108	4	Oficial	40TRV	6400	2650	2,415	0,022
							5	Ayudante					
23	Laminación en Caliente	Horno 4 Vigas	09/02/07	2	12	120	4	Oficial	HTMIX	1800	2170	0,829	0,043
							6	Ayudante	HARGUN	9500	2200	4,318	
24	Laminación en Caliente	Horno 3 Pared y Vigas	10/02/07	1	12	120	4	Oficial	HTMIX	4000	2170	1,843	0,015
							6	Ayudante					
25	Laminación en Caliente	Horno 4 Vigas y Columnas	11/02/07	1	12	120	4	Oficial	HARGUN	3750	2200	1,705	0,021
							6	Ayudante	HTMIX	1500	2170	0,691	
									HARCAST ES	250	2150	0,116	
26	Laminación en Caliente	Horno 4 Vigas	11/02/07	2	12	108	4	Oficial	HTMIX	5000	2170	2,304	0,039
							5	Ayudante	HARCAST ES	4000	2150	1,860	
27	Laminación en Caliente	Horno 4 Vigas y Columnas	12/02/07	1	12	108	4	Oficial	HTMIX	8250	2170	3,802	0,029
							5	Ayudante					
28	Laminación en Caliente	Horno 4 Dinteles	13/02/07	1	12	108	4	Oficial	HTMIX	3600	2170	1,659	0,015
							5	Ayudante					
29	Alambrón	Horno Vigas y Columnas	16/03/07	1	12	108	4	Oficial	HARGUN	2300	2200	1,045	0,010
							5	Ayudante					
							6	Ayudante					



Tabla 3.6.2. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-190

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	hh	Personal		Material	m kg	ρ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
							N°	Oficio					
30	Alambrón	Horno Puertas y Quemadores	16/03/07	2	12	108	3,5 5,5	Oficial Ayudante	HARGUN	4250	2200	1,932	0,018
31	Alambrón	Horno Puertas y Quemadores	17/03/07	1	12	108	3,5 5,5	Oficial Ayudante	HARGUN	2475	2200	1,125	0,010
32	Barras	Horno Vigas y Columnas	25/03/07	1	12	120	4 6	Oficial Ayudante	HARGUN	4500	2200	2,045	0,017
33	Barras	Horno Entrada y Salida	25/03/07	2	12	120	4 6	Oficial Ayudante	HARGUN	3250	2200	1,477	0,012
34	HYL II	Reactor 2 Zona Refrigerada	02/03/07	2	12	132	5,5 5,5	Oficial Ayudante	HARGUN	1500	2200	0,682	0,005
35	HYL II	Reactor 2 Zona Refrigerada	03/03/07	1	12	132	5,5 5,5	Oficial Ayudante	HARCAST ES HTMIX	5225 625	2150 2170	2,430 0,288	0,021
36	HYL II	Reactor 5	15/03/07	2	12	144	6 6	Oficial Ayudante	HARCAST ES	3250	2150	1,512	0,010
37	Cal	Horno A Cámara y Quemador	30/03/07	2	12	108	3,5 5,5	Oficial Ayudante	HARGUN HYRES 040V	1175 450	2200 2680	0,534 0,168	0,007
38	Cal	Horno A Cono de entrada	01/04/07	2	12	144	5 7	Oficial Ayudante	HYRES 040V	9235	2680	3,446	0,024
39	Cal	Horno A Techo Enfriador	01/04/07	2	12	120	4,5 5,5	Oficial Ayudante	HARGUN	4375	2200	1,989	0,017
40	Cal	Horno A Cono de Salida	02/04/07	1	12	108	3,5 5,5	Oficial Ayudante	HYRES 040V	7250	2680	2,705	0,025
41	Cal	Horno A Techo Enfriador	02/04/07	1	12	108	3,5 5,5	Oficial Ayudante	HARGUN	4825	2200	2,193	0,020
42	Cal	Horno A Cono de Salida	02/04/07	2	12	102	3,5 5	Oficial Ayudante	HYRES 040V	2750	2680	1,026	0,010
43	Cal	Horno A Techo Enfriador	02/04/07	2	12	102	3,5 5	Oficial Ayudante	HARGUN	3250	2200	1,477	0,014
44	Cal	Horno A Cono de Salida	03/04/07	1	12	102	3,5 5	Oficial Ayudante	HYRES 040V	4500	2680	1,679	0,016





Tabla 3.6.3. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-190

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	hh	N°	Personal Oficio	Material	m kg	ρ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
45	Cal	Horno A Cámara	03/04/07	1	12	120	4 6	Oficial Ayudante	HARGUN	3975	2200	1,807	0,015
46	Cal	Horno A Pre-Calentador	03/04/07	2	12	120	4 6	Oficial Ayudante	HARGUN	2750	2200	1,250	0,010
47	Cal	Horno A Chuto y Enfriador	04/04/07	1	12	120	4 6	Oficial Ayudante	HARGUN	425	2200	0,193	0,002
48	Cal	Horno A Chuto	04/04/07	2	12	108	3,5 5,5	Oficial Ayudante	HARGUN	750	2200	0,341	0,003
49	Cal	Horno A Quemador y enfriador	05/04/07	1	12	120	4 6	Oficial Ayudante	HARGUN	1250	2200	0,568	0,005
50	Midrex I	Ducto gas tope y Mazinger	16/04/07	1	12	120	4 6	Oficial Ayudante	ADTCHEN 45	10000	2600	3,846	0,032

Tabla 3.7. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-200

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	hh	N°	Personal Oficio	Material	m kg	ρ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
1	Pellas	AB-2013	23/01/07	1	12	72	3 3	Oficial Ayudante	40 TRV RDC94	1800 1800	2650 2580	0,679 0,698	0,019
2	Pellas	AB-2014	23/01/07	2	12	72	3 3	Oficial Ayudante	40 TRV RDC94	1000 1800	2650 2580	0,377 0,698	0,015
3	Pellas	Horno AG-3008 Zona de Quema	27/01/07	2	12	72	3 3	Oficial Ayudante	40 TRV	3600	2650	1,358	0,019
4	Pellas	Horno AG-3008 Zona de Quema	28/01/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	40 TRV	1500	2650	0,566	0,007
5	Pellas	Horno AG-3008 Zona de Quema	29/01/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	40 TRV RDC94	1800 3350	2650 2580	0,679 1,298	0,024
6	Pellas	Horno AG-3008 Cámaras	29/01/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	40 TRV 40 TRV	4000 1000	2650 2650	1,509 0,377	0,022
7	Laminación en Caliente	Horno 3 Quemadores	08/02/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	40 TRV	2000	2650	0,755	0,009



Tabla 3.7.1. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-200

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	hh	N°	Personal Oficio	Material	m kg	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
8	Laminación en Caliente	Horno 4	09/02/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	40 TRV	2000	2650	0,755	0,008
9	Laminación en Caliente	Horno 3 Quemadores	10/02/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	40 TRV HT MIX	625 1750	2650 2170	0,236 0,806	0,012
10	Laminación en Caliente	Horno 4 Quemadores	12/02/07	2	12	96	3 5	Oficial Ayudante	40 TRV	4000	2650	1,509	0,016
11	Laminación en Caliente	Horno 4 Pared y Vigas	12/02/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	40 TRV	8000	2650	3,019	0,036
12	Laminación en Caliente	Horno 4 Dintel	13/02/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HT MIX	3600	2170	1,659	0,02
13	HYL II	Reactor 2 Domo	02/03/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HARGUN	3250	2200	1,477	0,018
14	Barras	Horno Quemadores	25/03/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	CINAXAL 94	1250	2600	0,481	0,006
15	Cal	Horno A	12/04/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HYRES 040V	1500	2680	0,56	0,007
16	Cal	Horno A	15/03/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HARGUN	1800	2200	0,818	0,01
17	Cal	Horno A Cámara	29/03/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HARGUN	675	2200	0,307	0,004
18	Cal	Pre calentador	31/03/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HYRES 040V	5800	2680	2,164	0,026
19	Cal	Camara	03/04/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HARGUN	2200	2200	1	0,012
20	Cal	Hono A Cono de Entrada	07/04/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HYRES 040V HARGUN	350 2250	2680 2200	0,131 1,023	0,014
21	HYL II	Camara 4	10/03/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HARGUN	1800	2200	0,840	0,010
22	Midrex I	Rompedores	14/04/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	HYRES 040V	5400	2680	2,015	0,024



Tabla 3.8. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-280

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	hh	Personal		Material	m kg	ρ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
							N°	Oficio					
1	Pellas	Ducto Recuperadores	25/01/07	1	12	84	2 5	Oficial Ayudante	LV 26	800	1400	0,571	0,007
2	Midrex II	Recuperadores	31/01/07	1	12	108	3 6	Oficial Ayudante	LV 22	1800	897	2,007	0,019
3	Laminación en caliente	Horno 4	11/02/07	1	12	84	3 4	Oficial Ayudante	LV 26	500	1400	0,357	0,004
4	Midrex I	Fre-gas	13/03/07	2	12	72	2 4	Oficial Ayudante	LV 22	460	897	0,513	0,007
5	Midrex I	Recuperadores	11/04/07	2	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 26	4300	1400	3,071	0,037
6	Midrex I	Recuperadores	12/04/07	1	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	3500	897	3,902	0,046
7	Midrex I	Recuperadores	12/04/07	2	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	960	897	1,07	0,013
8	Midrex I	Recuperadores	13/04/07	1	12	102	3 5,5	Oficial Ayudante	LV 22	4810	897	5,362	0,053
9	Midrex I	Recuperadores	13/04/07	2	12	96	2,5 5,5	Oficial Ayudante	LV 22	1720	897	1,918	0,02
10	Midrex I	Recuperadores	14/04/07	1	12	96	2,5 5,5	Oficial Ayudante	LV 22	1100	897	1,226	0,013
11	Midrex I	Chimenea	14/04/07	2	12	84	3 4	Oficial Ayudante	LV 22	380	897	0,424	0,005
12	Midrex I	Recuperadores	15/04/07	2	12	84	2,5 4,5	Oficial Ayudante	LV 22	1820	897	2,029	0,019
13	Midrex I	Recuperadores	15/04/07	1	12	60	2,5 2,5	Oficial Ayudante	LV 22	100	897	0,111	0,001



Tabla 3.9. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-290

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	hh	N°	Personal Oficio	Material	m kg	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
1	Pellas	Horno AG-3008 Ducto Recuperador	25/01/07	1	12	48	1 3	Oficial Ayudante	LV 26	500	1400	0,357	0,007
2	Pellas	Horno AG-3008 Ducto Recuperador	25/01/07	2	12	36	1 2	Oficial Ayudante	LV 26	300	1400	0,214	0,006
3	Midrex II	Recuperadores	30/01/07	1	12	36	2 1	Oficial Ayudante	LV 22	200	897	0,223	0,006
4	Laminación en caliente	Horno 3 Bóveda	12/02/07	1	12	36	2 1	Oficial Ayudante	LV 26	200	1400	0,143	0,004
5	Laminación en caliente	Horno 3 Bóveda	14/02/07	2	12	36	2 1	Oficial Ayudante	LV 26	180	1400	0,129	0,004
6	Laminación en caliente	Horno 4 Piso	09/02/07	2	12	36	1 2	Oficial Ayudante	LV 26	100	1400	0,071	0,002
7	Laminación en caliente	Horno 4 Bóveda	10/02/07	2	12	60	2 3	Oficial Ayudante	LV 26	500	1400	0,357	0,006
8	Laminación en caliente	Horno 4 Bóveda	11/02/07	1	12	48	2 2	Oficial Ayudante	LV 22	300	897	0,334	0,007
9	Laminación en caliente	Horno 4 Piso	11/02/07	2	12	48	1 3	Oficial Ayudante	LV 26	250	1400	0,179	0,004
10	Laminación en caliente	Horno 4 Bóveda	12/02/07	1	12	48	2 2	Oficial Ayudante	LV 26	100	1400	0,071	0,001
11	Cal	Pre calentador	03/01/07	1	12	24	1 1	Oficial Ayudante	LV 22	120	897	0,134	0,006
12	Midrex II	Recuperadores	11/03/07	2	12	72	2 4	Oficial Ayudante	LV 22	4300	897	4,794	0,067
13	Midrex I	Manguitos	15/04/07	1	12	36	1 2	Oficial Ayudante	LV 22	460	897	0,513	0,014
14	Midrex I	Manguitos	15/04/07	2	12	48	1 3	Oficial Ayudante	LV 22	800	897	0,892	0,019
16	TAVSA	Mirillas	22/04/07	1	12	72	3 3	Oficial Ayudante	LV 26 LV 22	200 2600	1400 897	0,143 2,899	0,042



Tabla 3.10. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-300

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	hh	Personal		Material	m kg	ρ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
							N°	Oficio					
1	Pellas	Horno AG-3008 Ducto recuperador	25/01/07	2	12	60	2 3	Oficial Ayudante	HYRES 040 V	300	2680	0,112	0,002
2	Laminación en caliente	Horno 4 Bóveda	08/02/07	1	12	42	2,5 1	Oficial Ayudante	HTMIX	150	2200	0,068	0,002
3	Laminación en caliente	Horno 4 Bóveda	11/02/07	1	12	72	2,5 3,5	Oficial Ayudante	HTMIX	1000	2200	0,455	0,006
4	Laminación en caliente	Horno 4 Columnas	12/02/07	2	12	72	2,5 3,5	Oficial Ayudante	HTMIX	1750	2200	0,795	0,011
5	Laminación en caliente	Horno 4 Columnas	13/02/07	1	12	60	2,5 2,5	Oficial Ayudante	HTMIX	275	2200	0,125	0,002
6	Alambrón	Horno Puertas	16/03/07	1	12	48	2 2	Oficial Ayudante	HARCAST	500	2150	0,233	0,005
7	Pellas	Horno AG-3008 Techo catedral	05/03/07	2	12	72	3 3	Oficial Ayudante	HARCAST	375	2150	0,174	0,002
8	Cal	Chuto	31/03/07	2	12	48	1 3	Soldador Ayudante	ULTRAGREEN 70	1000	2650	0,377	0,008
9	Cal	Pre calentador	01/04/07	1	12	108	3 6	Soldador Ayudante	HYRES 040 V	6150	2680	2,295	0,021
10	Cal	Empujadores	01/04/07	2	12	60	2 3	Soldador Ayudante	ULTRAGREEN 70	750	2650	0,283	0,005
11	Cal	Pre calentador	02/04/07	1	12	96	2,5 5,5	Soldador Ayudante	HYRES 040 V	2000	2680	0,746	0,008
12	Cal	Pre calentador	03/04/07	1	12	84	2,5 4,5	Soldador Ayudante	ULTRAGREEN 70	750	2650	0,283	0,003
13	TAVSA	Marco de salida	03/04/07	1	12	84	3 4	Soldador Ayudante	HARGUN	600	2200	0,273	0,003
14	TAVSA	Tapa de entrada, tapas boca de visita	22/04/07	1	12	96	4 4	Soldador Ayudante	HARCAST	875	2150	0,407	0,004



Tabla 3.11. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-310

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt		Personal		Material	m kg	ρ kg/m <sup>3</sup>	v m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
					hr	hh	N°	Oficio					
1	Pellas	Horno AG-3008 Ductos Recuperadores	25/01/07	1	12	24	1	Ayudante	HYRES 040V	100	2680	0,037	0,002
							1	Albañil					
2	Pellas	Horno AG-3008 Ductos Recuperadores	25/01/07	2	12	24	1	Ayudante	HYRES 040V	200	2680	0,075	0,003
							1	Albañil					
3	Laminación en caliente	Horno 3	09/02/07	1	12	36	2	Ayudante	HTMIX	100	2200	0,045	0,001
							1	Albañil					
4	Laminación en caliente	Horno 4	09/02/07	1	12	24	1	Ayudante	HTMIX	200	2200	0,091	0,004
							1	Albañil					
5	Laminación en caliente	Horno 4	10/02/07	1	12	36	2	Ayudante	HTMIX	100	2200	0,045	0,001
							1	Albañil					
6	Laminación en caliente	Horno 4	11/02/07	1	12	48	1	Ayudante	HTMIX	1000	2200	0,455	0,009
							3	Albañil					
7	Laminación en caliente	Horno 4	11/02/07	2	12	48	1	Ayudante	HTMIX	1000	2200	0,455	0,009
							3	Albañil					
8	Laminación en caliente	Horno 4	12/02/07	1	12	48	1	Ayudante	HTMIX	325	2200	0,148	0,003
							1	Albañil					
9	Aambon	Horno	17/03/07	2	12	12	2	Carpintero	HARCAST	100	2150	0,047	0,004
							1	Albañil					
10	HCL	Reactor 2	21/03/07	2	12	36	1	Ayudante	HARCAST	225	2150	0,105	0,003
							2	Albañil					
11	Cal	Horno A	02/04/07	2	12	48	1	Ayudante	ULTRA GREEN 70	700	2680	0,261	0,005
							3	Albañil					
12	Cal	Horno A	03/04/07	2	12	36	1	Ayudante	PLIMAG	400	2350	0,17	0,005
							2	Albañil					





### 3.2.2.2. Mediciones de rendimientos para partidas de demolición

La determinación del rendimiento de las partidas de demolición de pisos y paredes, se realizó en  $m^3/hh$ , para lo que se tomaron el número y dimensiones demolidas en los equipos y las horas hombre empleadas en realizar la actividad. La expresión utilizada para la determinación del volumen demolido es la siguiente:

$$v_d = s_d \times l \times a \times e \quad (3.4)$$

Donde:

$v_d$ : volumen de demolición en  $m^3$

$s_d$ : número de secciones demolidas de igual dimensiones

$l$ : longitud en m

$a$ : ancho en m

$e$ : espesor en m.

El ejemplo N° 3 que se muestra a continuación corresponde al detalle de caculo para las partidas de demolición y en las tablas 3.12 y 3.13 el registro de los datos tomados en las diferentes plantas y del libro de obra.

**Ejemplo 3:** Determinación de rendimiento de demolición de paredes en el horno de Alambrón, usando la tabla 3.12 (posición 17) y las ecuaciones: 3.1, 3.3 y 3.4.

$$hh = 3 \times 12 = 36$$

$$v_{d1} = 5 \times (0,50 \times 0,50 \times 0,50) = 0,625m^3$$

$$v_{d2} = 1 \times (1,30 \times 0,80 \times 0,30) = 0,312m^3$$

$$r = \frac{(0,625 + 0,321)}{36} = 0.026 m^3/hh$$

Tabla 3.12. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-110

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dtt hr	hh	Nº Obrero	S <sub>d</sub>	Dimensiones (m)			V <sub>d</sub> m³	r m³/hh
									l	a	e		
1	Pellas	AG 3008	18/0/07	1	12	72	6	1	78,00	0,20	0,12	1,872	0,029
								1	1,60	0,90	0,15	0,216	
2	Pellas	AG 3008	19/01/07	1	12	108	9	1	20,00	0,20	0,12	0,480	0,030
								1	3,00	2,30	0,40	2,760	
3	Pellas	AG 3008	19/01/07	2	12	108	9	1	48,00	0,20	0,12	1,152	0,036
								1	3,00	2,30	0,40	2,760	
4	Pellas	AG 3008	20/01/07	1	12	72	6	1	7,50	0,80	0,10	0,600	0,026
		AB2014						1	4,50	1,20	0,10	0,540	
5	Pellas	AB2014	20/01/07	2	12	36	3	1	3,00	2,10	0,12	0,756	0,005
								1	0,57	0,50	0,13	0,037	
6	Pellas	AG-3008	21/01/07	1	12	72	6	1	0,67	0,23	0,25	0,039	0,060
		AB2013						1	1,30	0,28	0,26	0,095	
7	Pellas	AG-3008	21/01/07	2	12	36	3	1	9,64	0,30	0,10	0,289	0,020
		AB2014						1	2,00	2,00	1,00	4,000	
8	Pellas	AB2013	22/01/07	1	12	36	3	1	0,40	0,80	0,15	0,048	0,015
								1	0,50	0,20	0,15	0,015	
9	Pellas	AB2013	22/01/07	2	12	72	6	1	2,30	2,20	0,13	0,658	0,006
		5015						1	0,70	0,70	0,30	0,147	
10	Pellas	AG-3008	23/01/07	2	12	36	3	1	1,70	0,25	0,30	0,128	0,001
								1	1,30	0,90	0,14	0,164	
11	Pellas	AG-3008	24/01/07	1	12	72	6	1	3,00	0,15	0,10	0,045	0,015
								1	0,30	0,30	0,10	0,009	
12	Pellas	AG-3008	24/01/07	2	12	36	3	1	4,20	0,46	0,36	0,696	0,040
								1	1,55	1,50	0,16	0,372	
13	Pellas	AG-3008	25/01/07	1	12	72	6	1	2,20	1,80	0,15	0,594	0,005
								1	1,30	0,60	0,15	0,117	
								1	5,00	0,40	0,36	0,720	
								1	0,94	1,75	0,15	0,247	
								1	1,40	0,50	0,15	0,105	
								1	0,30	0,45	0,25	0,034	



Tabla 3.12.1. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-110

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dtt hr	hh	Nº Obrero	S <sub>d</sub>	Dimensiones (m)			V <sub>d</sub> m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
									l	a	e		
14	Pellas	AG-3008	25/01/07	2	12	72	6	1	1,90	0,70	0,15	0,200	0,013
								1	4,80	0,23	0,23	0,254	
								1	1,70	1,30	0,23	0,508	
15	Pellas	AG-3008	27/01/07	1	12	36	3	1	0,60	0,60	0,17	0,061	0,002
16	Pellas	AG-3008	29/01/07	2	12	36	3	1	1,50	0,60	0,40	0,360	0,010
17	Alambrón	Horno	15/03/07	1	12	36	3	5	0,50	0,50	0,50	0,625	0,026
								1	1,30	0,80	0,30	0,312	
18	Alambrón	Horno	19/03/07	1	12	36	3	1	1,50	0,50	0,40	0,300	0,008
19	HCl	Reactor 2	21/03/07	2	12	36	3	1	1,20	1,20	0,12	0,173	0,015
								1	1,10	0,70	0,50	0,385	
20	HCl	Reactor 2	22/03/07	2	12	36	3	1	0,87	0,80	0,30	0,209	0,010
								1	1,10	0,40	0,32	0,141	
21	HCl	Reactor 2	23/03/07	2	12	36	3	1	0,90	0,23	0,19	0,039	0,001
22	HCl	Reactor 2	25/01/07	2	8	32	4	1	1,60	1,50	0,35	0,840	0,026
23	Cal	Horno A	25/03/07	1	12	48	4	1	2,70	0,23	0,20	0,124	0,003
24	Cal	Horno A	25/03/07	2	12	48	4	1	2,70	0,23	0,20	0,124	0,003
25	Cal	Horno A	26/03/07	1	12	48	4	1	1,00	1,00	0,23	0,230	0,005
								1	0,23	0,21	3,58	0,173	
								1	0,23	0,21	3,85	0,186	
								1	0,23	0,13	4,04	0,121	
								1	4,50	0,20	1,26	1,134	
26	Cal	Horno A	27/03/07	1	12	144	12	1	1,00	1,00	0,20	0,200	0,013
								1	1,70	0,25	0,20	0,085	
								1	1,80	1,26	0,20	0,454	
								1	1,80	0,25	0,20	0,090	
27	Cal	Horno A	28/03/07	1	12	72	6	1	1,90	1,26	0,20	0,479	0,015
								1	1,80	0,25	0,20	0,090	
								1	1,90	1,26	0,20	0,479	
28	Cal	Enfriador	29/03/07	1	12	36	3	1	9,10	0,40	0,17	0,619	0,017
29	Cal	Horno	30/03/07	1	12	36	3	1	3,20	0,30	0,20	0,192	0,005
								1	1,70	0,60	0,23	0,235	
30	Cal	Horno	30/03/07	2	12	36	3	8	0,27	0,10	0,12	0,026	0,009
								2	0,35	0,70	0,10	0,049	





Tabla 3.13. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-120

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt (hr)	hh	Nº Obrero	S <sub>d</sub>	Dimensiones (m)			V <sub>d</sub> m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
									l	a	e		
1	Pellas	Ducto 5006	20/01/07	1	12	2	24	1	9,00	0,50	0,10	0,450	0,028
								1	4,20	0,50	0,10	0,210	
2	Pellas	Ducto 5006	21/01/07	2	12	2	24	1	2,04	0,30	0,10	0,061	0,003
3	HCl	Reactor	23/01/07	2	12	2	24	2	0,40	0,40	0,40	0,128	0,005
4	Lam. En caliente	Horno 4	07/02/07	1	12	2	24	1	0,50	0,40	0,40	0,080	0,003
5	Lam. En caliente	Horno 4	07/02/07	2	12	2	24	1	2,60	2,20	0,23	1,316	0,055
6	Lam. En caliente	Horno 4	08/02/07	1	12	2	24	1	0,73	0,60	0,60	0,261	0,015
								1	0,80	0,40	0,30	0,096	
7	Lam. En caliente	Horno 4	08/02/07	2	12	2	24	1	2,60	2,20	0,23	1,316	0,055
8	Lam. En caliente	Horno 4	09/02/07	1	12	2	24	1	1,10	0,50	0,30	0,165	0,007
9	Cal	Horno	29/02/07	1	12	3	36	1	2,03	0,46	0,38	0,355	0,010
10	Cal	PreCalentador	30/03/07	1	12	1	12	1	1,00	1,42	0,11	0,156	0,013
11	Cal	Horno	30/03/07	2	12	3	36	1	1,00	1,42	0,11	0,156	0,004
								3	1,00	0,23	0,23	0,159	
12	Cal	PreCalentador	01/04/07	1	12	3	36	3	1,00	0,31	0,23	0,071	0,006
								3	1,00	0,31	0,23	0,071	
13	Cal	Horno	31/03/07	1	12	2	24	6	0,42	0,34	0,22	0,188	0,020
								5	0,76	0,34	0,22	0,284	
14	Cal	PreCalentador	31/03/07	2	12	2	24	1	1,40	0,34	0,23	0,109	0,005
15	Cal	Empujadores	01/04/07	1	12	3	36	3	1,00	0,23	0,23	0,159	0,010
								3	1,00	0,31	0,23	0,214	
16	Midrex II	Recuperadores	13/03/07	1	12	3	36	1	1,50	0,74	0,14	0,155	0,027
								1	1,40	1,05	0,14	0,206	
								1	1,26	0,70	0,14	0,123	
								1	0,63	0,60	0,14	0,053	
								1	0,88	0,80	0,14	0,099	
								1	2,10	0,97	0,14	0,285	
1	0,68	0,60	0,14	0,057									





### 3.2.2.3. Mediciones de rendimientos para las partidas de extracción de escorias y escamas en frío.

Para la partida de extracción de escorias y escamas de hornos, inicialmente se tomaron las horas hombre empleadas en extraer y retirar el material dentro de los hornos, luego se sumaron las horas hombres empleadas en desalojar el material de la planta (ver ejemplo 4). En el desalojo o acarreo del material se usan distintos modelos de cajas metálicas (ver figura 3.18), los volúmenes totales retirados de los hornos se determinaron a través de la siguiente expresión:

$$V_r = \sum(C_m \times V_{cm}) \quad (3.5)$$

Donde:

$V_{cm}$ : volumen retirado en  $m^3$

$C_m$ : número de cajas metálicas retiradas

$V_{cm}$ : volumen de la caja metálica utilizada en  $m^3$

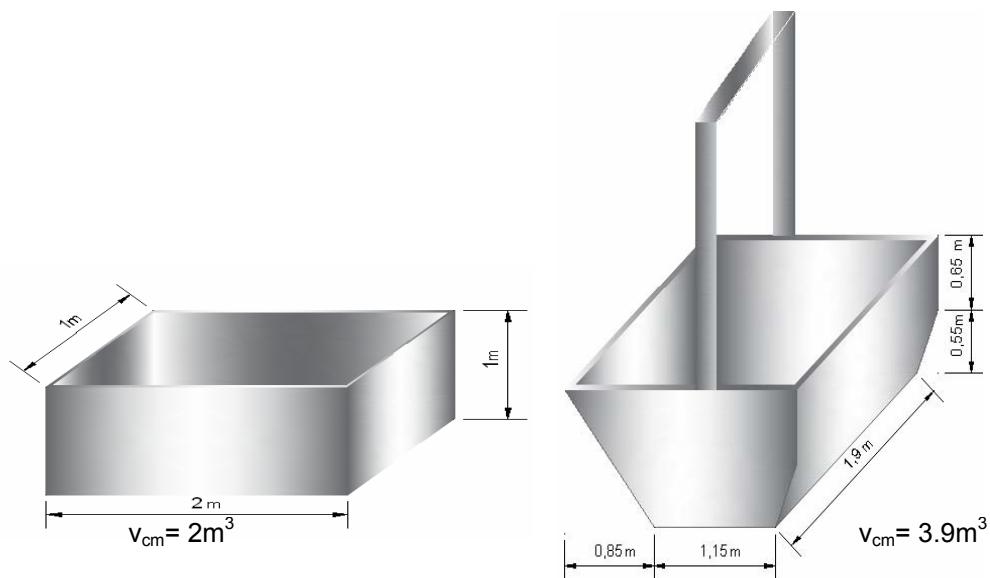


Figura 3.18. Modelo de cajas metálicas utilizadas para el acarreo de escorias



**Ejemplo 4:** metodología de cálculo utilizada en la determinación del rendimiento promedio para la partida 12-10, en el horno 3 de laminación en caliente, usando los datos de la tabla 3.14 (posición 2) y las expresiones 3.1, 3.3 y 3.5, se obtiene lo siguiente:

$$hh_{extracción} = (10+10+14) \times 12 = 408$$

$$hh_{acarreo} = (11+5+4+4+4+4) \times 12 = 384$$

$$v_r = [(7 \times 3.9) + (7 \times 3.06) + (4 \times 2)] = 56,72$$

$$m^3 r = \frac{56,72}{(408 + 384)} = 0.072 \text{ m}^3/\text{hh}$$

A continuación se muestra la tabla 3.14 que contiene los datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida de extracción de escorias y escamas en frío.

Tabla 3.14. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 12-10

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	Nº Ayud.	hh	c <sub>m</sub>	V <sub>cm</sub> m3	V <sub>r</sub> m3	r m3/hh	
1	Laminación en Caliente	Horno 4	06/02/07	1	12	10	120					
			06/02/07	2	12	10	120	1	3,9	3,9		
			07/02/07	1	12	8	96					
			07/02/07	2	12	14	168	1	2	2		
			08/02/07	1	12	13	156	1	2	2		
			08/02/07	2	12	7	84					
			09/02/07	1	12	6	72					
			09/02/07	2	12	12	144					
			10/02/07	1	12	14	168	6	3,1	18,36		
			10/02/07	2	12	10	120	4	3,9	15,6		
			11/02/07	1	12	3	36					
			11/02/07	2	12	7	84	4	3,9	15,6		
			12/02/07	1	12	6	72					
			12/02/07	2	12	6	72	3	3,9	11,7		
13/02/07	2	12	4	48	3	3,9	11,7					
14/02/07	2	12	4	48	5	3,9	19,5					
<b>Total Horno 4:</b>							<b>1.608</b>		<b>100,36</b>	<b>0,0624</b>		

**Nota:** Las celdas vacías corresponden a las hh invertidas en extraer la escoria del horno.



Tabla 3.14.1. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 12-10

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt hr	Nº Ayud.	hh	C <sub>m</sub>	V <sub>cm</sub> m <sup>3</sup>	V <sub>r</sub> m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh	
2	Laminación en Caliente	Horno 3	06/02/07	1	12	10	120					
			06/02/07	2	12	10	120					
			07/02/07	1	12	14	168					
			07/02/07	2	12	11	132	2	3,90	7,80		
			08/02/07	1	12	5	60	1	2,00	2,00		
			09/02/07	1	12	4	48	1	3,06	3,06		
			09/02/07	2	12	4	48	6	3,06	18,36		
			09/02/07	2	12	4	48	2	3,90	7,80		
			15/02/07	2	12	4	48	3	3,90	11,70		
			16/02/07	2	12	4	48	1	2,00	2,00		
<b>Total Horno 3:</b>							<b>792</b>		<b>56,72</b>	<b>0,0716</b>		
4	Alambrón	Horno	15/03/07	1	12	14	168					
			15/03/07	2	12	18	216					
			17/03/07	2	12	10	120					
			19/03/07	2	8	6	48	3	2,00	6,00		
			21/03/07	2	8	6	48	1	1,73	1,73		
			22/03/07	2	8	4	32	6	2,00	12,00		
<b>Total Horno Alambrón:</b>							<b>632</b>		<b>24,92</b>	<b>0,0394</b>		
5	Barras	Horno	24/03/07	1	12	5	60					
			24/03/07	2	12	4	48					
			25/03/07	2	12	5	60	3	1,73	5,19		
			26/03/07	1	12	5	60	1	1,73	1,73		
			26/03/07	2	12	5	60	2	2,00	4,00		
			27/03/07	2	12	5	60	2	2,00	4,00		
<b>Total Horno Barras:</b>							<b>348</b>		<b>24,92</b>	<b>0,0716</b>		
6	Tavsa	Horno	02/04/07	1	12	8	96	1	2,00	2,00		
			02/04/07	2	12	7	84	1,5	2,00	3,00		
<b>Total Horno TAVSA:</b>							<b>180</b>		<b>5,00</b>	<b>0,0278</b>		

**Nota:** Las celdas vacías corresponden a las hh invertidas en extraer la escoria del horno.

### 3.2.2.4. Medición de rendimientos para las partidas de colocación de mantas y placas aislantes.

La metodología utilizada para la medición de los rendimientos para las partidas 17-10 y 17-90, consistió en tomar las horas hombre invertidas y los volúmenes instalados de las mantas y placas aislantes. debido a que estas



dos actividades no se realizaron durante el lapso de ejecución del estudio, los datos fueron tomados directamente de los libros obra del año 2006 y la mano de obra utilizada se estableció por recomendaciones de expertos del sector de refractarios de planta, por no haberse desarrollado durante el lapso de estudio. Los volúmenes instalados de las mantas se obtuvieron a través de la expresión 3.6 y para las placas la 3.7.

$$V_{ma} = N^{\circ} \text{Cajas} \times A \times e \quad (3.6)$$

$$V_{pa} = N^{\circ} \text{Piezas} \times l \times a \times e \quad (3.7)$$

Donde:

$V_{ma}$ : es el volumen de manta aislante instalada en  $m^3$ ,

A: es el área de la manta cerámica

e: es el espesor en m.

$V_{pa}$ : es el volumen instalado de placas aislantes en pisos,

l: es el largo de la placa aislante

a: es el ancho de la placa aislante

A continuación los ejemplos 5 y 6 representan el detalle de cálculo de los rendimientos de las partidas 17-10 y 17-90 respectivamente.

**Ejemplo 5:** usando la tabla 3.15 posición 1 y las expresiones 3.1, 3.3 y 3.6 se obtiene lo siguiente:

$$hh = (2 + 1 + 1) \times 8 = 32$$

$$V_{ma} = 1 \times 4,65 \times 0,0254 = 0,1181 \text{ m}^3$$

$$r = \frac{0,1181}{32} = 0,0037 \text{ m}^3/\text{hh}$$



**Ejemplo 6:** usando la tabla 3.16 posición 1 y las expresiones 3.1, 3.3 y 3.7 se obtiene lo siguiente:

$$hh = (1 + 1) \times 12 = 24$$

$$V_{pa} = 8 \times 36 \times 24 \times 2 = 13824 \text{ in} \times \frac{(0,0254 \text{ m})^3}{1 \text{ in}} = 0,2265 \text{ m}^3$$

$$r = \frac{0,2265}{16} = 0,0142 \text{ m}^3/\text{hh}$$

Las tablas 3.15 a la 3.16 que se muestran a continuación corresponden al registro de los datos obtenidos en campo y del libro de obra, para la obtención de rendimientos colocación de mantas y placas aislantes.

Tabla 3.15. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-10

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dtt hr	hh	Personal		N° Caja	A m <sup>2</sup>	e m	V <sub>ma</sub> m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
							N°	oficio					
1	Hy L II	Pig Tayl	07/01/07	1	8	32	2	Ayudante	1	4,65	0,025	0,118	0,004
							1	Albañil					
							1	Soldador					
2	Hy L II	Pre Calentador1	12/02/07	1	12	48	2	Ayudante	2	4,65	0,025	0,236	0,005
							1	Albañil					
							1	Soldador					
3	Midrex I	Reformador	13/02/07	1	12	60	2	Ayudante	1	4,65	0,025	0,118	0,002
							2	Albañil					
							1	Soldador					
4	Midrex I	Ducto de Humo	13/02/07	1	12	60	2	Ayudante	1	4,65	0,025	0,118	0,002
							2	Albañil					
							1	Soldador					
5	Midrex I	Ducto de Radiación	13/02/07	1	12	60	2	Ayudante	2	4,65	0,025	0,236	0,004
							2	Albañil					
							1	Soldador					
6	Midrex I	Colectores	13/02/07	1	12	60	2	Ayudante	5	4,65	0,025	0,591	0,010
							2	Albañil					
							1	Soldador					
7	Midrex I	Cámara	14/02/07	2	12	60	2	Ayudante	0,5	4,65	0,025	0,059	0,001
							2	Albañil					
							1	Soldador					
8	Midrex II	Canister	02/06/07	2	8	40	2	Ayudante	6	4,65	0,025	0,709	0,018
							2	Albañil					
							1	Soldador					



Tabla 3.15.1. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-10

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dtt hr	hh	Personal		N° Caja	A m <sup>2</sup>	e m	V <sub>ma</sub> m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
							N°	oficio					
9	Midrex II	Canister	03/06/07	2	8	40	2	Ayudante	5	4,65	0,025	0,591	0,015
							2	Albañil					
							1	Soldador					
10	Midrex II	Canister	05/06/07	2	10	50	2	Ayudante	14	4,65	0,025	1,654	0,033
							2	Albañil					
							1	Soldador					
11	Midrex II	Canister	06/06/07	2	10	50	2	Ayudante	11	4,65	0,025	1,299	0,026
							2	Albañil					
							1	Soldador					
12	Midrex II	Canister	07/06/07	2	10	50	2	Ayudante	6	4,65	0,025	0,709	0,014
							1	Albañil					
							2	Soldador					
13	Mirex II	Canister	08/06/07	2	8	40	2	Ayudante	3	4,65	0,025	0,354	0,009
							2	Albañil					
							1	Soldador					
14	Midrex II	Canister	12/07/06	1	12	60	2	Ayudante	8	4,65	0,025	0,945	0,016
							2	Albañil					
							1	Soldador					
15	Mirex II	Canister	13/07/07	2	8	40	2	Ayudante	11	4,65	0,025	1,299	0,032
							2	Albañil					
							1	Soldador					
16	Midrex II	Canister	19/07/07	2	12	48	2	Ayudante	12	4,65	0,025	1,417	0,030
							1	Albañil					
							1	Soldador					

Tabla 3.16. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-90

n	Planta	Equipo	t	hh	Personal		N° Pza	Dimensiones			V <sub>pa</sub> ln <sup>3</sup>	V <sub>pa</sub> m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
					N°	Oficio		l	a	e			
1	TAVSA	Solera	8	16	1	Ayudante	8	36	24	2	13.824	0,227	0,014
					1	Albañil							
2	TAVSA	Solera	8	16	1	Ayudante	12	36	24	2	20.736	0,340	0,021
					1	Albañil							
3	TAVSA	Solera	8	16	1	Ayudante	6	36	24	2	10.368	0,170	0,011
					1	Albañil							
4	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	106	36	24	3	274.752	4,502	0,023
					8	Albañil							
5	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	71	36	24	3	184.032	3,016	0,016
					8	Albañil							
6	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	122	36	24	3	316.224	5,182	0,027
					8	Albañil							
7	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	72	36	24	3	186.624	3,058	0,016
					8	Albañil							
8	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	106	36	24	3	274.752	4,502	0,023
					8	Albañil							
9	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	12	36	24	3	31.104	0,510	0,003
					8	Albañil							



Tabla 3.16.1. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-90

n	Planta	Equipo	t	hh	Personal		Nº Pza	Dimensiones			V <sub>pa</sub> l <sup>n</sup>	V <sub>pa</sub> m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh
					Nº	Oficio		l	a	e			
10	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	60	36	24	3	155.520	2,549	0,013
					8	Albañil							
11	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	139	36	24	3	360.288	5,904	0,031
					8	Albañil							
12	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	82	36	24	3	212.544	3,483	0,018
					8	Albañil							
13	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	36	36	24	3	93.312	1,529	0,008
					8	Albañil							
14	MidrexII	Reformador	12	192	8	Ayudante	70	36	24	3	181.440	2,973	0,015
					8	Albañil							

### 3.2.2.5. Medición de rendimientos para las partidas de reconstrucción con ladrillos.

Las mediciones de los rendimientos estándares de la reconstrucción de paredes con ladrillos refractarios, se realizaron tomando las horas hombres empleadas en realizar la actividad de mampostería, así como la cantidad y tipo de ladrillos colocados.

Debido a la diversidad de formas, dimensiones y aplicaciones de los ladrillos refractarios, se clasificaron en dos tipos (ver figura 3.19), el tipo Recto de espesor continuo y el tipo cuña de espesor con cambio.

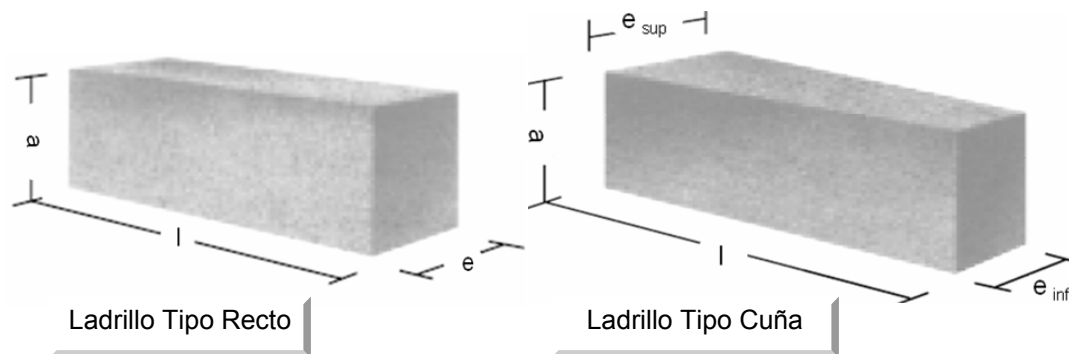


Figura 3.19. Tipo de ladrillos densos utilizados en las labores de mampostería

Fuente: Harbison Walker





Los volúmenes reconstruidos por mampostería se obtuvieron a través de las siguientes expresiones:

$$v_m = N^{\circ} \text{Piezas} \times v_L \quad (3.8)$$

$$v_R = l \times a \times e \quad (3.9)$$

$$v_C = l \times a \times \left( \frac{e_{\text{sup}} + e_{\text{inf}}}{2} \right) \quad (3.10)$$

Donde:

$v_m$ : Volumen de Mampostería

$v_L$ : Volumen del Ladrillo

$v_R$ : Volumen del Ladrillo Tipo Recto

$v_C$ : Volumen del Ladrillo Tipo Cuña

$l$ : Largo del Ladrillo

$a$ : Ancho del Ladrillo

$e$ : Espesor del Ladrillo Recto

$e_{\text{sup}}$ : Espesor superior o mayor del Ladrillo Tipo Cuña

$e_{\text{inf}}$ : Espesor inferior o menor del Ladrillo Tipo Cuña

El ejemplo N° 7 que se muestra a continuación corresponde al detalle de caculo para la de reconstrucción de ladrillos densos partida (17-240).

**Ejemplo 7.** Determinación de rendimiento de colocación de ladrillos densos en el horno de planta de pellas, Usando la tabla 3.17 posición 3 y las ecuaciones 3.1, 3.3, 3.8, 3.9, y 3.10 se obtiene lo siguiente:



$$hh = (1 + 3) \times 12 = 48$$

$$v_R = 9 \times 4 \frac{1}{2} \times 3 = 121,5 \text{ in}$$

$$v_{C_1} = 9 \times 9 \times \left( \frac{3 \frac{1}{4} + 3}{2} \right) = 253,13 \text{ in}$$

$$v_{C_2} = 9 \times 4 \frac{1}{2} \times \left( \frac{3 \frac{1}{2} + 3}{2} \right) = 131,63 \text{ in}$$

$$v_{M_1} = 120 \times 121,5 = 14580 \text{ in} \times \frac{(0,0254 \text{ m})^3}{1 \text{ in}} = 0,2389 \text{ m}^3$$

$$v_{M_2} = 74 \times 253,13 \text{ in} = 18731,62 \text{ in} \times \frac{(0,0254 \text{ m})^3}{1 \text{ in}} = 0,3070 \text{ m}^3$$

$$v_{M_3} = 74 \times 131,63 = 9740,62 \text{ in} \times \frac{(0,0254 \text{ m})^3}{1 \text{ in}} = 0,1596 \text{ m}^3$$

$$r = \frac{(0,2389 + 0,3070 + 0,1596)}{48} = 0,0147 \text{ m}^3 / \text{hh}$$

La tabla 3.17 que se muestra a continuación corresponde al registro de los datos tomados en el área de ejecución de los trabajos de mantenimiento refractario y del libro de obra, para la reconstrucción de ladrillos densos partida (17-240).

Tabla 3.17. Datos y resultados de los rendimientos obtenidos de la partida 17-240

n	Planta	Equipo	Fecha	T	dt	hh	Personal		N° pza	Dimensiones (in)			V <sub>m</sub> in <sup>3</sup>	V <sub>m</sub> m <sup>3</sup>	r m <sup>3</sup> /hh	
							N°	Oficio		l	a	e				
1	Pellas	Horno	25/01/07	1	12	24	1	Albañil	45	9	4 1/2	3	5.468	0,090	0,004	
							1	Ayudante								
2	Pellas	Horno	25/01/07	2	12	36	1	Albañil	120	9	4 1/2	3	14.580	0,239	0,007	
							2	Ayudante								
3	Pellas	Horno	27/01/07	1	12	48	1	Albañil	74	9	9	3 1/4 - 3	18.731	0,705	0,015	
							3	Ayudante	120				3			14.580
									74				9			4 1/2
4	Pellas	Horno	31/01/07	1	12	24	1	Albañil	52	9	4 1/2	3	6.318	0,362	0,015	
							1	Ayudante	52				9			9
5	Pellas	Horno	30/01/07	2	12	48	1	Albañil	130	9	4 1/2	3	15.795	0,259	0,005	
							3	Ayudante								
6	Lam. en Caliente	Horno 3	08/02/07	1	12	48	1	Albañil	160	9	4 1/2	3	19.440	0,368	0,008	
							3	Ayudante	30				9			4 1/2
7	Lam. en Caliente	Horno 3	09/02/07	1	12	48	1	Albañil	200	9	4 1/2	3	24.300	0,647	0,013	
							3	Ayudante	150				9			4 1/2
8	Lam. en Caliente	Horno 4	10/02/07	1	12	48	1	Albañil	120	9	4 1/2	3	14.580	0,367	0,008	
							3	Ayudante	77				9			4 1/2
9	Lam. en Caliente	Horno 4	11/02/07	2	12	48	1	Albañil	90	9	4 1/2	2 1/2	9.113	0,149	0,003	
							3	Ayudante								
10	Lam. en Caliente	Horno 4	12/02/07	1	12	48	1	Albañil	180	9	4 1/2	2 1/2	18.225	0,299	0,006	
							3	Ayudante								
11	Lam. en Caliente	Horno 4	12/02/07	2	12	72	2	Albañil	413	9	4 1/2	2 1/2	41.816	0,685	0,010	
							4	Ayudante								
12	Lam. en Caliente	Horno 4	13/02/07	2	12	48	1	Albañil	180	9	4 1/2	2 1/2	18.225	0,299	0,006	
							3	Ayudante								
13	Lam. en Caliente	Horno 4	14/02/07	1	12	48	1	Albañil	190	9	4 1/2	3	23.085	0,378	0,008	
							3	Ayudante								
14	Alambrón	Horno	16/03/07	2	12	96	2	Albañil	550	9	4 1/2	2 1/2	55.688	0,913	0,010	
							6	Ayudante								





### 3.2.2.6. Análisis estadístico de rendimientos a través del software Crystal Ball.

Luego de tabular los datos obtenidos en campo y del libro de obra y calcular los rendimientos de cada partida por horas hombres, se procedió a determinar el rendimiento promedio para cada una a través del análisis estadístico de el software comercial estadístico Crystal Ball, que ajusta los datos a la curva de distribución estadística mas idónea al comportamiento de los mismos, donde se introducen los intervalos de los rendimientos de cada tabla y la confiabilidad (en este caso se usó la confiabilidad de 100%), el programa corre los datos y va rotándolos por las diferentes curvas de distribuciones probabilísticas mostrando el rendimiento promedio en m<sup>3</sup>/hh. con el rendimiento promedio obtenido en m<sup>3</sup>/hh para cada partida, se calcularon los rendimientos finales en m<sup>3</sup>/jornal. las conversiones se realizaron usando la mano de obra utilizada en cada actividad por la duración del turno de trabajo a través de la expresión 3.11.

$$R = r_p \times Cuadrilla\ Típica \times dtt \quad (3.11)$$

Donde:

*R*: rendimiento de la partida en m<sup>3</sup>/Jornal;

*r<sub>p</sub>*: rendimiento promedio en m<sup>3</sup>/hh

*dtt*: duración del turno de trabajo según SIDOR

A continuación el ejemplo N° 8 muestra de la metodología de cálculo utilizada para la determinación de los rendimientos finales utilizados en cada partida.



**Ejemplo 8 :** Determinación del rendimiento final de vaciado de material aislante con anclajes (partida 17-280), se usaron los datos de la tabla 3.18, el gráfico 3.5 y la expresión de cálculo 3.11.

$$R = 0,022 \times (1+1+1+5) \times 12 = 2.11 \text{ m}^3/\text{Jornal}$$

En la determinación del rendimiento final para la partida 12-10 extracción de escorias y escamas en frío, no realizo análisis con crystal ball se trabajo directamente con la media de los datos de la siguiente forma:

$$R = \frac{\sum \frac{r}{n} \times \text{Mano de obra} \times dt}{5} \times 10 \times 12 = 6,548 \text{ m}^3/\text{Jornal}$$

La tabla 3.18 que se muestra a continuación corresponde a los resultados de los rendimientos finales de cada partida y las cuadrillas o mano de obra necesaria para la ejecución de cada una de ellas.

Tabla 3.18. Cuadrillas típicas y rendimientos de las partidas más relevantes del contrato

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CUADRILLA TÍPICA* Nº	OFICIO	r <sub>p</sub> ** m <sup>3</sup> /hh	R*** m <sup>3</sup> /Jornal
12-10	Extracción de escama de laminación y escoria del piso del interior del horno y ductos en frío	10	Obrero de 1 <sup>a</sup>	0,0546	6,5483
		Σ= 10			
17-10	Demolición y Reparación de capas de manta cerámica de techo y pared con andamio	2	Albañil de 1 <sup>a</sup>	0,0170	1,6320
		6	Ayudante		
		Σ= 8			
17-90	Colocar placas aislantes en pisos	2	Albañil de 1 <sup>a</sup>	0,0170	0,8160
		2	Ayudante		
		Σ= 4			



Tabla 3.18.1. Cuadrillas típicas y rendimientos de las partidas más relevantes del contrato

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CUADRILLA TÍPICA*		r <sub>p</sub> ** m <sup>3</sup> /hh	R*** m <sup>3</sup> /Jornal
		Nº	OFICIO		
17-110	Demolición de paredes en general	5	Obrero de 1ª	0,0200	1,2000
		Σ= 5			
17-120	Demolición de pisos en general	5	Obrero de 1ª	0,0160	0,9600
		Σ= 5			
17-170	Proyección de materiales aislantes con anclajes metálicos o cerámicos	1	Soldador de 1ª	0,0131	1,5768
		1	Carpintero 1ª		
		1	Albañil de 1ª		
		1	Operador		
		1	Proyectador		
		5	Ayudante		
		Σ= 10			
17-180	Proyección de materiales aislantes sin anclajes	1	Carpintero 1ª	0,0128	1,3856
		1	Albañil de 1ª		
		1	Operador		
		1	Proyectador		
		1	Ayudante		
		Σ= 9			
17-190	Proyección de materiales densos con anclajes metálicos o cerámicos	1	Soldador de 1ª	0,0184	2,2116
		1	Carpintero 1ª		
		1	Albañil de 1ª		
		1	Operador		
		1	Proyectador		
		5	Ayudante		
		Σ= 10			
17-200	Proyección de materiales densos sin anclajes	1	Carpintero 1ª	0,0161	1,7356
		1	Albañil de 1ª		
		1	Operador		
		1	Proyectador		
		1	Ayudante		
		Σ= 9			
17-240	Reconstrucción paredes ladrillos densos en general	2	Albañil de 1ª	0,0078	0,3744
		2	Ayudante		
		Σ= 4			
17-280	Vaciado de materiales aislantes con anclajes metálicos o cerámicos	1	Soldador de 1ª	0,0220	2,1120
		1	Carpintero 1ª		
		1	Albañil de 1ª		
		5	Ayudante		
		Σ= 8			
17-290	Vaciado de materiales aislantes sin anclajes	1	Carpintero 1ª	0,0110	0,9240
		1	Albañil de 1ª		
		5	Ayudante		
		Σ= 7			



Tabla 3.18.2. Cuadrillas típicas y rendimientos de las partidas más relevantes del contrato

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CUADRILLA TÍPICA*		r <sub>p</sub> ** m <sup>3</sup> /hh	R*** m <sup>3</sup> /Jornal
		Nº	OFICIO		
17-300	Vaciado de materiales densos con anclajes metálicos o cerámicos	1	Soldador de 1 <sup>a</sup>	0,0050	0,4800
		1	Carpintero 1 <sup>a</sup>		
		1	Albañil de 1 <sup>a</sup>		
		5	Ayudante		
		Σ=	8		
17-310	Vaciado de materiales densos sin anclajes	1	Carpintero 1 <sup>a</sup>	0,0026	0,2184
		1	Albañil de 1 <sup>a</sup>		
		5	Ayudante		
		Σ=	7		

Fuente: Elaboración propia

\* Corresponden al promedio de los trabajadores observados realizando la actividad, a estas cuadrillas para efecto de los APU deben adicionarse técnicos de seguridad, electricistas montacargistas y choferes.

\*\* Se obtuvieron de las medias mostradas en las curvas de distribución (Crystal Ball).

\*\*\* Se obtuvieron a través de la expresión 3.11

A continuación se muestran los gráficos obtenidos a través del software Crystal Ball.

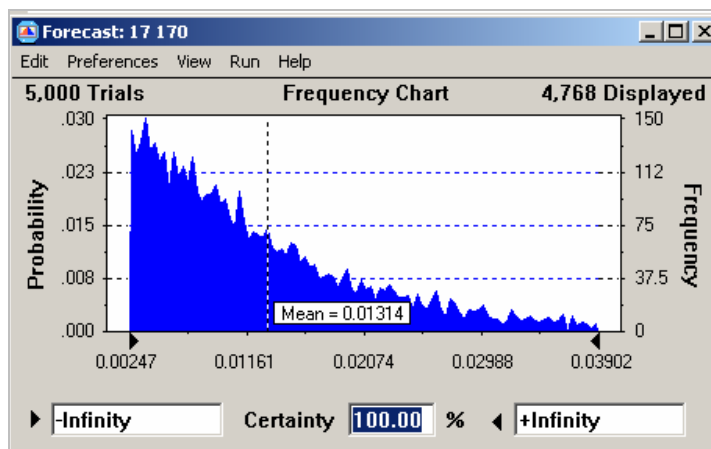


Grafico3.1. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-170)

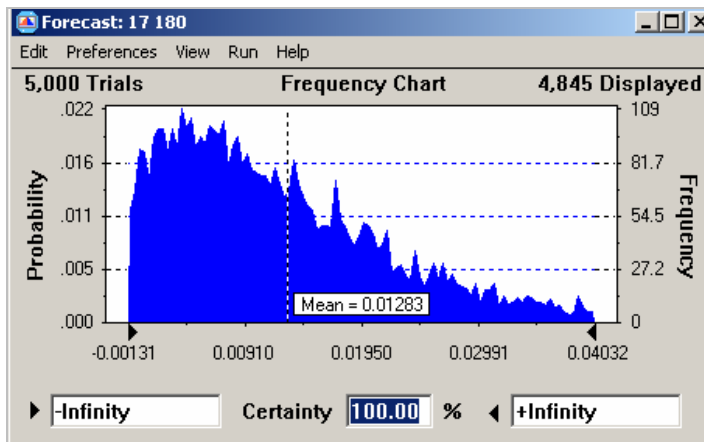


Grafico3.2. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-180)

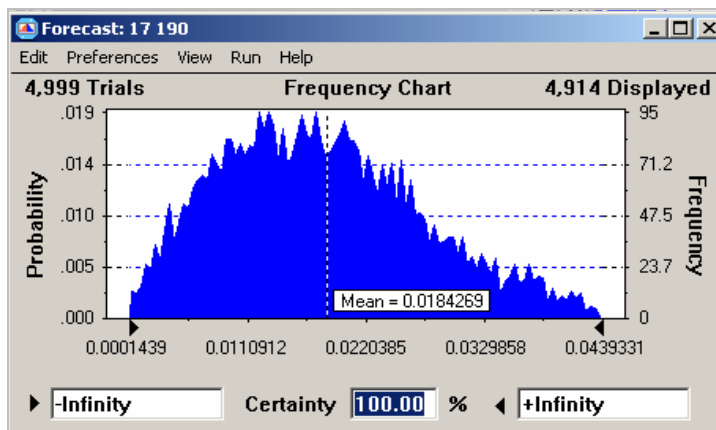


Grafico3.3. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-190)

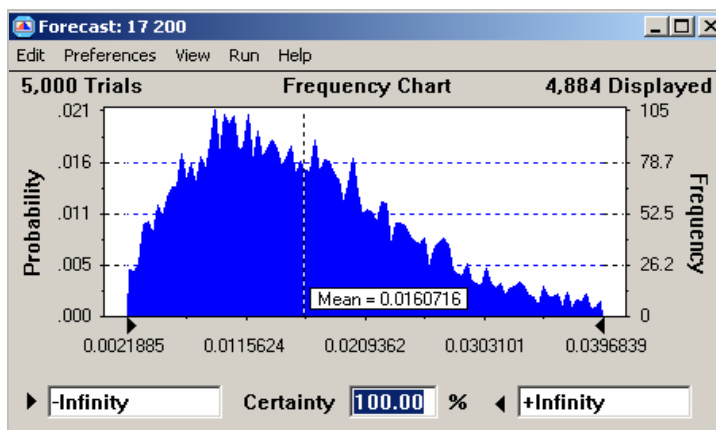


Grafico3.4. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-200)



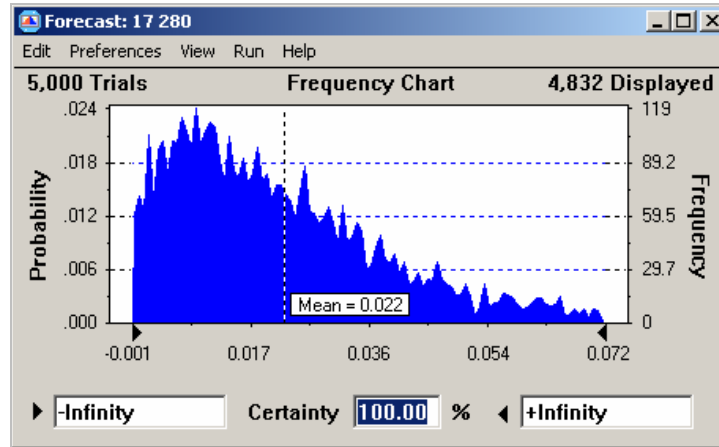


Grafico3.5. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-280)

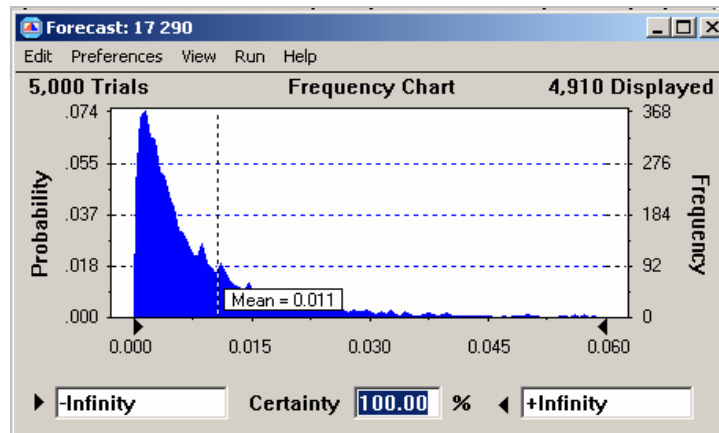


Grafico3.6. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-290)

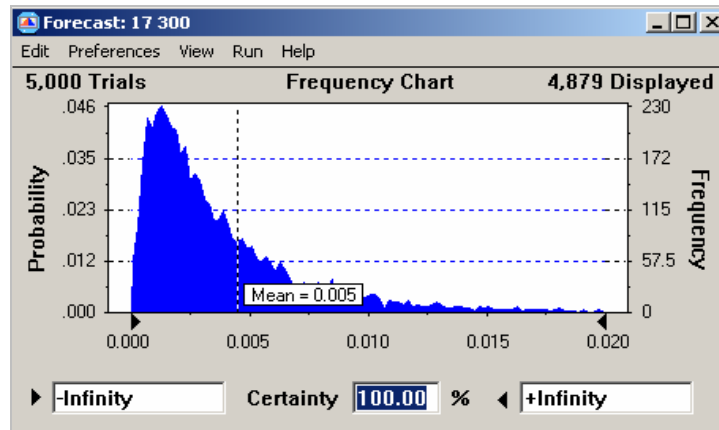


Grafico3.7. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-300)

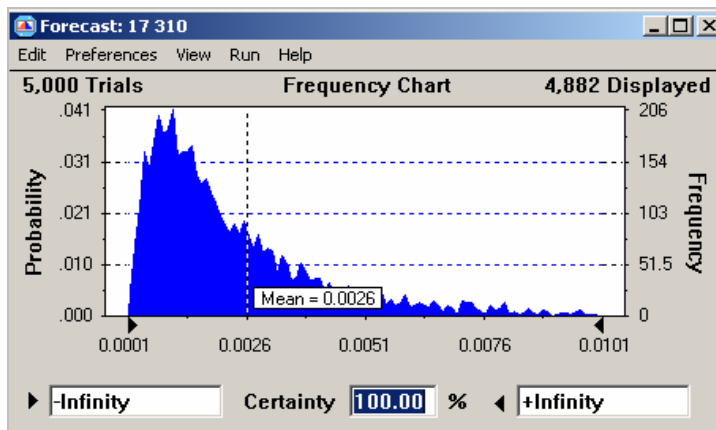


Grafico3.8. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-310)

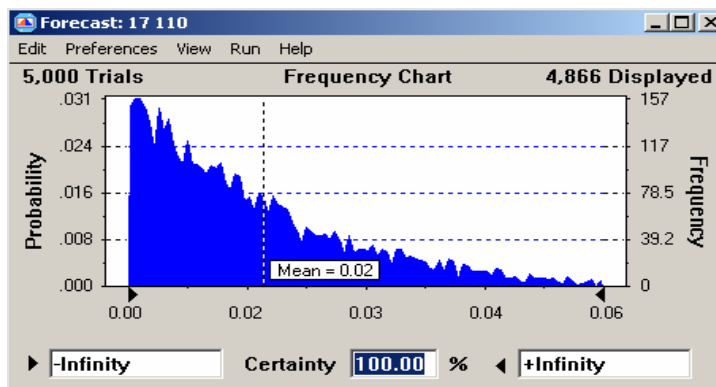


Grafico3.9. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-110)

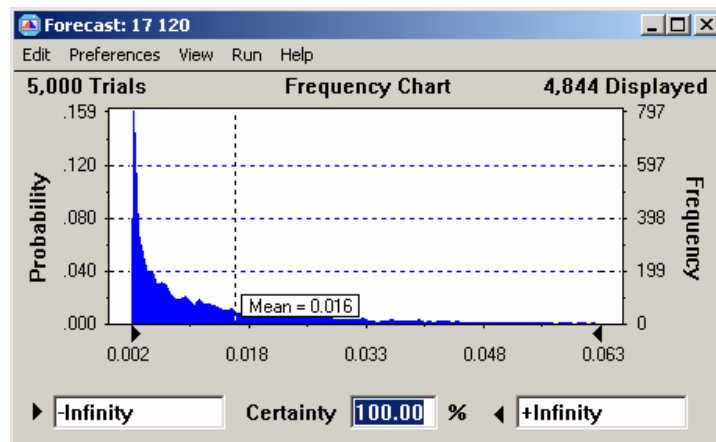


Grafico3.10. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-120)

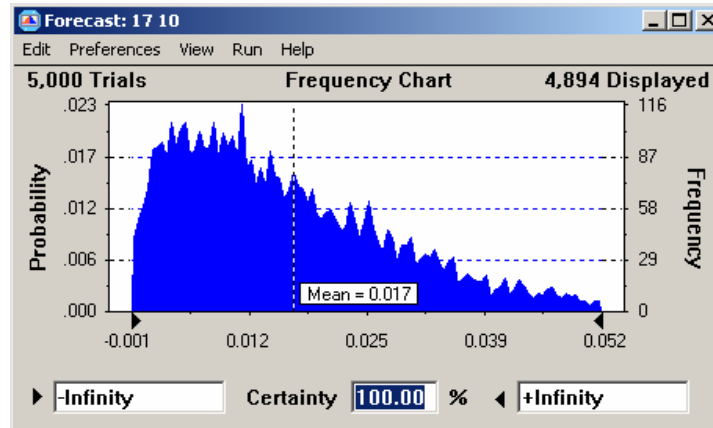


Grafico3.11. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-10)

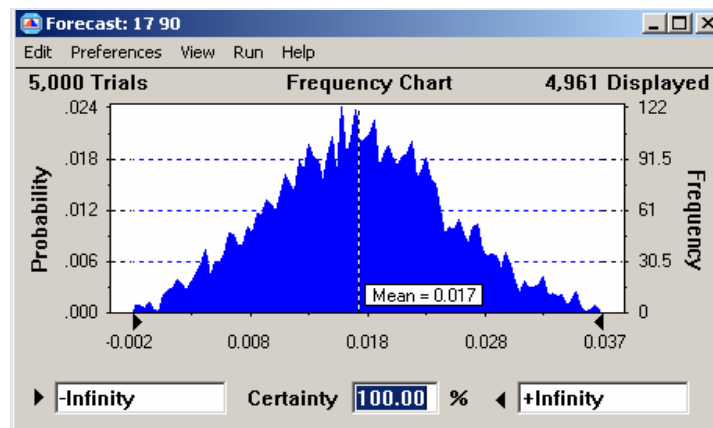


Grafico3.12. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-90)

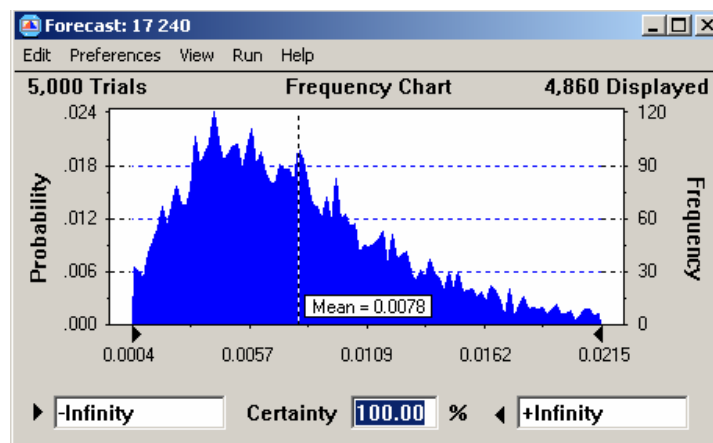


Grafico3.13. Curva estadística Crystal Ball de rendimiento promedio partida (17-240)



### **3.2.3. Determinación del factor de costo asociado al salario de acuerdo a lo establecido a la contratación colectiva de la industria de la construcción (CCIC)**

El factor de costo asociado al salario (FCAS) es la relación que existe entre los días pagados (más adicionales por leyes y decretos), y los días efectivamente trabajados y se calcula a través de la siguiente expresión:

$$FCAS = \frac{\text{Días Pagados}}{\text{Días Trabajados}} - 1 \quad (3.12)$$

Para su de terminación se revisaron dos modelos de cálculo, el propuesto por la cámara de la construcción y el software IP3 control de obras. Ambos modelos están basados en la contratación colectiva de la industria de la construcción (CCIC), Ley Orgánica del Trabajo (LOT), Ley del seguro social obligatorio (SSO), Ley de paro forzoso (LPF), Ley de Política Habitacional (LPH), Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT), y la Ley del Instituto Nacional de Cooperación Educativa (INCE). Luego de realizar las revisiones se optó por utilizar el modelo que ofrece la cámara venezolana de construcción a sus agremiados, donde fue necesario el establecimiento de la cuadrilla típica de la obra, salario promedio ponderado, días efectivamente trabajados y total de días pagados.

#### **3.2.3.1. Estimación de la cuadrilla típica y salario promedio ponderado**

En la estimación de la cuadrilla típica general para una duración contractual de un año, se estimaron cuarenta trabajadores, su determinación fue posible a través de informes de paradas y observación en campo de la



cantidad de personal promedio empleado en desarrollar las actividades. Sus correspondientes oficios y salarios vigentes a partir del 18 de junio del 2007 se muestran en la tabla 3.19.

Tabla 3.19. Cuadrilla típica y salario promedio ponderado

DENOMINACIÓN	CANTIDAD	SALARIO	TOTAL
Ayudantes	26	36.909,84	959.655,84
Albañil Refractario	4	46.288,13	185.152,52
Carpintero 1ra	2	46.288,13	92.576,26
Soldador 1ra	2	46.288,13	92.576,26
Proyector	2	46.288,13	92.576,26
Operador Allentown	2	46.288,13	92.576,26
Electricista 1ra	2	46.288,13	92.576,26
Nº de Trabajadores	40		1.607.689,66
Salario promedio ponderado (SPP) Bs./Día			40.192,24

### 3.2.3.2. Estimación de los días efectivamente trabajados

La estimación de los días efectivamente trabajados consiste en sustraer de los días contratados aquellos días no laborados en el lapso de la obra, adicionando el total de días equivalentes por horas extras. Los días contratados son equivalentes a la duración de la obra en tiempo calendario.

En la determinación de los días trabajados se consideraron los mismos criterios del modelo CCIC adicionando la modalidad de tiempos perdidos por notificación de riesgos (charlas de seguridad y elaboración de análisis de riesgos) y permisos de trabajo (son una especie de lista de chequeo que permite revisar el cumplimiento de la notificación de riesgos al personal y los procedimientos de seguridad a seguir en el área donde se desarrollan los trabajos, firmado por el jefe de planta). En el establecimiento del tiempo perdido por estas causas se revisaron permisos de trabajos de diferentes plantas, obteniendo de ellos las horas de aperturas. Datos que se utilizaron para obtener las horas perdidas a través de la diferencia de la hora de inicio



del turno, con la hora de apertura del permiso. Dependiendo del área de la planta se pierden de 2 a 3 horas por turno, para el modelo calculado en este proyecto se tomo la perdida de 3 horas por resultar la más desfavorable.

Para el caso de la determinación del equivalente en días por concepto de horas extras se revisaron los días trabajados durante el 2006 en jornada de 12 horas, a través del registro de paradas programadas disponible en el visual flash de SIDOR en la intranet de la empresa, obteniendo un total 201 días laborados bajo estas condiciones, se consideraron que el 80% de estos días fueron trabajados efectivamente y el otro 20% representan los periodos de enfriamiento y calentamiento a los que se someten los equipos antes y después de realizar el mantenimiento. La consideración de tomar el 80% de los días, se debió a que la programación muestra la duración de la parada incluyendo los tiempos muertos por causas de enfriamiento y calentamiento.

Realizadas las consideraciones anteriores se obtuvo que el 80% de los días trabajados en el 2006 representaron el 44% de los días del año, porcentaje que se utilizo para determinar los días equivalentes por notificación de riesgos y horas extras. En la tabla 3.20 se muestran las cláusulas de CCIC y artículos de la LOT y LOPCYMAT consideradas para la determinación de los días efectivamente trabajados, así como las expresiones, y ejemplo de cálculo.

Tabla 3.20. Detalle de los días efectivamente trabajados

CLÁUSULA	DÍAS EFECTIVAMENTE TRABAJADOS	DETALLE DE CÁLCULO
	Días Totales al Año:	<b>365</b>
	Días No Trabajados:	
42	Vacaciones Anuales (17 Días Hábiles)	0
LOT	Domingos (ART.212-A)	-52
5	Media Jornada del Sábado	-26
LOT	Feridos (ART.212-B Y 212-C)	-10
33	Permisos Remunerados (Cláusulas 28,29,33)	-4



Tabla 3.20.1. Detalle de los días efectivamente trabajados

CLÁUSULA	DÍAS EFECTIVAMENTE TRABAJADOS	DETALLE DE CÁLCULO
11	Tiempos perdidos y lluvia	-3
LOPCYMAT	Tiempo notificación de riesgos Art.52-1;62-1y2	$44\% \times 365 \times 3/12 = -40$
LOPCYMAT	Tiempo examen médico (Art.53-10)	$25\% \times 3 = -1$
39	Equivalente por horas extras	$44\% \times 52 \times (60-44)/8=46$
Total días Efectivamente Trabajados (DT):		275

\* Diferencia del límite de horas a la semana según sidor, del total de horas según LOT.

### 3.2.3.3. Estimación de los días pagados

El total días pagados corresponde a la adición de los días contratados con las correspondientes reivindicaciones por leyes y decretos (ver tabla 3.21). Para su determinación se tomaron del modelo propuesto por la cámara los ítems que aplicaban a las condiciones de las obras de fumistería refractaria, donde se realizaron diferentes hipótesis acerca de la cantidad de personal que es factible reciba bonificaciones extras durante el transcurso de la obra. Entre las más relevantes se encuentran las bonificaciones por concepto de condiciones de trabajos especiales, asistencia puntual y perfecta, libros y útiles escolares, nacimiento de hijos y matrimonios, (ver tabla 3.22).

Adicionalmente se realizaron encuestas no estructuradas al personal, con el fin de establecer la cantidad y frecuencia de la asignación de los equipos de protección personal (EPP) Luego se consultaron sus respectivos precios a proveedores de la zona (ver tabla 3.23). Debido a los diferentes salarios que se utilizan, en general para la determinación de los costos asociados a los salarios se utilizaron los factores de salario normal, utilidad y antigüedad. Las expresiones de cálculo son las siguientes:



$$FSN = 1 + \left( \frac{T_V + T_E + EHE}{365} \right) \quad (3.13)$$

$$FSU = 1 + \left( \frac{T_V + T_E + EHE + B_V}{365} \right) \quad (3.14)$$

$$FSA = 1 + \left( \frac{T_V + T_E + EHE + B_V + U}{365} \right) \quad (3.15)$$

Donde:

- $T_V$ : son los días equivalentes por tiempo de viaje diario,
- $T_E$ : son los días correspondientes a trabajos especiales,
- $EHE$ : equivalentes en días por horas extras;
- $B_V$ : es el la cantidad en días por bono vacacional;
- $U$ : es los días de utilidad.

Tabla 3.21. Detalle de los días pagados

CLÁUSULA	DESCRIPCIÓN	DETALLE DE CALCULO
A	SALARIOS PAGADOS	
	Total días de presencia en la obra	365-52-52-10- 4= 247
LOT	Domingos y Feriados	(52+10)x FSN= 83,08
LOT	Sábados	52x FSN=69,68
38 A Y B	Trabajos Especiales: Altura, depresiones y espacios confinados	%75x3.000x85%DT/SPP=13,09
38 C	Trabajos Especiales: Galerías o túneles	%85x5.000x85%DT/SPP=24,72
58 Y 77	Permisos Remunerados	4
37-A	Equivalente por horas extras(EHE)	1,75 x EHE=80,50
34	Días de jubilo y 26 de Marzo	2
17	Tiempo de viaje diario (Tv)	6 x 52 x 1/ 8=39
	Total Salarios Pagados:	563,06
B	CONTRIBUCIONES POR LEYES NACIONALES	
SSO	Ley Seguro Social Obligatorio	13% x 365 x FSN=63,58
SPF	Ley Seguro de Paro Forzoso	1,7% x 365 x FSN=9,78
LPH	Ley Política Habitacional	2% x 365 x FSN=9,78
INCE	Ley INCE	2% x 365 x FSU=9,91
PNA	Programa nacional de aprendizaje	3%xSMN*x12x180%/SPP=10,66
	Total Contribuciones:	103,72
C	PRESTACIONES SOCIALES	





42	Vacaciones Anuales	17 SB=17
42	Bono Vacacional B <sub>v</sub>	61 SB - 17SB=44

Tabla 3.21.1. Detalle de los días pagados

CLÁUSULA	DESCRIPCIÓN	DETALLE DE CALCULO
43	Participación en los Beneficios	85 Días(U) x FSU=124,10
45	Indemnización por Antigüedad	5 Días x12 Mesesx FSA=101,40
LOT	Despido Injustificado (Art.125)	0% x 75 Días x FSA=0
	Total Prestaciones Sociales:	286,50
D	<b>OTROS BENEFICIOS</b>	
16	Refrigerio	0,15 UT** x 44% DT/SPP=16,99
36	Asistencia Puntual y Perfecta	85% x 4 Días x 12 meses=40,80
28	Servicio funerario Fallecimiento de Familiares	5.000 x 12 / SPP=1,49
18	Libros y Útiles Escolares	90% x 22 SB=19,80
20	Matrimonios	5% x 200.000/ SPP=0,25
19	Prestaciones por Nacimiento de Hijos	10% x 160.000 / SPP=0,40
17	Transporte Diario	6 x 52 x Costo / SPP=7,76
27	Seguros Colectivos	2.500 x12 Meses/SPP=0,75
	Total Otros Beneficios:	88,24
E	<b>HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	
LOPCYMA	Comité de seguridad y salud laboral	15% x 2 x 365 / N=2,74
54	Suministro de Agua Potable	6x52x3xCosto/(NxSPP)=6,99
56	Suministro de Botas	3 x Costo / SPP=2,55
56	Trajes de trabajo	4 x Costo/ SPP=4,38
27	Instalación de Comedores	26 m <sup>2</sup> xCosto/(NxSPP)=56,60
53	Alquiler de baños portátiles	3xCosto/ (N x SPP)=29,86
52	Primeros Auxilios	Costo/ (N x SPP)=0,12
57	Exámenes médicos periódicos (Art. 53-10)	3xCosto/ (N x SPP)=3,73
LOPCYMA	Equipos de Seguridad:	
	Anteojos	3/30x Costo x DT/SPP=5,33
	Mascarillas	2x Costo x DT/ SPP=26,68
	Guantes de carnaza	1/2 xCostox DT/ SPP=23,23
	Protectores Auditivos	1x Costo/SPP= 0,44
	Gorros (TIPO NINJA)	2x Costo/SPP= 1,79
	Casco	1x Costo/SPP= 0,48
	Total Higiene y Seguridad Industrial:	164,93
F	<b>CONTRIBUCIONES Y COSTOS SINDICALES</b>	
51	Comisión de Higiene y Seguridad Industrial	(A+B+C+D+E) / N=30,16
66	Comité de empresa	(A+B+C+D+E) / N=30,16
72	Actividades Sindicales del sindicato	140.000 / (N x SPP)=0,09
73	Actividades Sindicales de la federación	140.000 / (N x SPP)=0,09
74	Actividades Sindicales de la confederación	140.000 / (N x SPP)=0,09
75	Día del Trabajador de la construcción	220.000 / (N x SPP)=0,14
76	Día del Trabajador ( 1° de Mayo)	220.000 / (N x SPP)=0,14
	Total Contribuciones y Costos Sindicales:	60,86
<b>TOTAL DÍAS PAGADOS O SALARIOS EQUIVALENTES (DP)</b>		<b>A+B+C+D+E+F=1.267,30</b>



\*Salario mínimo nacional

\*\*Unidad tributaria

Tabla 3.22. Datos de la estimación de trabajadores con beneficios especiales

DESCRIPCIÓN	% TRABAJADORES	BONIFICACIÓN
Trabajos Especiales: Altura, Depresiones y Espacios Confinados	75	Bs. 3.000,00
Trabajos Especiales: Galerías o Túneles	85	Bs. 5.000,00
Asistencia Puntual y Perfecta	85	4 SB*
Libros y Útiles Escolares	90	22 SB*
Matrimonios	5	Bs. 200.000,00
Prestaciones por Nacimiento de Hijos	10	Bs. 160.000,00

\*SB: Salarios Básicos

Tabla 3.23. Datos de asignación de EPP

EQUIPO	CANTIDAD	FRECUENCIA	COSTO
Anteojos	3	Mensuales	Bs 7.790,00
Mascarillas	2	Diario	Bs 1.950,00
Guantes de carnaza	2	Interdiario	Bs 6.790,00
Protectores Auditivos	1	Anual	Bs 17.652,00
Gorros (Tipo Ninja)	2	Anual	Bs 36.000,00
Casco	1	Anual	Bs 19.350,00

Los factores FSN, FSU, FSA fueron el resultado de los valores obtenidos de las tablas 3.18 y 3.21, fueron calculados a través de las ecuaciones 3.13, 3.14, 3.15, de la siguiente forma:

$$FSN = 1 + \left( \frac{39 + (13,09 + 24,72) + 46}{365} \right) = 1,34$$

$$FSU = 1 + \left( \frac{39 + (13,09 + 24,72) + 46 + 41}{365} \right) = 1,46$$

$$FSA = 1 + \left( \frac{39 + (13,09 + 24,72) + 46 + 41 + 85}{365} \right) = 1,69$$

Aplicando la ecuación 3.12 y con los datos de las tablas 3.20 y 3.21 se obtuvo el factor de costo asociado a los salarios para turnos de 12 horas y 3



horas pérdidas por causas de permisos de trabajos y notificación de riesgos, se obtuvo lo siguiente:

$$FCAS = \frac{1.267,30}{275} - 1 = 3,61$$

$$\%FCAS = \left( \frac{1.267,30}{275} - 1 \right) \times 100 = 361\%$$

#### **3.2.4. Análisis de las implicaciones de la duración de los turnos de trabajos en el factor de costos asociados al salario (FCAS).**

El desarrollo productivo de SIDOR se realiza de forma continua las 24 horas del día para los 365 días del año, para lo que se establece 3 turnos de trabajo de 8 horas cada uno. En cada cambio de turno se realizan notificaciones de riesgos y permisos de trabajo. Sin embargo en condiciones de paradas programadas para mantenimiento refractario normalmente se establecen 2 turnos de 12 horas, para determinar de como afecta la duración de los turnos de trabajo al FCAS se siguió el siguiente procedimiento.

Se introdujeron en el formato de cálculo del FCAS realizado en MS Excel, las variantes en el número de horas perdidas por jornada laboral causadas por notificación de riesgos y permisos de trabajos, con duraciones de 1, 2 y 3 horas para turnos de 8 y 12 horas. Para los turnos de 8 horas adicionalmente a las variaciones de los tiempos perdidos, se redujeron el número de horas extras semanales de 16 a 4 y el porcentaje de pérdida de tiempo por exámenes médicos se incremento a un 50% el resto de las estimaciones se mantuvieron iguales, con respecto al ejemplo de 12 horas mostrado en las tablas 3.20 y 3.21. Los valores obtenidos se graficaron en un diagrama de columnas para facilitar su análisis, (ver capítulo IV).



### **3.2.5. Verificación a través del círculo de calidad de Deming las cantidades requeridas de materiales, equipos y mano de obra para cada actividad.**

Para la verificación de los recursos asignados para cada partida se siguió la metodología de calidad de Deming descrita en el capítulo II.

#### **3.2.5.1. Planear**

La etapa de “Planear”, esta relacionada en primer lugar con la determinación de las partidas a estudiar, a partir de allí se diseñaron:

- ✓ Metodología para la medición de rendimientos
- ✓ Formato de cálculo para el factor de costo asociado a los salarios, usando Ms Excel.
- ✓ Formato de cálculo de los análisis de precios unitarios en Ms Excel, (ver figura 3.21).

#### **3.2.5.2. Hacer**

En la etapa de “Hacer”, se realizaron las observaciones en campo del desarrollo de las actividades tomando nota de la mano de obra empleada, cantidades instaladas y/o retiradas de los equipos, así como la cantidad y tipo de equipos requeridos para su ejecución. Recolectada toda esta información se establecieron las cuadrillas típicas para cada partida y se calcularon los análisis de precios unitarios iniciales (APU<sub>i</sub>).



### **3.2.5.3. Verificar**

Luego de realizar los APU<sub>i</sub>, se verificaron en obra y a través de recomendaciones de expertos en el área. El proceso de verificación consistió en tomar nota de algún recurso necesario para el desempeño de las actividades involucradas en las partidas, que hubiese sido desestimado en el cálculo inicial. Realizados los chequeos en obra y tomando las recomendaciones hechas, se calcularon nuevamente los APU y se revisaron nuevamente hasta estar seguros de haber tomado todos los elementos necesarios para la ejecución de cada partida.

### **3.2.5.3. Actuar**

Realizados los chequeos en obra y tomando las recomendaciones hechas por los expertos en el área, se calcularon nuevamente los APU y se revisaron nuevamente hasta estar seguros de haber tomado todos los elementos necesarios para la ejecución de cada partida y obtener los precios unitario definitivos.



(1)

Fecha: (2)

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Descripción de la obra: (3)

Partida N°: (4)

Descripción : (5)

Código: (6)	Unidad: (7)	Cantidad: (8)	Rendimiento: (9)
-------------	-------------	---------------	------------------

1.- MATERIALES						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)

Total Materiales: (17)  
Unitario de Materiales: (18)

2.- EQUIPOS					
Código	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
(10)	(11)	(13)	(19)	(20)	(21)

Total Equipos: (22)  
Unitario de Equipos: (23)

3.- MANO DE OBRA						
Código	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
(10)	(11)	(13)	(24)	(25)	(26)	(27)

Calculado por:  
Revisado por:

(30)

Sub- Total Mano de Obra: (29) (28)  
%Prestaciones Sociales: (31)  
Total Bono/ Jornal: (32)  
Total General Mano de Obra: (33)  
**Unitario Mano de Obra:** (34)  
**Costo Directo por Unidad:** (35)  
%Administración y Gastos Generales: (37)  
Sub-Total: (38)  
(39) % Utilidad e Imprevistos: (40)  
(41) % Financiamiento: (42)

(36)

(39) (41)

**PRECIO UNITARIO Bs. (43)**

Figura 3.21. Formato utilizado para la elaboración de los APU



El formato mostrado en la figura 3.24, es bien conocido en la construcción civil y esta basado en lo formatos que presentan los software Lulo Win e IP3 control de obras, diseñados para el sector refractario de planta en Ms Excel, por no contar en el departamento con la licencia de estos programas. Para ello se crearon tablas de datos que se vincularon en un solo archivo con varias hojas de calculo que pudieran ser actualizadas y de manera automática se modificaran los precios unitarios calculados así como también el FCAS. El formato también servirá de referencia a las contratistas unificando así la metodología de cálculo para una mejor revisión de ofertas. A continuación se especifican el significado de la numeración y formulas fijadas:

- (1) Recuadro donde se ubica información de la empresa (logo, dirección u otro dato significativo).
- (2) Fecha de elaboración del APU
- (3) Especificación de la labor a realizar por ejemplo: “rex planta de pellas”.
- (4) Número que representa la partida del total presupuestada.
- (5) Especificación de la actividad a desarrollar.
- (6) Código Sidor de la partida.
- (7) Unidad de cotización de la partida
- (8) Cantidad a desarrollar de la partida, en Sidor generalmente para las de obras de mantenimiento refractario no se conoce con exactitud la cantidad a ejecutar.
- (9) Rendimiento esperado para desarrollar la actividad en unidades de la partida por jornal.



- (10) Especificación de la codificación mediante dígitos numéricos o en letras que se establezcan para identificar un material, equipo o mano de obra, este puede ser opcional.
- (11) Especificación del nombre del material, equipo u oficio del personal.
- (12) Representa la unidad en la que los proveedores comercializan el material a utilizar en una partida determinada.
- (13) Número de materiales, equipos o mano de obra según su oficio para el desarrollo del trabajo.
- (14) Porcentaje de desperdicios que se generan por materiales.
- (15) Importe unitario del material por unidad de comercialización.
- (16) Monto total por cada material que se obtiene a través del producto de las celdas de la siguiente forma:  $(13) \times (14) \times (15)$
- (17) Sumatoria del total de materiales.
- (18) Precio unitario de materiales en sidor es el mismo que el ubicado en la celda 18, en otras obras cuando el material influye de manera significativa se divide entre el rendimiento de la partida.
- (19) Costo de los equipos utilizados par el desarrollo de las actividades.
- (20) factor de costos de operación y posesión o depreciación anual de los equipos, para los APU calculados para esta investigación se usaron factores referenciales, sin embargo las contratistas pueden tener factores más exactos por contar con registros de gastos por posesión de los equipos. este valor es igual a 1 cuando el equipo es alquilado.
- (21) Monto total por cada equipo se calcula del producto de las siguientes celdas : $(13) \times (19) \times (20)$ .
- (22) Sumatoria del total de equipos



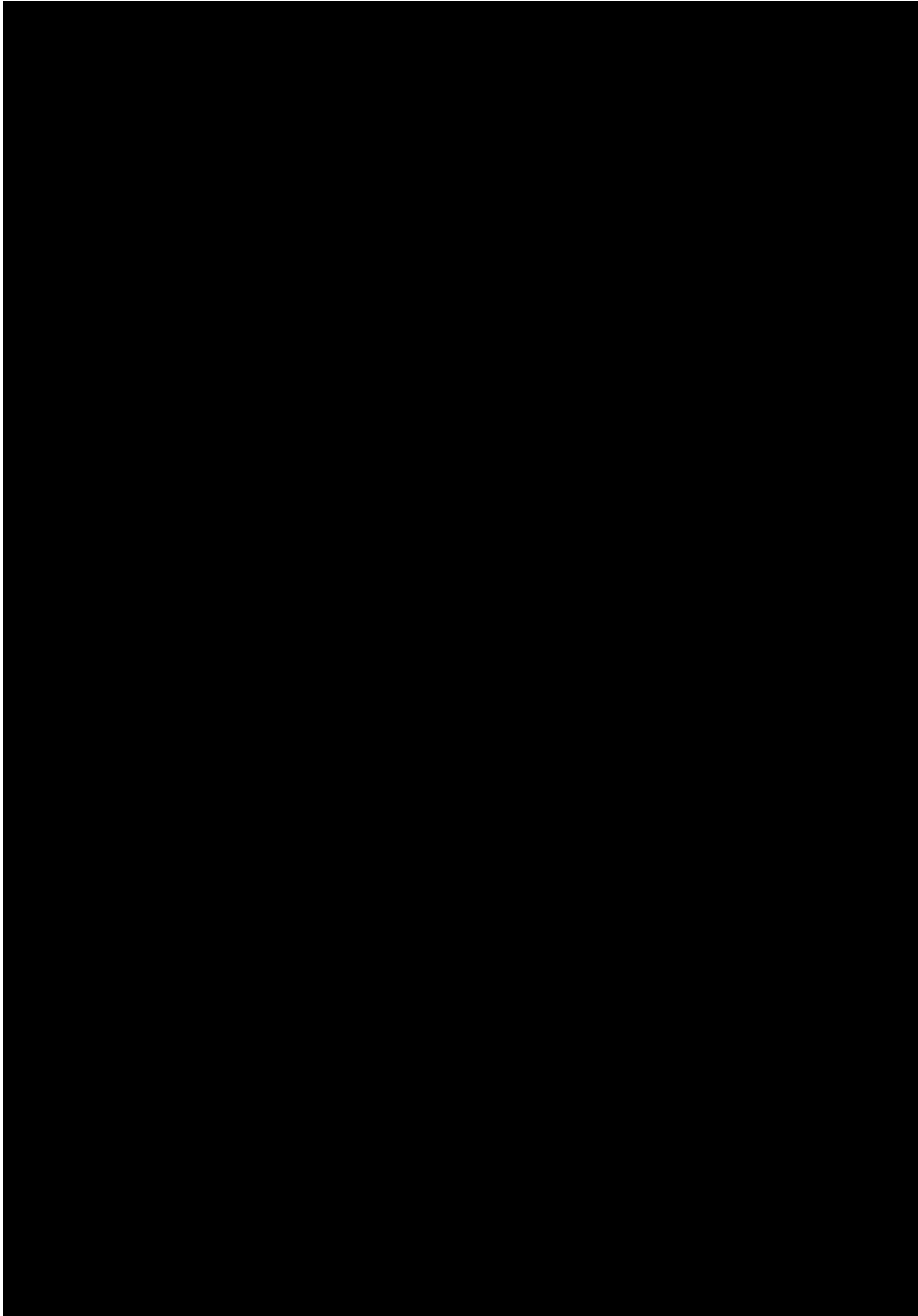


- (23) Monto unitario por concepto de equipos, se calculo a través del cociente de las celdas:  $(22)/(9)$ .
- (24) El jornal corresponde al salario básico u ordinario que recibe el trabajador por su jornada de trabajo, de acuerdo al tabulador de salarios y oficios de la contratación colectiva de los trabajadores de la construcción y sus similares.
- (25) Es el bono por concepto de alimentación, que se establece en un importe del 35% de la unidad tributaria, este porcentaje corresponde a la contratación 2007-2009, puede sufrir incrementos en posteriores convenciones y necesita ser actualizada cuando se requiera.
- (26) Corresponde al producto de las celdas:  $(13) \times (25)$ .
- (27) El total jornal por cada trabajador se obtuvo de la siguiente forma:
6.  $[(13) \times (24)]+(26)$ .
- (28) Es la sumatoria del total jornal de cada trabajador.
- (29) Es la sumatoria del total de bono obtenido por cada trabajador en su jornada de trabajo.
- (30) Porcentaje del FCAS.
- (31) Prestaciones sociales que generaran los trabajadores durante la ejecución de la obra y se calculo de la siguiente forma:
- $[(28)-(29)] \times (30)/100$
- (32) Es la suma del sub- total de mano de obra  $[(28)+(31)]$ .
- (33) Es la sumatoria por concepto de los pagos realizados a los trabajadores de la siguiente manera:  $(32)+(29)$ .
- (34) Importe unitario por concepto de mano de obra es el cociente de las cedas:  $(33)/(9)$ .



- (35) Costo directo por la unidad de la partida, es la suma de los importes unitarios de materiales, equipos y mano de obra, a través de las siguientes celdas:  $(18)+(23)+(34)$ .
- (36) Porcentaje por concepto de administración y gastos generales de las contratistas se fijan entre 10% y 15%.
- (37) Costo indirectos producidos por administración y gastos generales de las contratistas y se obtuvo a través de las siguientes celdas:  $(35) \times (36) / 100$ .
- (38) Sumatoria de los costos directos e indirectos de la partida:  $(37) + (35)$ .
- (39) Porcentaje de ganancia o utilidad esperada por la contratista, así como resguardo por incrementos de materiales, equipos o mano de obra u otra imprevisto que pueda surgir durante la ejecución de la obra.
- (40) Importe de la ganancia o utilidad y se obtuvo por la siguiente expresión fijada en el formato digital:  $(38) \times (39) / 100$ .
- (41) Porcentaje por concepto de anticipo del costo total de la obra, a través de créditos bancarios. En este caso el valor es cero.
- (42) Costo por financiamiento y se calcula de la siguiente forma:  $(38) \times (41) / 100$ .
- (43) Es precio unitario de la partida y resultó de la sumatoria de los costos directos e indirectos, utilidad e imprevistos y financiamiento, de la siguiente forma:  $(38) + (40) + (42)$ .

A continuación se muestran los análisis de precios unitarios calculados para las partidas de mayor influencia en el contrato de fumistería refractaria, las cuales están ordenadas de mayor a menor incidencia.





Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 2

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción : Proyección de materiales densos con anclajes cerámicos o metálicos

Código: 17-190	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 2,21 m <sup>3</sup> /Jornal
----------------	------------------------	-----------	--

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
1	Manguera agua/aire 3/4"	m	75	0,01	27.000,00	20.250,00
2	Manguera 2"	m	75	0,01	95.000,00	71.250,00
3	Electrodos de acero inoxidable E-310	Kg	5	0,10	35.000,00	17.500,00
4	Alambre	Kg	3	1,00	4.000,00	12.000,00
5	Clavos	Kg	2	1,00	749,39	1.498,78
6	Madera para encofrado	Unid	3	0,10	90.000,00	27.000,00

Total Materiales: 149.498,78  
Unitario de Materiales: 149.498,78

2.-EQUIPOS					
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
1	Mezcladora	1	40.000.000,00	0,0020	80.000,00
2	Proyectora Allentown Doble Campana	1	150.000.000,00	0,0020	300.000,00
3	Compresor 750 CFM	1	650.000,00	1,0000	650.000,00
4	Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0020	20.000,00
5	Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
6	Maquina de soldar 550 AMP	1	23.000.000,00	0,0003	6.900,00
7	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00
8	Equipo menores albañilería	1	67.203,50	0,0186	1.246,62
9	Herramientas de soldador	1	1.921.046,50	0,0070	13.370,48
10	Herramientas de carpintería	1	977.766,73	0,0054	5.231,05

Total Equipos: 1.103.552,16  
Unitario de Equipos: 499.797,17

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Operador Allentown	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
2	Proyector	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
3	Albañil Refractario	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
4	Ayudante	5	36.909,84	13.171,20	65.856,00	250.405,20
5	Soldador	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
6	Carpintero	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
7	Electricista de 1ra	1	41.929,14	13.171,20	13.171,20	55.100,34
8	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
9	Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
10	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
11	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81

Sub- Total Mano de Obra: 158.054,40 668.781,89  
361 % Prestaciones Sociales: 1.843.726,23

Calculado por:	Norki España
Revisado por:	Ing. Antonio López

Total Bono/ Jornal: 158.054,40 2.512.508,12

Total General Mano de Obra: 2.670.562,52

**Unitario Mano de Obra: 1.209.493,89**

**Costo Directo por Unidad: 1.858.789,85**

15 % Administración y Gastos Generales: 278.818,48

Sub-Total: 2.137.608,33

15 % Utilidad e Imprevistos: 320.641,25

0 % Financiamiento: 0,00

**PRECIO UNITARIO Bs. 2.458.249,57**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 3

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Demolición de Paredes en General

Código: 17-110	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 1,20 m <sup>3</sup> /Jornal
----------------	------------------------	-----------	--

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total

Total Materiales:

Unitario de Materiales:

2.-EQUIPOS						
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total	
1	Martillo Neumático 34 kg	1	6.299.436,00	0,0005	3.149,72	
2	Mandarría de 5 kg	1	58.685,90	0,0180	1.056,35	
3	Compresor 400 CFM	1	400.000,00	1,0000	400.000,00	
4	Camión Volteo capacidad 6 m <sup>3</sup>	0,25	1.300.000,00	1,0000	325.000,00	
5	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00	

Total Equipos: 742.310,06

Unitario de Equipos: 618.591,72

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Obreros 1ra	5	34.470,40	13.171,20	65.856,00	238.208,00
2	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	13.171,20	3.292,80	123,79
3	Supervisor Refractorista	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
4	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81
5	Chofer 1ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09

Sub- Total Mano de Obra: 79.027,20 286.258,59

361 %Prestaciones Sociales: 748.105,31

Total Bono/ Jornal: 79.027,20 1.034.363,89

Total General Mano de Obra: 1.113.391,09

**Unitario Mano de Obra: 927.825,91**

**Costo Directo por Unidad: 1.546.417,63**

15%Administración y Gastos Generales: 231.962,64

Sub-Total: 1.778.380,27

15 %Utilidad e Imprevistos: 266.757,04

0 %Financiamiento: 0,00

Calculado por: Norki España
Revisado por: Ing. Antonio López

**PRECIO UNITARIO Bs. 2.045.137,32**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 4

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Vaciado de materiales Densos con anclajes cerámicos o metálicos

Código: 17-300	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 1,00	m <sup>3</sup> /Jornal
----------------	------------------------	-----------	-------------------	------------------------

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
1	Electrodos de acero inoxidable	Kg	5	0,10	35.000,00	17.500,00
2	Alambre	Kg	3	1,00	4.000,00	12.000,00
3	Clavos	Kg	2	1,00	749,39	1.498,78
4	Madera para encofrado	Pza	5	0,10	90.000,00	45.000,00

Total Materiales: 75.998,78  
Unitario de Materiales: 75.998,78

2.-EQUIPOS					
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
1	Mezcladora	1	40.000.000,00	0,0020	80.000,00
2	Vibrador de concreto	1	80.000,00	1,0000	80.000,00
3	Equipos de albañilería	1	551.860,50	0,0170	9.391,01
4	Herramientas de carpintería	1	977.766,73	0,0054	5.231,05
5	Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
6	Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0020	20.000,00
7	Maquina de soldar eléctrica 500 AMP	1	23.000.000,00	0,0003	6.900,00
8	Herramientas de soldador	1	1.921.046,50	0,0070	13.370,48
9	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00

Total Equipos: 241.696,55  
Unitario de Equipos: 241.696,55

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Albañil Refractario	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
2	Ayudante	5	36.909,84	13.171,20	65.856,00	250.405,20
3	Soldador	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
4	Carpintero	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
5	Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
6	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
7	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	13.171,20	3.292,80	14.864,83
8	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
9	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81

Sub- Total Mano de Obra: 121.833,60 509.627,72  
361 % Prestaciones Sociales: 1.399.936,77

Calculado por:	Norki España
Revisado por:	Ing. Antonio López

Total Bono/ Jornal: 121.833,60 1.909.564,49

Total General Mano de Obra: 2.031.398,09

**Unitario Mano de Obra: 2.031.398,09**

**Costo Directo por Unidad: 2.349.093,42**

15 % Administración y Gastos Generales: 352.364,01

Sub-Total: 2.701.457,43

15 % Utilidad e Imprevistos: 405.218,61

0 % Financiamiento: 0,00

**PRECIO UNITARIO Bs. 3.106.676,05**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 5

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción : Vaciado de materiales Aislantes sin anclajes

<b>Código:</b> 17-290	<b>Unidad:</b> m <sup>3</sup>	<b>Cantidad:</b>	<b>Rendimiento:</b> 0,92 m <sup>3</sup> /Jornal
-----------------------	-------------------------------	------------------	---

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
1	Madera para encofrado	Pza	5,00	0,10	90.000,00	45000,00
2	Clavos	kg	2,00	1,00	749,39	1498,78
3	Alambre	kg	3,00	1,00	4.000,00	12000,00

Total Materiales: 58.498,78

Unitario de Materiales: 58.498,78

2.- EQUIPOS					
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
1	Mezcladora	1	40.000.000,00	0,0020	80.000,00
2	Vibrador de concreto	1	80.000,00	1,0000	80.000,00
3	Equipos de albañilería	1	551.860,50	0,0170	9.391,01
4	Herramientas de carpintería	1	977.766,73	0,0054	5.231,05
5	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00
6	Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
7	Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0020	20.000,00

Total Equipos: 221.426,06

Unitario de Equipos: 240.680,50

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Albañil Refractario	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
2	Ayudante	5	36.909,84	13.171,20	65.856,00	250.405,20
3	Carpintero	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
4	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
5	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	13.171,20	3.292,80	14.864,83
6	Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
7	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
8	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81

Sub- Total Mano de Obra: 108.662,40 450.168,39

361 % Prestaciones Sociales: 1.232.836,62

Total Bono/ Jornal: 108.662,40 1.683.005,01

Total General Mano de Obra: 1.791.667,41

**Unitario Mano de Obra: 1.947.464,58**

**Costo Directo por Unidad: 2.246.643,86**

15 % Administración y Gastos Generales: 336.996,58

Sub-Total: 2.583.640,44

15 % Utilidad e Imprevistos: 387.546,07

0 % Financiamiento: 0,00

Calculado por: Norki España
Revisado por: Ing. Antonio López

<b>PRECIO UNITARIO Bs. 2.971.186,51</b>
---



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 6

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Proyección de materiales Aislantes sin anclajes

Código: 17-180	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 1,39 m <sup>3</sup> /Jornal
----------------	------------------------	-----------	--

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
1	Manguera agua/aire 3/4"	m	75	0,01	27.000,00	20.250,00
2	Manguera 2"	m	75	0,01	95.000,00	71.250,00
3	Maderas	Pza.	3	0,10	90.000,00	27.000,00
4	Clavos	kg	2	1,00	749,39	1.498,78
5	Alambre	kg	3	1,00	4.000,00	12.000,00

Total Materiales: 131.998,78

Unitario de Materiales: 131.998,78

2.-EQUIPOS					
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
1	Mezcladora	1	40.000.000,00	0,0020	80.000,00
2	Proyectora Allentown Doble Campana	1	150.000.000,00	0,0020	300.000,00
3	Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0020	20.000,00
4	Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
5	Compresor 750 CFM	1	650.000,00	1,0000	650.000,00
6	Equipo menores albañilería	1	67.203,50	0,0170	1.143,60
7	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00
8	Herramientas de carpintería	1	977.766,73	0,0054	5.231,05

Total Equipos: 1.083.178,65

Unitario de Equipos: 779.265,22

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Operador Allentown	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
2	Proyector	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
3	Albañil Refractario	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
4	Ayudante	4	36.909,84	13.171,20	52.684,80	200.324,16
5	Carpintero	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
6	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
7	Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
8	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	13.171,20	3.292,80	14.864,83
9	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
10	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81

Sub- Total Mano de Obra: 121.833,60 519.006,01

361 % Prestaciones Sociales: 1.433.792,40

Total Bono/ Jornal: 121.833,60 1.952.798,41

Total General Mano de Obra: 2.074.632,01

**Unitario Mano de Obra: 1.492.541,01**

**Costo Directo por Unidad: 2.403.805,01**

15 % Administración y Gastos Generales: 360.570,75

Sub-Total: 2.764.375,77

15 % Utilidad e Imprevistos: 414.656,36

0 % Financiamiento: 0,00

Calculado por: Norki España  
Revisado por: Ing. Antonio López

**PRECIO UNITARIO Bs. 3.179.032,13**





Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 7

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Extracción de escama de laminación y escoria del piso del horno y ductos en frío

Código: 12-10	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 6,55	m <sup>3</sup> /Jornal
---------------	------------------------	-----------	-------------------	------------------------

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total

Total Materiales:

Unitario de Materiales:

2.-EQUIPOS						
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total	
1	Ventilador Turbo axial 23000 ft <sup>3</sup> /min	4	2.711.279,00	0,0003	3.253,53	
2	Pala punta cuadrada mango madera	10	11.739,00	0,0100	1.173,90	
3	Carretilla 110 L rueda neumática	10	124.569,90	0,0100	12.456,99	
4	Cajas metálicas para retiro de escombros	2	100.000,00	0,0010	200,00	
5	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00	
6	Camión Volteo capacidad 6 m <sup>3</sup>	1	1.300.000,00	1,0000	1.300.000,00	

Total Equipos: 1.330.188,42

Unitario de Equipos: 203.082,20

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Obreros de 1ra	10	34.470,40	13.171,20	131.712,00	476.416,00
2	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	13.171,20	3.292,80	14.864,83
3	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
4	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81
5	Chofer 1 ra	1	41.929,14	13.171,20	13.171,20	55.100,34

Sub- Total Mano de Obra: 154.761,60 580.532,89

361 %Prestaciones Sociales: 1.537.034,34

Total Bono/ Jornal: 154.761,60 2.117.567,22

Total General Mano de Obra: 2.272.328,82

**Unitario Mano de Obra: 346.920,43**

**Costo Directo por Unidad: 550.002,63**

15 %Administración y Gastos Generales: 82.500,40

Sub-Total: 632.503,03

15 %Utilidad e Imprevistos: 94.875,45

0 %Financiamiento: 0,00

Calculado por: Norki España
Revisado por: Ing. Antonio López

**PRECIO UNITARIO Bs. 727.378,48**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 8

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Reconstrucción de paredes de ladrillos densos en general

<b>Código:</b> 17-240	<b>Unidad:</b> m <sup>3</sup>	<b>Cantidad:</b>	<b>Rendimiento:</b> 0,37 m <sup>3</sup> /Jornal
-----------------------	-------------------------------	------------------	---

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total

Total Materiales:  
Unitario de Materiales:

2.-EQUIPOS					
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
1	Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0020	20.000,00
2	Equipo menores albañilería	1	67.203,50	0,0186	1.246,62
3	Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
4	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00

Total Equipos: 48.050,62  
Unitario de Equipos: 128.340,34

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Albañil Refractario	2	46.288,13	13.171,20	26.342,40	118.918,66
2	Ayudante	2	36.909,84	13.171,20	26.342,40	100.162,08
3	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
4	Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
5	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
6	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81

Sub- Total Mano de Obra: 65.856,00 285.060,44  
361 %Prestaciones Sociales: 791.328,02  
Total Bono/ Jornal: 65.856,00 1.076.388,46  
Total General Mano de Obra: 1.142.244,46

Calculado por: Norki España
Revisado por: Ing. Antonio López

**Unitario Mano de Obra: 3.050.866,60**

**Costo Directo por Unidad: 3.179.206,95**

15 %Administración y Gastos Generales: 476.881,04

Sub-Total: 3.656.087,99

15 %Utilidad e Imprevistos: 548.413,20

0 %Financiamiento: 0,00

**PRECIO UNITARIO Bs. 4.204.501,19**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 9

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Vaciado de materiales Aislantes con anclajes cerámicos o metálicos

Código: 17-280	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 2,11 m <sup>3</sup> /Jornal
----------------	------------------------	-----------	--

### 1.- MATERIALES

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
1	Madera para encofrado	Pza	5	0,10	90.000,00	45.000,00
2	Electrodos de acero inoxidable E-310	Kg	5	0,10	35.000,00	17.500,00
3	Alambre	kg	3	1,00	4.000,00	12.000,00
4	Clavos	kg	2	1,00	749,39	1.498,78

Total Materiales: 75.998,78  
Unitario de Materiales: 75.998,78

### 2.- EQUIPOS

N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
1	Mezcladora	1	40.000.000,00	0,0020	80.000,00
2	Vibrador de concreto	1	80.000,00	1,0000	80.000,00
3	Equipos de albañilería	1	551.860,50	0,0170	9.391,01
4	Herramientas de carpintería	1	977.766,73	0,0054	5.231,05
5	Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0020	20.000,00
6	Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
7	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00
8	Herramientas de soldador	1	1.921.046,50	0,0070	13.370,48
9	Maquina de soldar eléctrica 500 AMP	1	23.000.000,00	0,0003	6.900,00

Total Equipos: 241.696,55  
Unitario de Equipos: 114.548,13

### 3.- MANO DE OBRA

N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Albañil Refractario	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
2	Ayudante	6	36.909,84	13.171,20	79.027,20	300.486,24
3	Soldador de 1ra	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
4	Carpintero 1ra	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
5	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
6	Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
7	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	13.171,20	3.292,80	14.864,83
8	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
9	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81

Sub- Total Mano de Obra: 135.004,80 500.249,43

361 % Prestaciones Sociales: 1.318.533,11

Total Bono/ Jornal: 135.004,80 1.818.782,54

Total General Mano de Obra: 1.953.787,34

**Unitario Mano de Obra: 925.965,57**

**Costo Directo por Unidad: 1.116.512,47**

15 % Administración y Gastos Generales: 167.476,87

Sub-Total: 1.283.989,34

15 % Utilidad e Imprevistos: 192.598,40

0 % Financiamiento: 0,00

Calculado por: Norki España  
Revisado por: Ing. Antonio López

**PRECIO UNITARIO Bs. 1.476.587,74**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 10

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción : Demolición y Reparación de capas de Manta cerámica de techo y pared con andamio

<b>Código:</b> 17-10	<b>Unidad:</b> m <sup>3</sup>	<b>Cantidad:</b>	<b>Rendimiento:</b> 1,63 m <sup>3</sup> /Jornal
----------------------	-------------------------------	------------------	---

1.- MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
Tubos de 1 1/2 " de diámetro 6 m	pza	2	0,01	51.000,00	1.020,00
Abrazaderas	pza	8	0,00	21.000,00	168,00
Electrodos	kg	2	0,10	35.000,00	7.000,00
Tablas para entablado del andamio 1x0,2x0,05 m	m	6	0,00	45.000,00	270,00

Total Materiales: 8.458,00  
Unitario de Materiales: 8.458,00

2.-EQUIPOS				
Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
Maquina de soldar 550 AMP	1	23.000.000,00	0,0003	6.900,00
Juego de llaves	1	63.609,00	0,0030	190,83
Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0020	20.000,00
Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00

Total Equipos: 53.894,83  
Unitario de Equipos: 33.064,31

3.- MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
Albañil Refractario	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
Soldador	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
Ayudante	6	36.909,84	13.171,20	79.027,20	300.486,24
Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81
Chofer de 1ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18052,9

Sub- Total Mano de Obra: 118.540,80 485.384,60  
361 %Prestaciones Sociales: 1.324.306,11  
Total Bono/ Jornal: 118.540,80 1.809.690,71  
Total General Mano de Obra: 1.928.231,51  
**Unitario Mano de Obra: 1.182.964,11**  
**Costo Directo por Unidad: 1.224.486,43**  
15 %Administración y Gastos Generales: 183.672,96  
Sub-Total: 1.408.159,39  
15 %Utilidad e Imprevistos: 211.223,91  
0 %Financiamiento: 0,00

Calculado por: Norki España  
Revisado por: Ing. Antonio López

**PRECIO UNITARIO Bs. 1.619.383,30**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 11

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Proyección de materiales densos sin anclajes

Código: 17-200	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 1,74	m <sup>3</sup> /Jornal
----------------	------------------------	-----------	-------------------	------------------------

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
1	Manguera agua/aire 3/4"	m	75	0,01	27.000,00	20.250,00
2	Manguera 2"	m	75	0,01	95.000,00	71.250,00
3	Maderas	pza	3	0,10	90.000,00	27.000,00
4	Clavos	kg	2	1,00	749,39	1.498,78
5	Alambre	kg	3	1,00	4.000,00	12.000,00

Total Materiales: 131.998,78  
Unitario de Materiales: 131.998,78

2.- EQUIPOS					
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
1	Mezcladora Vertical	1	40.000.000,00	0,0020	80.000,00
2	Proyectora Allentown Doble Campana	1	150.000.000,00	0,0020	300.000,00
3	Compresor 750 CFM	1	650.000,00	1,0000	650.000,00
4	Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0014	14.000,00
5	Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
6	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00
7	Herramientas de carpintería	1	977.766,73	0,0054	5.231,05
8	Equipo menores albañilería	1	67.203,50	0,0186	1.246,62

Total Equipos: 1.077.281,68  
Unitario de Equipos: 619.127,40

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Operador Allentown	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
2	Proyector	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
3	Albañil Refractario	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
4	Ayudante	4	36.909,84	13.171,20	52.684,80	200.324,16
5	Carpintero de 1ra	1	46.288,13	13.171,20	13.171,20	59.459,33
6	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
7	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	13.171,20	3.292,80	14.864,83
8	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
9	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81
10	Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90

Sub- Total Mano de Obra: 121.833,60 519.006,01

361 % Prestaciones Sociales: 1.433.792,40

Total Bono/ Jornal: 121.833,60 1.952.798,41

Total General Mano de Obra: 2.074.632,01

**Unitario Mano de Obra: 1.192.317,25**

**Costo Directo por Unidad: 1.943.443,43**

15 % Administración y Gastos Generales: 291.516,51

Sub-Total: 2.234.959,94

15 % Utilidad e Imprevistos: 335.243,99

0 % Financiamiento: 0,00

Calculado por:	Norki España
Revisado por:	Ing. Antonio López

**PRECIO UNITARIO Bs. 2.570.203,93**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 12

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Vaciado de materiales densos sin anclajes

Código: 17-310	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 1,00 m <sup>3</sup> /Jornal
----------------	------------------------	-----------	--

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
1	Maderas para encofrado	Pza	5	0,10	90.000,00	45.000,00
2	Alambre	kg	3	1,00	4.000,00	12.000,00
3	Clavos	kg	2	1,00	749,39	1.498,78

Total Materiales: 58.498,78  
Unitario de Materiales: 58.498,78

2.- EQUIPOS					
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total
1	Mezcladora	1	40.000.000,00	0,0020	80.000,00
2	Vibrador de concreto	1	80.000,00	1,0000	80.000,00
3	Equipos de albañilería	1	551.860,50	0,0170	9.391,01
4	Herramientas de carpintería	1	977.766,73	0,0054	5.231,05
5	Montacargas	0,25	40.000.000,00	0,0020	20.000,00
6	Camión 750	0,25	137.000.000,00	0,0004	13.700,00
7	Reflectores	4,00	163.800,00	0,0200	13.104,00

Total Equipos: 221.426,06  
Unitario de Equipos: 221.426,06

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Albañil Refractario	1	46.288,13	9.408,00	9.408,00	55.696,13
2	Ayudante	5	36.909,84	9.408,00	47.040,00	231.589,20
3	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	9.408,00	2.352,00	12.834,29
4	Carpintero de 1ra	1	46.288,13	9.408,00	9.408,00	55.696,13
5	Operador equipo pesado de 1ra	0,25	59.040,40	9.408,00	2.352,00	17.112,10
6	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	9.408,00	2.352,00	17.112,10
7	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	9.408,00	2.352,00	15.158,01
8	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	9.408,00	2.352,00	13.924,03

Sub- Total Mano de Obra: 77.616,00 419.121,99

361 % Prestaciones Sociales: 1.232.836,62

Total Bono/ Jornal: 77.616,00 1.651.958,61

Total General Mano de Obra: 1.729.574,61

**Unitario Mano de Obra: 1.729.574,61**

**Costo Directo por Unidad: 2.009.499,46**

15 % Administración y Gastos Generales: 301.424,92

Sub-Total: 2.310.924,37

15 % Utilidad e Imprevistos: 346.638,66

0 % Financiamiento: 0,00

Calculado por:	Norki España
Revisado por:	Ing. Antonio López

**PRECIO UNITARIO Bs. 2.657.563,03**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 13

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción: Demolición de Pisos en General

Código: 17-120	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 0,96 m <sup>3</sup> /Jornal
----------------	------------------------	-----------	--

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total

Total Materiales:  
Unitario de Materiales:

2.-EQUIPOS						
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total	
1	Martillo Neumático 34 kg	1	6.299.436,00	0,0005	3.149,72	
2	Camión capacidad 6 m <sup>3</sup>	0,25	1.300.000,00	1,0000	325.000,00	
3	Mandarria de 5 kg	1	58.685,90	0,0180	1.056,35	
4	Compresor 400 CFM	1	400.000,00	1,0000	400.000,00	

Total Equipos: 729.206,06  
Unitario de Equipos: 759.589,65

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Obrero de 1ra	5	34.470,40	13.171,20	65.856,00	238.208,00
2	Chofer 1 ra	0,25	41.929,14	13.171,20	3.292,80	13.775,09
3	Electricista de 1ra	0,25	46.288,13	13.171,20	3.292,80	14.864,83
4	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
5	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81

Sub- Total Mano de Obra: 79.027,20 300.999,63  
361 %Prestaciones Sociales: 801.320,47

Calculado por: Norki España  
Revisado por: Ing. Antonio López

Total Bono/ Jornal: 79.027,20 1.102.320,10

Total General Mano de Obra: 1.181.347,30

**Unitario Mano de Obra: 1.230.570,11**

**Costo Directo por Unidad: 1.990.159,76**

15 %Administración y Gastos Generales: 298.523,96

Sub-Total: 2.288.683,72

15 %Utilidad e Imprevistos: 343.302,56

0 %Financiamiento: 0,00

**PRECIO UNITARIO Bs. 2.631.986,28**



Fecha: 24/08/07

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N°: 14

Descripción de la obra: Fumistería Refractaria

Descripción : Colocar placas aislantes en pisos

Código: 17-90	Unidad: m <sup>3</sup>	Cantidad:	Rendimiento: 0,82 m <sup>3</sup> /Jornal
---------------	------------------------	-----------	--

1.- MATERIALES						
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	% Des	Precio	Total
1	Asfalto líquido	Galón	1	0,01	49.585,90	495,86

Total Materiales: 495,86

Unitario de Materiales: 495,86

2.-EQUIPOS						
N°	Descripción	Cantidad	Precio	Cop/Dep	Total	
1	Cuchillo cortador de fibra	2	12.000,00	0,1000	2.400,00	
2	Reflectores	4	163.800,00	0,0200	13.104,00	
3	Equipo menores albañilería	1	67.203,50	0,0186	1.246,62	
4	Brochas	2	3.590,00	0,1000	718,00	

Total Equipos: 17.468,62

Unitario de Equipos: 17.468,62

3.- MANO DE OBRA						
N°	Descripción	Cantidad	Jornal	Bono	Tot.Bono	Tot.Jornal
1	Albañil Refractario	2	46.288,13	13.171,20	26.342,40	118.918,66
2	Ayudante	2	36.909,84	13.171,20	26.342,40	100.162,08
3	Supervisor de obra	0,25	59.040,40	13.171,20	3.292,80	18.052,90
4	Técnico de seguridad	0,25	51.224,05	13.171,20	3.292,80	16.098,81

Sub- Total Mano de Obra: 59.270,40 253.232,45

361 %Prestaciones Sociales: 700.203,01

Total Bono/ Jornal: 59.270,40 953.435,46

Total General Mano de Obra: 1.012.705,86

**Unitario Mano de Obra: 1.241.061,11**

**Costo Directo por Unidad: 1.259.025,59**

15 %Administración y Gastos Generales: 188.853,84

Sub-Total: 1.447.879,43

15 %Utilidad e Imprevistos: 217.181,91

0 %Financiamiento: 0,00

Calculado por: Norki España  
Revisado por: Ing. Antonio López

**PRECIO UNITARIO Bs. 1.665.061,34**



## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

#### **4.1. DETERMINACIÓN DE LAS PARTIDAS QUE REPRESENTAN MAYOR INFLUENCIA EN EL CONTRATO DE FUMISTERÍA REFRACTARIA.**

A través del diagrama de Pareto mostrado en la figura 3.7 del Capítulo III, se obtuvieron 18 partidas que representan el 80% de influencia del contrato fumista. Basándose en la ley de Pareto que establece que al estudiar el 20% de las causas que ocasionan un problema se producirán mejoras en un 80%, se tomaron las primeras 14 partidas de las 18 para realizar el estudio, por representar éstas el 20% de las 71 que integran el contrato. En la misma figura se observó que la suma del porcentaje de influencia de las partidas de códigos 17-170 y 17-190, representan el 26% de influencia acumulada y el resto de las partidas tienen una distribución de influencia en casi la misma proporción.

Se encontró que las partidas estudiadas coinciden en un 70% con las obtenidas por Mora <sup>[14]</sup>, en su estudio realizado de forma similar para el departamento de abastecimiento de SIDOR, condición que permite asegurar que el comportamiento de influencia por partida se mantiene casi constante para todos los años. Las razones de este hecho se debe a que hay partidas que se ejecutan cada 4 años que no son muy comunes pero su precio unitario es elevado impactando en el monto global del año en que se



ejecutan, en comparación con otras que se ejecutan frecuentemente con un menor precio unitario e impactan en menor proporción.

#### **4.2. DETERMINACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS REALES EN LAS LABORES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA DE MAYOR INFLUENCIA EN EL CONTRATO.**

Las mediciones realizadas para la determinación de rendimientos, abarcaron las reparaciones extraordinarias (REX) de planta de pellas y mini REX de las plantas de Laminación en Caliente, Barras, Alambrón, Midrex I y Cal, así como algunos datos tomados de reparaciones ordinarias de las plantas HYL II, Midrex II, Recocido y planta de ácido (HCl). En el horario permitido a los pasantes en el área industrial de lunes a viernes con 44 horas a la semana. La restricción en la permanencia de los pasantes en el área industrial, no permitió que toda la data fuera recolectada a través de observación directa, para lo que la investigación se apoyó en los libros de obras de donde se tomaron las cantidades ejecutadas en los turnos nocturnos, fines de semana y feriados.

Los rendimientos obtenidos fueron bastantes bajos a pesar de que hay equipos que poseen una capacidad de desempeño mucho mayor a la obtenida. Esta baja producción se debe en parte a los siguientes factores:

- ✓ La mano de obra utilizada pudo haber desarrollado varias actividades diferentes durante un mismo turno, sin haber sido observadas para la consideración de horas hombre invertidas en cada actividad.
- ✓ Tiempos perdidos por espera de materiales, equipos, asignación de las tareas a ejecutar, notificación de riesgos, permisología de trabajo y problemas sindicales.



- ✓ Malas condiciones de los equipos que produjeron la interrupción de las actividades.
- ✓ Errores en la instalación de materiales, provocando el retiro de estos para volver a ser colocados de manera correcta.
- ✓ Las mediciones se realizaron para la duración total del turno y no para una jornada efectiva.
- ✓ El tamaño de la muestra es diferente para cada partida, debido a su frecuencia de ejecución durante el período de estudio, siendo la menor de 12 y la mayor de 50 muestras, lo que no permite una comparación más exacta.
- ✓ El no haber estado presente en todas las actividades pudo haber causado errores en la asignación de la mano de obra, así como errores en las cantidades ejecutadas reportadas.
- ✓ Condiciones de riesgos inherentes al área de trabajo.

En el gráfico 4.1 se muestra los rendimientos obtenidos de las partidas estudiadas. De donde se puede notar que los rendimientos de las partidas de revestimiento por técnicas de proyección y vaciado con actividad previa de soldar anclajes, son mayores entre un 12 % - 57% a los rendimientos de sus similares sin anclajes. Cuando debería ser inversamente proporcional al no requerirse de soldar anclaje, mayor tendría que ser la producción de colocación de material refractario.

Esta anomalía pudo ser causada al hecho de que en la mayoría de los casos los revestimientos sin anclajes son resanes (recubrimiento de pequeñas imperfecciones en la superficie de los equipos), y el espesor de recubrimiento es inferior, al requerido cuando la superficie ha sido demolida por presentar fallas o desprendimiento, que se tienen que colocar los anclajes y se vuelven a revestir usando mayores cantidades de concreto



aunque el número de horas hombres sea superior, el cociente del volumen entre las horas hombres se hace superior que cuando se resana.

Otra anomalía en los resultados, se presenta en las partidas de vaciado de materiales densos, que debería estar en un rango cercano a la producción del vaciado de materiales aislantes, sin embargo se encuentra en un 76% menor.

El resultado del estudio de las probabilidades y distribuciones estadísticas de la media de los rendimientos para cada partida realizadas con el software Crystal Ball, mostrado en los Gráficos 3.1 a 3.14 del Capítulo III se detalla en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Tipo de distribución y probabilidad de la media de los rendimientos por partida

GRAFICO	NÚMERO	CÓDIGO	PROBABILIDAD	CURVA DE DISTRIBUCIÓN
3.1	1	17-170	15,00%	Potencial
3.2	6	17-180	13,50%	Potencial
3.3	2	17-190	16,50%	Normal
3.4	11	17-200	16,00%	Normal
3.5	9	17-280	21,00%	Normal
3.6	5	17-290	18,00%	Potencial
3.7	4	17-300	18,00%	Potencial
3.8	12	17-310	15,50%	Potencial
3.9	3	17-110	16,00%	Potencial
3.10	13	17-120	20,00%	Potencial
3.11	10	17-10	14,50%	Potencial
3.12	14	17-90	23,00%	Normal
3.13	7	12-10	NA*	NA*
3.14	8	17-240	15,00%	Potencial

\*No se realizó curva de probabilidad

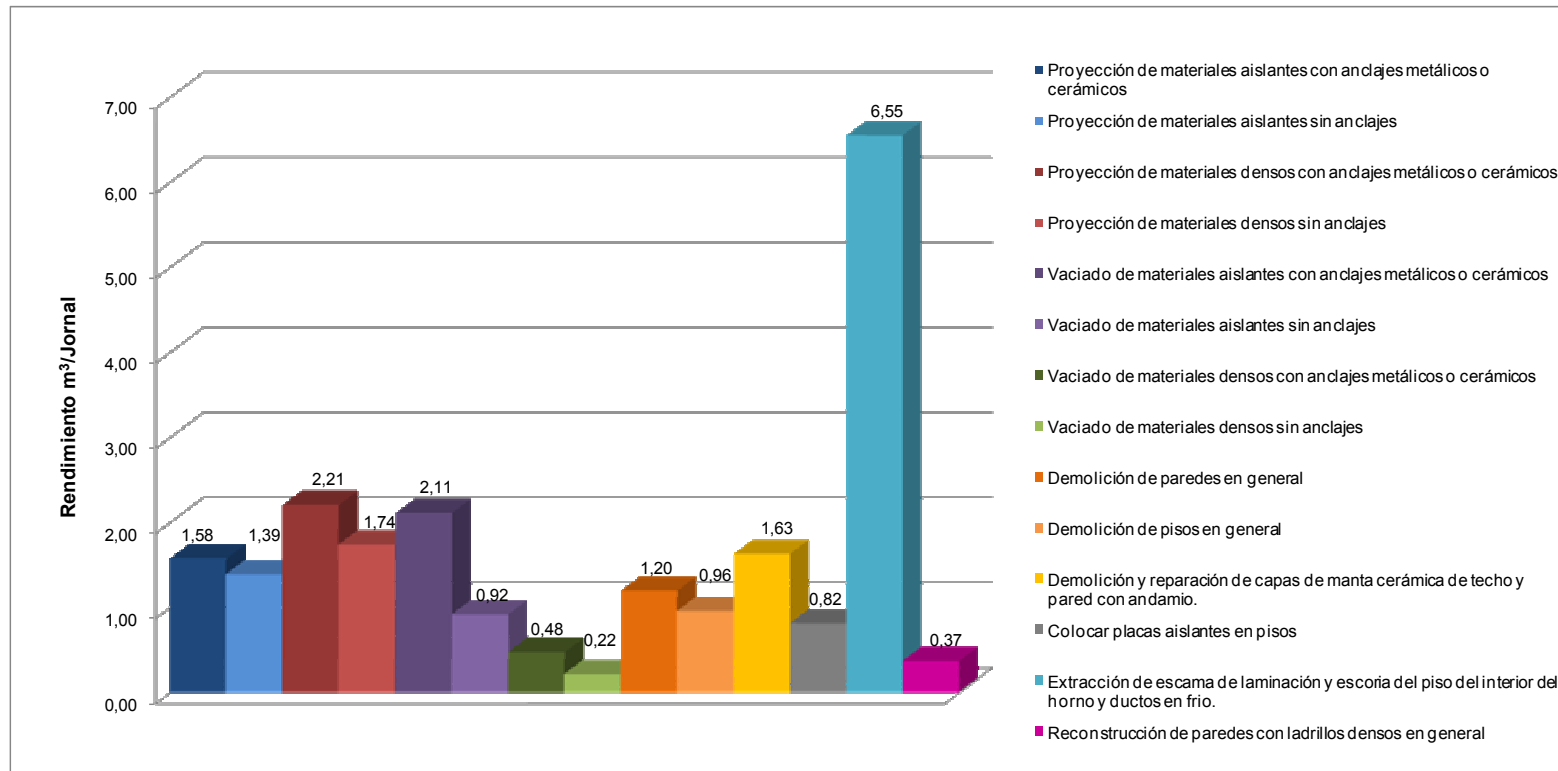


Grafico 4.1. Rendimientos obtenidos de las partidas de mayor influencia en el contrato de fumistería refractaria.



#### **4.3. FACTOR DE COSTO ASOCIADOS A LOS SALARIOS CON BASE A LO ESTABLECIDO EN LA CONVENCIÓN COLECTIVA DE TRABAJO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (CCIC).**

El factor de costo asociado al salario (FCAS) tomado para la elaboración de los análisis de precios unitarios es de 361%, que corresponde para una jornada de trabajo de 12 horas, asumiendo que generalmente se pierden 3 horas por causas de notificación de riesgos y permisos de trabajo.

El modelo de cálculo escogido fue el de la Cámara de la Construcción, con la exclusión de las cláusulas que no aplican para las obras de mantenimiento refractario en SIDOR, a su vez se introdujeron ciertas modalidades explicadas en el capítulo III. Una de las cláusulas excluidas que llamo la atención fue la cláusula 15 y corresponde al bono de alimentación, que no debe incluirse en el FCAS o prestaciones sociales, sino que se cancela directamente como bono a cada trabajador por día trabajado y se carga directamente en el costo generado por mano de obra. De ser tomado dentro del cómputo, el factor alcanzaría el 400%, lo que representa un 10,80% más que el calculado, repercutiendo en el total del precio unitario por concepto de mano de obra.

#### **4.4. ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES DE LA DURACIÓN DE LOS TURNOS DE TRABAJOS EN EL FACTOR DE COSTOS ASOCIADOS AL SALARIO.**

La incidencia que tiene la duración de los turnos de trabajo establecidos en la LOT sobre los desarrollados en SIDOR para la mayoría de los casos en las intervenciones de mantenimiento programado, con respecto al número de horas perdidas por causas no imputables directamente al trabajador, sino a



medidas de seguridad para el cumplimiento de lo establecido en la LOPCYMAT, está en el orden del 0,31% al 6,71%.

Este rango de incidencia se obtuvo al variar el número de horas perdidas por turnos de trabajo con duración de 8 y 12 horas, según la metodología explicada en el capítulo III. Obteniendo los resultados que se muestran en el gráfico 4.2.

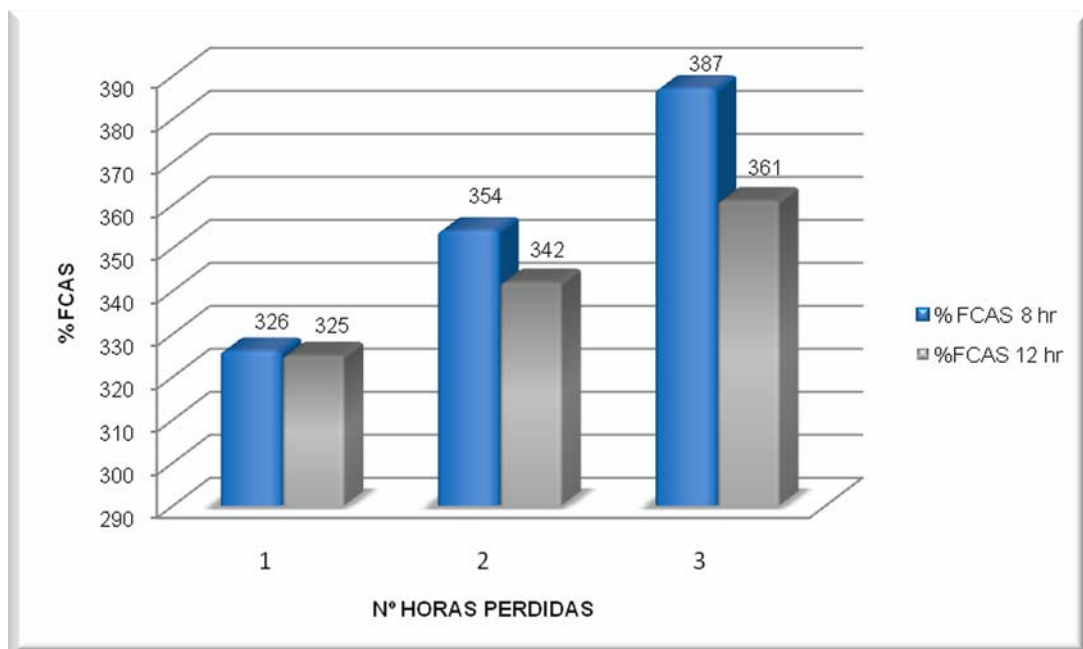


Gráfico 4.2. Rendimientos obtenidos de las partidas más relevantes

Del gráfico se pudo obtener lo siguiente: si se pierde una hora de trabajo la diferencia porcentual es del 0,37% superior para el turno de 8 horas con respecto al de 12 horas, para 2 horas la diferencia se incrementa en un 3,39% y para 3 horas aumenta al 6,71%. Esto se debe que al incrementar los tiempos perdidos disminuye el número de días efectivamente trabajados, y aumenta el cociente de la relación de días pagados con respecto a los días trabajados.



#### 4.5. VERIFICACIÓN A TRAVÉS DEL CÍRCULO DE CALIDAD DE DEMING LAS CANTIDADES REQUERIDAS DE MATERIALES, EQUIPOS Y MANO DE OBRA PARA CADA ACTIVIDAD.

La verificación a través del círculo de calidad de Deming permitió obtener los precios unitarios definitivos que se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Comparación de precios unitarios obtenidos con los ofertados por la contratista

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	% INCIDENCIA	PUD	PUD-PUC
17-170	Proyección de Materiales Aislantes c/anclajes Metálicos o Cerámicos	13,4	3.223.066,16	-5,42%
17-190	Proyección de Materiales Densos c/anclajes Metálicos o Cerámicos	12,9	2.458.249,57	-28,39%
17-110	Demolición de Paredes en General	6,8	2.045.137,32	103,58%
17-300	Vaciado de Materiales Densos c/anclajes Metálicos o Cerámicos	5,5	6.363.357,68	191,75%
17-290	Vaciado de Materiales Aislantes s/anclajes	5,3	2.971.186,51	34,64%
17-180	Proyección de Materiales Aislantes s/anclajes	4,1	3.179.032,13	-3,43%
12-10	Extracción de escama de laminación y escoria del piso del interior del Horno y Ductos en Frio.	4,0	727.378,48	-49,18%
17-240	Reconstrucción Paredes Ladrillos Densos en General	3,6	4.204.501,19	95,53%
17-280	Vaciado de Materiales Aislantes c/anclajes Metálicos o Cerámicos	3,4	1.476.587,74	-33,83%
17-10	Demolición y Reparación de CAPAS de Manta Cerámica de Techo y Pared con Andamio.	3,4	1.619.383,30	-47,43%
17-200	Proyección de Materiales Densos s/anclajes	3,2	2.570.203,93	-20,15%
17-310	Vaciado de Materiales Densos s/anclajes	2,8	11.805.539,15	444,69%
17-120	Demolición de Pisos en General	2,5	2.631.986,28	152,83%
17-90	Colocar Placas Aislantes en Pisos	2,2	1.665.061,34	-26,61%

PUD: es el precio unitario definitivo calculado

PUC: precio unitario de la contratista





De la tabla se puede obtener lo siguiente:

- ✓ Seis (6) de las catorce (14) partidas se encuentran por encima de los precios unitarios de la contratista representando el 42,86% y las 8 restantes se encuentran por debajo representando el 57,14%.
- ✓ El precio obtenido en las partidas 17-300 y 17-310, se encuentran en un porcentaje muy elevado con respecto al presentado por la contratista, esto se debe al bajo rendimiento obtenido para estas partidas.
- ✓ Los precios unitarios obtenidos de las partidas más incidentes en el contrato (que generan mayor gasto en el monto total del contrato fumista), se encuentran por debajo del precio unitario ofertado por la contratista, lo que generaría una disminución en el monto a cancelar por concepto de las obras de mantenimiento realizada.



#### 4.6. CONCLUSIONES

1. Las partidas de mayor incidencia en el contrato de fumistería refractaria corresponden a 14 partidas de un total de 71, representando un 20% con una influencia de gasto del 73% en el contrato. De este grupo de partidas las correspondientes a proyección de materiales aislantes y densos con anclajes cerámicos o metálicos ocupan un 26% del gasto y el resto se distribuye en menor proporción para las otras 12 partidas.
2. Las actividades que se realizan con mayor frecuencia son las referentes a la proyección de materiales refractarios, por su gran versatilidad de poder ser instalado en todas las plantas que integran la siderúrgica en diferentes condiciones de servicio.
3. Las partidas obtenidas coinciden en un 70% con un estudio realizado en el año 2005 para el departamento de abastecimiento, condición que permite asegurar que anualmente el comportamiento de incidencia en el monto global del contrato se mantiene casi constante, esto se debe a que hay actividades que se realizan con mucha frecuencia durante el año, que pueden ser costosas o no y otras que se realizan cada cierto tiempo que si lo son, influyendo en el monto global anual en el año que se realicen.
4. Los rendimientos obtenidos resultaron bajos en comparación con la producción que pueden desarrollar los equipos especiales para la instalación de los materiales refractarios.
5. Los factores más determinantes que influye en la baja producción por día corresponden en primer lugar y de forma mas significativa a las condiciones de riesgo a las que están sometidos los trabajadores, en segundo lugar a la deficientes condiciones de algunos equipos para



desarrollar las actividades, retrasando así las obras y disminuyendo las cantidades instaladas o retiradas.

6. Los rendimientos obtenidos no podrían ser impuestos a los contratistas, solo pueden ser utilizados como referencia, ya que este depende de la capacidad y experiencia de cada contratista.
7. El FCAS obtenido fue de 38% más que el de una obra de construcción civil urbana, debido a las condiciones propias de la industria siderúrgica, sin embargo el calculado es 66% menor a los porcentajes presentados por algunas contratistas que prestan sus servicios a SIDOR.
8. El FCAS es el indicativo de mayor influencia en el costo total directo por concepto de mano de obra, debido a la cantidad de bonificaciones que establece el contrato de la construcción y presiones sindicales de hacer pagar a los contratistas mayores beneficios a los que corresponden al trabajador por ley, hecho que incrementa los costos por mano de obra incidiendo en el costo final de la partida.
9. El FCAS es independiente para cada obra en general, por lo tanto debe ser revisado y recalculado cada vez que lo amerite antes de postular una oferta.
10. La incidencia que tiene la duración de los turnos de trabajos en el FCAS, corresponde a las pérdidas de tiempos a causa de elaboración de análisis de riesgos y a charlas de seguridad, debido a estas pérdidas las horas efectivas de trabajo disminuyen en 37,5% para turnos de 8 horas y en un 25% para turnos de 12 horas, lo que hace que el costo por día por cada trabajador sea mayor para los turnos de 8 horas.



11. Las plantas donde se generan mayores pérdidas de tiempo a causa de elaboración de análisis de riesgos y charlas de seguridad son las de reducción directa (Midrex I, Midrex II Y HYL II). Debido a que los riesgos a medir en estas plantas son mayores que al resto de las plantas.
12. La utilización del círculo de calidad de Deming permitió mejorar continuamente la asignación de los recursos necesarios para cada partida, estableciéndola como modelo para las contratistas que en muchos casos son extranjeras y necesitan referencias de la forma de cálculo utilizado en este país, logrando así una unificación metodológica de cómputo tanto para las contratista como para SIDOR.
13. Las partidas desarrolladas son una referencia para las contratistas, el sector de refractario y el departamento de abastecimiento quien se encarga finalmente de contratar las obras.
14. El precio unitario de las partidas de vaciado de materiales densos con y sin anclajes, puede ser ajustado asumiendo un rendimiento similar al de sus partidas semejantes con materiales aislantes, por ser desproporcional al precio que oferta la contratista.

#### **4.7. RECOMENDACIONES**

1. Implementar la modalidad de análisis de riesgos preimpresos por cada actividad y área de trabajo para disminuir los tiempos perdidos por esta causa.



2. Actualizar los análisis de precios unitarios cada vez que se requiera establecer una comparación con ofertas realizadas por las contratistas, tanto en salarios, bonificaciones y costos de consumibles de seguridad.
3. Durante la negociación del contrato revisar las cuadrillas típicas reflejadas en las partidas a fin de verificar que corresponda a la requerida para la ejecución efectiva de las tareas y no solo otorgar los contratos al que menor precio unitario presente.
4. Seguir realizando estudios de este tipo usando fórmulas escalatorias con la utilización de índices económicos.
5. Realizar un estudio para todas las partidas y excluir del contrato las que ya realicen por cambio de técnica de ejecución o material utilizado.
6. Realizar un estudio para todas las partidas y excluir del contrato las que ya realicen por cambio de técnica de ejecución o material utilizado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Villamediana, Arelys. "Introducción a los Procesos y Productos de Sidor". Programa transformar.
2. Estrada, Erick. "Evaluación de producto y análisis de falla en cementos y ladrillos refractarios para uso siderúrgico". Trabajo de pregrado, facultad de ingeniería, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas (2005).
3. Guzmán G, Jenny. "Origen, formas y destino de los desperdicios generados por las actividades desarrolladas por el sector de mantenimiento refractario en su campo de acción en las diferentes plantas de Sidor." Trabajo de pregrado, Escuela De Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad De Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Barcelona (2005).
4. López O, Antonio J. "Modelo de gestión para la adquisición y almacenaje de los materiales refractarios de Sidor". Tesis de Especialización, facultad de Ingeniería, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas (2005).
5. ASTM Standards. C 401-91. "Standard Classification of Alumina and Alumina-Silicate Castables Refractories".
6. López, Juan "Análisis de Precios Unitarios". Disponible en [http://www.monografias\\_com.htm](http://www.monografias_com.htm). Consultada en enero (2007).



7. Torres, Luisa. Guía didáctica “Administración y Control de Obras”. Escuela de ingeniería y ciencias aplicadas, Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui Barcelona.
8. García, Carlos. “Ajuste y reconsideración de precios en la construcción por el método de formulas polinómicas o de escalación usando índices del Banco Central de Venezuela”. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos11/ajus/ajus.shtml>. Consultada en Diciembre (2006).
9. Díaz, Esther. “Estrategias para el mejoramiento de la productividad laboral en la pequeña y mediana empresa de la construcción.” Trabajo de pregrado, Escuela De Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad De Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Barcelona (2005).
10. Guía de los “Fundamentos de la Dirección de Proyectos”. Publicada por Project Management Institute, Tercera Edición, U.S.A. (2004).
11. Deming, W. Edwards. “Calidad, Productividad y Competitividad”. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid (1989).
12. Sabino, Carlos: “El Proceso de Investigación”. Caracas. Editorial Panapo, (1992).
13. Sabino, Carlos. “Cómo Hacer una Tesis”. Caracas. Editorial Panapo, (1987).
14. Mora M, María E. “Diseño de una Propuesta para Mejorar el Proceso de Contratación del Servicio de Mampostería Refractaria en una empresa Siderúrgica. Caso Sidor, C.A.” Trabajo de grado, facultad de Ingeniería en la universidad Católica Andrés Bello, Puerto Ordaz Edo. Bolívar (2005).

## REFERENCIAS ADICIONALES CONSULTADAS

- ✓ Contrato colectivo de los trabajadores de la construcción. (2007-2009).
- ✓ Contrato colectivo de los trabajadores de la construcción. (2003-2006).
- ✓ Ley orgánica del trabajo de la República Bolivariana de Venezuela.
- ✓ Ley Orgánica de Protección y Medio Ambiente del Trabajo.
- ✓ Especificaciones generales del contrato de fumistería refractaria.
- ✓ Especificaciones de materiales cerámicas Carabobo
- ✓ [www.AllentownEquipment.com](http://www.AllentownEquipment.com). visitada en mayo (2007)
- ✓ Harbison Walker. “**Handbook of Refractory Practice**”. U.S.A (2005).
- ✓ Merritt, F. Loftin, M y Ricketts, J. “Manual Del Ingeniero Civil”. Editorial McGraw- Hill, Cuarta Edición Tomo I, México (2002).
- ✓ Baeza, Fernando, “Gestión de Obras” Universidad de Oriente, núcleo de Anzoátegui (2001).
- ✓ Armstrong, Michael. “Análisis de Costos” Fondo Editorial LEGIS, Segunda edición Bogotá (2001).
- ✓ Walsh, M y Ahuja, H. “Ingeniería de costos y Administración de Proyectos”. Editorial Alfaomega, México (1998)



- ✓ Quiroga G, Eugenio J y Castro I, José V. "Metodología para el cálculo de los Costos Unitarios en obra de Ingeniería Civil". Trabajo de grado, Escuela De Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad De Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Barcelona Edo. Anzoátegui.(1982).

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

TÍTULO	MODELO PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LAS ACTIVIDADES DE FUMISTERÍA REFRACTARIA COMO MARCO REFERENCIAL EN LA CONTRATACIÓN DE SERVICIOS PRESTADOS A TERNIUM SIDOR
SUBTÍTULO	

**AUTOR (ES):**

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
ESPAÑA B. NORKI J.	CVLAC:14.633.574 E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

**PALABRAS O FRASES CLAVES:**

RENDIMIENTO

ANÁLISIS

MANO DE OBRA

FUMISTERIA

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERÍA CIVIL

## RESUMEN (ABSTRACT):

El costo es un factor determinante en el otorgamiento de contratos a empresas especializadas en prestar un servicio, sumado a ello también debe asegurarse que esté represente la calidad y la eficiencia requeridas por el ente contratante. El propósito de este estudio fue realizar estimaciones de precios unitarios de las actividades que representan mayor incidencia en el contrato de fumistería refractaria del sector de refractario de planta, perteneciente al departamento de mantenimiento de Ternium Sidor, para facilitar la comparación de los precios presentados por las contratistas, en procura de conocer precios referenciales que le permita al sector de refractario de planta junto con el departamento de abastecimiento, adjudicar el contrato a la que presente mejor cotización así como la que disponga los mejores recursos disponibles de maquinarias y mano de obra necesarias en las labores fumistería. El estudio partió de la selección de las actividades que ejercen mayor gasto anual del monto global del contrato a través del diagrama de Pareto, tomando sus rendimientos durante las labores de mantenimiento programadas e imprevistas, de las diferentes plantas que administra el sector, al mismo tiempo se realizó el cálculo del factor de costo al salario así como su implicaciones en la duración de los turnos de trabajo. Finalizando con la obtención de precios unitarios verificados en obra, así como por recomendaciones de expertos en el área.

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

## CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
SOSA JOSÉ	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
ANTONIO LÓPEZ	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
LUISA TORRES	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
LUIGI COTELLESA	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

## FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	03	27
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. PRECIOS UNITARIOS REFERENCIALES.DOC	APLICACIÓN/MS WORD

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F  
G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t  
u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO CIVIL

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PRE-GRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO ANZOÁTEGUI

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

## DERECHOS

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 44 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”.

ESPAÑA NORKI

\_\_\_\_\_  
AUTOR

\_\_\_\_\_  
FIRMA

Prof. JOSÉ SOSA

\_\_\_\_\_  
ASESOR

\_\_\_\_\_  
FIRMA

Prof. LUISA TORRES

\_\_\_\_\_  
JURADO

\_\_\_\_\_  
FIRMA

Prof. LUIGI COTELLESA

\_\_\_\_\_  
JURADO

\_\_\_\_\_  
FIRMA

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS

Prof. YASSER SAAB

\_\_\_\_\_  
COORDINADOR

\_\_\_\_\_  
FIRMA