

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**RECUPERACIÓN DE CARBÓN PARA USO TÉRMICO PARA LA  
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS PLANTAS CARBO  
ELÉCTRICAS DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELÉCTRICIDAD A  
PARTIR DE PILAS DE DESPERDICIO EN CARBONÍFERA DE SAN  
PATRICIO S. A. DE C. V.**

**POR**

**JUAN VELOZ LOZANO**

**TESIS**

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN  
PRODUCCION Y CALIDAD**

**AGUJITA COAH.**

**FEBRERO DE 2002**

TM  
Z5853  
.M2  
FIME  
2002  
.V44

RECUPERACION DE CARBON PARA USOS TERMICOS  
PARA LA GENERACION DE ELECTRICIDAD





1020146963

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



*RECUPERACIÓN DE CARBÓN PARA USO TÉRMICO PARA LA  
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS PLANTAS CARBO  
ELÉCTRICAS DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELÉCTRICIDAD A  
PARTIR DE PILAS DE DESPERDICIO EN CARBONÍFERA DE SAN  
PATRICIO S. A. DE C. V.*

*POR*

*JUAN VELOZ LOZANO*

*TESIS*

*EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN  
PRODUCCION Y CALIDAD*

*AGUJITA, COAH.,*

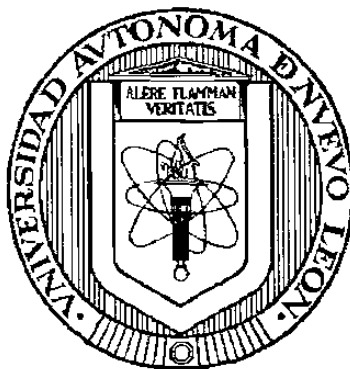
*FEBRERO DE 2002*





FONDO  
TESIS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**RECUPERACIÓN DE CARBÓN PARA USO TÉRMICO PARA LA  
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS PLANTAS CARBO  
ELÉCTRICAS DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELÉCTRICIDAD A  
PARTIR DE PILAS DE DESPERDICIO EN CARBONÍFERA DE SAN  
PATRICIO S. A. DE C. V.**

**POR**

**JUAN VELOZ LOZANO**

**TESIS**

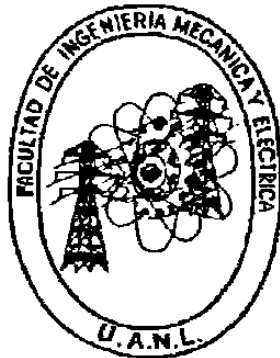
**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN  
PRODUCCION Y CALIDAD**

**AGUJITA, COAH.,**

**FEBRERO DE 2002**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**RECUPERACIÓN DE CARBÓN PARA USO TÉRMICO PARA  
LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS PLANTAS CARBO  
ELÉCTRICAS DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD A  
PARTIR DE PILAS DE DESPERDICIO EN CARBONÍFERA DE SAN  
PATRICIO S.A. DE C. V.**

**POR**

**JUAN VELOZ LOZANO**

**TESIS**

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD EN  
PRODUCCIÓN Y CALIDAD**

**AGUJITA, COAH.,**

**FEBRERO DE 2002.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis  
“**Recuperación de Carbón para Uso Térmico para la Generación de  
Energía Eléctrica en las Plantas Carbo Eléctricas de la Comisión Federal  
de Electricidad A Partir de Pilas de Desperdicio en Carbonífera de San  
Patricio S. A. De C. V.**” realizada por el alumno **Juan Veloz Lozano** matrícula  
**1078367** sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en  
Ciencias de la Administración con especialidad en Producción y Calidad

**El comité de Tesis**



**Asesor  
M. C. Roberto Villarreal Garza**



**Coasesor  
M.C. Cástulo E. Vela Villarreal**



**Coasesor  
M.C. Vicente García Díaz**



**Vo. Bo.  
M.C Roberto Villarreal Garza  
División de Estudios de Post - Grado**

**Villa de Agujita, Coahuila, a Agosto del 2001**



**A DIOS:**

Por el Precioso Don de la Vida  
Que me ha dado y por hacer  
Realidad este deseo de Terminar  
Mi Maestría.

**A MI ESPOSA JOSEFINA:**

Por su amor, paciencia, sacrificio  
Y apoyo incondicional que me ha  
Brindado a lo largo de estos años

**A MIS HIJOS :**

**NADIA JOSEFINA  
JUAN GUILLERMO  
YERALDEEN ELIZABETH**

Como una pequeña muestra del amor  
De Dios que nos enseña que no importa  
La edad, ni cualquier sacrificio por grande  
Que parezca, para continuar superándose

## ÍNDICE

| <b>Capitulo</b> |  | <b>Pagina</b> |
|-----------------|--|---------------|
|                 | <b>Resumen</b>   | 1             |
| <b>1. -</b>     | <b>Introducción</b>  | 3             |
| 1.1             | Objetivo   | 4             |
| 1.2             | Generalidades  | 5             |
| 1.3             | Uso Integral del Carbón (Marco de Referencia)                        | 6             |
|                 | 1.3.1 Mercado  | 7             |
|                 | 1.3.1.1 Tipo de Mercado  | 7             |
|                 | 1.3.1.2 En el Sector Eléctrico                                       | 8             |
|                 | 1.3.1.3 En el Sector Siderúrgico                                     | 10            |
| 1.4             | Antecedentes   | 11            |
| 1.5             | Justificación de la Investigación                                    | 13            |
| 1.6             | Hipótesis  | 14            |
| <b>2. -</b>     | <b>El Carbón Mineral</b>   | 16            |
| 2.1             | Origen y Naturaleza del Carbón                                       | 16            |
| 2.2             | Clasificación del Carbón, Constituyentes y Usos                      | 17            |
| 2.3             | Cuencas Carboníferas de México                                       | 19            |
| 2.4             | Carbón en el Estado de Coahuila                                      | 20            |
| 2.5             | Especificaciones de Calidad del Carbón                               | 22            |
| 2.5.1           | C. F. E. Carbón 1  | 22            |
| 2.5.2           | C. F. E. Carbón II   | 23            |
| 2.6             | Funcionamiento de una Central Carbo Eléctrica                        | 24            |
| <b>3. -</b>     | <b>Nuevas Tendencias Tecnológicas Para el Uso del Carbón</b>         | 27            |
| 3.1             | Calderas de Lecho Fluidizado (Eléctricidad a partir de Carbón Pobre) | 27            |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4. - Metodología Para la Evaluación de los Depósitos de Desperdicio</b>                       | <b>31</b> |
| 4.1 Muestreo y Análisis del carbón   | 31        |
| 4.2 Que debe muestrearse   | 31        |
| 4.3 Metodología para el Muestreo del Carbón normativa ASTM D-2234-98 y Muestreo Probabilístico   | 32        |
| 4.3.1 Muestreo de Carbón para propósitos Generales ( ASTM – D2234 – 98)                          | 33        |
| 4.3.1.1 Terminología del Muestreo  | 34        |
| 4.3.1.2 Tamaño del Lote a Muestrear  | 35        |
| 4.3.2 Muestreo Probabilístico  | 35        |
| 4.4 Estimación de los Volúmenes de Desperdicio Almacenados en los Lamerros                       | 36        |
| <br>   |           |
| <b>5. - Análisis Económico (Costo– Beneficio) de la Recuperación de las Pilas de Desperdicio</b> | <b>37</b> |
| 5.1 Evaluación de la cantidad de Material Factible de Recuperarse                                | 37        |
| 5.2 Análisis del Costo de Operación Actual Sin Recuperación de Material de Desperdicio           | 40        |
| 5.3 Análisis del Costo de Recuperación de Material de Pilas de Almacenamiento de Desperdicio     | 40        |
| 5.4 Análisis del Costo – Beneficio del Proyecto de Recuperación de Pilas de Desperdicio          | 41        |
| <br>   |           |
| <b>6. - Conclusiones y Recomendaciones</b>   | <b>43</b> |
| <br>   |           |
| Bibliografía   | 46        |
| Glosario de Términos   | 47        |
| Anexo “A” Listado de Figuras   | 49        |
| Anexo “B” Listado de Tablas  | 50        |
| Figuras de A.1 a A.9   | 51        |
| Tablas de B.1 a B.13   | 61        |
| Resumen Autobiográfico   | 73        |

## RESUMEN

La dinámica actual que vive Carbonífera de San Patricio, S. A., el incremento del mercado Nacional de Carbón para uso térmico y la política de aprovechamiento máximo de nuestros recursos, dieron como resultado el proyecto de recuperación de carbón a partir de pilas de desperdicio producidas del lavado del carbón que permite disponer de 40,000 Ton. Anuales de este material con un contenido de ceniza del orden del 45 al 65 % que mezcladas con 200,000 ton. De carbón todo uno ( carbón como sale de la mina antes de cualquier procesamiento) con un contenido de ceniza del orden de 28 al 30 % poder obtener un producto que cumpla con los requerimientos actuales de calidad de las Centrales Carbo eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad localizadas en el municipio de Nava Coah. Carbón I o José López Portillo y Carbón II la cual es del 38% y 42% de ceniza respectivamente. Y lograr el aprovechamiento máximo de un recurso que hasta hace apenas unos años era considerado como rechazo o desperdicio de las plantas lavadoras de carbón.

Lo anterior permitirá incrementar el total de reservas de carbón que se encuentran in-situ no solamente de Carbonífera de San Patricio sino también el de toda la región carbonífera ya que el incremento en el consumo de carbón coque así como del carbón lavado para inyección en los altos hornos y la demanda de carbón para uso térmico para la generación de electricidad en estos últimos 10 años ha ocasionado un incremento en los volúmenes de extracción de mas del 100% de tal manera que de 4,243,838 Ton. Que se extrajeron en 1989 en 1999 se produjeron 8,767,000 Ton. Lo cual de continuar con esta tendencia en los volúmenes de extracción las reservas de carbón in-situ disminuirían proporcionalmente.

Como consecuencia de lo anterior las pilas de desperdicio producto del lavado del Carbón se han incrementado de tal forma que crecen en conjunto a un ritmo anual de 3.0 millones de toneladas en la región carbonífera y de 55,000 ton en Carbonífera de San Patricio. Y considerando que se recupere el 20 % mínimo, de este material susceptible de mezclarse con carbón de mejor calidad se tiene un beneficio de aproximadamente 600,000 ton. Anuales que **NO** se explotarían, logrando con esto el incrementar las reservas en el mismo orden de recuperación, al aprovechar al máximo este recurso no renovable. Con el consecuente beneficio económico que esto implica pues el costo de recuperación resulta más barato que el costo de extracción, aunado a que si consideramos todas las reservas de desperdicio que se tienen almacenadas en los depósitos de estos últimos 20 años (aproximadamente 2.0 millones de ton. Considerando únicamente el desperdicio de flotación) cuyos costos de extracción y preparación ya fueron absorbidos en su momento, resulta por demás atractivo el poder recuperar dichos desperdicios ya que este solamente implicaría el costo de recuperación y mezclado.

Las pruebas de laboratorio de las muestras que se tomaron a los depósitos de desperdicio, los registros estadísticos de operación de la planta lavadora y la posterior confirmación a nivel industrial de los mismos, arrojaron resultados por demás satisfactorios de recuperación del material, de tal manera que se pudieron recuperar en el año 2000, 32,000 ton. Mismas que se mezclaron con 200,000 ton. De CTU. Con el consecuente beneficio económico para la empresa.

# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

Frente a los retos actuales que exigen las industrias Siderúrgica, Cementera y en especial la de Generación de Energía Eléctrica y tomando como base la visión de la alta dirección de Carbonífera San Patricio, S. A. De C. V. para aprovechar al máximo los recursos minerales No Renovables mediante métodos modernos de desarrollo tecnológico, se dio inicio, por primera vez una investigación a los almacenes de los desperdicios con altos contenidos de ceniza (40% al 75%) generados como consecuencia del proceso de separación por Medio Denso y Flotación para la obtención de carbón lavado en la Planta Lavadora. ( Anexo Fotografías 1 a 4 de los mismos)

El objetivo de esta investigación se encamino hacia la obtención de un producto carbonoso cuyo contenido de material no deseable (ceniza) estuviera en el orden del 38% al 42% en peso, para usarlo como un producto vendible; directamente en caso de que se obtuviera este material de los depósitos de almacenamiento con la calidad anteriormente descrita, o mezclado con otro producto de mayor calidad ( Menor contenido de Ceniza), en caso de que estos desperdicios resultasen con contenidos de ceniza mayores a los requeridos por el cliente, y de esta manera generar un producto que sirva como materia prima para la Generación de Energía Eléctrica en las Plantas Carbo eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad ( Figura N ° 1 )

## **1.1 OBJETIVO**

Recuperar los desperdicios generados en el proceso del lavado del carbón y los cuales se encuentran depositados en las presas de jales. Para mezclarlos con el carbón que sale de la mina y / o el carbón producido en la planta lavadora como subproducto del proceso (Carbón Mixto) y utilizarlos como materia prima para la generación de energía eléctrica en las plantas Carbo eléctricas

## 1.2 GENERALIDADES

CARBONÍFERA DE SAN PATRICIO S.A. DE C. V. ( C. S. P. ) Es una empresa minera constituida el 16 de Julio de 1953, por lo que cuenta con 48 años en el mercado del carbón satisfaciendo las necesidades de carbón lavado ( principalmente a la Industria Siderurgica como AHMSA, SICARTSA, entre otros ) Coque ( a la Industria Metalúrgica como Zinc Nacional, Industria del Álcali, DeAcero, Acumuladores Mexicanos ) y Carbón Todo Uno ( a la Comisión Federal de Electricidad ) para la generación de Energía Eléctrica.

Carbonífera de San Patricio S.A. de C. V. Es una empresa totalmente integrada ya que cuenta con sus propios yacimientos de carbón para su explotación, así como una planta de preparación y lavado y una planta coquizadora. Se encuentra localizada en la parte Noroeste del Estado de Coahuila, a 30 Km. Del entronque con el Km. 78 del tramo Monclova – Sabinas de la carretera federal N ° 57, y a 15 Km. del poblado de San José de Aura, en el Municipio de Progreso ( Figura N ° 2). Sus principales vías de acceso son por carretera, a través de la carretera federal 57, por ferrocarril en la estación Aura de la vía México – P. Negras y se cuenta con una pista de aterrizaje de tercería para avionetas pequeñas en la planta lavadora.



### **1.3 USO INTEGRAL DEL CARBÓN ( MARCO DE REFERENCIA)**

El programa Nacional de Energéticos 2001 - 2006, al reconocer la importancia del sector como base de un crecimiento económico nacional equilibrado, plantea como objetivos fundamentales, entre otros, el mejoramiento de los niveles y el uso eficiente de la energía, así como el logro de un balance energético más racional.

En este sentido, el aprovechamiento racional y eficiente de los recursos que constituyen las fuentes primarias de energía, y en nuestro caso el uso integral del carbón, se convierte en una línea de acción vigente, no solo para el programa 2001 - 2006, sino también se debe considerar como una estrategia permanente en el largo plazo.

La explotación del carbón en nuestro país se inicia a fines del siglo diecinueve, intensificándose en las últimas décadas. Desde el principio y hasta hace 20 años las industrias del acero y minero-metalúrgicas fueron las principales demandantes; a partir de 1980 y utilizando un carbón con propiedades distintas al entonces explotado, se inició la generación de electricidad a gran escala con este mineral como combustible, aunque se tiene conocimiento de que ya desde 1923 se empleaba el carbón del área de Sabinas para producir electricidad en menor escala.

De acuerdo con las propiedades del carbón, en sus diferentes rangos, desde Turba, Lignito, Sub. Bituminoso, Bituminoso y Antracita, se destacan que todos pueden ser utilizados en mayor o menor medida para generar energía eléctrica, mientras que solo el Bituminoso y algunas variedades del Sub. Bituminoso pueden emplearse para la producción del Coque.

En el caso del carbón coquizable, las reservas probadas efectivas de carbón nacional, se localizan en la Región de Sabinas, Coahuila y se han cuantificado en 1,396,622,586 toneladas in situ.(Sabinas- Monclova) Para el caso del térmico, se han comprobado 1,166,666,476 toneladas efectivas en una franja fronteriza en el Norte de Coahuila (Fuentes- Río Escondido) y 138,226,423 toneladas en Nuevo León (Colombia- San Ignacio)(Tabla N ° 1)

La producción del carbón la realizan:

- a) Compañías filiales de la empresas Siderúrgicas, MIMOSA Y MICARE que son parte del GRUPO ACERERO DEL NORTE.
- b) Compañías carboníferas privadas, que proveen de carbón a la COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Y AL GRUPO ACERERO DEL NORTE. ( Tales como MINSA, MEXATIM, IMMSA, CARBONÍFERA DE SAN PATRICIO, PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CARBÓN)

De estos grupos de productores solamente MIMOSA, IMMSA Y CARBONÍFERA DE SAN PATRICIO destinan la mayor parte de su producción a la industria del acero y minero-metalúrgica, mientras que MICARE y el resto de los productores tienen como responsabilidad principal, suministrar todo el carbón que la Comisión Federal de Electricidad requiera en sus centrales Carbo eléctricas.

### **1.3.1 MERCADO**

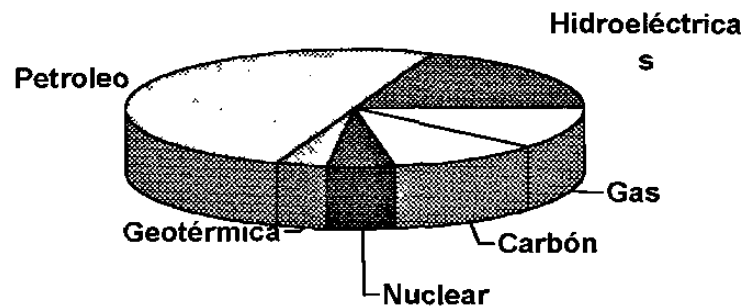
#### **1.3.1.1 TIPO DE MERCADO**

El mercado del carbón en la región carbonífera es de tipo oligopsónico. Esto es pocos clientes frente a muchos proveedores. Observándose solamente dos consumidores potencialmente grandes, uno en el Mercado para uso Eléctrico y el otro para uso Siderúrgico los cuales son Comisión Federal de Electricidad y Grupo Acerero del Norte respectivamente

### 1.3.1.2 EL MERCADO EN EL SECTOR ELECTRICO

Los combustibles utilizados para producir Energía Eléctrica en México son:

|                    |       |
|--------------------|-------|
| Petróleo           | 50.1% |
| Hidroeléctricos    | 19.3% |
| Gas                | 11.5% |
| Carbón             | 10.9% |
| Nuclear            | 4.8%  |
| Geotérmica y otros | 3.6%  |



De acuerdo a información proporcionada por la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial con datos de 1999, los costos de generación de energía eléctrica de acuerdo a diferentes fuentes de energéticos. El carbón resultaba ser el segundo energético más barato ( para la generación de energía eléctrica en mega watts por hora). Si consideramos los incrementos que han impactado el precio del gas ( 300% ) seguramente, en la actualidad el carbón pasa a ser la opción más económica.

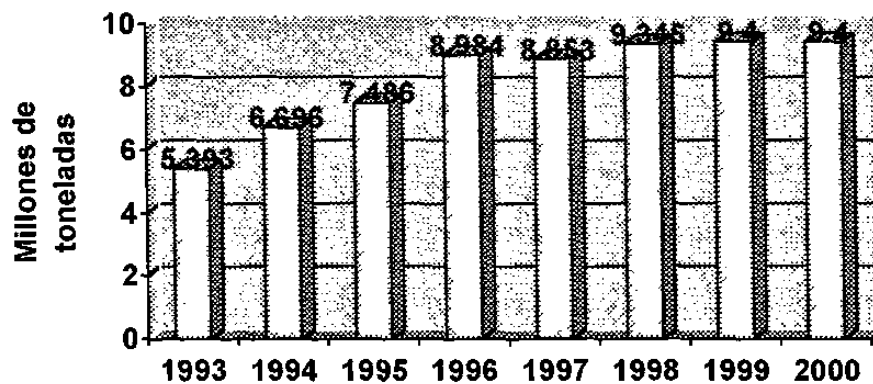
## COSTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE ACUERDO A DIFERENTES FUENTES DE ENERGÉTICOS

| FUENTES DE ENERGÉTICOS | USD / MW / HORA |
|------------------------|-----------------|
| Combustóleo            | 42.92           |
| Ciclo combinado – gas  | 29.5            |
| Carbo Eléctrica        | 40.9            |
| Nuclear                | 52.3            |
| Hidro eléctrica        | 68.1            |

Fuente: CFE Costos y parámetros de referencia 1999

Como se observa en la siguiente Grafica N ° 1, el consumo de carbón por Comisión Federal de Electricidad para las Carbo.- Eléctricas del estado de Coahuila ha ido en aumento estacionándose en el 2000 en 9.4 millones de toneladas

### Consumo de Carbón en la Industria Eléctrica



Fuente: CFE; Evolución del consumo.

La infraestructura eléctrica esta llegando a sus limites, se prevé que durante los próximos años la demanda de energía eléctrica aumentará alrededor del 6% anual.

En tal sentido se especula que Comisión Federal de Electricidad esta analizando la posibilidad de instalar una tercera planta en la región, o bien incrementar la capacidad de producción de sus Plantas Carbón 1 y Carbón II con nuevas unidades.

### 1.3.1.3 EL MERCADO EN EL SECTOR SIDERÚRGICO

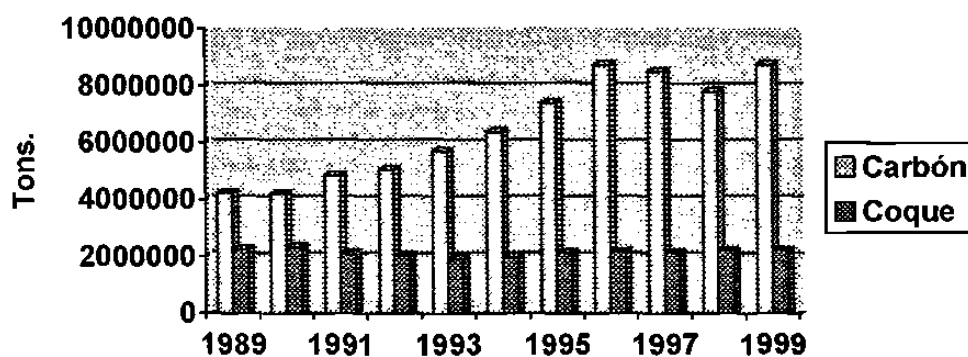
La industria siderúrgica en el mundo utiliza como fuente de energía el carbón coque en un 70%, en México solamente el 35 %.

Dependiendo de la calidad, es posible producir con 2.5 a 2.8 ton. , de carbón, 1.0 ton. , de coque.

La producción en México de carbón para uso siderúrgico y coque se ha visto notablemente incrementado en estos últimos diez años como se puede observar en la siguiente Grafica N° 2.

| Año             | 1989  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M Ton<br>Carbón | 4.243 | 4.219 | 4.864 | 5.059 | 5.718 | 6.392 | 7.391 | 8.779 | 8.510 | 7.832 | 8.767 |
| M Ton.<br>Coque | 2.260 | 2.337 | 2 107 | 2.033 | 1.941 | 1.984 | 2.147 | 2.184 | 2.139 | 2.202 | 2.227 |

### Producción Nacional de Carbón y Coque



Fuente: Dirección General de Minas, SECOFI. ( Informe De la Minería Mexicana 1999 Edición 2000.

## 1.4 ANTECEDENTES:

Como se menciona en el punto anterior el Coque se utiliza en la industria siderúrgica, básicamente como reductor para transformar el mineral de hierro en arrabio o hierro de primera fusión; también se emplea en la industrialización de los minerales no ferrosos.

La producción de coque de calidad aceptable, generalmente requiere de carbón lavado, el cual se obtiene de procesar el carbón que es extraído de la mina en la planta lavadora. Este proceso consiste básicamente en lograr un producto con un porcentaje de ceniza inferior al 15%.

Existen actualmente 6 plantas lavadoras de carbón, en la zona de Palau, Esperanzas, Aura, Nueva Rosita y Sabinas que se alimentan de 11 minas y que tienen una capacidad en conjunto de 1, 600 toneladas por hora.

La capacidad nominal de lavado de este carbón en el país es de 10.650 millones de toneladas por año, distribuidos de la manera siguiente:

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| GRUPO ACERERO DEL NORTE                 | 7.50 X 10 <sup>6</sup> Ton/Año |
| CARBONÍFERA DE SAN PATRICIO             | 1.05 X 10 <sup>6</sup> Ton/Año |
| INDUSTRIAL MINERA MÉXICO S. A. DE C. V. | 1.05 X 10 <sup>6</sup> Ton/Año |
| MATERIALES INDUSTRIALIZADOS S. A.       | 1.05 X 10 <sup>6</sup> Ton/Año |

La practica actual de lavado de carbón en la región carbonífera de Coahuila, se lleva a cabo con el propósito de producir carbón aceptable en las coquizadoras, generando para ello cuatro tipos de productos ( Figura N° 3 y 4 Diagrama de Flujo del Proceso)

- Carbón coquizable limpio ( Carbón Lavado al 13.5% de ceniza)
- Carbón Mixto ( con 15% a 22% de ceniza)
- Rechazos gruesos de + 6mm con 60% a 75% de ceniza.
- Rechazos finos de – 0.5 mm con 40 a 75 % de ceniza.

El carbón Mixto que tiene mas del 15% y hasta un 22% de cenizas, se denomina también Carbón Térmico o Carbón Medios y se obtiene como subproducto en el proceso de lavado y hasta hace apenas unos 10 años se depositaba en las pilas de desperdicio pues no había mercado para este carbón ya que su contenido de ceniza para la industria siderurgica era muy alto y para la de generación de energía muy bajo de ahí su nombre de carbón medio o mixto.

Los rechazos o desperdicios tanto finos como gruesos son depositados en las presas de jales o lameros y terreros respectivamente.( Fotografías 1 a 4 )

Lo anterior a permitido el crecimiento de pilas de desperdicio que crecen en conjunto a un ritmo anual de 3 millones de toneladas en toda la región carbonífera y a 55,000 ton. (Tabla N ° 2 y 3) En Carbonífera de San Patricio, cuyo contenido de cenizas varia en el orden del 40 al 75%.

## 1.5 - JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

**La combustión espontánea y otros factores hacen de las pilas de desperdicios un problema ecológico y económico,** como se puede observar de 1989 a 1999, la producción nacional de Carbón logro un incremento de un poco mas del 100% ( De 4,243,838 Ton. A 8,767,000 Ton. Grafica N ° 2) Y consecuentemente el volumen de los desperdicios se ha incrementado en forma proporcional. ( Tabla N ° 2 )

Por otro lado, existe evidencia de que es posible aprovechar los desperdicios generados en el proceso del lavado del carbón descritos anteriormente al mezclarlos con los Medios de lavado y / o el carbón todo uno para la generación de electricidad disminuyendo con esto el contenido de ceniza en los desperdicios. De esta manera el aprovechamiento del carbón resulta más eficiente al generar un producto mezclado que satisfaga los requerimientos de calidad de las centrales Carbo eléctricas Carbón I y Carbón II localizadas en el municipio de Nava Coah.

Todo lo anterior trae como beneficio el que se recupere un material que hasta hace apenas unos años era considerado como rechazo y no tenia un uso ni un valor comercial dentro del mercado del carbón, aunado a esto si consideramos una recuperación del 20% del mismo, provoca que se dejen de explotar alrededor de 600,000 ton. Anuales mismas que incrementarían las reservas de carbón in-situ de toda la región carbonífera.

Con lo anterior se eliminaría también el problema ecológico que se genera al depositar todos estos desperdicios en los terreros y lameros con el beneficio económico que representa él dejar de transportar este material a los depósitos aparte del beneficio de su comercialización. ( Anexo Fotografías N° 5 y 6 de los lameros y terreros donde se aprecia el problema ecológico)



## 1.6 HIPÓTESIS

Como se podrá observar estos resultados preliminares son conservadores pues se apoyan en la siguiente hipótesis.

1. **Solamente se está embarcando a las centrales Carbo eléctricas el carbón todo uno ( Carbón como sale de la Mina y antes de cualquier procesamiento)** lo cual en el largo plazo provocará una disminución considerable de las reservas de carbón in-situ tanto de Carbonífera de San Patricio como del resto de las compañías de la región carbonífera

2. No se recuperan las **“COLAS O DESPERDICIOS FINOS DE FLOTACIÓN”** de lavado, las que aun contienen un porcentaje de carbón útil atractivo. Se estima que mezclando estos **“DESPERDICIOS”** con los **MIXTOS Y / O CON EL CARBÓN TODO UNO**, seria posible **DISMINUIR** el potencial de extracción de este ultimo en un **20% MINIMO** y con ello se incrementaría en la misma proporción las reservas in-situ, en el orden de 600,000 Ton. , Anuales para la región y de 55, 000 Ton., para Carbonífera de San Patricio. S. A. De C. V.

3. **Se abre la posibilidad de poder aprovechar también los desperdicios gruesos** al aprovechar la nueva tecnología de generación de energía eléctrica a partir de carbón pobre en Calderas de Lecho Fluidizado y se estaría en posibilidades de poder suministrar a una nueva Central Carbo eléctrica utilizando una mezcla de estos desperdicios con un mínimo de carbón todo uno. Con lo cual se recuperaría al 100% el volumen total de carbón extraído ya que se aprovecharían en su totalidad junto con el carbón procesado en las plantas lavadoras los rechazos de las mismas.

Si se consideran los tres puntos anteriores, el potencial de recuperación de desperdicios productos del lavado del carbón en toneladas anuales podría llegar a ser de unas 55,000 toneladas para Carbonífera de San Patricio y de 3,000,000 ton. para el resto de la región

Finalmente cabe mencionar que existen programas dentro de las plantas a largo plazo de la industria siderúrgica nacional, de incrementar su capacidad de demanda de carbón lavado tanto para sus plantas coquizadoras como para la inyección del carbón en sus altos hornos, prueba de ello es la instalación de la planta de inyección de carbón en los altos hornos N ° 4 y N ° 5 de Monclava Coah. En el año de 1997 y 1998.

**Todo esto, aunado al déficit de 1,000,000 de ton./ año en el suministro de carbón con que opera la zona carbonífera y el resto del país vuelve más atractivo la mezcla de estos desperdicios con los Medios y / o el carbón todo uno para la generación de electricidad.**

# CAPITULO 2

## EL CARBÓN MINERAL

### 2.1 ORIGEN Y NATURALEZA DEL CARBÓN

Es conocido que el carbón se origino de residuos de plantas que se desarrollaron hace 150 a 200 millones de años en el período carbonífero de la Era Paleozoica ( y desde 1825 ha sido considerado el origen vegetal del carbón), el cual se formo a partir de materiales primarios en descomposición como árboles, arbustos, cortezas, raíces, hojas y semillas que se acumularon y sedimentaron en marismas y pantanos. Las acumulaciones de residuos de plantas sin compactar en esta primera etapa se llaman turbas, y todavía hoy se forman en pantanos en Irlanda y algunas partes de Estados Unidos de Norteamérica como Virginia.

Las turbas formadas hace millones de años con el tiempo fueron cubiertas con capas de sedimento y arenas por las inundaciones. Por la acción de los microorganismos, el calor, y la presión de las capas superiores ( incrementada algunas veces por los movimientos tectónicos) transformaron la turba expulsando humedad y otros productos volátiles aumentando la densidad del material y dejando principalmente carbón. (Figura N ° 5 Formación del carbón)

## **2.2 CLASIFICACIÓN DEL CARBÓN, SUS CONSTITUYENTES Y USOS.**

El carbón es una roca sedimentaria combustible sólida, no cristalina, opaca, con coloración de café a negro y su peso específico varia de 1 a 1.8 gr./ cm<sup>3</sup>. No es una sustancia uniforme sino una mezcla de restos metamorfoseados de plantas junto con algunos minerales, todos con diferentes composiciones físicas y químicas, y no se encuentran en los mantos como una pieza sólida de material, sino que exhibe bandas de materiales de diferentes texturas y brillantes u opacidad y a diferencia de las rocas sedimentarias comunes que se encuentran formadas por minerales. El carbón se constituye en su mayoría por macérales tales como vitrinita, exinita e inertinita, las cuales son equivalentes a los minerales en las rocas y se pueden distinguir ópticamente por su comportamiento en la luz transmitida y reflejada.

El carbón mineral es una sustancia fundamentalmente orgánica, constituida básicamente por carbono y por diferentes proporciones de otros elementos como el Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre.

Esta composición tan variada aunado a que las edades de los carbones no son uniformes y a que los cambios fueron diversos, actualmente existen distintos tipos de carbón, dividiéndose por rangos según el grado de metamorfosis o fosilización alcanzado. Generalmente, para fines de clasificación del carbón mineral se emplean los parámetros establecidos por la Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (por sus siglas en ingles ASTM) basados en la relación entre carbón fijo (CF) y materia volátil (MV). Norma ASTM D 388 – 98a y se clasifica de menor a mayor antigüedad como turba o lignito, sub.-bituminoso, bituminoso y antracita.

Conforme aumenta el rango de maduración, el contenido de carbono es mayor, lo que incrementa su poder calorífico. El carbón de menor rango se conoce como Turba o Lignito, con gran cantidad de humedad y bajo poder calorífico, menor de 4, 000 kilocalorías por kilogramo.

El carbón Sub.-bituminoso posee hasta 5, 000 kilocalorías por kilogramo, su contenido de humedad es menor y se puede usar como carbón térmico para la generación de electricidad. El carbón que más se emplea para este propósito en el mundo es el bituminoso ya que puede tener hasta 7, 000 kilocalorías por kilogramo de poder calorífico.

Algunas variedades del carbón bituminoso poseen la propiedad de formar Coque al destilarse, por lo que se les emplea en la **“industria Siderurgia”** y por ello reciben el nombre de **“Carbones Coquizables”** o **“Carbones Metalúrgicos”**. Los que no se pueden usar para formar Coque se pueden aprovechar para la generación de electricidad y se les conoce como **“Carbones no Coquizables”** o **“Carbones Térmicos”**.

El rango mas alto del carbón es la Antracita, también llamado **“Carbón Duro”**, con mas de 7, 000 kilocalorías por kilogramo. Debido a su mayor antigüedad, la antracita es él más puro de los carbones, pero también es él más escaso.

Por sus características de combustibilidad, el carbón es una mezcla de materia orgánica, materia mineral y humedad. La materia orgánica constituye la porción combustible y esta formada por el carbón fijo y la materia volátil. La fracción no combustible es la materia mineral, que al quemarse el carbón, forma ceniza. La humedad se transforma en vapor de agua durante la combustión.

### 2.3 CUENCAS CARBONÍFERAS DE MÉXICO:

Con base en el censo (\*) efectuado por Comisión Federal de Electricidad en 1987, se tiene conocimiento de 280 localidades con manifestaciones de carbón, comprobándose la ocurrencia de 32 sitios, correspondientes 22 a carbón térmico, 10 a carbón coquizable, además, 7 localidades con presencia de hidrocarburos sólidos (bitumen).

Las reservas conocidas encontradas son de 9,997 millones de toneladas métricas. Manteniendo a México en el lugar 0.1% de las reservas mundiales.

Las cuencas carboníferas en México se localizan en los estados de Coahuila, Nuevo León, Sonora, Oaxaca, Chihuahua, Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Puebla, Guerrero, Jalisco, Colima, Chiapas, Tabasco, Estado de México y Durango. ( Figura N° 6)

Solamente en el estado de Coahuila se están explotando actualmente.

La distribución de las reservas de carbón es como sigue:

| <b>CUENCA<br/>CARBONÍFERA</b> | <b>ESTADO</b>              | <b>RESERVAS<br/>MILLONES DE TON.</b> |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| SABINAS                       | COAHUILA                   | 2556                                 |
| RIO ESCONDIDO                 | COAHUILA                   | 1216                                 |
| COLOMBIA - SAN<br>IGNACIO     | NUEVO LEÓN Y<br>TAMAULIPAS | 252                                  |
| DE LA MIXTECA                 | OAXACA                     | 161                                  |
| BARRANCA                      | SONORA                     | 142                                  |
| CABULLONA                     | SONORA                     | 80                                   |
| OJINAGA                       | CHIHUAHUA                  | 90                                   |
| OTRAS                         | VARIOS                     | 5500                                 |
| <b>TOTAL</b>                  |                            | <b>* 9997</b>                        |

## **2.4 CARBÓN EN EL ESTADO DE COAHUILA:**

En el Estado de Coahuila se originaron dos tipos de cuencas carboníferas. Una que se identifica como Región Carbonífera o Región Sabinas, se localiza entre Muzquiz, Nueva Rosita, Lampazos y Monclova, cuyo carbón es del tipo coquizable, lo que lo hace aplicable en la Industria Siderúrgica, la otra, situada en la zona de Piedras Negras y Nava, con carbón térmico adecuado para la generación de energía eléctrica. ( Figura N° 7 )

### **CUENCA RIÓ ESCONDIDO:**

Se localiza en la porción Noreste del Estado de Coahuila y se extiende al Sur del Estado de Texas. La edad geológica de los sedimentos es similar a los de las cuencas de Sabinas (Cretácico Sup.) Y su extensión es de 6, 000 km<sup>2</sup>.

El carbón de la cuenca Fuente-Riό Escondido queda definido, de acuerdo al sistema de clasificación A.S.T.M., como alto volátil bituminoso "C".

La exploración de la cuenca ha sido realizada, principalmente, por C.F.E. desde 1960, aunque la existencia de los carbones se conocía desde tiempo atrás. Este carbón es utilizado en la generación de energía eléctrica dadas sus características físico-químicas.

### **CUENCA SABINAS:**

Se localiza en la porción centro del Estado de Coahuila y esta constituida por varias subcuencas: Sabinas, Saltillo, Lampacitos; Adjuntas, Monclova, San Patricio, Esperanzas, San Salvador y el Gavilán. Cubre en conjunto una área de aproximadamente 5, 060 km<sup>2</sup>.

Existiendo hasta dos mantos de espesor económico, variando desde unos pocos centímetros hasta 3.50 metros, con una inclinación que varía desde 3° a 60°.

El carbón de la cuenca de Sabinas, conforme a la A.S.T.M., es del tipo alto volátil bituminoso "A".

Dado sus características físico – químicas este carbón es utilizado para la industria metalúrgica aunque también puede ser utilizado para la generación de energía eléctrica.



## 2.5 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL CARBÓN

### 2.5.1 CFE. CARBÓN 1

|                               |            | PROMEDIO      | RECHAZO |
|-------------------------------|------------|---------------|---------|
| Poder Calorífico              | Kcal. / Kg | 4690          |         |
| Humedad Total                 | (%)        | 7.50          | 8.50    |
| Carbón Fijo                   | (%)        | 25.20 en peso |         |
| Materia Volátil               | (%)        | 29.30 en peso |         |
| Cenizas                       | (%)        | 37.00 en peso | 38.50   |
| Azufre                        | (%)        | 0.70          | >1.00   |
| Granulometría                 | (%)        | 4 X 0 30% < ¼ | 36.00   |
| Deformación Inicial en Ceniza | ° C        | 1, 430        | 1, 350  |
| Índice de Molienda            | (%)        | 54.00         | 53.00   |

### CENIZAS

|  |     |               |       |
|--|-----|---------------|-------|
| Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )   | (%) | 4.0           |       |
| Calcio (CaO)                               | (%) | 3.75          |       |
| Magnesio (MgO)                             | (%) | 0.50          |       |
| Sodio (Na <sub>2</sub> O)                  | (%) | 0.70          | 1.00  |
| Potasio (K <sub>2</sub> O)                 | (%) | 1.60          |       |
| Silicio (SiO <sub>2</sub> )                | (%) | 63.00         |       |
| Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | (%) | 24.00         |       |
| Titanio (TiO <sub>2</sub> )                | (%) | 1.20          |       |
| Azufre (SO <sub>3</sub> )                  | (%) | 0.80          | 1.00  |
| Índice de Escorificación                   |     | 1.00          | >1.00 |
| Índice de ensuciamiento                    |     | 0.50          | >0.50 |
| Índice de Expansión Libre                  |     | Tend. a Acero | 3.00  |

**2.5.2 C.F.E. CARBON I I**

|                           |     | <b>PROMEDIO</b> | <b>RECHAZO</b> |
|---------------------------|-----|-----------------|----------------|
| <b>ANÁLISIS PRIMARIO</b>  |     |                 |                |
| Poder Calorífico, Btu/Lb. | (%) | 6957            |                |
| Humedad Total             | (%) | 6.00            | 8.50           |
| Carbón Fijo               | (%) | 26.60           |                |
| Materia Volátil           | (%) | 24.40           |                |
| Cenizas                   | (%) | 42.00           | 43.00          |

**CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS**

|                                    |                   |        |
|------------------------------------|-------------------|--------|
| Índice de Facilidad de Molienda.   |                   | 53     |
| Índice de Expansión Libre FSI      | TEND. A CERO      | 3.00   |
| Peso Especifico                    | Kg/m <sup>3</sup> | 900.00 |
| Tamaño Máximo Del Carbón           | mm                | 102.00 |
| Tamaño Máximo del Carbón Triturado | mm                | 40.00  |

## 2.6 FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL CARBO ELÉCTRICA

El principio de la inducción electromagnética (del que depende el generador eléctrico) fue demostrado por Michael Faraday en 1831.

En nuestro mundo industrializado, la inmensa cantidad de energía requerida suele suministrarse en forma de electricidad. La electricidad es una forma de energía totalmente limpia en su uso final que resulta hoy por hoy imprescindible en buena parte de las actividades humanas y constituye un motor esencial del desarrollo científico, técnico, económico y social de un país. Sin embargo, a la hora de decidir como generar la electricidad, nos encontramos frente a una elección poco envidiable. Por una parte está el gradual pero inevitable daño al medio ambiente causado por la combustión del carbón y de los derivados del petróleo; por otra parte, los riesgos, poco probables pero potencialmente catastróficos, asociados con la energía nuclear.

Para el estudio que nos ocupa y por ser nuestra región netamente carbonífera nos centraremos en las centrales térmicas convencionales o clásicas. Nos referimos mediante este termino a las centrales que utilizan Combustibles Fósiles como materia prima, es decir Carbón, Fuel y gas natural. En términos de producción de energía eléctrica, la única diferencia entre las centrales nucleares y las Carbo eléctricas convencionales es la manera de generar el vapor para activar las turbinas. En las centrales nucleares el calor se produce por la fisión nuclear en un reactor, mientras que en las Carbo eléctricas el vapor se genera por la combustión del carbón.

En las centrales térmicas convencionales, la energía química ligada por el combustible fósil (carbón) se transforma en energía eléctrica. Se trata de un proceso de refinado de energía. El esquema básico de funcionamiento de todas las centrales térmicas convencionales es prácticamente el mismo,

independientemente de que utilicen carbón, fuel oil o gas. Las únicas diferencias sustanciales consisten en el distinto tratamiento previo que sufre el combustible antes de ser inyectado en la caldera y el diseño de los quemadores de la misma, que varía según el tipo de combustible empleado.

En el caso de la central térmica de carbón, el combustible se reduce primero a un polvo fino y se bombea después dentro del horno por medio de unos chorros de aire precalentados. La energía liberada durante la combustión en la cámara de la caldera, hace evaporarse el agua en los tubos de la caldera y produce vapor.

El vapor de agua se bombea a alta presión a través de la caldera, a fin de obtener el mayor rendimiento posible. Gracias a esta presión en los tubos de la caldera, el vapor de agua puede llegar a alcanzar temperaturas de hasta 600 ° C ( vapor recalentado).

Este vapor entra a gran presión en la turbina a través de un sistema de tuberías. La turbina consta de tres cuerpos; de alta, media y baja presión respectivamente. El objetivo de esta triple disposición es aprovechar al máximo la fuerza del vapor, ya que esta va perdiendo presión progresivamente. Así pues, el vapor de agua a presión hace girar la turbina, generando energía mecánica. Así hemos conseguido transformar la energía térmica en energía mecánica de rotación.

El vapor, con el calor residual no aprovechable, pasa de la turbina al condensador. Aquí, a muy baja presión (vacío) y temperatura (40 ° C), el vapor se convierte de nuevo en agua, la cual es conducida otra vez a la caldera a fin de reiniciar el ciclo productivo. El calor latente de condensación del vapor de agua es absorbido por el agua de refrigeración, que lo entrega al aire del exterior en las torres de enfriamiento.

La energía mecánica de rotación que lleva el eje de la turbina es transformada a su vez en energía eléctrica por medio de un generador síncrono acoplado a la turbina. Y una vez que se ha generado la energía

esta se transmite a la subestación de transformadores de alta tensión los que a su vez la distribuyen a las líneas de transmisión primarias para posteriormente pasarla a la subestación de transformadores donde disminuyen el voltaje de 34,500 – 12,470 Volts y de ahí pasarla a los transformadores donde la reducen a 440 – 220 y 120 – 240 Volts para su uso domestico e industrial.

Ver Figura N ° 8 Diagrama de Flujo de una Central Carbo eléctrica convencional.

# **CAPITULO 3**

## **NUEVAS TENDENCIAS TECNOLÓGICAS PARA EL USO DEL CARBÓN**

### **3.1 CALDERAS DE LECHO FLUIDIZADO ( ELECTRICIDAD A PARTIR DE CARBÓN POBRE)**

Las necesidades presentes y futuras de energía que plantea el desarrollo industrial de México, por su bajo costo y la ventaja que representa contar con reservas importantes de carbón mineral en la Región de Sabinas, hacen factible el desarrollo de proyectos de generación eléctrica con base en calderas de lecho fluidizado, que puedan quemar diferentes tipos de carbones de alto y bajo poder calorífico.

La normativa ambiental actual va marginando importantes recursos de combustibles que por su alto contenido de azufre no son utilizables para combustión en calderas de carbón pulverizado.

La combustión de combustibles sólidos triturados en lecho fluido es una alternativa en auge en todo el mundo, dada su capacidad para reducir los óxidos de azufre y quemar combustibles pobres sin apoyo de hidrocarburos.

Esta tecnología de uso limpio del carbón ha superado con éxito las etapas de investigación, demostración y desarrollo, tras lo cual se encuentra plenamente disponible y operativa a nivel comercial.

La combustión del carbón en lecho fluido permite alcanzar dos objetivos primordiales desde el punto de vista ambiental:

- Alto grado de retención de azufre en las cenizas, reduciendo las emisiones de óxidos de azufre en un 90% o incluso más, en comparación con las unidades convencionales de carbón pulverizado.
- Baja emisión de óxidos de nitrógeno, aproximadamente la mitad (o menos) que en el caso de unidades convencionales.

Además, presenta las siguientes ventajas:

- Admite combustibles de bajo poder calorífico, con alto contenido de cenizas y azufre. Combustibles pobres.
- Utiliza caliza triturada para reducir las emisiones de azufre a la atmósfera.
- Debido a la baja temperatura de combustión no se funden las cenizas, facilitando su evacuación y manejo.
- Alta eficiencia de combustión y alto rendimiento de la caldera.
- Operación sencilla, flexible y estable, fácilmente controlable.
- Bajo costo de operación debido a la utilización de combustibles pobres.

El término fluidización se emplea para describir un tipo de proceso o fenómeno que consiste en el contacto entre sólidos (granos) y fluidos, de modo que las partículas sólidas aparecen suspendidas en el fluido, que se mueve a través de un lecho formado por dichas partículas, en dirección vertical y sentido ascendente.

Un lecho fluidizado con gas tiene apariencia muy similar a un líquido en ebullición y, en muchos aspectos, presenta el comportamiento de un líquido.

El lecho se mantiene entre 800° y 900° C, temperatura limitada por la necesidad de que las cenizas no se fundan y no se aglomeren, perjudicando las condiciones de fluidización, y por la conveniencia de que las emisiones de NOx no sean demasiado altas, ya que aumentan con la temperatura.

La materia constituida del lecho está formada, como consecuencia del efecto de la combustión y la retención de azufre, por los siguientes componentes:

- Combustible principalmente en forma de partículas casi volátiles.
- Caliza o Dolomita, presente fundamentalmente en forma calcinada y sulfurada.
- Cenizas procedentes de la materia mineral del combustible, una vez eliminada el agua de composición y descompuestos de los carbonatos.
- Aditivo inerte, si es requerido en algunos casos, como pueden ser la arena y la alumina.



Adicionalmente, en el diseño de las unidades generadoras se elimina el uso de dispositivos anticontaminantes, debido a la reducida cantidad de SOx y NOx que se produce, lo que reduce la inversión en la construcción de estas unidades, con un factor positivo en los costos finales de la energía eléctrica y con cumplimiento de la reglamentación ambiental vigente.

**Finalmente, podemos señalar que es plenamente viable la alternativa de utilizar calderas de lecho fluidizado para la generación eléctrica con uso de carbones minerales de la Región de Sabinas.**

**Es factible mezclar carbón de deshecho de las plantas lavadoras, que actualmente no tienen uso práctico, con un porcentaje reducido de carbón extraído directamente de las minas, lo que permitirá obtener un combustible de bajo costo, que impactará de manera importante los costos directos de generación eléctrica, para hacerlos muy competitivos con las tarifas actuales de la energía de la Comisión Federal de Electricidad para uso industrial.**

# **CAPITULO 4**

## **METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS DEPOSITOS DE DESPERDICIO**

### **4.1.- MUESTREO Y ANÁLISIS DEL CARBÓN**

Como se dijo anteriormente en el capítulo 2 que el carbón es un material heterogéneo y sus características varían mucho de un área a otra área y de un manto a otro e inclusive a veces en el mismo manto. Cuando se habla de características de un carbón se refiere a una determinada cantidad de carbón como se encuentra al momento de hacer un muestreo. Si se requieren conocer las características de ese carbón tiempo después o en otro lugar es necesario volver a tomar muestras.

Entonces es por demás importante entender bien los métodos apropiados de muestreo del carbón, su aplicación y limitaciones.

### **4.2. QUE DEBE MUESTREARSE**

Dado que nuestra investigación se enfoco en la posible recuperación de los desperdicios finos producto del lavado del carbón en la planta lavadora y los cuales son generados en el circuito de flotación. Se requirió de hacer un muestreo a todo el material que se encuentra almacenado en las presas de jales desde el inicio de operación de la planta lavadora en 1992 hasta la fecha. y para ello se tomaron muestras representativas del lote para hacerles el análisis del contenido de ceniza.

### 4.3 METODOLOGÍA PARA EL MUESTREO DEL CARBÓN, NORMATIVA ASTM D2234 – 98 Y MUESTREO PROBABILISTICO

La necesidad de apegarse a normas establecidas se debe a que la variabilidad de las características del carbón pueden ser muy grandes, a que los tamaños pueden también variar y por consiguiente su calidad y a que las pilas se fueron formando a través del tiempo.

Además los procedimientos normalizados se han basado en experiencias para lograr obtener en los análisis rangos de precisión muy aceptables para la utilización de la información. Resulta pues, por demás importante apegarse a estos procedimientos normalizados ya establecidas, es por ello que, Para la determinación de la calidad del desperdicio fino producto del proceso de flotación, se utilizo la Metodología que se establece en la Norma ASTM D 2234 – 98 “Recolección de una Muestra Total de Carbón”.

Esta norma es muy completa y explica como seleccionar el método de muestreo y como y donde muestrear, en su procedimiento de muestreo de carbón basado en el tamaño y condición de la preparación, (Muestreo Para Propósitos Generales).

**Junto con esta metodología se utilizo el muestreo probabilístico a un universo o población de 400 registros de operación históricos de la calidad generada anualmente, para poder determinar así sus estadísticas de calidad** tales como el promedio de ceniza de todo el material que se ha almacenado a través del tiempo así como su desviación de muestreo o error estándar, distribución normal, distribución de frecuencias, la inferencia estadística, prueba de Chi cuadrada y las cuales se compararon con los resultados del muestreo físico realizado a los mismos para determinar su grado de exactitud o error de un método con respecto al otro.

### 4.3.1 MUESTREO DE CARBÓN PARA PROPÓSITOS GENERALES ( ASTM D2234 – 98)

Este tipo de muestreo esta considerado para obtener una precisión en la determinación de la ceniza de una muestra total de un 95 % de + - 1/10 del promedio de todas las determinaciones.

El numero de incrementos y peso mínimo de cada incremento son referidos al tamaño máximo del carbón y características del carbón.

Para propósitos generales se recomienda que una muestra total represente a un lote máximo de 1,000 ton. La muestra total se toma de acuerdo a las recomendaciones de la tabla N ° 3.

En caso de que se requiera que una muestra total represente un lote mayor de 1,000 ton. Los incrementos mostrados en la tabla N ° 3 se incrementan como sigue:

$$N2 = ( N1 ) ( \text{Peso total de Muestra (ton.)} / 1000 \text{ Ton.} )^{1/2}$$

Donde N2 = Numero de incrementos especificados en la tabla.

N1 = Numero de incrementos requeridos.

TABLA N ° 3 NUMERO Y PESO DE INCREMENTOS PARA EL MUESTREO PARA PROPÓSITOS GENERALES (ASTM D 2234- 98 Pág. 265 de la edición 1999

#### Carbón Lavado Mecánicamente

| Tamaño Máximo                 | 16mm (5/8") | 50mm (2in) | 150mm (6in) |
|-------------------------------|-------------|------------|-------------|
| Número mínimo de incrementos  | 15          | 15         | 15          |
| Peso mínimo de incrementos Kg | 1           | 3          | 7           |

#### Carbón Bruto sin Lavar

|                               |    |    |    |
|-------------------------------|----|----|----|
| Número mínimo de incrementos  | 35 | 35 | 35 |
| Peso mínimo de incrementos Kg | 1  | 3  | 7  |

### 4.3.1.1 TERMINOLOGÍA DEL MUESTREO

Uno de los factores más importantes en la recolección de muestras es que se tomen muestras representativas.

Existen en muestreo algunos términos muy importantes que son convenientes de conocer y definir:

- **Muestra Total.**- Es una muestra que representa un lote de carbón y esta compuesta de un cierto número de incrementos y la cual no ha sido ni reducida ni dividida.
- **Lote.**- Una cantidad de carbón que esta representada por una muestra total.
- **Incremento.**- Una pequeña porción del lote muestreado recogida en una operación por un aparato de muestreo ( o una persona ) y que se combina con otros incrementos para obtener una muestra total.
- **Muestra.**- Una cantidad de material tomada de una cantidad mayor con el propósito de estimar las propiedades de la cantidad mayor.
- **Exactitud.**- Término utilizado para indicar la confiabilidad de una muestra, medición u observación. En muestreo se refiere a que tan lejos está un resultado obtenido del valor real.
- **Precisión.**- Este término se utiliza para indicar la capacidad de una persona, instrumento o método para obtener resultados reproducibles. Específicamente es una medida o error de probabilidad y se expresa por error estándar o varianza.
- **Error.**- Diferencia de una observación o grupo de observaciones del mejor estimado del valor real.

#### 4.3.1.2 TAMAÑO DEL LOTE A MUESTREAR

De acuerdo con la tabla N ° 3 anteriormente señalada y en base al volumen depositado de desperdicio en los lameros o presas de jales los cuales si se considera la base de datos registrada desde el inicio de operaciones el volumen estimado es de 50,000 ton. Partiendo de esta base se procedió a determinar el número mínimo de incrementos y pesos a muestrear considerando que este material ya fue procesado y que su tamaño varía de 0.5mm a 3mm. El número de incrementos requeridos sería de:

$$N_2 = 15 \text{ por Raíz cuadrada de } 50,000 / 1000 =$$

$$N_2 = 15 \times 7.07 = 106 \text{ Kg.}$$

#### 4.3.2 MUESTREO PROBABILISTICO

De acuerdo con las estadísticas de calidad que se obtuvieron de los resultados del muestreo físico de 60 muestras contra el muestreo probabilístico de un universo de 400 datos muestrales (Ver Tablas 4 al 11) se puede observar en el análisis comparativo que este último muestreo es más representativo del análisis de calidad del desperdicio que se encuentra depositado en los lameros, ya que este arroja un error probabilístico con respecto a la medida de tendencia central mucho menor que con el muestreo físico promedio y en el cual se puede observar una desviación estándar de 1.39 con varianza de la muestra de 1.94 y un error típico de 0.40 contra un 5.02, 27.32 y 2.25 respectivamente.

En cuanto a la medida de tendencia central el promedio que arrojaron ambos resultados este se encuentra dentro de los parámetros de calidad aceptables por la norma ASTM en cuanto a que la diferencia del promedio del muestreo físico de 46.91 % de ceniza contra el probabilístico de 45.59 % (más 1.32 %) es relativamente pequeña.

No siendo así su variación o desviación estándar que es a final de cuentas la que nos permite decidir sobre que tan confiable es este análisis y de cómo se va a comportar en la realidad.

#### **4.4 ESTIMACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE DESPERDICIO ALMACENADOS EN LOS LAMEROS**

Una vez determinadas las diferencias de calidad las cuales sirvieron de mucha ayuda para la toma de decisiones de que tan factible era la recuperación de dichos desperdicios para su utilización en el mezclado de carbones y ya con la seguridad del resultado se procedió a determinar el volumen del mismo y dada la topografía irregular del terreno y a la confianza de los resultados ( entre mayor sea el numero de muestras en el universo muestral mayor será el grado de confiabilidad) se procedió a revisar la estadística de operación de los últimos 6 años para determinar el volumen de desperdicio almacenado en las presas de jales o lameros (Tabla de crecimiento anual de pilas de desperdicio N° 3)

RESUMIENDO:

| <b>Año</b>   | <b>Toneladas</b> |
|--------------|------------------|
| <b>1995</b>  | <b>36,846</b>    |
| <b>1996</b>  | <b>50,279</b>    |
| <b>1997</b>  | <b>120,647</b>   |
| <b>1998</b>  | <b>66,923</b>    |
| <b>1999</b>  | <b>66,915</b>    |
| <b>2000</b>  | <b>55,436</b>    |
| <b>TOTAL</b> | <b>397,046</b>   |

## CAPITULO 5

### ANÁLISIS ECONÓMICO (COSTO – BENEFICIO) DE LA RECUPERACIÓN DE LAS PILAS DE DESPERDICIO

#### 5.1 EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL FACTIBLE DE RECUPERARSE

Considerando los requerimientos actuales de ventas de carbón que se tienen con la Comisión Federal de Electricidad y la cual es de 300,000 ton. Anuales, y promedio mensual de 25,000 ton. Con un contenido de ceniza del 34 % máximo ( ver especificaciones de calidad capitulo 2), pudiendo aceptar hasta un 20 % del volumen contratado con un 38 % de ceniza y azufre 1.4 % máximo.

Se procedió en base a estos requerimientos a ponderar el tonelaje máximo a recuperar al mezclar el Desperdicio generado cuya calidad determinada con ambos métodos de muestreo arrojó un promedio de 46.20 % de ceniza, con el Carbón Mixto o Medios generados en el proceso de lavado anteriormente descrito y cuya calidad promedio es del 18.88 % de ceniza junto con el Carbón todo uno producido en la mina y el cual trae un contenido de ceniza promedio del 31.05 %, quedando la mezcla real ya preparada y embarcada en este año del 2000 de la siguiente manera.

#### PONDERACIÓN TEÓRICA BASE DATOS ESTADÍSTICOS.

| Fuente       | Ton.               | % Peso        | % Ceniza     | % Azufre    |
|--------------|--------------------|---------------|--------------|-------------|
| CTU. MINA    | 124,006.712        | 54.14         | 31.05        | 1.60        |
| C. MEDIOS    | 73,060.000         | 31.90         | 18.88        | 1.389       |
| DESPERDICIO  | 31,957.360         | 13.96         | 46.20        | 1.06        |
| <b>TOTAL</b> | <b>229,024.072</b> | <b>100.00</b> | <b>29.28</b> | <b>1.42</b> |



Si resumimos los resultados reales del análisis de calidad del muestreo al momento de embarcar el carbón el cual previamente ya se había mezclado de acuerdo a la ponderación teórica anterior y los comparamos con los obtenidos en el punto de entrega en los patios de la Comisión Federal de Electricidad estos están totalmente dentro de los parámetros que marca la norma ASTM en cuanto a diferencia de resultados y la cual dice que el error máximo entre un laboratorio y otro para muestras de carbón todo uno será del  $\pm 3\%$  en el contenido de ceniza entre un muestreo y otro y del  $1\%$  después de haber ya preparado el material muestreado, esto es de un analista a otro analista (reproducibilidad).

#### COMPARATIVO DE RESULTADOS DE CALIDAD

| Fuente         | % Ceniza<br>Lab. CSP | % Ceniza<br>Lab. CFE | Diferencia CFE vs. CSP |
|----------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Mezcla Teórica | 29.28                | 28.64.               | (0.64)                 |
| Mezcla Física  | 31.43                | 28.64                | (2.79)                 |

| Fuente         | % Azufre<br>Lab. CSP | % Azufre<br>Lab. CFE | Diferencia CFE vs. CSP |
|----------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Mezcla Teórica | 1.420                | 1.27                 | (0.15)                 |
| Mezcla Física  | 1.318                | 1.27                 | (0.048)                |

Como se podrá observar en los resultados anteriores tanto de volumen como de calidad, la decisión de haber recuperado y mezclado ese  $14\%$  aproximadamente de desperdicio no afecto para nada los requerimientos de calidad de la central termoeléctrica y si beneficio en

mucho la economía de nuestra empresa al recuperar este material como se podrá observar en el análisis del costo beneficio que se desarrollara más adelante.

Con todo lo anterior la recuperación máxima permisible sin afectar los requerimientos de calidad de nuestro cliente Sé podría incrementar hasta en un 20 %

## RECUPERACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE

| Fuente       | Ton.               | % Peso        | % Ceniza     | % Azufre    |
|--------------|--------------------|---------------|--------------|-------------|
| CTU. MINA    | 150,000.000        | 50.00         | 31.05        | 1.60        |
| C. MEDIOS    | 90,000.000         | 30.00         | 18.88        | 1.389       |
| DESPERDICIO  | 60,000.000         | 20.00         | 46.20        | 1.06        |
| <b>TOTAL</b> | <b>300,000.000</b> | <b>100.00</b> | <b>30.42</b> | <b>1.42</b> |

De acuerdo con la tabla anterior la recuperación máxima permisible seria del 20 %, equivalente a 60,000 ton anuales ( 5,000 ton. Mensuales) con lo cual se estará en los limites promedio del contenido de ceniza requerido por la central termoeléctrica y el cual es del 30.00% y en el máximo del contenido de azufre de 1.42 % ( se incluye el 20 % del volumen contratado a 1.5% S, el máximo es de 1.40 % y ponderado con el 20 % a 1.5 da 1.42 % S)

## 5.2 ANÁLISIS DEL COSTO DE OPERACIÓN ACTUAL SIN RECUPERACIÓN DE MATERIAL DE DESPERDICIO

**VENTAS = (25,000 TON. / MES) ( 350.00 \$ / TON.) = \$ 8, 750,000.00**

### **COSTO DE VENTAS:**

|                                      |      |              |                          |
|--------------------------------------|------|--------------|--------------------------|
| Mano de Obra.                        | = \$ | 195,993.00   |                          |
| Renta de Maquinaria                  | = \$ | 173,500.00   |                          |
| Materiales y Refacciones             | = \$ | 226,472.00   |                          |
| Energía Eléctrica                    | = \$ | 75,000.00    |                          |
| Materia Prima ( 280 \$ / ton)        |      |              |                          |
| (Extracción y / o Compra 25,000 ton) | = \$ | 7,000,000.00 |                          |
| <b>TOTAL COSTO DE VENTAS</b>         |      |              | <b>= \$ 7,670,965.00</b> |

**UTILIDAD DE OPERACIÓN ANTES DE IMPUESTOS = \$ 1, .079,035.00**

**COSTO DE OPERACIÓN = \$ 7,670,965.00 / 25,000 TON. = 306.83 \$ / TON.**

## 5.3 ANÁLISIS DEL COSTO DE RECUPERACIÓN DE MATERIAL DE LAS PILAS DE ALMACENAMIENTO DE DESPERDICIO (LAMEROS).

### **Costo de recuperación:**

|                                    |             |                   |
|------------------------------------|-------------|-------------------|
| Mano de Obra                       | = \$        | 195,993.00        |
| Renta de Maquinaria                | = \$        | 173,500.00        |
| Materiales y Refacciones           | = \$        | 75,000.00         |
| Energía Eléctrica                  | = \$        | 0.00              |
| Materia Prima ( Desperdicio)       | =           | 0.00              |
| <b>Total costo de Recuperación</b> | <b>= \$</b> | <b>444,493.00</b> |

**Costo por tonelada recuperada = \$ 444,493.00 / 5000 ton = 88. 90 \$ / ton.**

#### 5.4 ANÁLISIS DEL COSTO – BENEFICIO DEL PROYECTO DE RECUPERACIÓN DE PILAS DE DESPERDICIO.

De acuerdo con el análisis anterior el beneficio del proyecto de recuperación, si consideramos 5000 ton./ mes, que se obtendrían del material de desperdicio, equivaldrían a dejarse de Comprar o Extraer en el mismo orden 5000 ton de Carbón. El beneficio será de:

Costo de Operación sin recuperación = \$ 306.83 \$ / ton.

Costo de operación de recuperación = \$ 88.90 \$ / ton.

Beneficio ( diferencia en el costo) = \$ 217.93 \$ / ton.

**Que traducido nos da:**

**Beneficio = (217.93 \$ / ton.) ( 5000 ton. / mes) = \$ 1,089,650.00**

**Beneficio = ( \$ 1,089,650.00 / mes ) ( 12 Meses / Año) =**

**Beneficio = 13, 075,800.00 \$ / Año**

Si a este beneficio de Carbonífera de San Patricio S. A. De C. V. Lo transportamos a la recuperación del material de toda la región carbonífera el cual según las estadísticas mostradas en la tabla N ° 2 del crecimiento anual de desperdicio el cual en el 2000 fue de 3,403,000 toneladas y considerando la misma recuperación del 20 % el beneficio sería:

Toneladas a Recuperar = ( 3, 403,000 Ton / año ) ( 20 % Recup.) = 680,600 ton. / Año.

**Beneficio = ( 680,600 ton / año ) ( 217.93 \$ / ton. ) =**

**Beneficio = \$ 148,323,158.00 Año**

Todo el beneficio anterior como se podrá observar ya se esta dando en Carbonífera de San Patricio así como en otras empresas de la región.

Se hizo una corrida de un análisis de sensibilidad ( ver análisis de sensibilidad tabla N ° 12 y 13) para ver el impacto que se tendría en un momento dado si se incrementara el precio de compra de carbón todo uno o el precio de producirlo y no se lograra un incremento en el precio de venta del mismo ya que como se dijo en el capítulo 1 el mercado en la región es del tipo oligopsónico, con la presencia prácticamente de un comprador frente a un grupo de productores ( los cuales carecen en la actualidad de la posibilidad de colocar sus productos en otros mercados) esta situación propicia, que los productores queden a expensas de la buena voluntad del comprador en cuanto al trato y fijación de precio. Observándose que en la medida que aumenta el precio de producir o comprar el carbón disminuye notablemente la utilidad de la empresa.

Ahora bien si consideramos en base a lo anterior que se pudieran recuperar las 3,403,000 toneladas generadas anualmente una vez que se decidieran a hacer el proyecto de una nueva Carbo – Eléctrica para generar electricidad a partir de carbón pobre ( desperdicios de las plantas lavadoras mezclado con medios y carbón todo uno ) utilizando las nuevas tendencias tecnológicas que se mencionaron en el capítulo 3 el beneficio global de la región carbonífera sería de:

$$\text{Beneficio} = ( 3,403,000.00 \text{ ton.} ) ( 218.33 \$ / \text{ton.} ) =$$

$$\text{BENEFICIO} = \$ 742,976,990.00 \quad \text{Año.}$$

Que traducido a dólares considerando una paridad cambiaria de 9.5 \$ / usd.

$$\text{BENEFICIO} = 78,208,104.21 \quad \text{Dólares / Año}$$

# CAPITULO 6

## CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

1. La recuperación de carbón para uso térmico a partir de pilas de desperdicio las cuales hasta hace apenas unos años eran consideradas como deshecho, **permite el aprovechamiento de un recurso no renovable en un 20 %. (Aproximadamente 60,000 ton./ año. En CSP)**
2. El éxito de este proyecto abrió la posibilidad de recuperar todo el desperdicio generado en estos años los cuales se estiman en **397,046 toneladas para Carbonífera de San Patricio y de aproximadamente 20,000,000 toneladas para la región carbonífera**, considerando solamente estos últimos seis años y siempre y cuando se llegue a hacer el proyecto de la Carbo-eléctrica en la región de sabinas. En caso contrario el beneficio sería de 680,600 ton. Solamente por el mezclado máximo permisible en la mezcla de carbón de alto contenido de ceniza con el carbón de medio contenido de ceniza y el CTU de la mina y el cual como se demostró operacionalmente no afecta los requerimientos de calidad de las centrales termoeléctricas.
3. Impacto Ambiental. En años anteriores no se ponía atención en el contenido de azufre y se emitían al medio ambiente gases de bióxido de azufre, lo que resulto en constantes reclamaciones por parte de las dependencias de gobierno SEMARNAP. De continuar depositando los desperdicios en los terreros y lameros estos continuarán auto consumiéndose por la acción exotérmica que tiene el azufre del

desperdicio al contacto con el oxígeno de la atmósfera, esto aunado al crecimiento por demás excesivo que representa el depositar aproximadamente 3,000,000 de ton. Por año. Se tiene una gran área de oportunidad el aprovechamiento de estos recursos.

4. El beneficio económico que la recuperación generó a la empresa este año fue de **\$ 13,099,800.00**, y el potencial que se tiene a nivel regional de **\$ 742,976,990.00** por año justifican las hipótesis en las que se fundó el desarrollo de este trabajo de tesis.
5. Permitirá también, si se coordinara adecuadamente toda la región carbonífera de **poder suministrar el déficit actual que tiene el suministro de carbón a las centrales Carbo – eléctricas de 1,200,000 ton. De carbón de importación que están haciendo.** Pues al recuperar este material se deja la posibilidad de continuar operando al mismo ritmo de producción o inclusive mayor.
6. De llegarse a concretar la instalación de la central Carbo- eléctrica la **generación de empleos directos ya puesta en operación sería de 250 y de 1000 empleos indirectos.**
7. Dentro de las recomendaciones que se tendrían que hacer al recuperar este material es que al momento de estarlo mezclando, este se dé de tal manera que se permita una homogeneización completa de lo contrario se lleva el riesgo de que al momento de hacer un muestreo no sea la muestra muy representativa de la calidad que realmente lleva.
8. Una de las limitantes principales es en los pocos periodos de lluvia que se tienen pues el material al estar en contacto con el agua se vuelve muy lodoso por el alto contenido de ceniza y no permite una homogeneización uniforme.

9. La relación entre demanda de electricidad y actividad económica es muy fuerte. Y en el periodo actual donde se ve un marcado crecimiento económico a nivel nacional y en donde la infraestructura eléctrica esta llegando a sus limites, pues se prevé que la demanda de energía eléctrica aumentara alrededor del 6% anual, inclusive donde se nos esta solicitando por parte del estado de California USA, les vendamos Energía Eléctrica para poder suministrar el desabasto que se tiene en ese estado americano, hace imperativo que se estudie por parte del gobierno federal y / o la industria privada la instalación de otra Central Carbo eléctrica en la región o bien incrementar la capacidad de producción de Carbón I y Carbón II. Con lo que cobraría más fuerza aun el proyecto de recuperación de pilas de Desperdicio.
  
10. La explotación del carbón del interior de las minas se hará más competitiva y rentable con dicha recuperación ya que disminuiría el costo de extracción, lo que permitirá sustituir las importaciones y ayudaría a la balanza comercial del país.



## BIBLIOGRAFÍA

- Análisis sectorial de la industria del carbón en el Estado de Coahuila. Enero del 2001 Centro Regional para la Competitividad Empresarial.
- Annual Book of Standards 1999. Section 5 Petroleum products, Lubricants and Fossil Fuels. Volume 05.05 Gaseous Fuels; Coal and Coke. ASTM D 2234-98 Collection of gross sample of coal Paginas 262 – 272. ASTM D-121 standard terminology of coal and coke paginas 157 – 167 ASTM D 2013-86 preparing coal samples for analysis paginas 236- 243 ASTM D 3174-97 ash in the analysis sample of coal and coke from coal paginas 317 – 319.
- Coal preparation 5<sup>th</sup> edition 1991. chapter 1 chemical / physical properties. By James C. Hower and B .K. Pareekh
- Coal preparation 5<sup>th</sup> edition 1991. chapter 12 sampling and analysis. Part 1: coal sampling. Paginas 854 – 857 By Jan Visman and James W.
- Fuente: CFE. Costos y parámetros de referencia 1999.
- Fuente: CFE Evolución del consumo de carbón.
- Fuente: Dirección General de Minas, SECOFI. ( Informe de la Minería Mexicana 1999 Edición 2000)
- Fuente: CFE Cuencas carboníferas en México Censo Realizado en 1987.
- Fuente: INEGI La Minería en México 1999
- Fuente: Consejo De Recursos Minerales 1993, CFE 1986. Potencial de Reservas en México.
- Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Eppen. Gould. Shmidt . Prentice Hall 5<sup>a</sup> Edición Capitulo 2 Construcción de Modelos en Hojas de Calculo. Paginas 28 - 58
- Métodos y técnicas de Investigación para las ciencias sociales. Guillermo Briones. Editorial Trillas tercera edición 1998. capitulo 9 introducción a la teoría de la muestra paginas 105- 122.
- The sampling of coal chapter 1 Development of representative sampling procedures. Chapter 2 Statistical and Mathematical Methods. By M.J. Laurila and M.P. Corriveau. Intertec Publishing 1995. Paginas 1-11 y 2-3
- World Coal Institute. Spanish Version.
- www. Microsoft corporation .

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**C. T. U.** ( Carbón Todo Uno) Carbón como sale de la Mina antes de cualquier procesamiento.

**CARBÓN MIXTO O CARBÓN MEDIOS** Es un material de ceniza intermedia y consiste de trozos de carbón con adherencias de arcilla.

**MEDIO DENSO** Liquido que se utiliza para hacer la separación del carbón de la arcilla o piedra y consiste de agua diluida con un oxido férrico magnético (Magnetita)

**FLOTACIÓN** Proceso que depende de la selectividad de adhesión de burbujas de aire al carbón y de la adhesión del agua a otros materiales donde se separa el carbón de la piedra utilizando la propiedad que tiene el carbón de ser hidrofobico

**LAMAS** . Desperdicio fino generalmente menor de 0.5 mm producto del lavado del carbón todo uno, producido en las celdas de flotación.

**LAMEROS O PRESAS DE JALES** Depósitos donde se almacenan los desperdicios o lamas. Son presas que se construyen generalmente con los desperdicios gruesos de la planta y que sirven como vasos de captación del material fino o lamas.

**CENIZA**. Material intrínscico que trae el carbón. Y que queda después de consumirse por fuego o calor.

**FÓSIL** Restos de animal o vegetal petrificado de épocas anteriores.

**MINA.** Excavación que se hace, mediante pozos, perforaciones y galerías para extraer un mineral.

**COSTO** Suma de esfuerzos y recursos que se han invertido para producir un bien o servicio.

**ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO** Es la identificación, definición y valoración o medición de los costos contra los beneficios para evaluar los meritos financieros y económicos de proyectos de desarrollo.

**COSTO DE OPERACIÓN** Son erogaciones derivadas y originadas por la administración y funcionamiento de las entidades.

**INFRAESTRUCTURA** Es el conjunto de los medios necesarios para la posterior actividad económica de un país. Energía, electricidad, agua. Etc.

**MARCO DE REFERENCIA**. La descripción del ambiente físico actual, incluyendo entre otros, los aspectos socioeconómicos del sitio o sitios donde se pretende llevar a cabo un proyecto de obras y sus áreas de influencia y en su caso, una predicción de las condiciones ambientales futuras si no se realizara el proyecto.

**PLAN NACIONAL DE DESARROLLO** Es el documento al que deben sujetarse los programas de la Administración Publica Federal. Es asimismo instrumento rector del Estado que expresa los objetivos, propósitos, lineamientos estratégicos y líneas generales de acción para el desarrollo integral del país.

**PLAN NACIONAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL.** Es un instrumento de la Administración Publica Federal que expresa la necesidad de fomentar y orientar a la industria en sus distintas ramas de la producción, principalmente en los consumos básicos de la población en regiones consideradas como prioritarias para el Desarrollo Nacional.

# ANEXO A

## LISTADO DE FIGURAS

A.1 Fotografías 1 a 4 que muestran las Presas de Jales o Lameros donde se deposita y almacena el material de desperdicio generado en el proceso de lavado.

A.2 Figura N° 1 fotografía de la Central Carbo Eléctrica de C. F. E.

A.3 Figura N° 2 Plano de Localización de Carbonífera de San Patricio

A.4 Figura N° 3 Y 4 Diagrama de Flujo del Proceso de Lavado del carbón

A.5 Fotografías N° 5 y 6 que muestran las emisiones de gases de Bióxido de Azufre, donde se está auto consumiendo el material de desperdicio

A.6 Figura N ° 5 Formación del Carbón

A.7 Figura N ° 6 Distribución Geográfica de localidades con Carbón en México

A.8 Figura N ° 7 Región Carbonífera de Coahuila.

A.9 Figura N ° 8 Diagrama de Flujo de la Central Carbo Eléctrica Convencional de C. F. E.

# ANEXO B

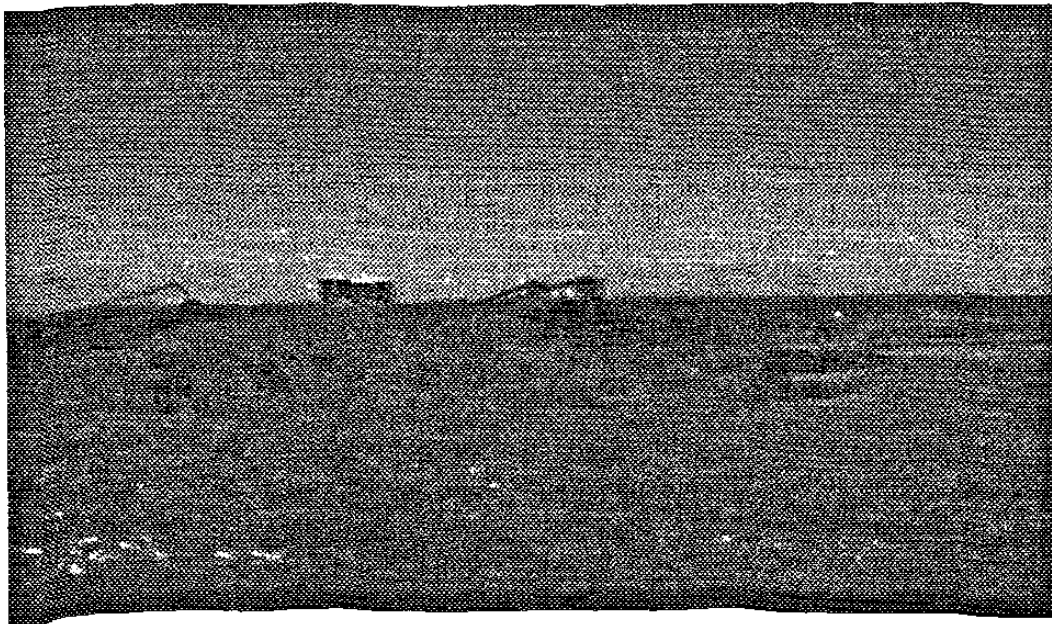
## LISTADO DE TABLAS

- B.1 Tabla N° 1 Potencial Total de Reservas de Carbón en la Región Norte-Este de México.
- B.2 Tabla N° 2 Crecimiento Anual de Pilas de Desperdicio en la Región Carbonífera de Coahuila.
- B.3 Tabla N° 3 Crecimiento Anual de Pilas de Desperdicio en CSP.
- B.4 Tabla N° 4 Análisis Comparativo de las Estadísticas de Calidad ( Muestreo Físico vs. Muestreo Probabilístico) % de Cenizas de Flotación 1992 – 2000
- B.5 Tabla N° 5 Estadística Descriptiva de los Datos de Calidad del Muestreo Físico % de Ceniza Colas De Flotación 1992 – 2000.
- B.6 Tabla N° 6 Gran Promedio Muestreo Físico % de Ceniza 1992- 2000.
- B.7 Tabla N° 7 Histograma de Frecuencias del Muestreo Físico % de Cenizas 1992 – 2000.
- B.8 Tabla N° 8 Datos Históricos del Contenido de Ceniza Colas de Flotación 1992 – 2000. ( Muestreo Probabilístico)
- B.9 Tabla N° 9 Estadística Descriptiva de los Datos de Calidad del Muestreo Probabilístico % de Ceniza Colas De Flotación 1992 – 2000.
- B.10 Tabla N° 10 Gran Promedio Muestreo Probabilístico % de Ceniza 1992- 2000.
- B.11 Tabla N° 11 Histograma de Frecuencias del Muestreo Probabilístico % de Cenizas 1992 – 2000.
- B.12 Tablas N° 12 y 13 Análisis de Sensibilidad.

A.1 Fotografía N° 1 Presa de Jales o Lamero donde se Deposita el Material de Desperdicio Producto del Lavado del Carbón

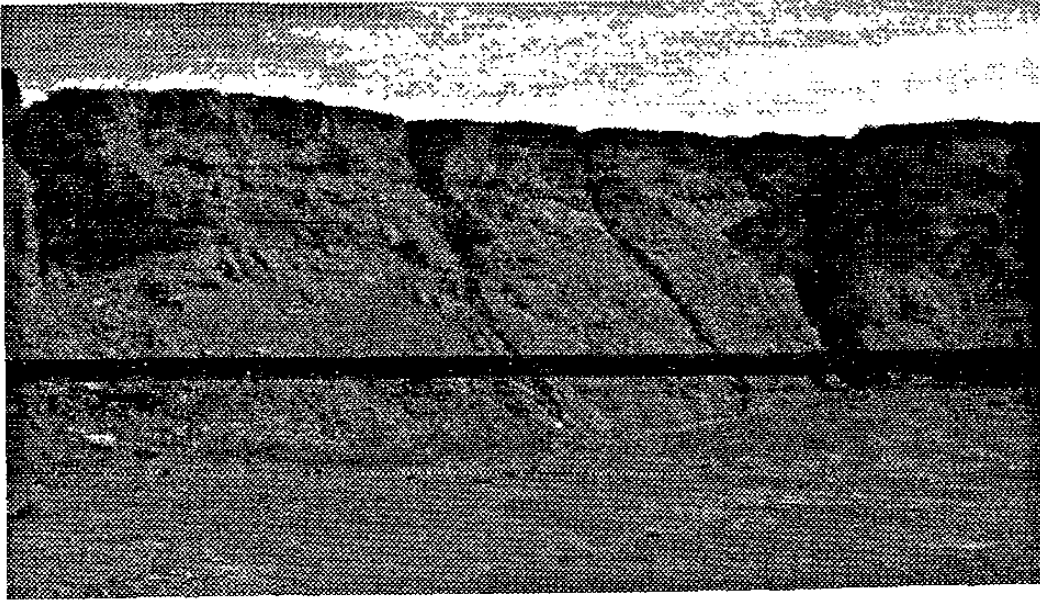


A.1 Fotografía N° 2 Presa de Jales o Lamero donde se Observa la Recuperación de Material de Desperdicio

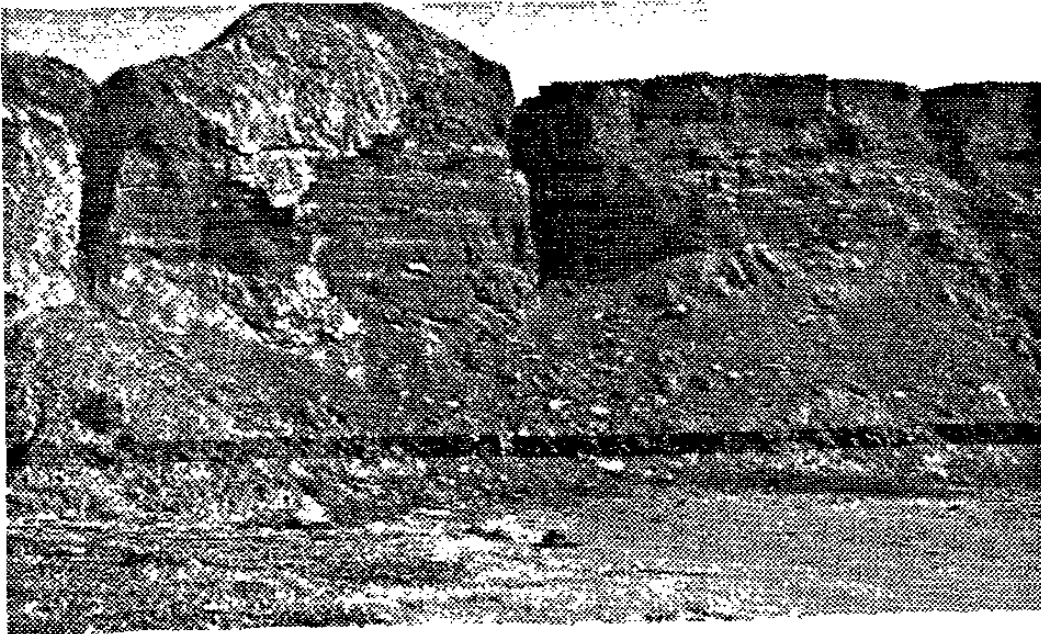


14696c

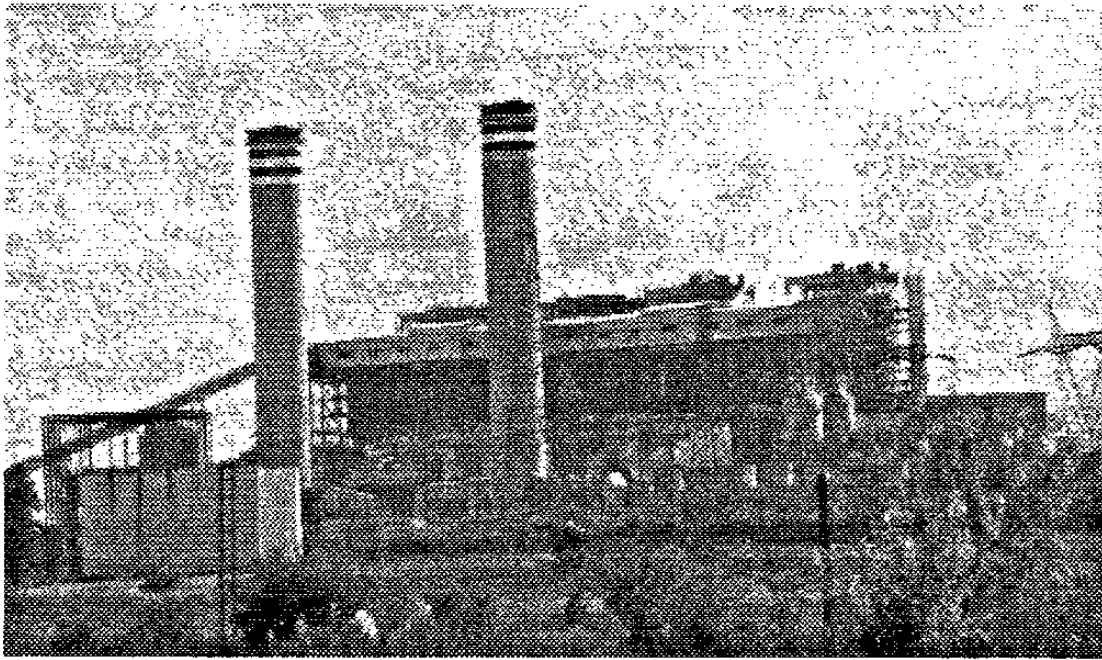
A.1 Fotografía N° 3 Vista Transversal de la Presa de Jales o Lamero donde se depositan los Desperdicios Finos



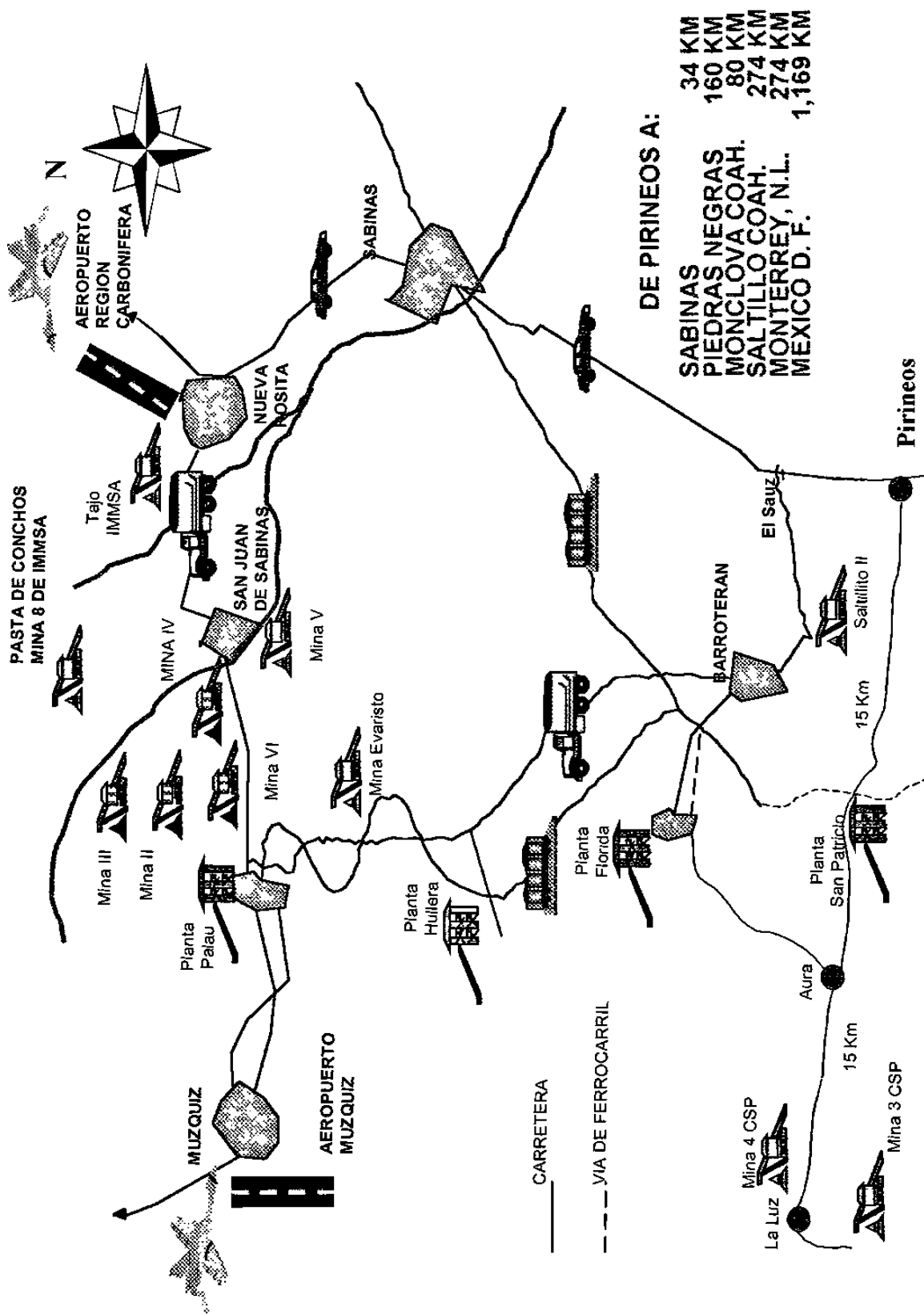
A.1 Fotografía N° 4 Vista Transversal de la Presa de Jales o Lamero donde se depositan los Desperdicios Finos



A.2 Figura N°1 Fotografía de la Central Carbo Eléctrica de la C. F. E.

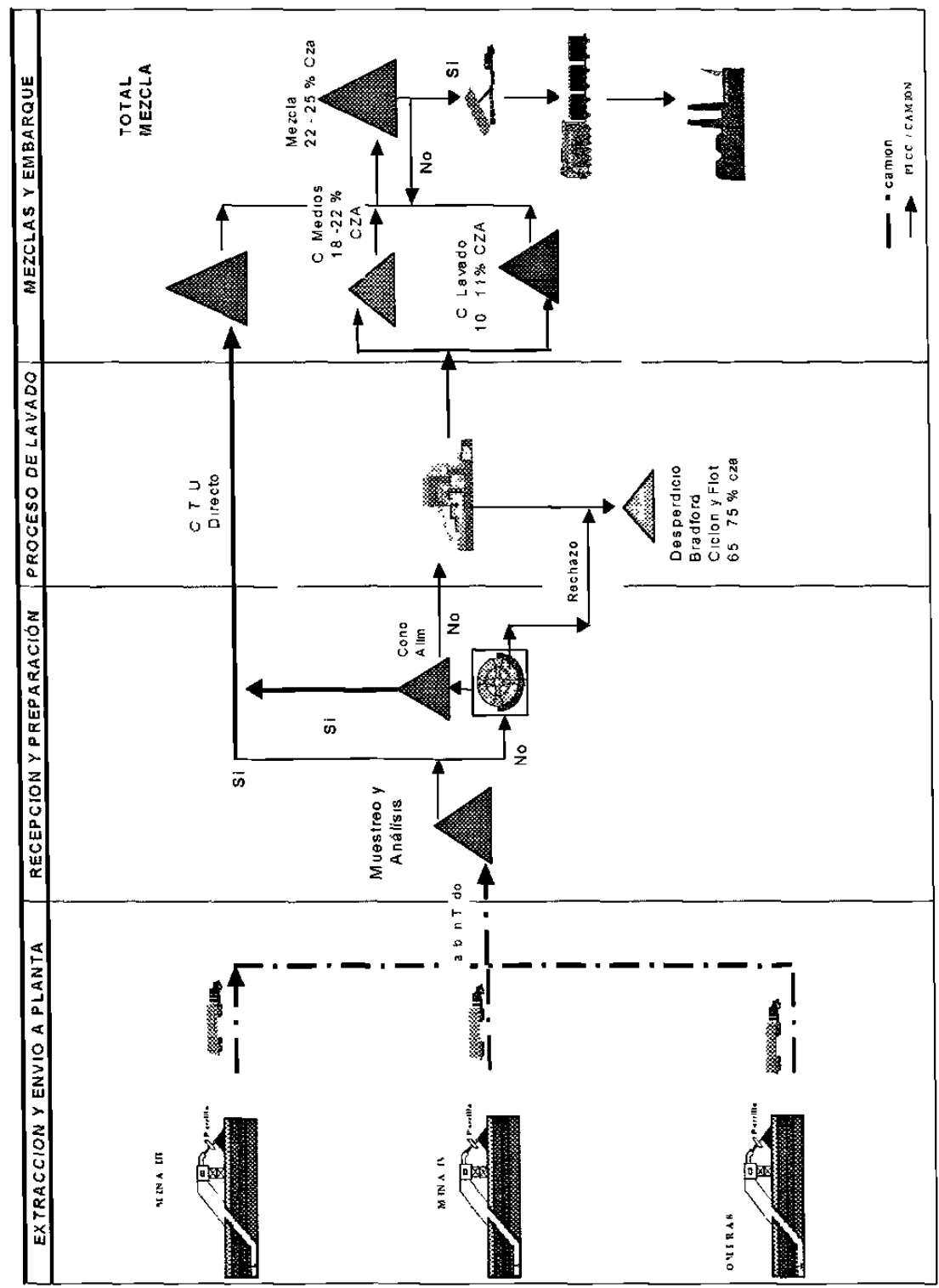




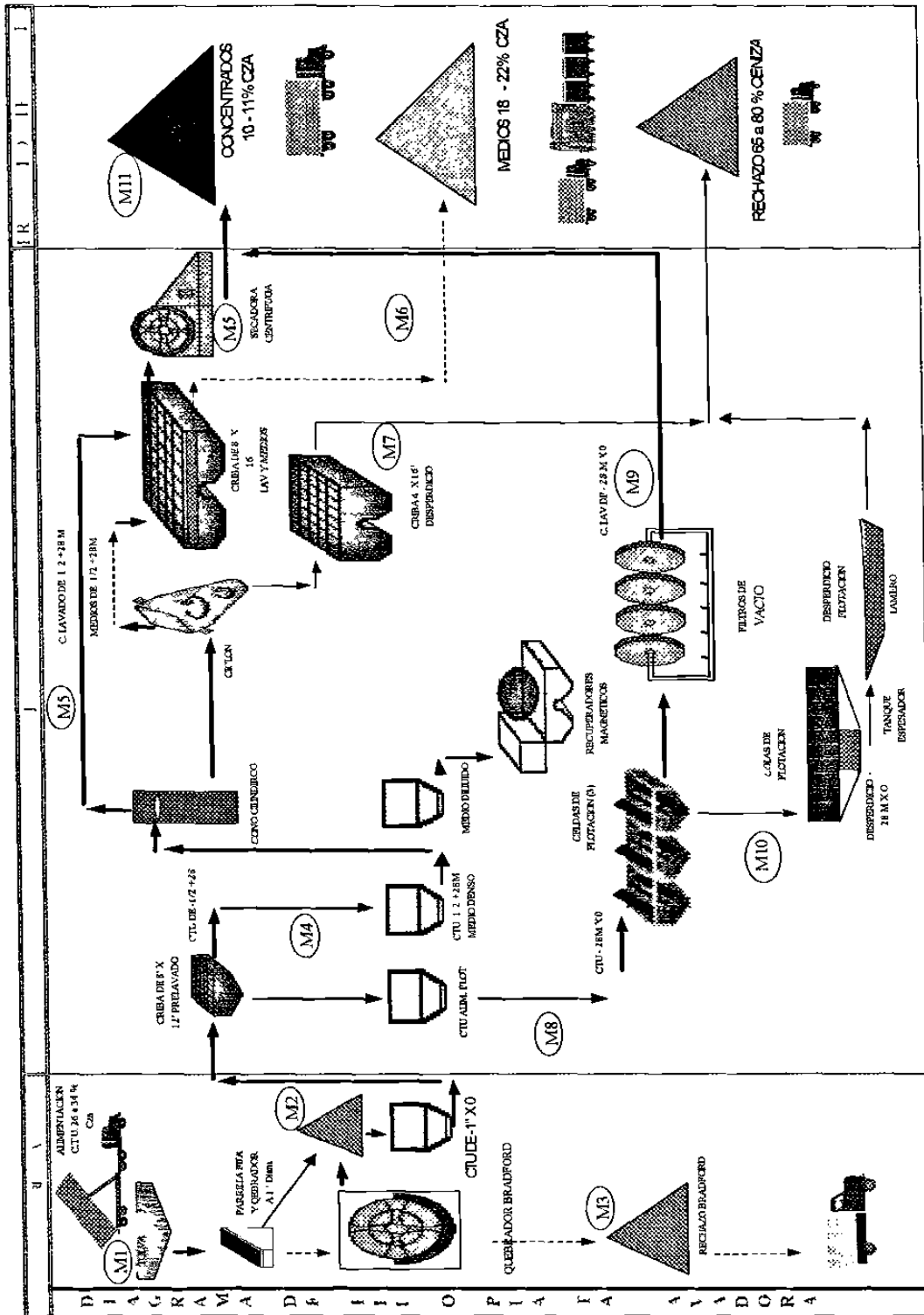


A.3 Figura N° 2 Plano de Localización de Carbonifera de San Patricio ( CSP)

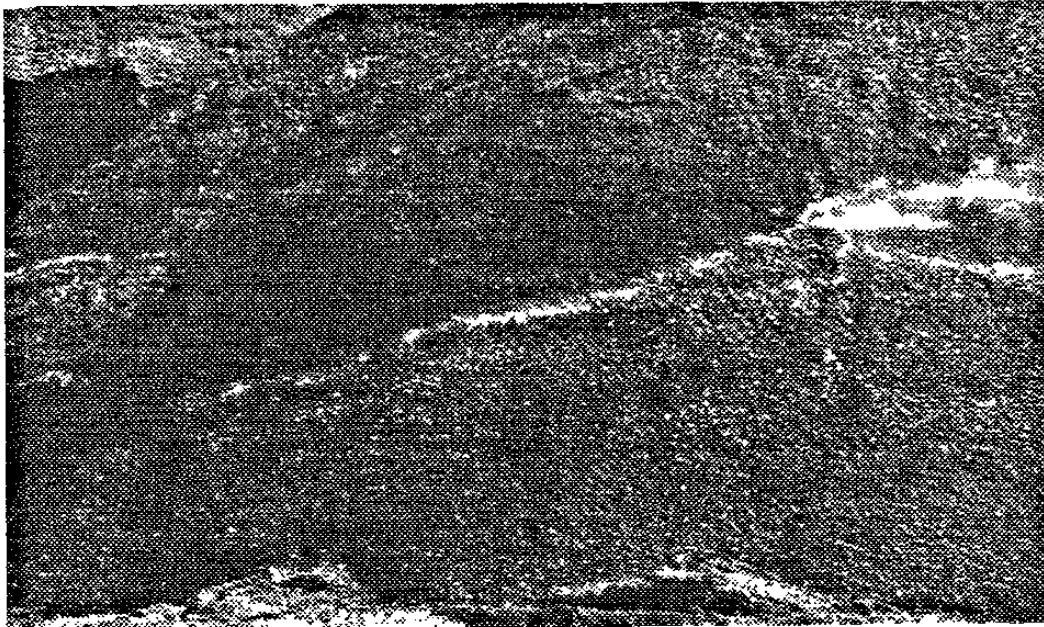
A.4 Figure N° 3 Diagrama de Flujo del Proceso de Recepción y Manejo del Carbón



CARBONIFERA DE SAN PATRICIO, S.A. DE C.V.  
 A-4 Figura N° 4 Diagrama de Flujo del Proceso del Lavado del Carbón



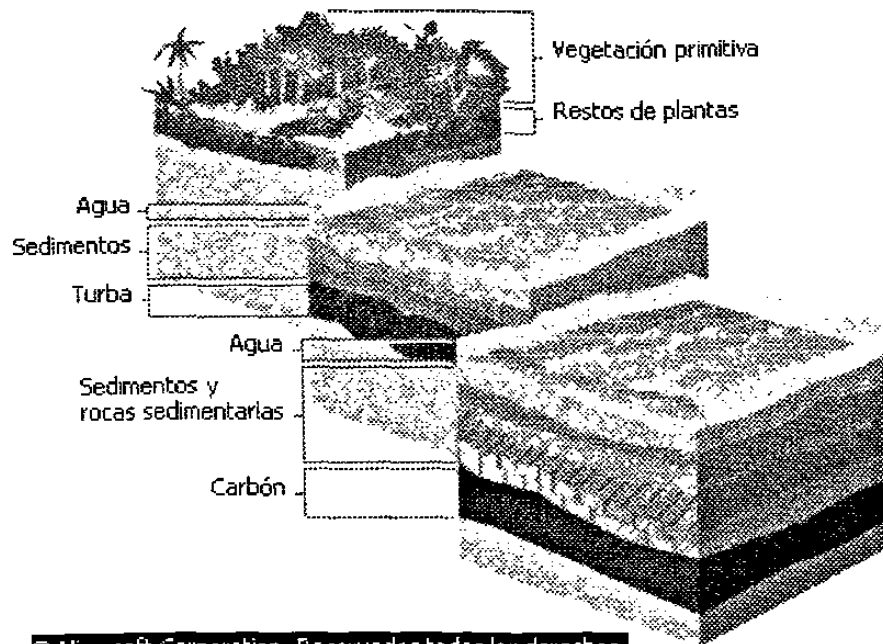
A.5 Fotografía N° 5 Mostrando las Emisiones de Gases de Bioxido de Azufre donde se esta Auto consumiendo el Desperdicio Generado en el proceso de Lavado del Carbón

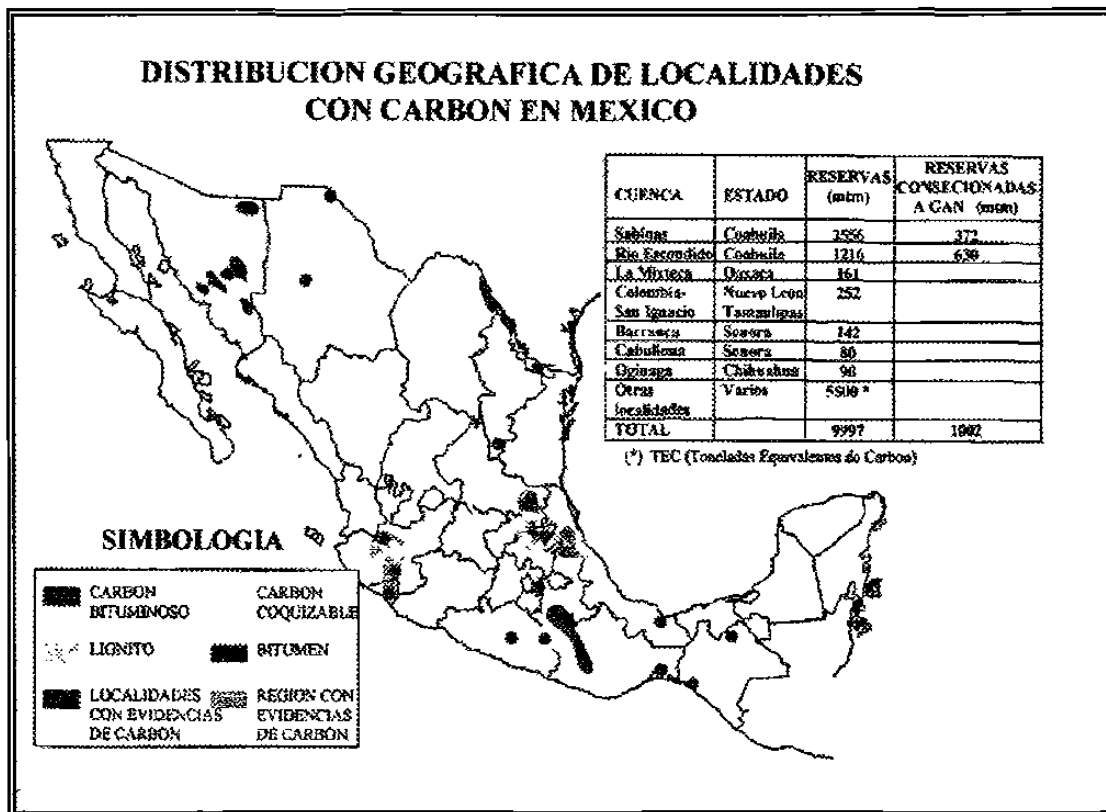


A.5 Fotografía N° 6 Mostrando las Emisiones de Gases de Bioxido de Azufre donde se esta Auto consumiendo el Desperdicio Generado en el proceso de Lavado del Carbón

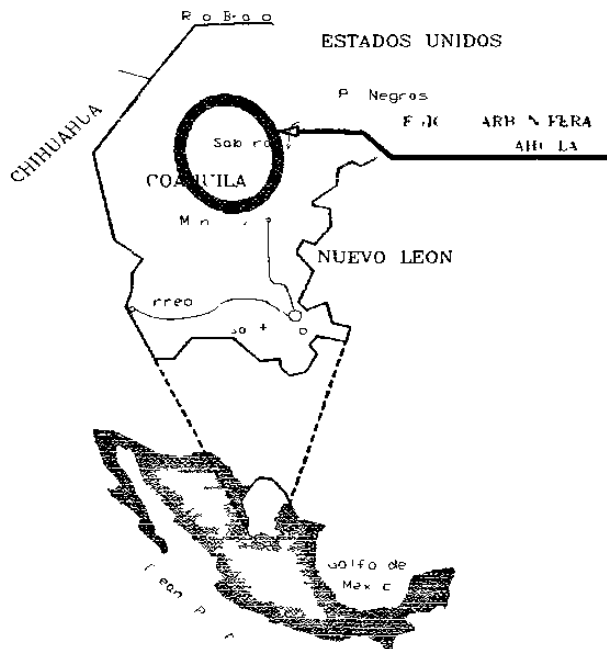


A.6 Figura N° 5 Formación del Carbón

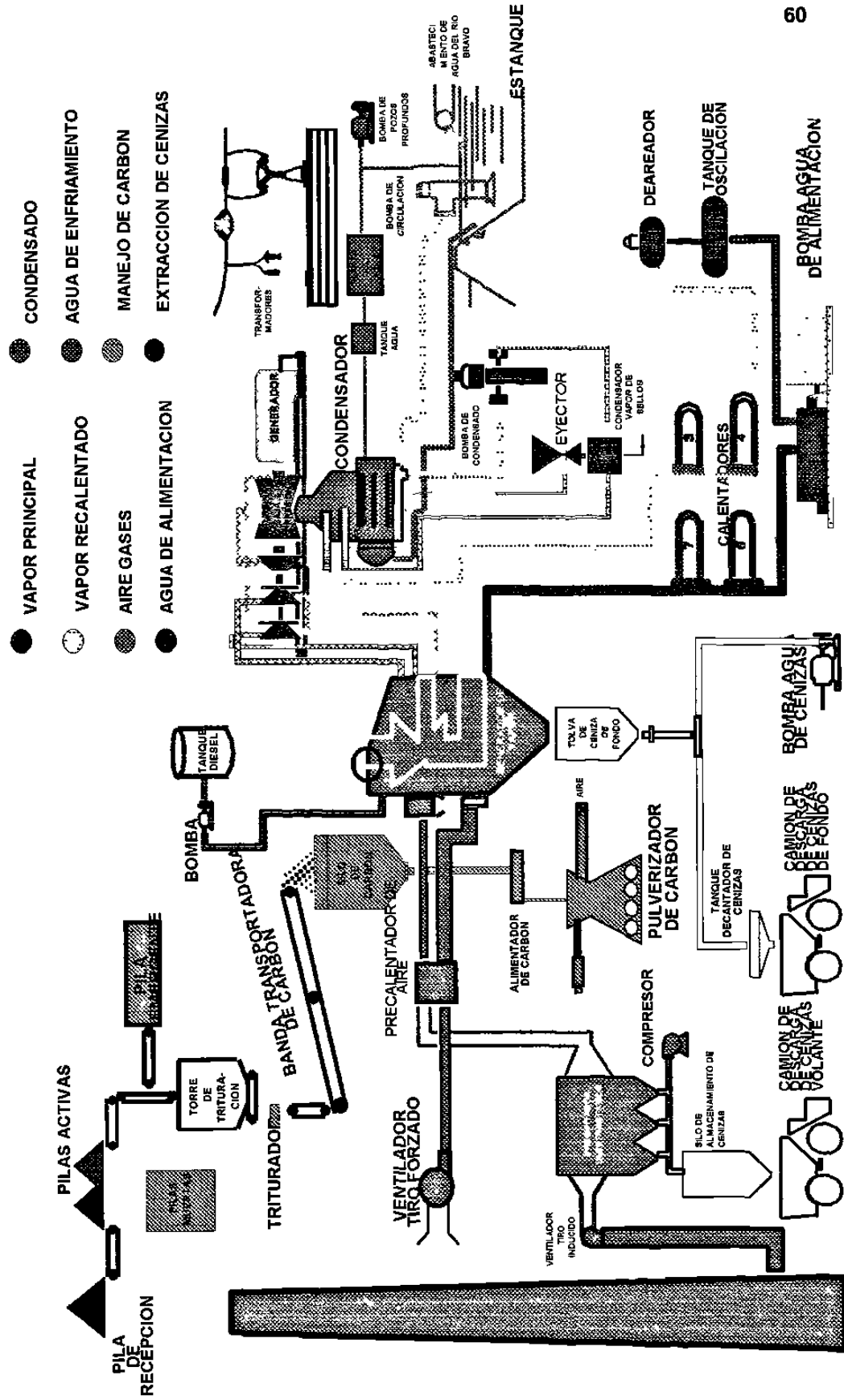




A.8 Figura N° 7 Región Carbonífera de Coahuila



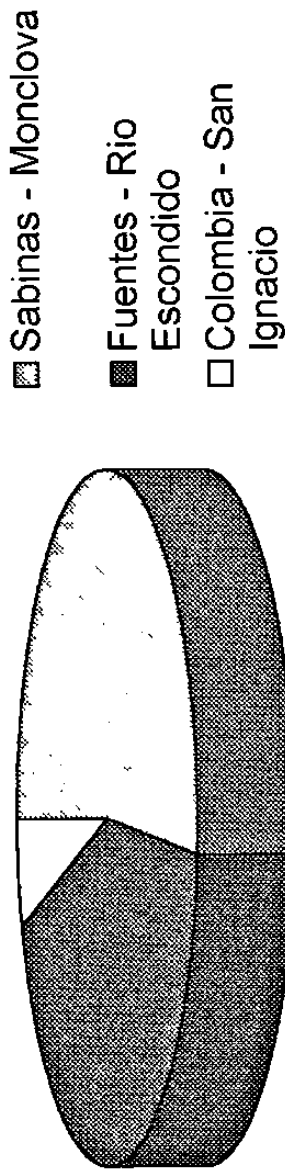
A.9 Figura N° 8 Diagrama de Flujo de la Central Carbo Eléctrica



B.1 Tabla N° 1 Potencial Total de Reservas en la Región Norte - Este De Mexico

| Distrito                | Probadas             | Probables          | Posibles           | Recursos Geol.     | Total                |
|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Sabinas - Monclova      | 547,234,684          | 438,772,449        | 410,615,453        |                    | 1,396,622,586        |
| Fuentes - Rio Escondido | 640,166,476          | 47,000,000         | 56,000,000         | 423,500,000        | 1,166,666,476        |
| Colombia - San Ignacio  | 91,834,342           | 46,392,081         |                    |                    | 138,226,423          |
| <b>Sub Total</b>        | <b>1,279,235,502</b> | <b>532,164,530</b> | <b>466,615,453</b> | <b>423,500,000</b> | <b>2,701,515,485</b> |

B.1 Tabla N° 1 Potencial Total De Reservas de Carbón en la Región Norte - Este de Mexico

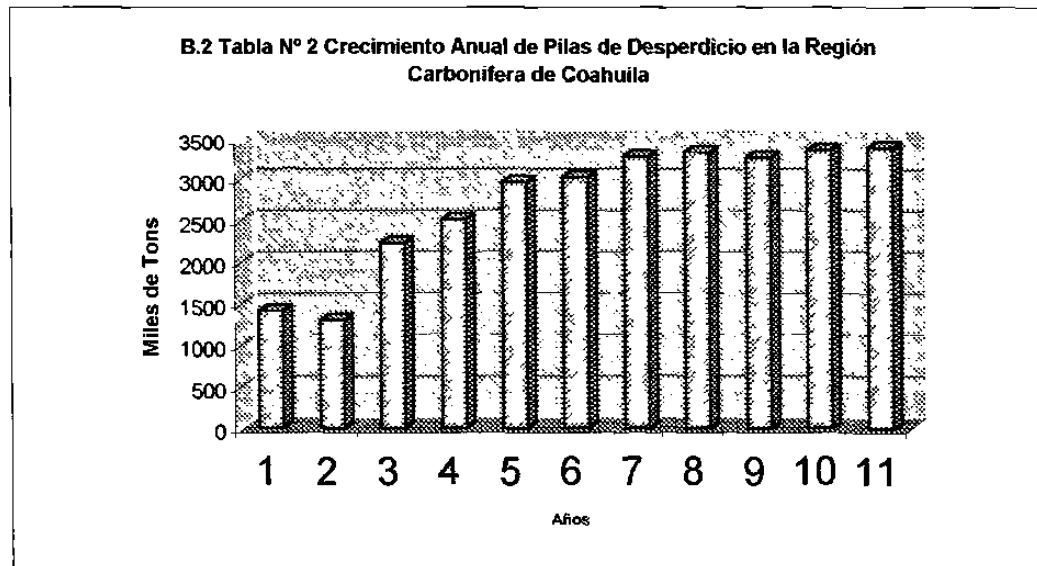




## B.2 Tabla N° 2

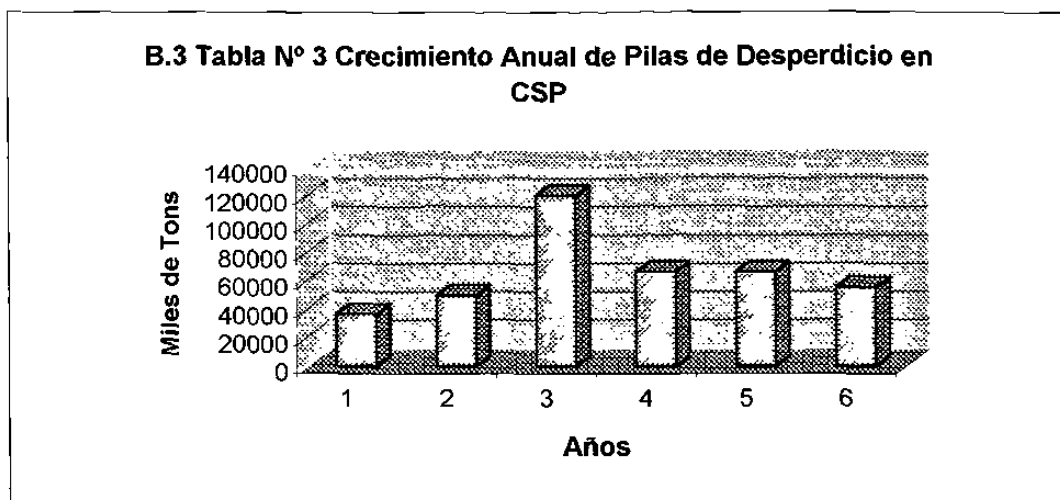
## Crecimiento Anual de Pilas de Desperdicio en la Región Carbonifera

| Año           | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Miles de Ton. | 1418 | 1298 | 2230 | 2518 | 2965 | 3032 | 3281 | 3337 | 3268 | 3365 | 3403 |



## B.3 Tabla N° 3 Crecimiento Anual de las Pilas de Desperdicio en CSP

| Año   | Desperdicios |        |       | Total  |
|-------|--------------|--------|-------|--------|
|       | Bradf.       | Ciclon | Flot. |        |
| 1995  |              | 33161  | 3685  | 36846  |
| 1996  |              | 45251  | 5028  | 50279  |
| 1997  | 14568        | 95471  | 10608 | 120647 |
| 1998  | 10808        | 45424  | 10691 | 66923  |
| 1999  | 11211        | 45517  | 10187 | 66915  |
| 2000  | 8392         | 38988  | 8056  | 55436  |
| Total | 44979        | 303812 | 48255 | 397046 |



B.4 Tabla N° 4 Análisis Comparativo de las Estadísticas de Calidad  
Muestreo Físico vs Muestreo Probabilístico

% DE CENIZA DEL DESPERDICIO DE FLOTACIÓN 1992 - 2000

| <i>GRAN PROMEDIO</i>      |        |                            |         |
|---------------------------|--------|----------------------------|---------|
|                           | FISICO | MUESTREO<br>PROBABILISTICO | DIF.    |
| Media                     | 46.91  | 45.59                      | 1.32    |
| Error típico              | 2.25   | 0.40                       | 1.85    |
| Mediana                   | 47.05  | 45.35                      | 1.70    |
| Desviación estándar       | 5.02   | 1.39                       | 3.63    |
| Varianza de la muestra    | 27.32  | 1.94                       | 25.38   |
| Curtosis                  | -1.36  | 0.21                       | -1.57   |
| Coefficiente de asimetría | 0.01   | 0.48                       | -0.47   |
| Rango                     | 11.88  | 5.00                       | 6.88    |
| Mínimo                    | 40.99  | 43.46                      | -2.47   |
| Máximo                    | 52.87  | 48.45                      | 4.42    |
| Suma                      | 234.57 | 547.13                     | -312.56 |
| Cuenta                    | 5.00   | 12.00                      | -7.00   |
| Nivel de confianza(95.0%) | 6.24   | 0.89                       | 5.35    |

CARBONIFERA DE SAN PATRICIO S. A. DE C. V.  
ANÁLISIS DEL MUESTREO FÍSICO REALIZADO A LOS DEPOSITOS DE DESPERDICIO  
% DE CENIZA ANALIZADO

| 1     | N° DE MUESTRAS |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|       | 2              | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |  |
| 43.54 | 50.16          | 41.83 | 40.22 | 50.84 | 44.40 | 50.76 | 41.52 | 43.44 | 58.26 | 50.16 | 41.26 |  |
| 41.52 | 45.98          | 52.04 | 38.00 | 51.56 | 44.22 | 51.84 | 58.12 | 39.30 | 58.10 | 41.83 | 46.56 |  |
| 48.12 | 45.04          | 55.25 | 45.54 | 41.26 | 37.66 | 45.04 | 48.63 | 57.76 | 57.31 | 48.76 | 51.56 |  |
| 45.00 | 53.98          | 48.76 | 43.39 | 46.56 | 41.93 | 39.50 | 56.09 | 41.93 | 45.00 | 43.39 | 57.54 |  |
| 48.48 | 52.38          | 43.39 | 47.12 | 43.44 | 39.10 | 41.52 | 53.06 | 39.10 | 48.48 | 40.22 | 48.12 |  |

B.5 Tabla N° 5 Estadística Descriptiva de los Datos de Calidad del Muestreo Físico  
% de Ceniza del Desperdicio de Colas de Flotación 1992-2000

|                           | COLUMNAS |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                           | 1        | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     |
| Media                     | 45.33    | 49.51  | 48.25  | 42.85  | 46.73  | 41.46  | 45.73  | 51.48  | 44.31  | 53.43  | 44.87  | 49.01  |
| Error típico              | 1.33     | 1.75   | 2.53   | 1.68   | 2.01   | 1.35   | 2.45   | 2.96   | 3.46   | 2.79   | 1.95   | 2.70   |
| Mediana                   | 45.00    | 50.16  | 48.76  | 43.39  | 46.56  | 41.93  | 45.04  | 53.06  | 41.93  | 57.31  | 43.39  | 48.12  |
| Desviación estándar       | 2.98     | 3.91   | 5.67   | 3.75   | 4.50   | 3.02   | 5.47   | 6.62   | 7.74   | 6.24   | 4.36   | 6.04   |
| Varianza de la muestra    | 8.88     | 15.27  | 32.12  | 14.05  | 20.25  | 9.12   | 29.91  | 43.79  | 59.89  | 38.94  | 19.04  | 36.53  |
| Curtosis                  | -1.98    | -2.52  | -2.11  | -1.75  | -2.38  | -2.41  | -2.62  | 0.03   | 3.90   | -2.31  | -2.59  | 0.41   |
| Coefficiente de asimetría | -0.13    | -0.14  | 0.04   | -0.28  | -0.08  | -0.33  | 0.10   | -0.89  | 1.94   | -0.77  | 0.37   | 0.30   |
| Rango                     | 6.96     | 8.94   | 13.42  | 9.12   | 10.30  | 6.74   | 12.34  | 16.60  | 18.66  | 13.26  | 9.94   | 16.28  |
| Mínimo                    | 41.52    | 45.04  | 41.83  | 38.00  | 41.26  | 37.66  | 39.50  | 41.52  | 39.10  | 45.00  | 40.22  | 41.26  |
| Máximo                    | 48.48    | 53.98  | 55.25  | 47.12  | 51.56  | 44.40  | 51.84  | 58.12  | 57.76  | 58.26  | 50.16  | 57.54  |
| Suma                      | 226.66   | 247.54 | 241.27 | 214.27 | 233.66 | 207.31 | 228.66 | 257.42 | 221.53 | 267.15 | 224.36 | 245.04 |
| Cuenta                    | 5.00     | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   |
| Mayor (1)                 | 48.48    | 53.98  | 55.25  | 47.12  | 51.56  | 44.40  | 51.84  | 58.12  | 57.76  | 58.26  | 50.16  | 57.54  |
| Menor(1)                  | 41.52    | 45.04  | 41.83  | 38.00  | 41.26  | 37.66  | 39.50  | 41.52  | 39.10  | 45.00  | 40.22  | 41.26  |
| Nivel de confianza(95.0%) | 3.70     | 4.85   | 7.04   | 4.65   | 5.59   | 3.75   | 6.79   | 8.22   | 9.61   | 7.75   | 5.42   | 7.50   |
| GRAN PROM                 | 46.91    | 49.01  | 46.91  | 46.91  | 46.91  | 46.91  | 46.91  | 46.91  | 46.91  | 46.91  | 46.91  | 46.91  |

B.6 Tabla Nº 6 Estadística Descriptiva de los datos de Calidad del Muestreo Físico  
% de Ceniza del Desperdicio de Colas de Flotación 1992-2000

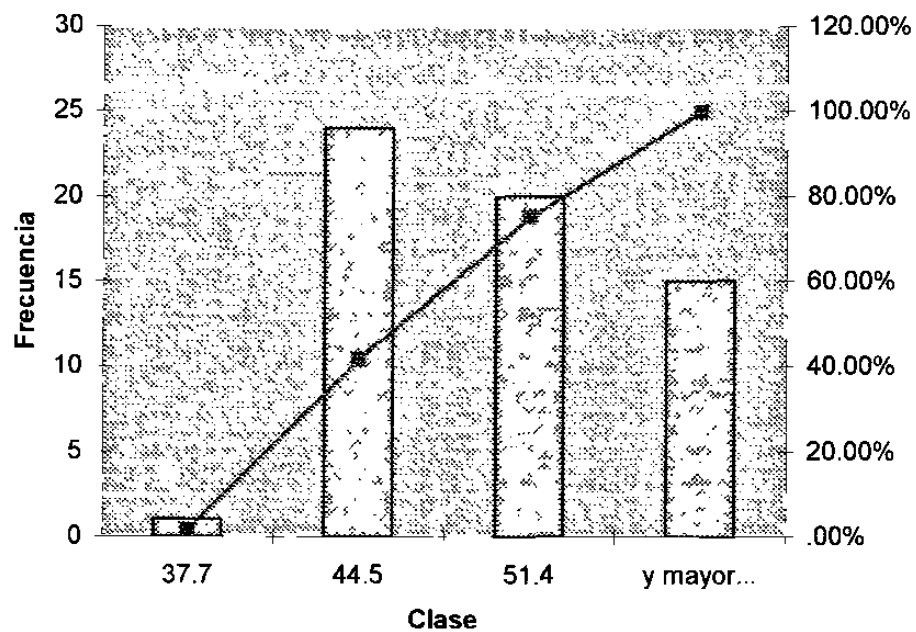
| <i>GRAN PROMEDIO</i>      |        |
|---------------------------|--------|
| Media                     | 46.91  |
| Error típico              | 2.25   |
| Mediana                   | 47.05  |
| Desviación estándar       | 5.02   |
| Varianza de la muestra    | 27.32  |
| Curtosis                  | -1.36  |
| Coefficiente de asimetría | 0.01   |
| Rango                     | 11.88  |
| Mínimo                    | 40.99  |
| Máximo                    | 52.87  |
| Suma                      | 234.57 |
| Cuenta                    | 5.00   |
| Mayor (1)                 | 52.87  |
| Menor(1)                  | 40.99  |
| Nivel de confianza(95.0%) | 6.24   |

## B.7 Tabla N° 7 Histograma de Frecuencias de Muestreo Físico % de Cenizas 1992- 2000

ESTADISTICA DESCRIPTIVA DE LOS DATOS DE CALIDAD DEL MUESTREO FISICO  
% DE CENIZA DEL DESPERDICIO DE COLAS DE FLOTACIÓN 1992-2000

| <i>Clase</i> | <i>Frecuencia</i> | <i>% acumulado</i> |
|--------------|-------------------|--------------------|
| 37.7         | 1                 | 1.67%              |
| 44.5         | 24                | 41.67%             |
| 51.4         | 20                | 75.00%             |
| y mayor...   | 15                | 100.00%            |

Histograma



B.8 Tabla N° 8 Datos Historicos del Contenido de Ceniza de las Colas de Flotación 1992 - 2000 (Muestreo Probabilístico)

| Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo  | Junio | Julio | Agosto | Sept  | Oct   | Nov   | Dic   |
|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 30.5  | 44.31   | 39.38 | 42.3  | 35.12 | 49.22 | 59.44 | 36.52  | 43.44 | 44.42 | 38.56 | 30.58 |
| 36.52 | 36.49   | 39.2  | 39    | 40.78 | 38.46 | 48.93 | 45     | 44    | 52.24 | 34.34 | 41.02 |
| 35.12 | 47.12   | 38.52 | 49.12 | 53    | 44.31 | 53.7  | 51.8   | 44.22 | 47.2  | 31.48 | 58.96 |
| 40.78 | 50.84   | 30.62 | 49.08 | 36.52 | 40.12 | 52.63 | 33.18  | 37.66 | 42.68 | 42.92 | 39.54 |
| 47.24 | 51.56   | 46.02 | 47.36 | 43.22 | 51.03 | 46.5  | 48.48  | 37.21 | 54.12 | 31.52 | 37    |
| 41.48 | 40.22   | 46.92 | 47.36 | 47.24 | 31.77 | 32.2  | 50.16  | 41.93 | 53.4  | 51.44 | 30.58 |
| 30.5  | 38      | 46.02 | 48.36 | 41.48 | 30.44 | 57.54 | 45.98  | 37.14 | 40.72 | 32.66 | 57.44 |
| 46.02 | 45.54   | 38.34 | 38.34 | 30.5  | 47.96 | 41.52 | 45.04  | 39.1  | 48.24 | 45.84 | 34.24 |
| 38.52 | 58.88   | 48.36 | 45.24 | 46.02 | 54.14 | 32.2  | 53.98  | 36.24 | 53.7  | 36    | 36.9  |
| 39.2  | 41.26   | 38.34 | 43.66 | 46.92 | 36.49 | 46.51 | 52.38  | 50.76 | 39.58 | 32.6  | 50.48 |
| 52.9  | 46.56   | 43.66 | 30.72 | 38.52 | 36.73 | 55.02 | 41.83  | 51.84 | 39.02 | 33.16 | 32.52 |
| 39.38 | 43.39   | 45.24 | 30.94 | 39.2  | 30.15 | 41.52 | 55.25  | 45.04 | 49.54 | 57.38 | 56.54 |
| 59.5  | 45.98   | 30.94 | 38.2  | 30.62 | 36.49 | 48.93 | 49.28  | 39.5  | 54.7  | 49.18 | 43.18 |
| 36.49 | 50.16   | 30.62 | 36.49 | 41.52 | 45.54 | 51.56 | 48.76  | 33.54 | 57.24 | 32.66 | 38.14 |
| 31.77 | 33.18   | 41.48 | 46.27 | 46.51 | 32.2  | 36.49 | 43.39  | 58.12 | 39.58 | 31.52 | 45.8  |
| 51.24 | 57.59   | 38.88 | 52.32 | 52.38 | 42.44 | 42.4  | 51.32  | 47.38 | 39.92 | 52.44 | 49.2  |
| 51.84 | 57.56   | 48.32 | 60.34 | 41.64 | 48.96 | 48.18 | 52.94  | 35.56 | 41.2  | 47.76 | 56.04 |
| 44.68 | 49.95   | 51.24 | 52.36 | 55.88 | 44.04 | 43.92 | 55.84  | 45.54 | 35.63 | 57.08 | 55.76 |
| 43.88 | 47.54   | 59.8  | 40.8  | 61.72 | 46.88 | 49.2  | 47.2   | 45.54 | 53.65 | 47.64 | 48.14 |
| 57.2  | 36.37   | 50.42 | 42.2  | 42.44 | 47.19 | 49.64 | 41.3   | 44.76 | 43.93 | 56.14 | 49.38 |
| 37.22 | 32.7    | 54.04 | 57.32 | 44.04 | 50.96 | 49.84 | 47.54  | 36.24 | 53.34 | 59.84 | 40.67 |
| 51.95 | 31.6    | 46.4  | 53.04 | 46.88 | 50.06 | 45.54 | 45.96  | 45.4  | 47.88 | 60.53 | 40.11 |
| 39.17 | 44.8    | 51.85 | 41.78 | 57.4  | 55.17 | 44    | 41     | 44.86 | 46.35 | 34.1  | 53.64 |
| 33.73 | 54.16   | 60.5  | 37.6  | 47.19 | 47.47 | 61.8  | 42.4   | 49.08 | 39.25 | 44.86 | 56.38 |
| 36.14 | 39.56   | 53.44 | 55.48 | 56.48 | 42.12 | 51.24 | 48.18  | 44.08 | 58.1  | 49.08 | 49.33 |
| 36.14 | 55.88   | 61.68 | 46.4  | 53.88 | 48.47 | 32.4  | 43.92  | 50.08 | 60.6  | 41.96 | 57.11 |
| 50.49 | 61.14   | 49.44 | 31.6  | 44.04 | 40.95 | 35.28 | 49.84  | 56.82 | 52.15 | 55    | 52.67 |
| 34.61 | 60.18   | 58.4  | 44.8  | 41.64 | 52.51 | 36.4  | 44     | 47.64 | 58.65 | 57.45 | 57.94 |
| 55.19 | 52.28   | 51.38 | 39.56 | 42.44 | 56.37 | 34.02 | 61.44  | 43.08 | 53    | 56.14 | 51.9  |
| 51.99 | 50.62   | 56.2  | 36.14 | 40.95 | 56.48 | 35.64 | 55.17  | 35.68 | 53.34 | 44.08 | 56.61 |
| 50.83 | 59.7    | 57.2  | 51.24 | 47.57 | 41.49 | 46.02 | 41.3   | 36.76 | 53.65 | 44.86 | 47.76 |
| 52.35 | 37.17   | 49.52 | 40.8  | 52.94 | 43.07 | 43.8  | 41     | 53.2  | 54.75 | 47.76 | 47.64 |
| 54.56 | 36.14   | 58.98 | 42.2  | 45.96 | 41.64 | 49.24 | 34.02  | 41.96 | 46.35 | 39.25 | 34.1  |
| 37.17 | 33.73   | 38.88 | 37.6  | 41    | 50.96 | 47.16 | 35.64  | 34.1  | 39.25 | 47.88 | 35.56 |

B.9 Tabla N° 9 Estadística Descriptiva de los Datos de Calidad del Muestreo Probabilístico  
% de Ceniza Colas de Flotación 1992 - 2000

|                           | Ene.    | Feb.    | Mar.    | Abr.    | May.    | Jun.    | Jul.    | Ago.    | Sept.   | Oct.    | Nov.    | Dic.    |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Media                     | 46.24   | 47.07   | 44.00   | 45.11   | 45.11   | 44.48   | 45.60   | 46.50   | 43.46   | 48.45   | 44.86   | 46.26   |
| Error típico              | 1.52    | 1.50    | 1.27    | 1.25    | 1.25    | 1.27    | 1.35    | 1.13    | 1.10    | 1.19    | 1.63    | 1.55    |
| Mediana                   | 46.27   | 47.62   | 42.98   | 44.04   | 44.04   | 44.93   | 46.51   | 46.59   | 44.04   | 48.89   | 45.35   | 47.95   |
| Moda                      | #N/A    | 30.62   | 47.36   | 41.64   | 41.64   | 36.49   | 48.93   | 41.30   | 36.24   | 39.58   | 31.52   | 30.58   |
| Desviación estándar       | 8.87    | 8.73    | 7.39    | 7.28    | 7.28    | 7.40    | 7.89    | 6.57    | 6.40    | 6.93    | 9.49    | 9.05    |
| Varianza de la muestra    | 78.67   | 76.28   | 54.61   | 53.00   | 53.00   | 54.80   | 62.25   | 43.11   | 40.91   | 47.96   | 90.07   | 81.83   |
| Curtosis                  | -1.11   | -0.72   | -0.38   | 0.01    | 0.01    | -0.65   | -0.55   | -0.15   | -0.35   | -1.22   | -1.29   | -1.30   |
| Coefficiente de asimetría | 0.03    | -0.18   | 0.19    | 0.21    | 0.21    | -0.33   | -0.09   | -0.08   | 0.42    | -0.16   | 0.00    | -0.25   |
| Rango                     | 29.54   | 31.06   | 29.62   | 31.22   | 31.22   | 26.33   | 29.60   | 28.26   | 24.58   | 24.97   | 29.05   | 28.38   |
| Mínimo                    | 31.60   | 30.62   | 30.72   | 30.50   | 30.50   | 30.15   | 32.20   | 33.18   | 33.54   | 35.63   | 31.48   | 30.58   |
| Máximo                    | 61.14   | 61.68   | 60.34   | 61.72   | 61.72   | 56.48   | 61.80   | 61.44   | 58.12   | 60.60   | 60.53   | 58.96   |
| Suma                      | 1572.16 | 1600.23 | 1496.02 | 1533.64 | 1533.64 | 1512.28 | 1550.41 | 1581.04 | 1477.50 | 1647.37 | 1525.11 | 1572.86 |
| Cuenta                    | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   | 34.00   |
| Nivel de confianza(95.0%) | 3.09    | 3.05    | 2.58    | 2.54    | 2.54    | 2.58    | 2.75    | 2.29    | 2.23    | 2.42    | 3.31    | 3.16    |

B.10 Tabla N° 10 Gran Promedio Muestreo Probabilístico % de Ceniza  
1992 - 2000

ESTADISTICA DESCRIPTIVA DE LOS DATOS DE CALIDAD HISTORICOS  
% DE CENIZA DEL DESPERDICIO DE COLAS DE FLOTACIÓN 1992-2000

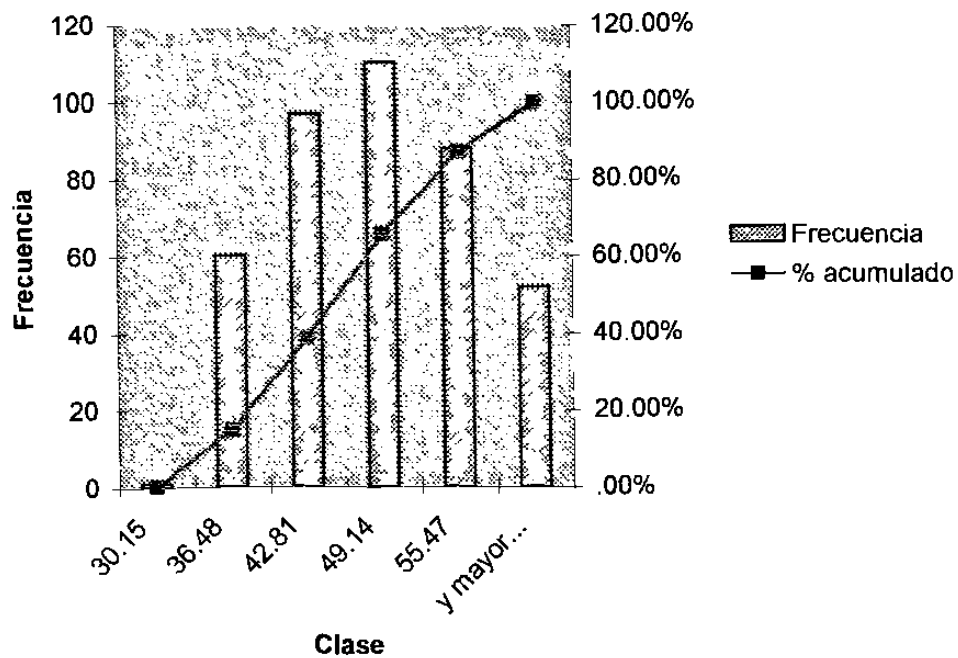
| <i>GRAN PROMEDIO</i>      |        |
|---------------------------|--------|
| Media                     | 45.59  |
| Error típico              | 0.40   |
| Mediana                   | 45.35  |
| Moda                      | 45.11  |
| Desviación estándar       | 1.39   |
| Varianza de la muestra    | 1.94   |
| Curtosis                  | 0.21   |
| Coefficiente de asimetría | 0.48   |
| Rango                     | 5.00   |
| Mínimo                    | 43.46  |
| Máximo                    | 48.45  |
| Suma                      | 547.13 |
| Cuenta                    | 12.00  |
| Nivel de confianza(95.0%) | 0.89   |



B.11 Tabla N° 11 Histograma de Frecuencias de los Datos Historicos de Calidad  
% de Ceniza de 1992 a 2000

| Clase      | Frecuencia | % acumulado |
|------------|------------|-------------|
| 30.15      | 1          | .25%        |
| 36.48      | 60         | 14.95%      |
| 42.81      | 97         | 38.73%      |
| 49.14      | 110        | 65.69%      |
| 55.47      | 88         | 87.25%      |
| y mayor... | 52         | 100.00%     |

Histograma



B 12 Tabla N° 12 Análisis de Sensibilidad

precio de compra ctu base formula de CFE  
 precio neto = precio base x (pcs ant/ 5816)x [(100 - %H2O ent+3.75)/100] LAB planta CFE

precio base \$350.00  
 Kcal/Kg base \$5,818.00

bonificacion por ceniza (menos de 30%cza) = (30- %ceniza entregada)\*1.65

**BASE DE DATOS**

|                         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| %cza                    | 24.00    | 25.00    | 26.00    | 27.00    | 28.00    | 29.00    | 30.00    | 31.00    | 32.00    | 33.00    | 34.00    |
| Kcal/Kg                 | 6510     | 6419     | 6328     | 6237     | 6145     | 6054     | 5963     | 5871     | 5780     | 5689     | 5597     |
| % hum                   | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        |
| %azufre                 | 1.4      | 1.4      | 1.4      | 1.4      | 1.4      | 1.4      | 1.4      | 1.4      | 1.4      | 1.4      | 1.4      |
| Precio CTU (LAB) CFE    | \$392.75 | \$365.73 | \$378.71 | \$371.69 | \$364.67 | \$357.65 | \$350.63 | \$345.26 | \$339.89 | \$334.52 | \$329.15 |
| menos flete CFE         | 76.4     | 76.4     | 76.4     | 76.4     | 76.4     | 76.4     | 76.4     | 76.4     | 76.4     | 76.4     | 76.4     |
| menos flete P.L.        | 16.6     | 16.6     | 16.6     | 16.6     | 16.6     | 16.6     | 16.6     | 16.6     | 16.6     | 16.6     | 16.6     |
| menos pala              | 4.5      | 4.5      | 4.5      | 4.5      | 4.5      | 4.5      | 4.5      | 4.5      | 4.5      | 4.5      | 4.5      |
| menos gob. Ecol.        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        |
| Total descuentos        | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 | \$100.50 |
| Precio CTU (LAB) P L    | \$292.25 | \$285.23 | \$278.21 | \$271.19 | \$264.17 | \$257.15 | \$250.13 | \$244.76 | \$239.39 | \$234.02 | \$228.65 |
| Precio de Venta del CTU | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 | \$388.00 |

**COSTOS:**

|                                       |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Costo Unitario de Procesamiento       | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     | \$31.66     |
| Costo unitario de Compra del CTU      | \$292.25    | \$285.23    | \$278.21    | \$271.19    | \$264.17    | \$257.15    | \$250.13    | \$244.76    | \$239.39    | \$234.02    | \$228.65    |
| Costo Fijo (Mano de Obra)             | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      | \$7.84      |
| ctu comprado                          | 28750       | 28750       | 28750       | 28750       | 28750       | 28750       | 28750       | 28750       | 28750       | 28750       | 28750       |
| ctu vendido                           | 25000       | 25000       | 25000       | 25000       | 25000       | 25000       | 25000       | 25000       | 25000       | 25000       | 25000       |
| ctu procesado                         | 15000       | 15000       | 15000       | 15000       | 15000       | 15000       | 15000       | 15000       | 15000       | 15000       | 15000       |
| <b>ANÁLISIS DEL COSTO - BENEFICIO</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>INGRESOS</b>                       | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 | \$9,700,000 |

**COSTO DE VENTA**

|                                 |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| costo de procesamiento          | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   | \$474,972   |
| costo unitario de compra de ctu | \$8,402,106 | \$8,200,279 | \$7,998,452 | \$7,796,625 | \$7,594,798 | \$7,392,971 | \$7,191,144 | \$7,036,755 | \$6,882,365 | \$6,727,976 | \$6,573,587 |
| costo fijo ( mano de obra)      | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   | \$195,993   |
| <b>TOTAL COSTO DE VENTA</b>     | \$9,073,071 | \$8,871,244 | \$8,669,417 | \$8,467,590 | \$8,265,763 | \$8,063,936 | \$7,862,109 | \$7,707,720 | \$7,553,330 | \$7,398,941 | \$7,244,552 |
| Utilidad Antes de Impuestos     | \$626,929   | \$828,756   | \$1,030,583 | \$1,232,410 | \$1,434,237 | \$1,636,064 | \$1,837,891 | \$1,992,280 | \$2,146,670 | \$2,301,059 | \$2,455,448 |

**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UTILIZANDO UN MODELO DE DECISIÓN EN HOJA ELECTRONICA**

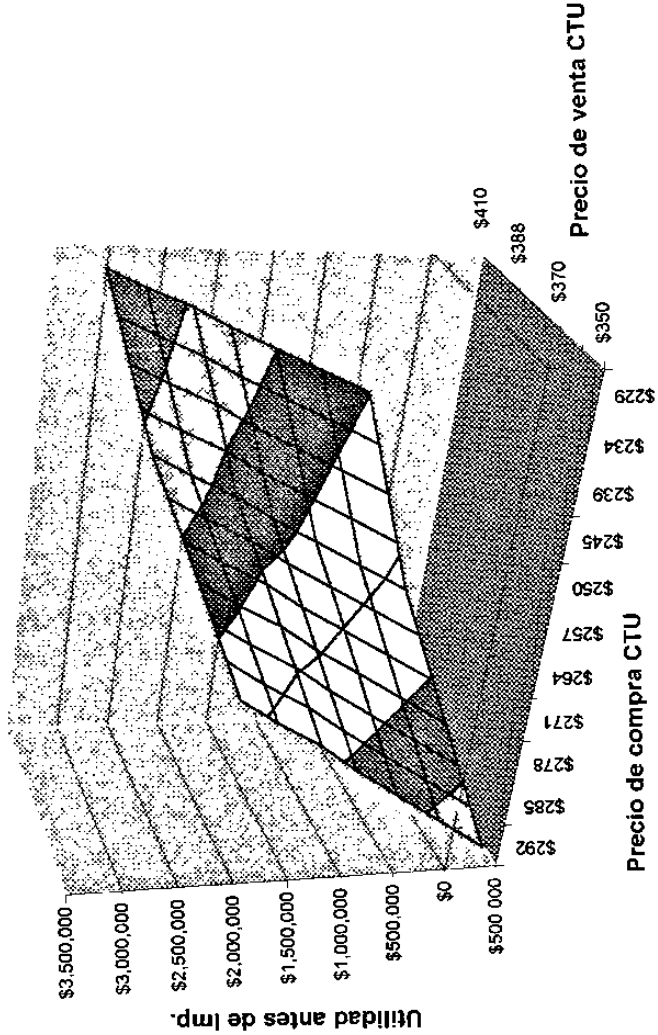
**PRECIO DE VENTA DEL CTU PROCESADO**

|             |           |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| % DE CENIZA | \$626,929 | \$350       | \$360       | \$370       | \$380       | \$388       | \$400       | \$410       |
| 24          | \$292     | \$323,071   | \$ 30 1     | \$176,929   | \$426,929   | \$626,929   | \$926,929   | \$1,176,929 |
| 25          | \$285     | \$ 1,244    | \$128,756   | \$378,756   | \$628,756   | \$828,756   | \$1,128,756 | \$1,378,756 |
| 26          | \$278     | \$80,583    | \$330,583   | \$580,583   | \$830,583   | \$1,030,583 | \$1,330,583 | \$1,580,583 |
| 27          | \$271     | \$282,410   | \$532,410   | \$782,410   | \$1,032,410 | \$1,232,410 | \$1,532,410 | \$1,782,410 |
| 28          | \$264     | \$484,237   | \$734,237   | \$984,237   | \$1,234,237 | \$1,434,237 | \$1,734,237 | \$1,984,237 |
| 29          | \$257     | \$686,064   | \$936,064   | \$1,186,064 | \$1,436,064 | \$1,636,064 | \$1,936,064 | \$2,186,064 |
| 30          | \$250     | \$887,891   | \$1,137,891 | \$1,387,891 | \$1,637,891 | \$1,837,891 | \$2,137,891 | \$2,387,891 |
| 31          | \$245     | \$1,042,280 | \$1,292,280 | \$1,542,280 | \$1,792,280 | \$1,992,280 | \$2,292,280 | \$2,542,280 |
| 32          | \$239     | \$1,196,670 | \$1,446,670 | \$1,696,670 | \$1,946,670 | \$2,146,670 | \$2,446,670 | \$2,696,670 |
| 33          | \$234     | \$1,351,059 | \$1,601,059 | \$1,851,059 | \$2,101,059 | \$2,301,059 | \$2,601,059 | \$2,851,059 |
| 34          | \$229     | \$1,505,448 | \$1,755,448 | \$2,005,448 | \$2,255,448 | \$2,455,448 | \$2,755,448 | \$3,005,448 |

B 12 Tabla N° 13 Análisis de Sensibilidad en las Utilidades  
 PRECIO DE COMPRA DEL CTU. VS PRECIO DE VENTA DEL CTU YA PROCESADO

|       | \$350       | \$360       | \$370       | \$380       | \$388       | \$400       | \$410       |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| \$292 | \$323,0     | \$7,0       | \$176,929   | \$426,929   | \$626,929   | \$926,929   | \$1,176,929 |
| \$285 | \$12,244    | \$128,756   | \$378,756   | \$628,756   | \$828,756   | \$1,128,756 | \$1,378,756 |
| \$278 | \$80,583    | \$330,583   | \$580,583   | \$830,583   | \$1,030,583 | \$1,330,583 | \$1,580,583 |
| \$271 | \$282,410   | \$532,410   | \$782,410   | \$1,032,410 | \$1,232,410 | \$1,532,410 | \$1,782,410 |
| \$264 | \$484,237   | \$734,237   | \$984,237   | \$1,234,237 | \$1,434,237 | \$1,734,237 | \$1,984,237 |
| \$257 | \$686,064   | \$936,064   | \$1,186,064 | \$1,436,064 | \$1,636,064 | \$1,936,064 | \$2,186,064 |
| \$250 | \$887,891   | \$1,137,891 | \$1,387,891 | \$1,637,891 | \$1,837,891 | \$2,137,891 | \$2,387,891 |
| \$245 | \$1,042,280 | \$1,292,280 | \$1,542,280 | \$1,792,280 | \$1,992,280 | \$2,292,280 | \$2,542,280 |
| \$239 | \$1,196,670 | \$1,446,670 | \$1,696,670 | \$1,946,670 | \$2,146,670 | \$2,446,670 | \$2,696,670 |
| \$234 | \$1,351,059 | \$1,601,059 | \$1,851,059 | \$2,101,059 | \$2,301,059 | \$2,601,059 | \$2,851,059 |
| \$229 | \$1,505,448 | \$1,755,448 | \$2,005,448 | \$2,255,448 | \$2,455,448 | \$2,755,448 | \$3,005,448 |

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD CTU  
 PRECIO DE COMPRA VS PRECIO DE VENTA



## RESUMEN AUTO BIOGRÁFICO

DIRECCIÓN:  
Guerrero 217  
Col. Sarabia  
Nueva Rosita, Coah.  
Tel. 01 (861) 61 4 61 56

### DATOS PERSONALES:

Nombre: Juan Veloz Lozano  
Profesión: Ingeniero Metalurgista  
Estado Civil: Casado ( 3 hijos 16,15 y 12 años)  
Fecha de Nac. : 29 de Agosto 1960  
Lugar de Nac. : Nueva Rosita Coah.  
Nombre de los padres. Roberto Veloz Cedillo  
Ofelia Lozano Cortés

### EDUCACIÓN:

Profesional: Universidad Autónoma de Coahuila  
Esc. de Minería y Metalurgia  
"Lic. Adolfo López Mateos"  
Nueva Rosita Coah.  
1978 - 1982  
Titulo de Ingeniero Metalurgista.

Post – Grado: Universidad Autónoma de Nuevo León.  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Nombre de la Tesis " Recuperación de Carbón Para Uso Térmico Para la Generación de Electricidad en las Plantas Carbo Eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad A Partir de Pilas de desperdicio en Carbonífera de San Patricio S. A. De C. V." Como opción al Grado de Maestro en Ciencias de la Administración con Especialidad en Producción y Calidad.

### HABILIDADES:

Con 12 años de experiencia en el manejo y lavado del carbón de toda la región carbonífera. He Administrado los Recursos Humanos y materiales de las plantas Lavadoras de carbón del Grupo Acerero del Norte y Carbonífera de San Patricio S. A. De C. V. como Gerente de Operación de las mismas. Experiencia en Manejo de personal obrero y empleado, manejo de conflictos con sindicatos y personal. He desarrollado proyectos de Ingeniería para la ampliación e incremento de capacidad de las plantas del Grupo Acerero del Norte así como también elaborado los planes de Negocio de las mismas. Dentro de las actividades propias de mis puestos he participado en la elaboración e implementación de Sistemas de Calidad así como en las relaciones con los clientes AHMSA, MICARE, C.F.E.

### ACTIVIDADES PROFESIONALES:

Gerente de Operaciones de Carbonífera de San Patricio S. A. De C. V. De Agosto de 1996 hasta la fecha febrero del 2002.  
Gerente de Operación Plantas Lavadoras (Palau, Florida y Esperanzas) de Minerales Monclova S. A. Empresa del GAN de Enero de 1992 a Noviembre de 1995  
Superintendente de Planta Lavadora Florida (Mimosa) Después me ascendieron al puesto anterior de Noviembre de 1988 a Diciembre de 1991.  
Investigador Metalúrgico en el Instituto Mexicano de Investigaciones Siderurgicas (IMIS) de Mayo de 1997 a Octubre de 1988.

