

01168

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

---

---

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO DE VIABILIDAD FINANCIERA

PROYECTO:

DESARROLLO Y OPTIMIZACION DEL PROCESO MINERO-  
METALURGICO PARA LA PRODUCCION DE GRAFITO CRISTALINO  
Y TITANIO EN LOS YACIMIENTOS EL HIELO Y LA ESCONDIDA,  
OAXACA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN INVESTIGACION DE  
OPERACIONES (FINANZAS) .

p r e s e n t a  
SERGIO D. <sup>de</sup>BAZAN PERKINS

Director de Tesis:

Dr. SERGIO FUENTES MAYA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D.F.

Mayo 1996



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

<u>T E M A</u>	<u>PAG.</u>
 <b>INTRODUCCIÓN</b>	
-PARTICIPACIÓN DEL SECTOR MINERO EN LA ECONOMÍA DE MÉXICO.....	12
-EL PAPEL DEL SECTOR MINERO EN LA ECONOMÍA NACIONAL.....	12
-RESULTADOS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1960-1970.....	13
-RESULTADOS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1970-1980.....	13
-RESULTADOS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1980-1990.....	13
-LA CRISIS DEL SECTOR MINERO METALÚRGICO, 1991-1993.....	14
-LA PROBLEMÁTICA DE MODERNIZACIÓN DE LA MINERÍA, 1989-1994....	14
-RESULTADOS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1994-1995.....	16
-APORTACIONES POR SECTORES A LA BALANZA COMERCIAL, EN 1995.....	17
 <b>CAPITULO I, RESUMEN EJECUTIVO</b>	
-RESUMEN EJECUTIVO.....	18
-INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	20
-TIPO Y NIVEL DE TECNOLOGÍA; MÉRITO TECNOLÓGICO, PRODUCTIVO Y CALIDAD.....	21
-DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVERSIÓN.....	23
-PERSPECTIVAS DEL MERCADO Y METAS DE PRODUCTIVIDAD.....	26
-PRODUCTOS PRINCIPALES DE GRAFITO PRODUCIDOS EN MÉXICO.....	28
-POTENCIAL DEMANDA DE GRAFITO CRISTALINO Y EXPORTACIÓN DE INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A., de C.V.....	30
-BENEFICIOS ESPERADOS.....	32

## CAPITULO II, INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

-GERENCIA DEL PROYECTO.....	36
-ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN.....	38
-FUNCIONES GERENCIALES.....	39
Gerencia de Recursos Humanos.....	39
Gerencia de Ingeniería.....	39
Gerencia de Mercadotecnia.....	39
Gerencia de Ingeniería Financiera.....	40
Gerencia de Contabilidad.....	40
Gerencia del Jurídico.....	40
Sección de Informática.....	40
-ACTIVIDAD Y LIDERAZGO.....	41
-FIRMAS PARTICIPATIVAS PARA LA EXPLOTACIÓN, INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL GRAFITO Y TITANIO.....	42
-INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA Y COMERCIAL.....	42
-ESTRATEGIA EMPRESARIAL.....	45
-IMPLEMENTOS PARA LA EJECUCIÓN OPERATIVA DEL PROGRAMA MINERO- METALÚRGICO.....	45
-ESTRATEGIAS OPERATIVAS DE LA EMPRESA.....	46
-ETAPAS DEL PROYECTO GLOBAL MINERO-METALÚRGICO DE IMI.....	48
-EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL DE LA EMPRESA.....	49
-OBJETIVOS GENERALES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL.....	50
-PRINCIPALES PARÁMETROS DE INFORMACIÓN, REQUERIDOS POR LA GERENCIA DE FINANZAS DE IMI.....	51
BASE DE DATOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL.....	52
PLANEACIÓN ESTRATÉGICA PARA EL USO DE UNA SOLA BASE DE DATOS..	53
POLÍTICAS E INTEGRIDAD SEMÁNTICA DE LA EMPRESA.....	54

## CAPITULO III, ANÁLISIS DE MERCADO

-DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	56
-MERCADO ACTUAL Y POTENCIAL.....	58
-PLAN COMERCIAL.....	61
-PRODUCCIÓN MINERA MUNDIAL Y RESERVAS EN 1996, EN TONELADAS DE CONCENTRADO.....	62
-RIESGO COMERCIAL.....	62
-USUARIO FINAL.....	63
-TARIFAS Y ARANCELES INTERNACIONALES PARA EL GRAFITO.....	65
-PRECIO ESPERADO, CON ÍNDICES PRODUCTIVOS POR ALCANZAR.....	67
-CURRENT WORLD PRICES FOR DIFFERENT GRADES OF FLAKE GRAPHITE.....	68

**CAPITULO IV, PROYECTOS O INVERSIONES EN DESARROLLO  
TECNOLÓGICO**

-CARACTERÍSTICAS GENERALES Y ANTECEDENTES.....	69
-ACTIVIDADES Y DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA DEL SISTEMA PRODUCTIVO....	74
-ETAPAS DEL PROYECTO GLOBAL MINERO-METALÚRGICO DE INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A.....	74
-ACTIVIDADES MINERAS PARA OPTIMIZAR LA EXPLOTACIÓN Y PROCESO METALÚRGICO.....	76
-MÉRITOS TECNOLÓGICOS DEL SISTEMA PRODUCTIVO.....	80
1. TECNOLOGÍA DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA.....	82
PRINCIPALES OBJETIVOS PREOPERATIVOS MINERO-METALÚRGICOS.....	88
2. TECNOLOGÍA DE LA EXPLOTACIÓN MINERA.....	90
Sistema de Planeación y Operación Minera Computarizado.....	94
-ETAPAS PARA LA PLANEACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN MINERA.....	95
Sistema de Control de Inventarios y Mantenimiento.....	95
Sistema de Monitoreo Computarizado.....	95
3. TECNOLOGÍA DEL PROCESO METALÚRGICO.....	96
-RELACIÓN DE PRODUCCIÓN Y LEY MEDIA PARA OBTENER UNA TONELADA DE GRAFITO CRISTALINO.....	97
Sistema de Control Distribuido del Proceso (CP).....	100
Sistema de Control de Calidad y de Empaquetado (SCCP).....	101
4. TECNOLOGÍAS DE VANGUARDIA PARA IMPLEMENTAR EL PROYECTO.....	101
-OBTENCIÓN Y PRODUCCIÓN DEL GRAFITO CRISTALINO.....	102
-PROCESO CONVENCIONAL DE BENEFICIO PARA EL GRAFITO CRISTALINO....	103
-OBTENCIÓN Y PRODUCCIÓN DEL RUTILO(Ti <sub>2</sub> O) .....	108
-PROCESO METALÚRGICO CONVENCIONAL PARA EL RUTILO DISEMINADO.....	113
-RUTA SECA PARA SEPARAR EL RUTILO.....	113
-RUTA HÚMEDA PARA SEPARAR EL RUTILO.....	113
-INCORPORACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA REFINACIÓN DEL GRAFITO.....	114
-SISTEMA DE REFINACIÓN POR LIXIVIACIÓN ÁCIDA, EXPERIMENTADA EN CANADÁ.....	115
-SISTEMA DE REFINACIÓN POR LIXIVIACIÓN ÁCIDA, EXPERIMENTADA EN ALEMANIA.....	116
-TABLA DE DISTRIBUCIÓN Y FRECUENCIA DEL TAMAÑO DE LA HOJUELA DE GRAFITO CRISTALINO.....	117
-ETAPAS QUE SEGUIRÁ EL PROCESO PARA REFINAR EL GRAFITO CRISTALINO	117
-PROCESO PARA LA RECUPERACIÓN DE GRAFITO CRISTALINO DE HOJUELA GRUESA.....	118
-PRINCIPALES SISTEMAS DEL PROCESO METALÚRGICO PARA LOS YACIMIENTOS DE EL HIELO Y LA ESCONDIDA.....	119
-RIESGO TECNOLÓGICO.....	119
-PROPIEDAD INDUSTRIAL.....	121
-PARÁMETROS TÉCNICOS.....	122
-ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y SISTEMA DE CALIDAD.....	123
-SITUACIÓN HISTÓRICA DE LOS ESTADOS FINANCIEROS DE LA EMPRESA Y FINANCIAMIENTO.....	125
INSTITUCIONES BANCARIAS QUE OFRECEN LÍNEAS DE CRÉDITO A IMI.....	125

## CAPITULO V, EVALUACIÓN FINANCIERA DE LOS PROYECTOS

<b>-LAS INVERSIONES EN EL PROYECTO</b> .....	128
-COTIZACIÓN DE EQUIPO O PLANTAS DE BENEFICIO, LLAVE EN MANO....	128
-COSTOS DE INSTALACIÓN.....	131
-ETAPAS DEL PROYECTO MINERO-METALÚRGICO DE IMI Y LA INVERSIÓN CONCEPTUAL.....	133
-PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS OPERACIONALES.....	134
-Cálculo de los Ingresos por Ventas Anuales.....	135
-PRESUPUESTO DE EGRESOS OPERACIONALES.....	135
<b>a) Gastos y Costas</b> .....	135
Costos de Producción.....	139
Gastos Directos.....	139
Gastos Indirectos.....	139
Gastos Administrativos.....	139
Gastos de Ventas.....	139
Gastos Financieros.....	139
<b>b) Costos Fijos y Variables</b> .....	139
Costos Variables (CV).....	139
Costos Fijos (CF).....	140
<b>-CAPITAL DE TRABAJO</b> .....	140
<b>-PLANTILLA OPERATIVA</b> .....	140
La Sección de Explotación.....	141
La Sección Metalúrgica.....	141
La Sección de Producción.....	141
La Sección Administrativa y Mercadotecnia.....	141
<b>-COSTOS DE EXPLOTACIÓN POR TONELADA DE GRAFITO PRODUCIDA</b> .....	142
<b>-PROYECTO DE INVERSIONES TOTALES</b> .....	142
<b>-ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS</b> .....	147
<b>-ESTADO DE RESULTADO PROFORMA</b> .....	147
<b>a). Ingresos por Ventas Totales</b> .....	147
<b>b). Costo de lo Vendido</b> .....	147
<b>c). Utilidad Bruta</b> .....	147
<b>d). Costos de Operación</b> .....	147
<b>e). Gastos de Ventas</b> .....	148
<b>f). Gastos de Administración</b> .....	148
<b>g). Utilidad de Operación</b> .....	148
<b>h). Gastos Financieros</b> .....	148
<b>i). Depreciación y Amortización</b> .....	148
<b>j). Utilidad Antes de Impuesto</b> .....	148
<b>k). Pérdidas Extraordinarias</b> .....	148
<b>l). Utilidad o Pérdida Neta</b> .....	148
<b>-FLUJOS DE EFECTIVO INCREMENTALES</b> .....	154
-Costos Hundidos.....	154
-Costos de Oportunidad.....	154
-Efectos Laterales.....	154

-Gastos de Intereses por deuda.....	154
-Componentes del Flujo de Efectivo Neto.....	157
-El Flujo de Efectivo.....	157
-Los Ingresos Gravables.....	157
-Los Ingresos después de Impuestos.....	157
-El Flujo Operativo Después de Impuesto.....	157
-Impuestos Pagados (IMPA).....	158
-Flujos de Efectivo Neto.....	158
<b>-EL COSTO PONDERADO DE CAPITAL.....</b>	<b>158</b>
Criterios de la Selección de la Tasa de Recuperación Mínima Atractiva, Según el Nivel de Estabilidad Económica.....	158
<b>-IMPUESTOS.....</b>	<b>158</b>
Leyes Fiscales Sobre Empresas (1996-1997).....	159
<b>-INFLACIÓN.....</b>	<b>160</b>
Efecto Fisher.....	160
<b>-TÉCNICAS PARA EL PRESUPUESTO DEL CAPITAL.....</b>	<b>161</b>
Supuestos Para Maximizar el Capital de Inversión.....	161
1). Clasificación por Inspección.....	164
Clasificación por Inspección de los Proyectos.....	165
2). Periodo de Recuperación del Capital (PRC).....	165
3). Método de la Tasa de Rendimiento Contable Promedio (TRC) ..	166
4). Método del Valor Presente Neto (VPN).....	167
-Interpretación del Valor Presente.....	167
-Métodos Para Calcular el Valor Presente Neto Bajo Escenarios Inflacionarios.....	168
5). Índice del Valor Presente Neto para Portafolios de Proyectos de Inversión, sin Restricción de Capital.....	169
6). Índice del Valor Presente para Portafolios de Proyectos de Inversión, con Restricción de Capital.....	169
7). Método del Valor Presente Neto con Repetición Infinita... ..	170
8). Método de la Anualidad Equivalente A Valor Presente.....	170
9). Método del Índice de Productividad.....	171
10). Índice de Productividad Incremental.....	171
11). Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR).....	172
12). Método de la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM)....	173
<b>-CLASIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS.....</b>	<b>174</b>
Proyectos de Inversión Independiente.....	174
Proyectos para Inversión Mutuamente Excluyentes.....	174
-Casos de Inversiones Mutuamente Excluyentes a Examinar.....	174
-Comparación del Valor Presente Neto de Proyectos Mutuamente -Excluyentes.....	174
Casos de Inversiones Mutuamente Independientes.....	175
Proyectos para Inversión Contingente.....	175
Proyectos de Inversión Complementarios.....	175
<b>-PRINCIPIO DE ADITIVIDAD.....</b>	<b>175</b>

	7
-ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	176
-VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	176
-SENSIBILIDAD DE LAS PROYECCIONES FINANCIERAS, BAJO LAS CONDICIONES INFLACIONARIAS DE MEXICO.....	181
-NIVEL DE INFLACIÓN VS. NIVEL DEL COSTO DE CAPITAL.....	181
-SENSIBILIDAD DE LAS PROYECCIONES FINANCIERAS A LA VARIACION EN EL PRECIO DE VENTA Y COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	182
-VARIACIONES DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	182
-VARIACIONES EN EL PRECIO UNITARIO DE VENTA.....	182
-SENSIBILIDAD DE LAS PROYECCIONES FINANCIERAS CON LA VARIACION DE LA LEY MEDIA.....	186
-ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.....	188
-SENSIBILIDAD DE LAS PROYECCIONES FINANCIERAS A LAS VARIACIONES DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA.....	192
-Eficiencia Productiva VS. Volumen de Ventas.....	193
-ANÁLISIS DE ESCENARIOS.....	194
 <u>CONCLUSIONES</u> .....	 198
 <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	 203



**ÍNDICE DE LÁMINAS:**

**PAG.**

<b>Lámina 1:</b>	<b>37</b>
<i>Organigrama de Industria Minera Indio, S.A. de C.V.</i>	
<b>Lámina 2:</b>	<b>37</b>
<i>El Sistema de Información Gerencial.</i>	
<b>Lámina 3:</b>	<b>60</b>
<i>Precio de Venta del Grafito que Exporta China.</i>	
<b>Lámina 4:</b>	<b>66</b>
<i>Concentrados de Grafito, Catalogadas para su Exportación por China.</i>	
<b>Lámina 5:</b>	<b>75</b>
<i>Programación Gráfica de Actividades Según el Catalogo, para la Evaluación Económica del Yacimiento La Escondida; su Diseño del Proceso Metalúrgico y Optimización del Sistema de Explotación, Arrastre y Localización de Planta de Beneficio, con Presa de Jales.</i>	
<b>Lámina 6:</b>	<b>84</b>
<i>Tabla Estratigráfica del Complejo Oaxaqueño, Oaxaca.</i>	
<b>Lámina 7:</b>	<b>98</b>
<i>Tabla de clasificación del Grafito Cristalino Natural.</i>	
<b>Lámina 8:</b>	<b>104</b>
<i>Proyecto Metalúrgico de La Escondida y "Flowsheet" Preliminar para la Concentración del Grafito Cristalino.</i>	
<b>Lámina 9:</b>	<b>112</b>
<i>Proyecto Metalúrgico de La Escondida, para la Concentración de Grafito y Rutilo, 4/90, KHD Consulting Div.</i>	
<b>Lámina 10 y 11:</b>	<b>129 y 130</b>
<i>Presupuesto Global del Proyecto de Industria Minera Indio, S.A. de C.V.</i>	
<b>Lámina 12:</b>	<b>132</b>
<i>Áreas Copartícipes para el Arranque del Proyecto y Porcentajes.</i>	
<b>Lámina 13:</b>	<b>132</b>
<i>Ingresos Anuales Esperados y Relación de Variables Constantes en el Proceso de Explotación y Beneficio del Yacimiento EL Hielo.</i>	
<b>Lámina 14:</b>	<b>132</b>
<i>Relación de Variables Constantes en el Proceso de Explotación y Beneficio, para los yacimiento de El Hielo y la Escondida.</i>	
<b>Lámina 15:</b>	<b>136</b>
<i>Desglose de Presupuesto de Inversión, Costos Fijos, Costos Variables y Principales Variables de los Proyectos.</i>	

**Lámina 16:** \_\_\_\_\_ **136**  
*Principales Variables de los Proyectos, sus Parámetros-Tasas.*

**Lámina 17:** \_\_\_\_\_ **137**  
*Presupuesto de Costos y Gastos para una Planta de Beneficio de 1500 T/d.*

**Lámina 18:** \_\_\_\_\_ **137**  
*Tabla de Depreciación Lineal, para el Proyecto de una Planta de Beneficio de 1500 T/d.*

**Lámina 19:** \_\_\_\_\_ **138**  
*Presupuesto de Costos y Gastos para una Planta de Beneficio de 3000 T/d.*

**Lámina 20:** \_\_\_\_\_ **138**  
*Tabla de Depreciación Lineal de Activos del proyecto de una Planta de Beneficio de 3000 T/d.*

**Lámina 21:** \_\_\_\_\_ **143**  
*Costos Directos de Explotación y Beneficio Metalúrgico, Yacimiento El Hielo.*

**Lámina 22:** \_\_\_\_\_ **144**  
*Costos Directos de Explotación y Beneficio Metalúrgico, Yacimiento La Escondida.*

**Lámina 23:** \_\_\_\_\_ **145**  
*Costos Directos para los Conceptos de Desarrollo y Preparación Minera, con Capacidad de 1500 T/d.*

**Lámina 24:** \_\_\_\_\_ **149**  
*Estado de Resultados Proforma de los Proyectos de El Hielo y La Escondida, para una Planta de 1500 T/d cada una.*

**Lámina 25:** \_\_\_\_\_ **149**  
*Cálculo de Flujos de Efectivo, Libres de Operación, del Proyecto Conjunto de El Hielo y La Escondida, para una planta de 1500 T/d cada una.*

**Lámina 26:** \_\_\_\_\_ **150**  
*Estado de Resultados Proforma del Proyecto de El Hielo para una Planta de 1500 T/d.*

**Lámina 27:** \_\_\_\_\_ **150**  
*Cálculo de Flujos de Efectivo, Libres de Operación, del Proyecto El Hielo, para una Planta de 1500 T/d.*

**Lámina 28:** \_\_\_\_\_ **151**  
*Estado de Resultados Proforma del Proyecto de La Escondida, para una planta de 1500 T/d.*

**Lámina 29:** \_\_\_\_\_ **151**  
*Cálculo de Flujos de Efectivo Libres de Operación del Proyecto La Escondida para una planta de 1500 T/d.*

**Lámina 30:** \_\_\_\_\_ **152**  
*Estado de Resultados Proforma del Proyecto de El Hielo para una Planta de 3000 T/d.*

<b>Lámina 31:</b>	<u>152</u>
<i>Cálculo de Flujos de Efectivo, Libres de Operación, del Proyecto El Hielo para una Planta de 3000 T/d.</i>	
<b>Lámina 32:</b>	<u>153</u>
<i>Estado de Resultados Proforma del Proyecto de La Escondida para una Planta de 3000 T/d.</i>	
<b>Lámina 33:</b>	<u>153</u>
<i>Cálculo de Flujos de Efectivo, Libres de Operación, del Proyecto La Escondida para una Planta de 3000 T/d.</i>	
<b>Lámina 34:</b>	<u>155</u>
<i>Flujos de Efectivo Netos Incrementales, VPN y TIR de los Proyectos, Considerando Inflación.</i>	
<i>Caso: Yacimiento del Hielo y La Escondida, Planta de 1500 T/d. para cada una, simultáneamente.</i>	
<i>Caso: Yacimiento del Hielo, Planta de 1500 T/d.</i>	
<i>Caso: Yacimiento de La Escondida, Planta de 1500 T/d.</i>	
<b>Lámina 35:</b>	<u>156</u>
<i>Flujos de Efectivo Netos Incrementales, VPN y TIR de los Proyectos, Considerando Inflación.</i>	
<i>Caso: Yacimiento de El Hielo, Planta de 3000 T/d.</i>	
<i>Caso: Yacimiento de La Escondida, Planta de 3000 T/d.</i>	
<b>Lámina 36:</b>	<u>162</u>
<i>Técnicas del Presupuesto de Capital, Ventajas, Desventajas y los Criterios de Decisión.</i>	
<b>Lámina 37:</b>	<u>163</u>
<i>Presupuesto de Capital y Principales Parámetros de los Proyectos.</i>	
<b>Lámina 38:</b>	<u>177</u>
<i>Proyecto Minero de El Hielo, Planta de 1500 T/d, Sensibilidad del Costo de Capital con Inflación del 10%, 20%, 30% y 40 %.</i>	
<b>Lámina 39:</b>	<u>178</u>
<i>Gráficas del Nivel de Inflación VS. Valor Presente Neto para diferentes Niveles del Costo de Capital; Proyecto Minero de El Hielo, Planta de 1500 T/d.</i>	
<b>Lámina 40: Página</b>	<u>179</u>
<i>Proyecto Minero de La Escondida, Planta de 1500 T/d, Sensibilidad del Costo de Capital con Inflación del 10%, 20%, 30% y 40%</i>	
<b>Lámina 41: Página</b>	<u>180</u>
<i>Gráficas del Nivel de Inflación VS. Valor Presente Neto para Diferentes Niveles del Costo de Capital; Proyecto Minero de La Escondida, Planta de 1500 T/d.</i>	

<b>Lámina 42:</b> _____	<b>183</b>
<i>Sensibilidad de la TIR, con cambios en el Precio de Venta Unitario y Costos Netos; Proyecto Conjunto de El Hielo y La Escondida.</i>	
<b>Lámina 43:</b> _____	<b>183</b>
<i>Sensibilidad del VPN, a variaciones del Precio de Venta y Costos Netos. Proyecto Conjunto de El Hielo y la Escondida.</i>	
<b>Lámina 44:</b> _____	<b>184</b>
<i>Sensibilidad de la TIR, con cambios en el Precio de Venta Unitario y a los Costos Netos; Proyecto de El Hielo.</i>	
<b>Lámina 45:</b> _____	<b>184</b>
<i>Sensibilidad del VPN, a variaciones del Precio de Venta y Costos Netos; Proyecto de El Hielo.</i>	
<b>Lámina 46:</b> _____	<b>185</b>
<i>Sensibilidad de la TIR, con Cambios en el Precio de Venta Unitario y a los Costos Netos, Proyecto La Escondida</i>	
<b>Lámina 47:</b> _____	<b>185</b>
<i>Sensibilidad de la VPN, con cambios en el Precio de Venta Unitario y a los Costos Netos, Proyecto La Escondida</i>	
<b>Lámina 48:</b> _____	<b>187</b>
<i>Sensibilidad de las Proyecciones Financieras a las Variación de la Ley media de los Yacimientos de Grafito Cristalino, para una planta de Beneficio de 3000 T/d.</i>	
<b>Lámina 49:</b> _____	<b>189</b>
<i>Relación Crítica de Producción y Ley Media Para Obtener una Tonelada de Grafito Cristalino.</i>	
<b>Lámina 50:</b> _____	<b>190</b>
<i>Punto de Equilibrio del Proyecto, Yacimiento de El Hielo, para una Planta de 3000 T/d.</i>	
<b>Lámina 51:</b> _____	<b>191</b>
<i>Punto de Equilibrio del Proyecto, Yacimiento La Escondida, para una Planta de 3000 T/d.</i>	

## **INTRODUCCIÓN**

### **PARTICIPACIÓN DEL SECTOR MINERO EN LA ECONOMÍA DE MÉXICO**

La historia de la minería de México se remonta a la época prehispánica cuando diferentes culturas extraían minerales usando sistemas subterráneos y de tajo abierto, las obras más antiguas de las que se tiene noticia son del periodo Olmeca, Siglo XII A.C. A la llegada de los conquistadores, nuestros antepasados ya explotaban y fundían metales de oro, plata, estaño, plomo, cobre y, escasamente el hierro.

Durante la época Colonial, la actividad minera se restringía a la explotación de metales preciosos que alcanzaban el 70% de las exportaciones. Nuevos inventos e innovaciones tecnológicas superiores a las europeas se desarrollaron en México, desde el diseño de malacates, trituradoras y molinos; hasta sistemas metalúrgicos como el de "beneficio de patio", implementado en 1557 por el eminente metalurgista Bartolomé de Medina .

Mundialmente se reconoce la importancia que tiene para las naciones la producción de minerales, ya que son la base de desarrollo de los sectores económicos y de progreso de toda civilización. La participación predominante que juega la minería en el ámbito nacional se resume en los siguientes puntos:

#### **EL PAPEL DEL SECTOR MINERO EN LA ECONOMÍA NACIONAL**

1. Produce materias primas a todos los sectores económicos
2. Sustituye las importaciones.
3. Participa de manera destacada en la generación de divisas vía exportaciones.
4. Crea áreas diversas de empleos.
5. Descentraliza la actividad económica.
6. Crea infraestructura como caminos y dotación de servicios
7. Provee insumos a la industria agrícola
8. Origina nuevos centros poblaciones y polos de desarrollo.
9. Fomenta la introducción y asimilación de tecnologías de punta.
10. Desarrolla nuevas tecnologías minero industriales de patente nacional.

Por tanto, la minería ha tenido un papel destacado dentro de la economía mexicana (Bazán-Perkins, 1995), sus resultados en los últimos 35 años según la descripción siguiente:

**RESULTADOS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1960-1970.**

Durante el periodo de 1960-1970, la producción minera nacional creció 51%, al pasar de \$ 3843 millones de pesos al principio de la década hasta \$7434 millones de pesos en 1970. Sin embargo, esta producción comparada con el *Producto Interno Bruto Nacional (PIBN)* representó apenas el 2.18% en promedio y fue decreciente, de 2.5% en 1960 a 1.77% en 1970. Su contribución principal se obtuvo en la generación de divisas, aunque también decrecientes; del total de las exportaciones del país en 1960 contribuyó con el 22% y en 1970 con el 18.7%. En el mismo periodo el sector minero generó 130,000 empleos aproximadamente.

**RESULTADOS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1970-1980**

Durante este período de 1970 a 1980, la contribución del sector minero al *PIBN* registró importantes incrementos: de 1.2% en 1974, de 4% en 1979, hasta llegar al 6% en 1980, del cuál exportó el 45%.

De 1971 y 1972, la producción minera nacional decreció con respecto a la producción obtenida en 1970, de \$7,565 millones de pesos, en 1971, se reduce a \$6,835 millones de pesos y en 1972 se incrementa sensiblemente a \$7,336 millones de pesos. En 1972, las exportaciones mineras de México alcanzaron los 2,685 millones de pesos, equivalentes al 37% del valor de la producción minera, y en relación con el valor total de las exportaciones nacionales contribuyó con el 11%. De 1977 a 1978, la producción minera se elevó 47.16% y las exportaciones crecieron 33.33%, como resultado de su acelerado crecimiento, donde en 1978 se crearon 15,000 nuevos empleos para alcanzar un total de 165,000 trabajadores, correspondiente al 1.5% de la población económicamente activa.

**RESULTADOS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1980-1990**

Durante 1982, la minería fue uno de los pocos sectores que tuvo crecimiento positivo, del orden de 6.7%. En 1983, las exportaciones mineras de México alcanzaron 843 millones de pesos que contribuyeron a un superávit comercial del país. Sin embargo, participó apenas con el 1.3% del *PIBN* y que comparado con el de 1970, disminuyó en 4.7%. En relación a los niveles de empleos generados por el sector de 1978-1981, creció 6% en promedio.

De 1985 a 1988, la producción nacional minero-metalúrgica creció 13.5%, donde las importaciones de concentrados minerales se redujeron en un 37.5% y las exportaciones se incrementaron hasta en un 60%.

En materia de comercio exterior, el sector minero mantuvo un destacada participación para el país. En 1985, muestra un saldo positivo de 202 millones de dólares; o sea, 29.5% de las exportaciones totales. En 1986, aportó 960 millones de dólares, el 41.8% corresponde a las exportaciones. De 1987 a 1988 las exportaciones del sector aumentaron 23% que corresponde a 1,485 millones de dólares, para alcanzar 7% de las totales del país.

Durante 1988, la producción minero-metalúrgica llegó a 5 billones 383,046 millones de pesos, 108.2% más que en 1987, cuando alcanzó 2 billones 585,288 millones de pesos. En 1988, los niveles de ocupación llegó a 230,000 trabajadores. De 1988 a 1989 el sector creció 3.9% y su contribución a las exportaciones pasaron de 2,094.6 a 2,383.6 millones de dólares. En 1990, debido a la flexibilidad tributaria, la industria minera mexicana se expandió más del 7%, aportando 2% del PIBN y empleo para 250 mil trabajadores.

#### **LA CRISIS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1991 - 1993**

Desde 1991 hasta el 2° trimestre de 1994, el sector minero-industrial del país, atravesó por una de sus más profundas crisis de su historia y fueron múltiples las causas que la generaron, siendo las más relevantes: **a)** Las políticas arancelarias del Programa Nacional de Modernización a la Minería(PNMM), **b)** La autorización de importaciones masivas de concentrados minerales provenientes de la República Popular China. **c)** La baja actividad económica del país y la reducción en las compras gubernamentales, **d)** El incremento del pago por derecho de uso o aprovechamiento de aguas nacionales **e)** Las modificaciones a la Ley del Trabajo por el Sindicato Minero y Metalúrgico y Similares de la República Mexicana. **f)** Las restricciones al uso de explosivos, **g)** La acentuación de los conflictos de la tenencia de la tierra, entre los derechos ejidales y los derechos mineros, **h)** La grabación de los activos fijos de las empresas con un interés de 2%, sin haber rendimiento.

#### **LA PROBLEMÁTICA DE MODERNIZACIÓN DE LA MINERÍA, 1989-1994**

En términos generales, el Programa Nacional de Modernización de la Minería 1989-1994, perseguía que la responsabilidad del desarrollo del sector recayera en la iniciativa privada, a fin de dar cumplimiento a los objetivos que no era posible hacer, a través de la planificación estatal. Por tanto, el programa se concentró en la: **a)** Simplificación Administrativa, **b)** Liberalización de zonas de reservas minerales nacionales, **c)** Adecuación al marco normativo, **d)** Derogación de tributos especiales para el sector.

Los resultados negativos del Programa se dieron principalmente por los altos aranceles fiscales, con lo que la rentabilidad de la minería nacional entro en crisis, donde en 1991 cerraron 600 pequeñas empresas del sector.

Hacia finales de 1993, el Gobierno Federal tuvo que ratificar su política en el sector y en condiciones análogas a las que prevalecían en 1988, bajando los impuestos y otorgando facilidades para su pago. En el mismo año reconoció que las masivas importaciones de concentrados a "precios dumping" precedentes de China, habían dañado a la minería del país, por lo que procedió a grabarlas con mayor impuesto; sin embargo, para la mayoría de las empresas del sector el impacto negativo fue irreversible. También facilitó la tramitación de los créditos financieros vía *Banco Internacional de Desarrollo (BID)*. Las medidas adoptadas, propició que la rama minera del país creciera sensiblemente durante 1994, por encima del Producto Bruto.

Un factor negativo y decisivo del derrumbe de la minería mexicana en los años de 1991 a 1993, se debió a las importaciones masivas de concentrados minerales provenientes de la *República Popular China*, durante los años de 1990-1992, sus precios "dumping" muy por debajo de los nacionales, pusieron en franca crisis a la producción mexicana de minerales no metálicos, principalmente grafito, fluorita, barita y sal, obligando a varias minas a cerrar, y a consumir sus reservas minerales de mayor Ley, que acortaron la vida de sus yacimientos.

A lo anterior, se sumó la baja actividad económica del país y la reducción en las compras gubernamentales, particularmente de *PEMEX*, para deprimir los precios del mercado nacional. De un total de 300 mil puestos de trabajo que se tenían en 1989, cayó a menos de 150 mil hacia principios de 1994, lo que significó una reducción mayor a 50%, cuando el programa minero nacional, a principio del sexenio (1988-1994) propició un alza del 22% de personal; es decir, 3.7% anual.

También Resultaron desfavorables, la excesiva cuota por uso o aprovechamiento de aguas, que se suman a las inversiones en obras hidráulicas y gastos de extracción y mantenimiento.

En México, la expedición de los títulos de explotación en promedio tarda 3 años. Siendo el único país donde se cobra por este servicio, lo que pone en franca desventaja competitiva a los mineros nacionales frente a sus competidores.

Por otro lado, los explosivos que son la herramienta de uso diario en la minería, presenta muchos obstáculos burocráticos para su autorización, que se prolonga no menos de 6 meses. Recientemente, las restricciones para su manejo se han multiplicado con la inestabilidad



social del país y las actividades del *Ejercito Zapatista de Liberación Nacional*.

Dentro de los aspectos de la política minera que acentuó el derrumbe del sector, se debe a lo que los altos dirigentes sindicales del país consideran, al modificar la Ley Federal del Trabajo. Por la cual, se formaliza que las empresas del sector minero-metalúrgico deben cubrir las vacantes que generan al implantar nuevas tecnologías, o por innovaciones de sistema de explotación y beneficio. Así mismo, proporcionar a los hijos de los trabajadores becas para sus estudios en todos sus niveles. Otorgar permisos flexibles a los representantes sindicales y dar tolerancia a las faltas que las empresas no consideraban justificadas. Conformar injustificadas la tabulación de sueldos con un gran número de categorías.

A esto, se suma los conflictos de la tenencia de la tierra entre los derechos ejidales y los derechos mineros, que necesariamente requieren la ocupación de terrenos por varios años para la explotación y beneficio de los minerales.

Es evidente que las inversiones en la minería son cuantiosas y los resultados son a largo plazo, normalmente de 15 años y sin embargo la política fiscal de México, desde su inicio, grava los activos fijos de las empresas con un interés del 2% anual, sin haber rendimiento. El gremio minero espera que las Leyes Fiscales se modifiquen a fin de que los impuestos al activo sean gravados, una vez que las plantas de beneficio entren en operación con utilidades, y no antes.

#### **RESULTADOS DEL SECTOR MINERO-METALÚRGICO, 1994-1995.**

Durante 1994, la industria minera del país creció 35%, generó un total de 210,000 empleos directos y 450,000 indirectos y produjo 9,000 millones de pesos, de los cuales la mitad fueron por exportación. Se cuenta con la participación de 130 empresas extranjeras, cuyos proyectos implican un inversión de 400 millones de dólares.

De manera relevante, durante el último trimestres de 1994 el crecimiento del sector minero fue tan alto que alcanzó un margen por encima del PIB nacional. Así pues 1995, las exportaciones del sector extractivo alcanzaron un monto que saneó la balanza comercial del país, al aportar 7,404 millones de dólares (100.76%):

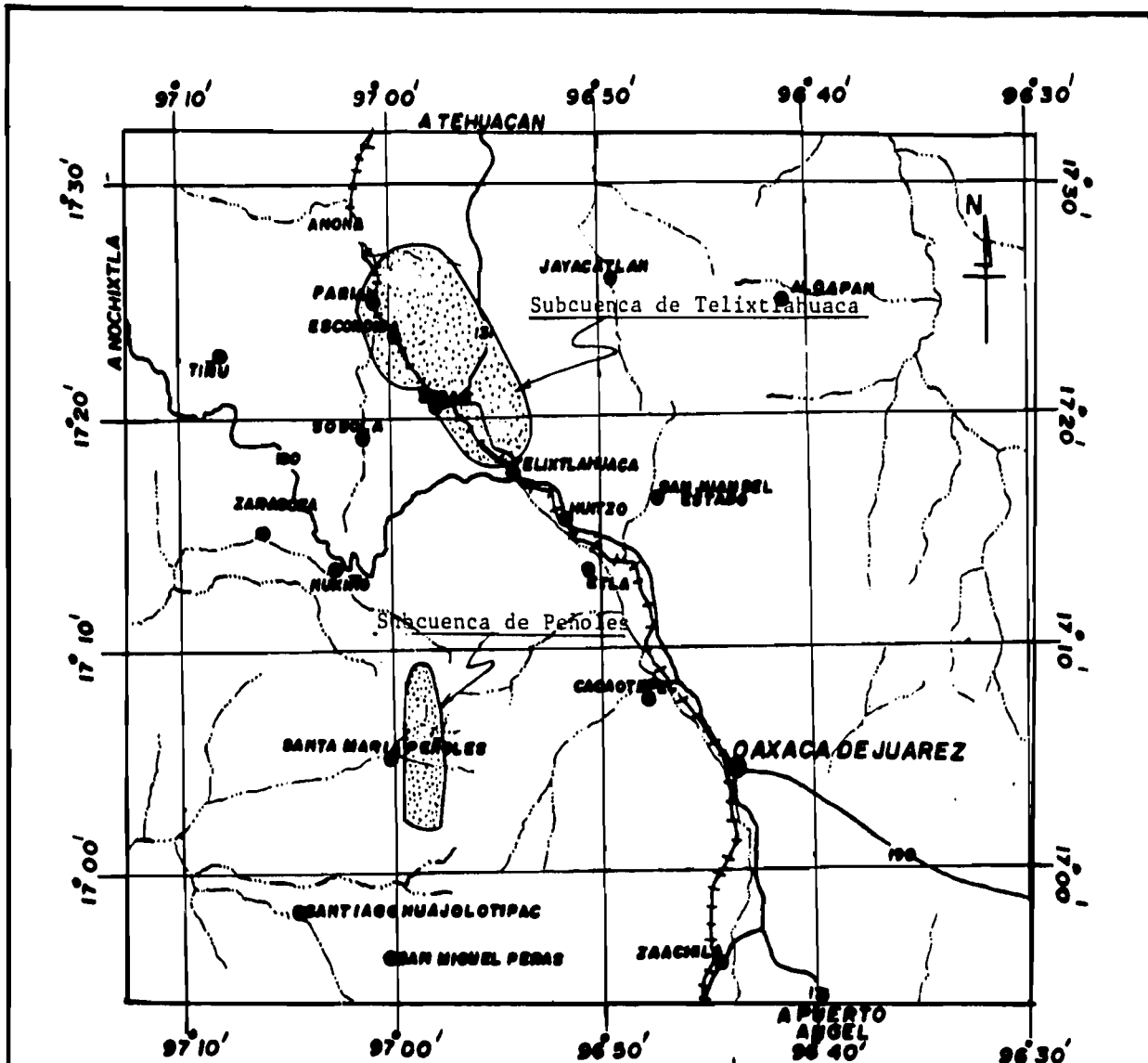
**APORTACIONES POR SECTORES A LA BALANZA COMERCIAL, EN 1995**

En millones de dólares

<u>Balanza Comercial por Sectores</u>	<u>Exportaciones</u>	<u>Importaciones</u>	<u>Saldo</u>
Industria Extractiva:	8,005	601	7,404
Agricultura y sivilcutura:	3,324	2,479	845
Ganadería, apicultura, caza y pesca:	693	165	528
Industria Manufacturera	67,635	67,523	112
Servicios y productos no clasificados:	168	1,709	<u>-1,541</u>
			\$ 7,348

\*Fuente: Sección Financiera, El Universal, 2/3/96.

La actividad minera de México está constituida en 90% por cuatro grupos a). *Industrial Minera México*, b). *Empresas Frisco*, c). *Corporación Industrial San Luis* y, d). *Industrias Peñoles*, donde el 10% restante son pequeños y medianos mineros.



## MAPA DE LOCALIZACION

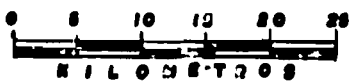
### EXPLICACION

- POBLACION ——— ●
- CARRETERA ——— ———
- RIO ——— ———
- VIA DE FERROCARRIL ——— ++

AREA DE ESTUDIO



Bazán-Perkins (1990)



## RESUMEN EJECUTIVO

Desde 1982 *Industria Minera Indio, S.A. de C.V. (IMI)* ha venido realizando con recursos propios investigaciones geológicas del Precámbrico de México, particularmente de la Sierra Madre del Sur, donde están enclavados sus proyectos. Uno de los yacimientos, *El Hielo, Mpio. de Santa María Peñoles, Oax.*, dispone de aproximadamente 67 millones de toneladas (M/T) de mineral, con Ley de 3.1% de carbón fijo. El otro yacimiento, *La Escondida, Mpio. de San Francisco Telixtlahuaca, Oax.*, contiene 60 M/T de mineral con Ley de 4% de carbón fijo; sumando 127 M/T de mineral en una área de 5000 Has. legalmente concesionadas. La distancia entre ambos yacimientos es de 30 Km. en dirección Norte-Sur, ubicados a 35 Km. al NW de la Cd. de Oaxaca, en la región de la Mixteca. Por sus reservas potenciales a nivel mundial ocuparían el segundo lugar, después de China y el primero en el Continente Americano.

Debido a las características geológicas y topográficas propias de estos yacimientos, la extracción del mineral no requiere explosivos y pueden ser arrastrados a favor de la gravedad; asimismo, la dilución máxima calculada es de 1:1, no existiendo impurezas nocivas o refractarias. En conclusión, la extracción de grafito y de rutilo en estos yacimientos es de bajo costo, en comparación a los otros existentes en México y el extranjero.

Otra de las ventajas de este Proyecto se relaciona con el hecho de tener un mercado de exportación abierto, con grandes demandas en Japón y Europa, del orden de más de 60,000 T anuales. En la actualidad se negocia con varias empresas la tecnología avanzada e innovadora existente para el desarrollo integral del Proyecto; además, se tienen promesas de financiamiento en condiciones favorables, basadas en el mercado y las potenciales exportaciones de grafito y rutilo, hasta del 85% del equipo y maquinaria.

Con respecto a la optimización tecnológica, los objetivos y el alcance del proceso de explotación se proyectan para una adecuada comercialización del titanio en grado metálico y en la industrialización del grafito en su estado más avanzado, a fin de otorgarles calidad competitiva y mayor valor agregado, dentro de una inversión, global de **75 millones de dólares** (M/Dlls). En este esquema, los estudios de preinversión consideran la instalación de una planta de 1,500 toneladas diarias (T/d) en cada yacimiento, con una relación media 1:33 de producción minera, basados en las experiencias metalúrgicas de laboratorio y de los estudios mineralógicos de México, Canadá, Austria, Alemania y Japón.

Los estudios geológicos y las obras mineras ejecutadas definen potentes cuerpos de mineral, de excelente calidad mineralógica y favorable concentración química para su comercialización en el mercado internacional, llegando a superar los niveles de incertidumbre y los riesgos de inversión. Los programas iniciales de trabajo proyectan diseñar la ingeniería de detalle del proceso, tal como la tecnología de flotación por *column cells*, innovada en los últimos 5 años, así como un sistema de explotación altamente mecanizado y automatizado diseñado por *IMI* y la empresa finlandesa *Tamrock*.

Por otra parte, en la fase de arranque se determinará para cada uno de los yacimientos la distribución, Leyes y características de la mineralización; el sistema óptimo de explotación, la ubicación precisa de las plantas de beneficio, las presas de jales y un adecuado aprovisionamiento de agua. Se incluye además, la construcción de aproximadamente 10 Km. de cortes para exponer y muestrear el mineral sistemáticamente, ya que la extracción será a tajo abierto. La labor antes descrita tiene como propósito obtener una muestra representativa de 100 T de mineral, para fraccionarla y enviarla a los respectivos laboratorios de las firmas *KHD Humboldt de Alemania*, *Sumitomo, Corp. de Japón*, *Kilborn, Inc. de Canadá* y de la *CFM*, en Oaxaca, tendientes a obtener los parámetros del diseño óptimo de las plantas de concentrados y refinación.

Los *Estudios de Viabilidad* indican que con los recursos económicos requeridos, es posible poner en producción sostenida las plantas de beneficio en el término de **2 años**, a partir del arranque, planteado hacia julio de 1997. La producción que se espera obtener en las 2 plantas de beneficio es del orden de **31,500 T** de concentrados de grafito, con un valor promedio de **\$1,800 Dlls/T**, además de unas **7,500 T** anuales de rutilo, con un costo de **\$1200 Dlls/T**, lo que implicarían **\$65.7 M/Dlls** en ventas anuales. Estos datos de producción y ventas, sugieren que en el curso de cinco años de producción sostenida, a partir de la construcción de todo el Proyecto, se amortizaría toda la inversión,; o sea, en **7 años** a partir de la fecha de arranque.

Al respecto, ya se dispone de los contactos necesarios con las firmas que asesoran a *IMI* y las cotizaciones preliminares para los estudios e investigaciones metalúrgicas, así como para la importación de equipo y maquinaria, a fin de preparar el desarrollo de los yacimientos mineros, incluyendo ofertas de financiamiento para la importación antes mencionadas. No obstante, es de reconocer que el capital de trabajo y particularmente para el arranque del Proyecto, se han sorteado innumerables limitaciones con los centros financieros del país. Esta condición propició la situación de tener que realizar todos los gastos e inversiones requeridas para integrar los *Estudios de Viabilidad* con recursos propios de la empresa, durante un período de 10 años hasta alcanzar la etapa de madurez que tiene, sin acumular

pasivos. La empresa promotora que patrocina este Proyecto, opera desde 1984; sus activos se resumen a los trabajos integrados con las inversiones directas efectuadas para obtener los *Estudios de Viabilidad*, realizados por *IMI*, donde los principales accionistas de esta empresa comprende a los mismos concesionarios de los propios fundos.

### **INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

El promotor de este Proyecto es *Industria Minera Indio, S.A. de C.V.*, constituida el 11 de diciembre de 1984. Su capital social es de \$N 7,000 pesos, suscrito y pagado al tiempo de esta información y no tiene pasivos que solventar. Todos los accionistas ostentan la nacionalidad mexicana, sin figurar sociedades mercantiles adicionales.

Esta sociedad empresarial de enfoque hacia la industria minero-metalúrgica y comercial, tiene por objeto desde la explotación de los yacimientos minerales hasta la industrialización de los derivados metálicos y no metálicos. Para el caso particular del presente Proyectos, la empresa *IMI* y/o concesionarios, explotarán, beneficiarán, refinarán y elevarán a los índices de industrialización más avanzada sus propios concentrados de grafito y rutilo contenido en los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*, a fin de darles el mayor valor agregado.

Los datos históricos y financieros de la empresa promotora pueden resumirse de la siguiente manera. Después del descubrimiento del yacimiento de *EL Hielo*, se iniciaron los estudios geológicos regionales y locales para denunciar el área potencialmente mineralizada hacia 1982. Al ampliar los estudios mineros y metalúrgicos, el Proyecto se extendió hasta agrupar unas 2000 Has., al tiempo que se fundaba e instauraba la empresa *IMI* en diciembre de 1984, con el objeto de promover la exploración y explotación de este yacimiento. Al proseguir los estudios regionales, se descubrió otro extenso yacimiento a unos 30 Km. al norte del anterior con mejor calidad y riqueza del grafito cristalino, habiéndose denunciado en 1987 y con el que se vino a sustanciar un Proyecto de grandes dimensiones.

Al iniciar la parte preoperativa del primer Proyecto durante 1985, se pudo constatar que la investigación, exploración, desarrollo y ejecución de obras mineras para los consecuentes programas técnicos y proceso metalúrgico, era imposible realizarlos con financiamiento de la *CFM* y de la propia *NAFIN*, por los altos costos inflacionarios que implicaban y de la inoperante intervención del banco intermediario, que requirió efectuarlos con recursos propios. Esta medida, al tiempo de 10 años ha sido satisfactoria, porque se lograron integrar los *Estudios de Viabilidad*, sin asumir un endeudamiento a lo largo del

funesto y aciago período hiperinflacionario, hasta alcanzar la madurez del Proyecto. Además, se obtuvo la experiencia de contactar a las empresas líderes que manejan tecnología avanzada para procesar el grafito y el titanio, amen de conocer directamente el mercado y las cotizaciones fluctuantes de los precios existentes para los importadores.

Estas referencias cobran importancia, porque al no disponer de suficientes recursos a corto plazo, hubo necesidad de asociarse con empresas extranjeras para cotizar la ejecución de *Estudios de Viabilidad* y así obtener el requerido financiamiento global. De varias empresas consultadas e interesadas, se obtuvieron tarifas de alrededor de 4 a 20 M/Dlls por los estudios requeridos y "un pequeño porcentaje de acciones de IMI", hasta del 50% por efectuar las inversiones requeridas. La verdad que estas pretensiones leoninas y que de entrada implicaba entregar el gran avance de estudios y trabajos que ya se tenían, propició que la propia empresa IMI asumiera la responsabilidad de integrar los *Estudios de Viabilidad*, concluidos y enriquecidos desde 1991.

#### **TIPO Y NIVEL DE LA TECNOLOGÍA, MÉRITO TECNOLÓGICO, PRODUCTIVO Y CALIDAD**

De los diversos estudios geológicos y mineros efectuados, el programa global del Proyecto se encamina a optimizar un sistema de explotación de los yacimientos en ciclos continuos y eficientes, altamente mecanizados con el equipo más eficiente en el mercado, apoyado en una ingeniería de detalle para cada uno de los yacimientos.

Por otra parte, el sistema del proceso de concentración metalúrgica deberá ser altamente competitivo, a partir de la experiencia mundial de tres principales líderes, como son: *HKD Humboldt de Alemania, Kilborn, Inc. de Canadá y Sumitomo, Corp. de Japón*, con los que se tienen negociaciones muy avanzadas, en el proyecto de concentración y refinación metalúrgica para el grafito cristalino y el titanio, que se espera asimilar e innovar en el curso de un año.

Se debe hacer notar que desde que se inició la investigación del proceso metalúrgico para concentrar el grafito cristalino, se tropezó con el bajo nivel de recuperación del mineral y la deficiente experiencia que se tenía para el quebrado y sistema de flotación, que por fortuna se ha incrementado de un 70% a un óptimo del 94%, pero a costos substancialmente elevados, con grandes pérdidas de mineral hacia las presas de jales. Esta apreciación de la tecnología doméstica hizo recurrir a los países líderes como: Austria, Alemania, Japón, EUA, Brasil y Canadá con resultados sorprendentes e inusitados, para

proceder a obtener la tecnología existente en esos países, a fin de asimilarla e innovarla en los laboratorios de la CFM, próximos a los yacimientos.

Una de las grandes innovaciones que tendrá el proyecto y como resultado de las propias investigaciones realizadas por la firma *KHD Humboldt, de Alemania*, consistirá en la separación comercial del mineral de rutilo, una variedad de óxido de titanio ( $TiO_2$ ) que será separada de las "colas", después de las obtención de los concentrados de grafito cristalino, por medio de un proceso gravimétrico y magnético (*KHD, 1990*), ya experimentado. Será aplicado por primera vez en México, particularmente para yacimientos de grafito que anteriormente ni siquiera se había valorado, aún con los casi 40 años de experiencia en este tipo de mineral.

Otra tecnología que por primera vez será aplicada (*CESL, 1987*), para recuperar y concentrar el grafito cristalino, consistirá en la adaptación del proceso de flotación por *Column Cells* que ha tenido trascendentales innovaciones, al incrementar de **88%** hasta el **94%** la recuperación del grafito y lo que es más, enriquecer las hojuelas finas que antes eran desperdiciadas y difíciles de separar, teniéndose que tirarlas a los jales. Para el efecto de asimilación, se plantea llevar a cabo una investigación completa con la firma *Cominco Engineering Services Ltd.* sobre el proceso *Column Cell Technology* a fin de obtener resultados satisfactorios a corto plazo. Este mismo proceso se investigará para ser aplicado en la recuperación de rutilo, subproducto que se encuentra asociado al grafito.

Tal vez la tecnología de mayor importancia que *IMI* pretende asimilar para ser aplicada en los concentrados de grafito, se relaciona con la separación de los diversos tipos de grafito que pueden ser obtenidos de acuerdo al tamaño de la hojuela y pureza del mismo, a partir del proceso de purificación y refinación de los concentrados. Esta tecnología sólo pocos países la disponen, entre ellos Alemania, Japón, China y EUA, que consiste en disolver y separar las impurezas abrasivas de los concentrados con soluciones altamente cáusticas y ácidas, a fin de enriquecer el producto a más de **99.6%** de carbón libre. Con este proceso se le otorga hasta un **200%** de valor agregado a los concentrados y cuyo sistema (*Kowa Seico, 1993*), se investiga ya para cotizar su proceso por *Sumitomo, Corp.*

Es de hacer notar que cuando regularmente el producto se vende a granel sin especificaciones, se cotiza en un **50%** menos que cuando la calidad se garantiza con los índices de pureza, humedad, % del tamaño de las hojuelas, impurezas contenidas y los volátiles. Otra ventaja del referido proceso de purificación, se relaciona con el hecho de que la producción será diversificada con más de **80 tipos** debidamente especificados en calidad competitiva; en vez de los **6 tipos** que gene-



ralmente se obtienen de las plantas de beneficio de flotación convencional.

En cuanto al sistema de explotación de los yacimientos, se ha diseñado un proceso (Tamrock EJC, 1993), que será optimizado con el concurso del más eficiente equipo de extracción y arrastre. Como el sistema de explotación será a cielo abierto, en una región que se caracteriza por un relieve bastante accidentado, se abatirán las pendientes por un sistema de arrastre subterráneo, a partir de contrapoceras donde se vaciará el mineral hasta los túneles de arrastre, donde serán cargados los camiones de 40 T y de bajo perfil. El transporte será en rutas con pendiente no mayor al 3% de inclinación, monitoreada en todo su trayecto. Este sistema de explotación ha sido diseñado por IMI, con asesoría de la empresa TAMROCK de Finlandia, habiéndose ya cotizado el equipo y maquinaria más adecuada para abastecer una planta de beneficio de 1,500 a 3,000 T/d, en ambos yacimientos.

Como se podrá advertir, se tienen planeados los mecanismos para asimilar la tecnología no disponible en el país, a través de un grupo de recursos humanos que podrá analizar y experimentar los procesos metalúrgicos de las firmas líderes y más avanzadas en estos campos. Se debe enfatizar que si tratáramos de investigar y probar las experiencias, sin acudir a las firmas asesoras extranjeras, nos llevaría de 10 a 15 años obtenerlas y con resultados aún aleatorios. Por fortuna se cuenta con un amplio y bien montado laboratorio instalado en Oaxaca con equipo instrumental valorado en 10 M/Dlls., próximo a los yacimientos donde el grupo de IMI tendrá oportunidad de conocer y experimentar las más avanzadas tecnologías de punta, a fin de que la producción sea altamente competitiva en el mercado mundial.

### **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVERSIÓN**

Con el propósito de tener una idea sobre la inversión requerida del proyecto, en seguida se expondrán las 4 fases operativas de que consta; incluyendo la descripción general, así como la inversión de cada una de ellas, como sigue:

**I) Estudios de Viabilidad.** Consistió en la integración de la infraestructura básica, incluyendo, la geología regional y del propio yacimiento. También, la caracterización química y mineralógica de la roca encajonante del depósito; su distribución y las zonas de enriquecimiento, expresada con los contenidos mineralógicos obtenidos por medio de obras mineras ejecutadas expofeso. La determinación de las reservas positivas y potenciales, así como las zonas de mayor influencia minera para la localización estratégica y operativa de las plantas de beneficio.

Igualmente, los estudios metalúrgicos para determinar el proceso en general, de acuerdo a los contenidos medios e impurezas. Asimismo, se tiene definidas las zonas potencialmente explotables, en relación a su "cut off" y los límites estratigráficos y estructurales de la mineralización basado en el control geológico regional. El programa de obras mineras de exploración y desarrollo para preparar los cuerpos de mineral y las zonas de abastecimiento para alimentar las plantas de beneficio. El análisis de mercado y los precios prevaecientes con los pronósticos de sus futuras fluctuaciones, en relación con los países productores y consumidores de grafito cristalino y titanio. El Costo de esta inversión, fue de .....\$ 3 M/Dlls.

**II) Desarrollo y Preparación de los Yacimientos.** Consiste en el diseño e investigación del proceso de exploración, desarrollo y preparación para aplicar el programa de explotación óptimo; incluyendo la extracción y arrastre del mineral, hasta donde estarán instaladas las plantas de beneficio. También, la construcción de caminos de acceso, localización y aprovechamiento del agua de uso doméstico e industrial con represas y conductos adecuados, sin contaminación.

Esta fase comprende también el acondicionamiento de la zona donde se instalará la planta de beneficio; su patio de mina y la zona de quebrado. La construcción de oficinas y de laboratorios de análisis rutinarios y sistemáticos. En particular, la investigación y diseño para optimizar el proceso metalúrgico de las plantas de beneficio, con tecnología asimilada en nuestros laboratorios. Incluye también, la adquisición de equipo y maquinaria para la construcción de túneles de arrastre y preparación de los bancos de mineral, el acondicionamiento de presas de jales y su control ecológico para evitar la contaminación del medio ambiente y de los arroyos; asimismo, la construcción y acondicionamientos de campamentos para los trabajadores. Costo de esta inversión..\$ 13 M/Dlls.

**III) Instalación y Operación del Sistema de Explotación.** Con base en los estudios y trabajos antes descritos, comprende la fase de operatividad y desarrollo del yacimiento, así como la instalación de todas las partes que integran las plantas de beneficio de 1,500 T/d cada una y para cada yacimiento. La construcción de las obras civiles, como talleres, oficinas y campamento. La compra e instalación de los sistemas de quebrado, así como la compra de maquinaria, equipo de arrastre y cargadores de mineral. Igualmente, la construcción y acondicionamiento de las oficinas de ingeniería y administración de la planta, su laboratorio, taller, un almacén y zona de envasado, que incluya una zona de embarque, y el equipo de transporte al exterior. Es necesario enfatizar que la operatividad de la planta será automatizada y altamente mecanizada, con un sistema adicional de monitoreo para el control del proceso en toda su ruta, a fin de

obtener productos de calidad competitiva. El Costo de la inversión, es de.....\$ 42 M/Dlls.

**IV) Refinación e industrialización del Producto.** Comprende el tratamiento del proceso de purificación y refinación química de los concentrados de grafito cristalino y titanio, a través de una lixiviación ácida o cáustica para separar impurezas y elevar la pureza del Carbono y Titanio, a más del 99.6%, que vendría a representar la base de la industrialización de estos minerales. Este proyecto podría ser en gran parte autofinanciable, con los recursos generados de la propia venta de concentrados o por ventas anticipadas. La importancia de este proceso descansa en que la producción sería diversificada y con un valor agregado de hasta 200% en divisas, las que se podrían obtener de la venta de concentrados. La instalación de esta planta es factible para tratar los concentrados obtenidos de los dos yacimientos y con una proyección a largo plazo, si consideramos el potencial de las reservas disponibles para programas de más de 20 años. También implica duplicar y hasta triplicar las fuentes de trabajo, que necesariamente requieren conocimientos tecnológicos, aún no asimilados en nuestro país. El Costo de la inversión, es de.....\$17 M/Dlls.

Se debe de considerar que la labor de arranque de la II etapa, se iniciará con la ejecución de cortes y trincheras, así como de catas y pozos para determinar el volumen y Leyes de los principales cuerpos. Como la mineralización esta bien expuesta en el terreno, esta labor será rápida y efectiva, a fin de obtener la muestra de 100 T requerida para los estudios metalúrgicos, que serán enviadas a los 4 laboratorios ya calificados en experiencia para procesos metalúrgicos del grafito y titanio, como son: 1) *KHD Humboldt en Alemania*, 2) *Sumitomo, Corp. en Japón*, 3) *Kilborn y Cominco-CELS en Canadá* y, así como del *Centro Experimental de Sureste de la Comisión de Fomento Minero*.

Una de las grandes ventajas de este proyecto se relaciona con las variadas alternativas de inversión, al estar en condiciones de disminuir los fuertes gastos y costos sin perder los principales objetivos productivos y en gran medida, tratar de ser autofinanciables a corto plazo, escaladamente. Lo anterior se relaciona con la inversión, global de 75 M/D (570 millones de pesos), que pueden ser reducidos hasta en 30 M/D en el mejor de los casos, destinada para arrancar y operar económicamente un solo proyecto (La Escondida), a fin de no acumular pasivos, de excesivas cargas financieras y en prolongado tiempo. Estas posibles alternativas se discuten en el texto y se analizan en las tablas financieras de este estudio.

Las medidas que favorecen disminuir los gastos de inversión, se relacionan con el volumen del mercado y los riesgos que implican competir en un ámbito internacional, altamente competitivo durante su

apertura. También, por la firme posibilidad de reducir en los primeros 5 años de producción, las grandes inversiones requeridas para desarrollar, explorar y explotar con obra minera subterránea estos yacimientos, ya que se dispone de extensos cuerpos debidamente evaluados, accesibles y próximos a las plantas con arrastre del mineral a bajo costo y sin hacer grandes erogaciones. Cualquiera de estas alternativas serán consideradas, hacia los primeros 8 meses de arranque y previo al tiempo de la adquisición de las plantas y cuando se conozca la demanda y la potencialidad real del mercado.

Dentro de este contexto, resulta mucho más favorable y barato duplicar la producción hasta por 3,000 toneladas diarias, en un sólo yacimiento, implicando abatir considerablemente los costos de inversión, que instalar **dos plantas de 1,500 T/d** en cada uno de los yacimientos. Esta alternativa también está en consideración por IMI, para el caso que se obtenga una gran demanda de concentrados de grafito cristalino por los grandes consumidores mundiales. La decisión podrá ser tomada previa a la compra de las plantas, en lugar de duplicar los recursos de inversión en los dos yacimientos.

#### **PERSPECTIVAS DE MERCADO Y METAS DE PRODUCTIVIDAD**

La fuerte demanda del grafito cristalino en el mercado mundial, se debe a las propiedades físico-químicas del mismo, en una gran cantidad de aplicaciones y de otras, que están en proceso de investigación que incrementará aún más el requerimiento de esta materia prima hacia el próximo siglo.

Entre las propiedades que hacen a este mineral atractivo para diversos usos y aplicaciones, está en su elevado punto de fusión a los 3,500° C y el de ebullición a los 4,200°C, para ser el más alto alcanzado para metales y sus aleaciones conocidas. En presencia del oxígeno se inflama a los 620°-670°C, pero a temperaturas ordinarias es estable y químicamente inerte. Su conductividad térmica decrece con la temperatura y se considera de baja expansión termal, en comparación con los metales. En cambio, la conductividad eléctrica se incrementa a medida que aumenta su temperatura. Aunque su principal propiedad, radica en su insolubilidad en ácidos, de ahí que sea requerido en una gran variedad de aplicaciones; principalmente, por su resistencia a la corrosión-oxidación a temperaturas normales.

Dentro de sus diversas formas físicas en que se encuentra en la naturaleza, todo el grafito define estructuras cristalinas. Por el tamaño del cristal, el grafito natural se clasifica en amorfo, que refiere una granulometría muy fina ó microcristalina. El criptocristalino comprende una mixtura transicional entre el anterior y el cristalino; este último, consiste en un mineral tabular en forma de hojuelas que pueden ser identificadas a simple vista. Para los

propósitos de este perfil económico, se puede enfatizar que el grafito cristalino de los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*, es de buena calidad, pureza, de óptimo beneficio y ampliamente requerido en el mercado mundial por su carácter mineralógico similar al de Madagascar y China.

En la naturaleza el grafito cristalino aparece en contenidos de 1 al 9%, raramente excede del 10% y cuando se enriquece y sobre pasa este valor tiende a decrecer el tamaño de la hojuela y se convierte en criptocristalino con aspecto masivo. Cuando el grafito acontece en fracturas, el tamaño de la hojuela puede alcanzar de 2 a 3 cm y un enriquecimiento de más de 60%, pero difícil de extraer en grandes volúmenes para este mineral tipo Ceilán, a menos que sea despuntado a mano, para evitar pulverizar la hojuela. De esta forma, el grafito cristalino se cotiza por su naturaleza, pureza y tamaño de la hojuela, donde los precios y tarifas dependen de la demanda del mercado internacional.

El grafito cristalino de muy baja calidad, es aquel que tiene un alto porcentaje mayor de 90% de hojuela con -80 mallas y un límite de 80% de carbón fijo, que representa lo que se conoce como criptocristalino; en el mercado alcanza un precio óptimo de 400 Dlls/T, en su grado *fine crystalline* por su industrial demanda. No obstante, el valor del carbón fijo en los concentrados, puede elevarse desde los 85 al 99.6% hasta alcanzar por su pureza, precios de 1,100 a 3,500 Dlls/T.

En cambio, el grafito de hojuela grande denominado en el mercado *crystalline coarse graphite* tiene varias especificaciones. Las principales corresponden a las de tipo "A", "B" y "AB"; de estos concentrados, al ser separados, se obtienen varios subproductos más, que derivan hacia los tipos "C", "G", "F" y "O" que corresponden a productos residuales con finura granulométrica progresiva y que se valoran por su grado de pureza alcanzada en la concentración y ante su posterior refinación química de máxima pureza, próxima al 100%.

El grafito de hojuela +48 mallas tipo "A" y la de hojuela +100, tipo "B", así como la combinación de ambos tipos "AB", dependiendo de su grado de pureza; pueden alcanzar precios normalmente de \$950 a \$1,500 Dlls/T, al ser procesado su enriquecimiento, en más del 95%. Cuando los concentrados de grafito cristalino de hojuela fina, intermedia y gruesa se refinan con altos índices de calidad, el precio puede incrementarse hasta llegar a los 4,500 Dlls/T, en productos que tienen 99.6%, de pureza. Por esta razón, cuando se dispone de una gran producción y se tienen potenciales reservas como acontece para *Industria Minera Indio, S.A.*, se proyecta alcanzar la refinación de sus concentrados en el menor tiempo posible. No obstante, podemos concluir que el alto precio del grafito cristalino, en primer término

concluir que el alto precio del grafito cristalino, en primer término depende de la naturaleza geológica del yacimiento; del proceso tecnológico que se siga para obtención de los concentrados en particular y posteriormente, al tratamiento químico de una refinación final para otorgarle mayor valor agregado en el mercado; seguido de una industrialización específica para cada aplicación o fabricación de un producto.

Del proceso primario de concentración, se producirá grafito al 92-95% C con la experiencia metalúrgica realizada en los laboratorios de CFM, Voest Alpine y KHD Humboldt Wedag AG., donde se contempla obtener de la planta de beneficio diez productos básicos para obtener otros mediante mezclas. Estos tipos y especificaciones principales provienen de un mineral extraído, que parte de una relación de concentración de 33:1, como sigue:

**PRODUCTOS PRINCIPALES DE GRAFITO PRODUCIDOS EN MÉXICO**

TIPOS DE PRODUCTO PRIMARIO	CONTENIDO DE ENVASE	GRANULOMETRÍA MALLA TYLER	CONTENIDO DE CARBÓN EN % DE C. FIJO	HUMEDAD
PRODUCTOS BÁSICOS, CON 10 TIPOS GRANULOMÉTRICOS DIFERENTES				
Grafito Tipo "A"	30 kg.	+ 48, en 63%	89 a 90	0.3
Grafito Tipo "B"	30 kg.	+ 100, en 27%	94 a 95	0.5
Grafito Tipo "AB"	30 kg.	+ 200, en 38%	90 a 95	0.5
PRODUCTOS DERIVADOS, CON 10 TIPOS GRANULOMÉTRICOS DIFERENTES				
Grafito Tipo "C"	50 kg.	+ 60, en 27%	92 a 94	0.2
Grafito Tipo "G"	25 Kg.	-200, en 45%	92 a 94	0.2
Grafito Tipo "F"	10 Kg.	-400, en 90%	92 a 94	0.2

Como se sabe esta producción primaria, tiene amplia demanda en la fabricación de crisoles y refractarios, así como para lápices y aditivos. No obstante, el propósito principal de IMI será instalar una planta adicional de Refinación Química, para incrementar la variedad, pureza y grados de grafito cristalino, en relación a su granulometría como se especifica en las tablas de productos de exportación de China (China, 1986), y de Brasil (Brasil, 1990); únicos competidores de IMI y quienes han expresado públicamente su deseo de limitar sus exportaciones por las fuertes demandas del extranjero, debido a sus

fuertes consumos domésticos principalmente en la industria metalúrgica y siderúrgica interna que tienen.

Otro aspecto económico de gran importancia, relacionado con el proceso metalúrgico de estos yacimientos de *El Hielo y La Escondida* de la Mixteca Oaxaqueña, se debe a la presencia de titanio en la forma mineralógica de rutilo ( $TiO_2$ ) que incrementa la utilidad neta en un 1/7.26, para este subproducto en el mercado de México. El rutilo aparece finamente diseminado en la ganga de cuarzo, feldespatos y mica en contenidos variables de 0.5 a 1% para determinar un contenido medio de 0.8%. Esto implica que se podrá obtener una producción de unas 7,000 T de concentrado de rutilo en ambos yacimientos, a partir del millón de toneladas que se beneficiarán anualmente en las dos plantas. El valor de la tonelada de rutilo es del orden de unos 1200 Dlls/T al 90% de  $TiO_2$  y aparentemente toda la producción será consumida en el país, pues se importa un considerable volumen del extranjero.

Por consecuencia, podemos resumir que la producción comercial de IMI por concepto de ventas del grafito cristalino en concentrados y productos refinados, será del orden de \$56.7 M/Dlls; además, unos \$9 M/Dlls por la colocación comercial de titanio, para sumar \$65.7 M/Dlls, anualmente, partiendo de una producción diversificada en más de 80 tipos específicos.

Si por otra parte, consideramos que la preparación, desarrollo y producción de estos proyectos se llevan unos 18 meses para entrar en la fase de exportación sostenida hacia los 24 meses, o sea dentro de 2 años a partir del arranque; podemos enfatizar que toda la inversión de 75 M/Dlls, se amortiza en los primeros 4 años de producción sostenida. Estas relaciones de inversión económica y reembolso, hacia los 7 años desde el arranque del Proyecto, vienen a ser de las más bajas existente para desarrollo de complejos minero-metalúrgicos en el ámbito mundial, reconocidos por la gran demanda del mercado para el grafito y el titanio.

A lo anterior, habría que agregar la gran perspectiva que tiene la producción de concentrados y productos refinados en el contexto de la fabricación de materiales de uso doméstico e industrial que podrían desarrollarse paralelamente, a partir de los diversos grados y variedades de grafito que se obtengan de las plantas. Tales productos y aplicaciones son ampliamente conocidos, sin embargo, requieren programas de investigación de amplia cobertura para abastecer la demanda nacional y mundial. Entre los productos factiblemente fabricables, están: lápices, lubricantes, grasas, baterías, refractarios, aleaciones, moldes, ceras, pulimentos, crisoles, cepillos, electrodos, frenos, fibras, pinturas y plásticos, entre otros.

La producción mundial ha sido marcadamente limitada por la baja producción, para originar el incremento progresivo de su cotización. Actualmente, pocos países son potencialmente exportadores y compiten en el mercado en precio y calidad. Un análisis tentativo de requerimientos anuales y posibles exportaciones potenciales para los yacimientos de *IMI*, se describen en el siguiente cuadro, de acuerdo a los datos (Taylor, Jr. H. A., 1988), más recientes:

**POTENCIAL DEMANDA DE GRAFITO NATURAL Y EXPORTACIÓN DE  
INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A. de C.V.**

Sector Geográfico:	Requerimientos Anuales:	Exportación de <i>IMI</i> :
ASIA S. O. Australia	70,000 T	30,000 T
Europa	60,000 T	15,000 T
Sudamérica	12,000 T	5,000 T
U.S.A.	25,000 T	10,000 T
México y C. América	<u>6,000 T</u>	<u>6,000 T</u>
<b>Totales:</b>	<b>173,000 T</b>	<b>66,000 T</b>

Al respecto, se hace necesario mencionar algunos hechos de interés económico, relacionado con los principales países productores y exportadores de grafito, a fin de ubicar a México en el contexto de sus posibilidades futuras de exportación, hacia el próximo siglo XXI.

Actualmente hay una producción mundial de unas 85,000 T de grafito cristalino dentro de sus tres categorías de: criptocristalino, fino y grueso. Los principales países productores en orden decreciente, son: China (40%), Madagascar (16%), Ceilán (12%), Brasil (10%), Canadá (8%), Zimbabwe (6%) y México (4%), el resto lo conforman gran número de países cuyos yacimientos son pequeños, o de escaso volumen potencial, próximos al agotamiento, como son: Sur Corea, Corea del Norte, Noruega, Austria, Zambia, India, Rumania y Hungría con un 4% del total global.

Aunque en cierta medida la producción mundial está en situación fluctuante, existe progresivamente un incremento de consumo sostenido de un 2% anual. En estas condiciones, se espera que para el año 2000 se tenga una demanda global de unas 100,000 T de las cuales México podría abastecer un 30%, en condiciones competitivas y con especificaciones diversificadas para el mercado mundial.



Esta posibilidad se basa en que el principal exportador que es China, ha manifestado el deseo de disminuir sus exportaciones por la gran demanda de consumo interno y con la finalidad de conservar sus reservas, a efecto de otorgarles mayor valor agregado a sus concentrados.

El segundo gran productor que es Madagascar, lleva más de un siglo exportando grafito cristalino, pero sus yacimientos están agotados y los costos de explotación se han incrementado al grado de no ser competitivos, al extraer mineral con obras subterráneas. Sri Lanka (Ceilán) mantiene una producción fluctuante y limitada de grafito criptocristalino, que no compete en el mercado por el escaso tamaño de su hojuela. En cambio, Brasil por su alto consumo interno limita su exportación y sobre todo porque es de cristalización fina en más del 96% aunque diversificada para su consumo. El caso de Canadá, al emerger como potencial exportador, por los altos recursos que ha destinado a la exploración y a la incorporación de avanzadas tecnologías para competir en el mercado, aún se desconoce el potencial de sus reservas, aunque en el futuro podrá abastecer hasta un 20% del consumo mundial. En cuanto a Zimbabwe, se piensa que se sostendrá con la misma producción, que es más bien baja.

Dentro de este panorama resalta el hecho de que no obstante que Japón, Alemania y EUA que no producen unan tonelada de grafito cristalino en minas de su territorio, sean los principales exportadores del comercio mundial debido a sus grandes compras de grafito a granel y sin especificaciones de calidad. En estas condiciones, estos países lo refinan y clasifican en diversas calidades que son requeridas por los países consumidores, pagando costos de purificación química que elevan su precio hasta en un 200%.

Entre los países importadores de grafito cristalino, destaca en el mercado internacional el Japón que por si sólo, consume el 45% de la producción mundial, seguido de Alemania con un 30% y EUA con un 20%, dentro de una producción muy diversificada de más de 80 variedades y tipos comerciales, ampliamente requeridos en el mercado. El bajo consumo de los EUA, se debe a que ha tenido que recurrir a la fabricación de grafito sintético o manufacturado, aún a los elevados costos requeridos para sustituirlo (Taylor, Jr. H. A., 1988), ante la necesidad de un abastecimiento seguro para múltiples aplicaciones, que no los resuelve tan bien como el grafito natural, en usos como: moldes, fundiciones, lubricantes y otros productos.

## **BENEFICIOS ESPERADOS**

Sin duda alguna, las grandes ventajas que se tienen para la planeación, desarrollo, preparación y explotación de los dos yacimientos de este Proyecto, se relaciona con la existencia de una gran infraestructura instalada para alcanzar resultados satisfactorios a corto plazo y con gran ahorro de recursos. De una manera enunciativa y no limitativa podemos mencionar la existencia de planos topográficos de alto índice de precisión y calidad, a escala 1:50,000, editados por el INEGI. Se cuenta además, con las líneas trifásicas de alta tensión de la CFE, próximas a los yacimientos. El acceso por caminos de brecha y de fácil acondicionamiento, que enlazan a la carretera federal Oaxaca-Tehuacán y que comunican en hora y media con la Cd. de Oaxaca, es otra ventaja.

Desde 1982, fecha que se iniciaron los estudios geológicos, mineros y metalúrgicos se ha consolidado una extensa infraestructura técnica y experimental que es difícil valorar por tratarse de una investigación científica, precursora y de gran apoyo para la explotación y producción. Actualmente, contamos con los *Estudios de Viabilidad* para cada uno de los dos yacimientos que consisten, en: I). *Estudios de Mercado*; II). *Estudios Geológicos Regionales*; III). *Geología de los yacimientos*; IV). *Estudios Minero-Metalúrgicos*; V). *Ingeniería del Proyecto, con sus Conclusiones y Referencias Bibliográficas*, respectivas. El monto de inversión de estos estudios ha sido de 3 M/Dlls.

Es de hacer notar, que debido a gestiones directas con empresas transnacionales, hemos recibido importante información sobre demanda y mercado internacional; difícil de obtener a través de la literatura técnica y bibliográfica, por tratarse de información confidencial no publicada. Esta información se ha cotejado con diversos importadores y productores para confirmar la fuerte demanda cotizabile que tendrá el grafito cristalino en el futuro, con escasos países productores.

La experiencia técnica y experimental del proceso metalúrgico y calidad del grafito cristalino y el titanio, se ha obtenido de las siguientes fuentes, a nivel de laboratorio, planta piloto y tratamiento industrial de beneficio, como son: Voest Alpine, de Austria; Nichimen y Sumitomo, de Japón; KHD Humboldt Wedag AG., de Alemania; Kilborn, Inc., de Canadá; Outokumpu Oy de Finlandia, así como del Consejo de Recursos Minerales, de la Comisión de Fomento Minero y Grafito de México, S.A., de México. Al estimar esta asistencia de ayuda extranjera, se puede valorar del orden de \$ 600,000 Dlls. que de alguna manera significa un avance de promoción para las exportaciones.

Es importante mencionar que se cuenta con el gran centro de laboratorios y planta piloto de la *Comisión de Fomento Minero*, con instalaciones del orden de 10 M/Dlls, a 25 Km. de nuestros yacimientos, en donde se procederá a realizar el grueso de la investigación científica y las metalúrgicas. Sin embargo, por estudios adicionales efectuados en Alemania, se probó la existencia de  $TiO_2$ , en concentraciones económicamente recuperables como subproducto. Por consecuencia y en vías de optimizar el proceso, se requiere la participación competitiva de otras firmas técnicas, como son: *KHD Humboldt Wedag AG.* y *Kilborn, Inc.*, que por reglas de eficiencia e innovación tecnológica, son imprescindibles para determinar el diseño y construcción de las plantas de beneficio. El estudio de caracterización y proceso metalúrgico, que incluye las constantes y porcentajes de recuperación, tendrá un Costo de 300,000 Dlls., aproximadamente por cada firma.

Debemos señalar, que toda esta infraestructura beneficiará al Proyecto, en la medida de la disponibilidad de los recursos económico-financieros que se canalicen, dado el gran valor que representa para el desarrollo regional y económico del estado de Oaxaca. Esto también favorecerá que a corto plazo, los costos de inversión y de desarrollo sean reembolsables y en más del 30% menor, que las inversiones erogadas para otros proyectos similares del extranjero.

No obstante que la zona donde se encuentran ubicados los yacimientos tienen un relieve sumamente accidentado y de hecho algo aisladas, son de fácil acceso a través de caminos sinuosos conservables en cualquier época del año, distantes hora y media de la Cd. de Oaxaca, en promedio; aunque se trata de caminos vecinales de terracería, estrechos y de fuerte pendiente deberán ser acondicionados, para efecto de garantizar la seguridad del Proyecto.

La región de la Mixteca, donde están enclavados estos depósitos de grafito cristalino y titanio, como gran parte del estado de Oaxaca, constituye una de las regiones de mayor atraso económico del país; en particular, debido a lo accidentado del terreno. De hecho, la explotación de la madera y los hornos para hacer carbón, representan las escasas fuentes de trabajo, a partir de coníferas, pináceas y encinos, de muy limitado ingreso para los pueblos mixtecos. La escolaridad es muy deficiente por las distancias que tienen que recorrer los niños en edad escolar y con muchas penurias alimenticias para asistir a clases, que escasamente llega al sexto grado de primaria; aunque en el Centro de Santa María Peñoles funciona una Secundaria desde hace 10 años, así como un albergue escolar para los escolares más pequeños de la región Mixteca, donde se ubica el yacimiento *El Hielo*.

Por otra parte, hacia el yacimiento *La Escondida* que es de fácil acceso por la carretera federal Tehuacán-Oaxaca, no cuenta con camino directo y esta algo aislado, pues su centro de población más cercano lo constituye la Estación de San Sebastián Sedas, del Ferrocarril México-Oaxaca, ubicada a unos 2 Km. al Sur, pero con acceso por estrechas veredas debido a lo accidentado del relieve topográfico. Sin embargo este yacimiento dispone hacia su parte media, la favorable localización de la propia *Estación La Escondida*, que por unos 50 años ha estado abandonada por falta de servicio y de utilidad pública.

Queda por agregar que este importante Proyecto minero-metalúrgico será el de mayor alcance en la parte meridional de México, ya que en su fase de arranque e instalación dará ocupación a cerca de 400 trabajadores de la comunidad indígena, e indirectamente, a 800 trabajadores en los dos Proyectos durante la etapa operativa, entre otras actividades necesarias de capacitación y relacionadas con programas de ampliación.

Al concluir la instalación de las plantas de beneficio y dentro de su sistema de operación productiva, se espera dar ocupación permanente a unos 200 trabajadores y a otros 800 en forma indirecta. Hacia su segunda etapa de ampliación industrial, es posible considerar que el personal se incremente al doble, el que se espera sostener por un período de más de 30 años. Es de considerar que todo este personal dedicado a la operación minera y metalúrgica, así como el destinado al proceso de industrialización, será entrenado y capacitado por la propia empresa *IMI*.

La razón principal por la cual el Proyecto global con inversión de **75 M/Dlls.**, tiende a desarrollarse paralelamente en los dos yacimientos, obedece a la impostergable necesidad de contar con la instalación de la planta de refinación química, que requiere suficiente producción de concentrados para su alimentación sostenida, proveniente de las dos plantas de beneficio instaladas en cada yacimiento, como es El Hielo y La Escondida.

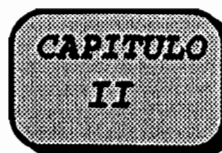
Dentro de este planteamiento general del Proyecto por etapas, hasta alcanzar la refinación e industrialización del producto, se podrán resumir las partidas presupuestales. Es de considerar que de los **75 M/Dlls.** estimados para la inversión integral del Proyecto, se requerirán 20 M/Dlls. para capital de trabajo relacionado con el desarrollo y ejecución de obras mineras y la instalación y arranque de las plantas de beneficio. Los 55 M/Dlls, restantes del capital de los accionistas, serán para cubrir la compra de equipo y maquinaria en el extranjero, de donde se cuenta con ofertas de financiamiento con tasas del **6 al 8%**, lo que representaría un ahorro sustancial en impuestos, también para el capital complementario.

El plazo de amortización (depreciación) sería de 7 años, a partir de la entrega de los primeros 10 M/Dlls. aportados por los accionistas para el arranque del Proyecto, que obviamente forma parte de los 20 M/Dlls. referidos en el párrafo anterior. El plazo de recuperación de la inversión (payback), de 4 años, se puede reducir con ventas anticipadas tramitadas a través de BANCOMEXT. A estas alturas es difícil predecir la forma de pago rutinario y sistemático con que IMI puede cubrir su pasivo; sin embargo, una formalidad de pago, podría establecerse al integrar todo el pasivo que se tenga a tiempo de iniciar la producción y ventas al extranjero, en los 30 meses previstos y promediar pagos mensuales y constantes en los 7 años de plazo de la amortización referida.

La forma de ofrecer las garantías solicitadas por el capital privado, la banca intermediaria y/o extranjera, podrá ser cubierta por los activos que se generen del Proyecto mismo, incondicionalmente. Es de enfatizar que la nueva política financiera del país, debe apoyarse y ser garantizada no sólo con los activos, sino con todos los recursos generados por el Proyecto mismo; esto es, por las reservas de mineral comercialmente explotables bajo la inversión realizada.

Existen varios motivos macroeconómicos de interés. La fundamental estará relacionada con el ingreso de divisas fuertes al país, dado que las operaciones de IMI serán en dólares. Otro importante factor, será el de incorporar a la economía industrial del país un amplio sector de la Mixteca Oaxaqueña, sin duda alguna la región de mayor atraso socioeconómico que aún prevalece. Una más, sería incorporar y asimilar tecnologías de punta y de grandes innovaciones que implicarían actualizar el nivel industrial de los países más desarrollados. Finalmente desarrollar y capacitar la economía industrial del Edo. de Oaxaca, que con otras alternativas, incluyen la fabricación de productos basados en la materia prima del grafito y el titanio, aún en fase de investigación.

## INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA



### GERENCIA DEL PROYECTO

El responsable directo de todas las actividades del Proyecto será la empresa *INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A.*, en donde los propios concesionarios de los fondos, integran más del 85% de las acciones de esta firma, que a la vez fungirá como usuario de las tecnologías que sean asimiladas del extranjero, para efecto de hacer competitiva la producción comercial de *IMI*, en el ámbito internacional.

Los objetivos fundamentales del usuario, están debidamente precisados en el Acta Constitutiva. Sin embargo, de una manera general pero no limitativa se podrá mencionar que la actividad principal de *IMI* es la industria minero-metalúrgica en general y por lo mismo, podrá ejecutar cuantos actos sean necesarios o conducentes a la realización de ese objeto. Por consecuencia, las respectivas funciones y actividades de *IMI* podrán ser reconocidas en los 16 puntos descritos en la referida Acta y Reglamento, agregado en el apéndice "A" del Testimonio.

Para fines de control administrativo y productivo, cada yacimiento será operado en forma independiente, donde *Industria Minera Indio, S.A.*, actuará como promotor y responsable del financiamiento crediticio. También como representante comercial y ejecutivo de todo el Proyecto; incluyendo el desarrollo técnico y gestor ante las firmas interrelacionadas con el mismo, para la fase productiva, conforme al siguiente organigrama. (Lámina 1.)

Como la inversión se destinará a dos yacimientos similares en cuanto a características geológicas y mineralógicas, se tendrán las mismas actividades dentro de una misma organización, que redundará en fuertes ahorros administrativos y de experiencia técnica, para su desarrollo de producción industrial paralela.

**ORGANIGRAMA DE INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A. de C.V.**

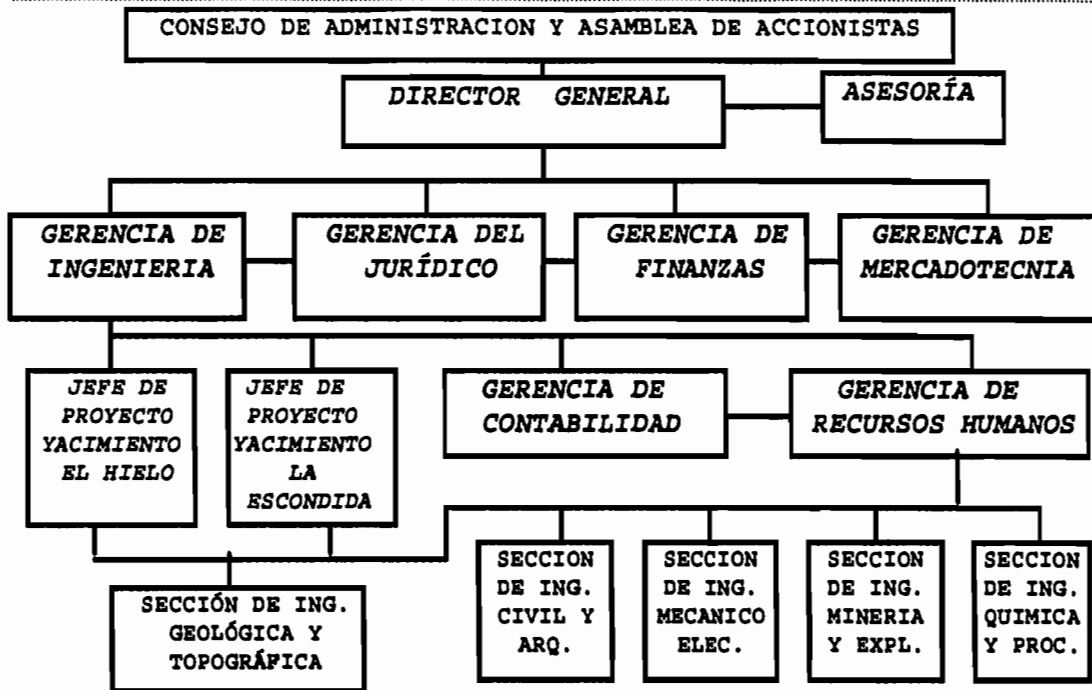
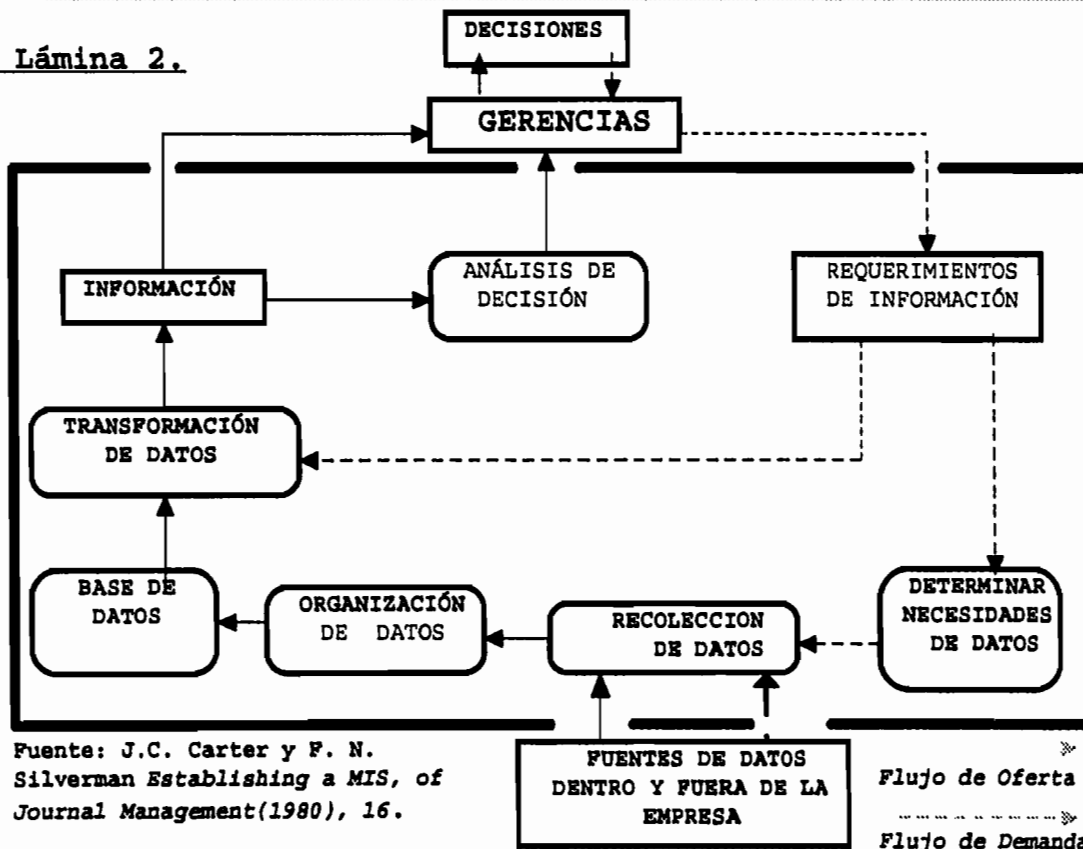


Lámina 1.

**ORGANIGRAMA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL**

Lámina 2.



Fuente: J.C. Carter y F. N. Silverman Establishing a MIS, of Journal Management(1980), 16.

## ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Durante la fase de ejecución de los *Estudios de Viabilidad*, la planta operativa de la empresa fue de un máximo de 30 trabajadores y 6 más, de empleados administrativos; o sea, se integraba en tamaño referido como pequeña o chica; condición que prevalece hasta el presente. En cambio, en la etapa de arranque su planta laboral será incrementada a un máximo de 200 trabajadores, incluyendo empleados administrativos en sus respectivas especialidades. Es de considerar que uno de los objetivos que persigue *IMI*, al asimilar e innovar la tecnología de punta del extranjero, es llevar a niveles altamente mecanizados y automatizados todo el sistema de explotación del proceso metalúrgico que se pondrá en marcha, tendiente a la diversificación de los concentrados.

Adicionalmente, la planta laboral será incrementada con otros 60 trabajadores y empleados, destinados al proceso de purificación del grafito cristalino, en una planta de refinación química que será alimentada con la producción de concentrados de las dos plantas de beneficio. Por otra parte, el personal técnico y administrativo, podría incrementarse con el proceso de enriquecimiento pirometalúrgico para purificar el titanio, implicando unos 25 trabajadores más

Probablemente, el renglón que pueda incrementar ostensiblemente la planta laboral de *IMI*, estará relacionado con la fase de industrialización del grafito cristalino y el titanio, dentro de una fase de actividad de investigación y altamente especializada en la tecnología de aleaciones metálicas, donde se tenga una base laboral de unos 150 empleados, técnicos e investigadores. De esta exposición general, se podrá inferir que todo el Proyecto debidamente integrado, será de más de 435 empleados, entre trabajadores técnicos, investigadores y administradores, basados en el Proyecto de *IMI* que incluye ambos yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*.

Las plantas de beneficio estarán ubicadas dentro de los propios fundos mineros y a pié de mina, en lugares que han sido preliminarmente identificados y definidos, respectivamente en los municipios de *San Fco. Telixtlahuaca* y *Santa María Peñoles*, Edo. de Oaxaca. Se tiene contemplado instalar oficinas en la Cd. de Oaxaca, así como un Centro de Investigación en un punto estratégico, situado entre los yacimientos y próximo a la propia *Ciudad de Oaxaca*.

Para lograr la mayor eficiencia de las actividades de *IMI*, es imprescindible definir con claridad las funciones gerenciales. Cada una planificará sus actividades y aportará información periódica al *Sistema de Información Gerencial (SIG.)* instalado en las oficinas centrales de la empresa. ( *Lámina 2* ).



## **FUNCIONES GERENCIALES**

**A. La Gerencia de Recursos Humanos.** Se encargará de los programas de selección y adaptación del personal a la vida laboral de la empresa. De manera permanente organizará actividades de mejoramiento del nivel profesional de los trabajadores. De esta forma aportará a la Sección de Informática los resultados de evaluación de las solicitudes de empleo, historiales laborales y de desempeño.

**B. La Gerencia de Ingeniería.** Será la responsable del control de los procesos de producción y optimización de los recursos, tendientes a minimizar los costos; incluye: actividades de planeación, control, diseño de rutas críticas, distribución de las cargas de trabajo, programación de actividades, acciones correctivas de medición y regulación. Participará en el control e inspección de los equipos y materiales que entreguen los proveedores. En forma permanente llevará controles de recepción de materias primas y equipo. Proporcionará servicios de conservación y mantenimiento del equipo operativo. Implementará todos los mecanismos necesarios que garanticen la seguridad, salud y bienestar de los trabajadores.

Una vez iniciada la *Etapas de Desarrollo y Preparación de los Yacimientos*, se inventariarán los recursos naturales y se analizará el disturbio que se ocasionará al entorno ecológico de la zona, programando las alternativas de rehabilitación. Su tarea prioritaria es la rehabilitación de la superficie afectada en condiciones productivas iguales o mejor a la que poseía originalmente, actividad que debe ser acorde al plan de explotación minera.

La gerencia de Ingeniería se dividirá en cinco departamentos:

a). Ingeniería topográfica y geológica. b). Ingeniería civil y arquitectura. c). Ingeniería mecánica y eléctrica. d). Ingeniería minera y explotación, y e). Ingeniería química y de proceso.

**C. La Gerencia de Mercadotecnia.** Esta área se responsabilizará de la comercialización y distribución de los artículos producidos por la empresa. Mantendrá los inventarios requeridos en los centros de comercialización. Llevará control de los pronósticos de ventas, presentación del producto, control de pedidos. Mantendrá comunicación constante con el cliente, determinando sus necesidades y características. Realizará la evaluación y seguimiento permanente a los compromisos y contratos comerciales. Tendrá control sobre la información de calidad, cantidad, precio, fechas de entrega. Desarrollará análisis para reducir tiempos y costos de envío de los productos, valoración de precios, distribución y vías de comunicación, investigación permanente

de mercados, investigación para la introducción de nuevos productos, control de marca, empaque y promoción de la demanda y publicidad.

**D. La Gerencia de Ingeniería Financiera.** Investigación de nuevos Proyectos de inversión, selección de fuentes externas de financiamiento, participación en sociedades de inversión de capitales, integración de portafolios de inversión, selección de empresas de adquisición, análisis de fusión con otras empresas, cálculo del valor de la empresa, fijación de los precios de las acciones, opciones y obligaciones y su volumen de emisión, reestructuraciones financieras, capitalización de pasivos, análisis de asociaciones corporativas, análisis de escenarios y riesgo, determinación del nivel óptimo de apalancamiento, implicando análisis de la rentabilidad de Proyectos.

**E. La Gerencia de Contabilidad.** El control de costos operativos, de almacenamiento, transporte y comercialización; cuentas por pagar, cuentas: de clientes, de servicios(luz, agua y predial), nominas, seguimiento continuo de inventarios y su análisis. Control del pago de impuestos, proporcionará Estados Financieros. En cada planta minero-metalúrgica se integrará un sistema de computo para registrar, clasificar y resumir los resultados de las operaciones. La información se transmitirá por satélite o vía telefónica a la base de datos de la oficina central.

**F. La Gerencia del Jurídico.** Será representante legal de la empresa ante entidades administrativas y judiciales. Dará apoyo y asesoría a las unidades departamentales, a fin de que se de cumplimiento de las Leyes, normas y reglamentos inherentes a las actividades de la empresa, como las de: Construcción, de Trabajo, del Transporte, de Exportación-Importación, Fiscales, Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Llevará el control y seguimiento de los requerimientos para sostener las concesiones mineras, la compra y arrendamiento de activos. Será responsable de la tramitación y control de permisos, licencias y registros federales, la formulación, revisión y dictaminación de contratos. A solicitud de los vendedores procederá a la investigación de la capacidad de crédito del cliente y su clasificación con el propósito de fijar las tasas del crédito y su clausulado.

#### **Sección de Informática.**

Cada gerencia establecerá los requerimientos de información y estos deberán ser acordados con la sección de informática en relación a sus fuentes, organización y tiempos. El personal de esta área se encargará en el acopio, selección y difusión de la información a fin de que sea relevante, confiable y oportuna, y de menor costo.

## ACTIVIDAD Y LIDERAZGO

Los informes generales de la empresa, se determinan por los siguientes datos de identificación que se formulan de acuerdo a su acta constitutiva; los registros legales y comerciales, como sigue:

Nombre de la Empresa: *INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A. de C.V.*  
Dirección: Paseo de la Reforma 604-2102 P.H., C.P. 06900, Méx. 3. D.F.

La identificación Comercial, tiene Cédula de R.F.C. clave *IMI 841212 QZO*. Está inscrita en el *Registro Público de Comercio*, en el Folio Merc. No. 78,002. Cuenta además, con Reg. Público de Minería: No. 4/3354, en la *Dirección General de Minas* de la *SEMIP*.  
*Todos los accionistas ostentan la nacionalidad mexicana.*

La actividad ejecutiva de *IMI*, se rige por las propias *CLÁUSULAS* inscritas en el Testimonio del Instrumento, que contiene: Constitución de Sociedad, que se denomina "*INDUSTRIA MINERA INDIO, SOCIEDAD ANÓNIMA DE CAPITAL VARIABLE*".

El objeto de la sociedad será la industria minero-metalúrgica en general y por consecuencia, podrá ejecutar cuantos actos sean necesarios o conducentes a la realización de este objetivo, o que se relaciona con el mismo, con capital social: \$ 2'000,000 M.N. mínimo y máximo, ilimitado, a la fecha de su constitución el 11 de diciembre de 1984.

Las actividades y objetivos, están inscritas en los 16 puntos de los *ESTATUTOS* de la mencionada sociedad, los que están agregados en apéndice bajo la letra "A", que se avala con la copia del acta constitutiva que se anexa al presente.

La intervención con otras empresas, se relaciona con la experiencia tecnológica y comercial para desarrollar el Proyecto, con todas y cada una de las firmas que intervienen; o bien, las que están interesadas en la compra de la producción de grafito cristalino y titanio, como sigue:

**FIRMAS PARTICIPATIVAS PARA LA EXPLOTACIÓN,  
INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL GRAFITO Y  
TITANIO**

- **Voest Alpine, de Austria**, especializada en tecnología del grafito.
- **KHD Humboldt Wedag AG**, de Alemania, especializada en metalurgia.
- **Kilborn, Inc., de Canadá**, especializada en metalurgia.
- **Sumitomo, Corp. de Japón**, empresa transnacional en comercio.
- **Nichimen, Corp. de Japón**, empresa transnacional de tecnología.
- **Outokumpu, Group Oy, Finlandia**, Empresa minera-industrial.
- **Tamrock, Inc., Finlandia**, empresa fabricante de equipo minero.
- **Superior Graphite, Co., EUA**, industrializadora del grafito.
- **Cominco Engineering Services Ltd., Canadá**, consultora metalúrgica.
- **Spaeter, Huttenbedart, de Alemania**, comercio de materias primas.
- **Industria Peñoles, S.A., de México**, comercializadora de minerales.
- **Comisión de Fomento Minero, de México**, Institución Financiera y de Laboratorios

**INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA Y COMERCIAL**

Es de considerar que una de las grandes ventajas que dispone este Proyecto, se relaciona con la gran infraestructura instalada y existente en la región para la debida explotación económica de estos yacimientos, como son, los numerosos caminos de acceso de terracería, aunque de fuerte pendiente se transitan todo el año. También, se cuenta con el agua necesaria y requerida en abundancia, a fin de llevar a cabo el proceso metalúrgico del mineral grafitico y titanífero. Además se dispone de corriente trifásica próxima a los yacimientos, lo que facilitará la instalación de subestaciones para el debido control del potencial eléctrico requerido. También, la accesibilidad de mano disponible y barata, o en condiciones competitivas para el desarrollo del Proyecto.

Probablemente la mayor y más importante infraestructura básica que dispone este Proyecto se relaciona con los grandes laboratorios del Centro Experimental del Sureste, en San Lorenzo Cacaotepec, Etna, Oaxaca, de la Comisión de Fomento Minero, los que se encuentran en un punto intermedio de nuestros yacimientos y donde se llevará a cabo la investigación y toda la fase experimental, incluyendo la asimilación e innovación de la tecnología del diseño metalúrgico de las plantas, cuya inversión existente implica de 8 a 10 M/Dlls. de equipo e instrumentación, disponible para el arranque de este Proyecto.

Otra importante infraestructura disponible y que significa una gran inversión de tiempo y recursos, se relaciona con los planos topográficos y de suficiente exactitud para los trabajos geológicos y mineros que hemos estado realizando, a partir de la cuadrícula de *INEGI*, a escala 1:50,000 y que sin perder detalles pueden ser ampliados a una escala topográfica de 1:500, con un ahorro sustancial de inversión económica para el programa de trabajo ya elaborado.

Otro aspecto de gran interés económico y de la infraestructura básica, se relaciona con el Depto. de Ingeniería sobre la geología regional y de los yacimientos, particularmente para desarrollar y explotar estos depósitos, pues se cuenta con el debido control estratigráfico y estructural de la mineralización, lo que ha permitido estimar con cierto grado de exactitud, el potencial de las reservas favorablemente explotables a corto, mediano y largo plazo. De tal modo, que ya se dispone de un diseño general para optimizar el sistema de extracción del mineral, al menor costo posible y en ciclos de arrastre directo hasta las plantas de beneficio. Durante esta fase hemos sido asesorados por la firma *Tamrock de Finlandia*, una de las empresas líderes en la fabricación de equipo y maquinaria para la exploración y explotación de yacimientos.

Es de enfatizar que el cuerpo técnico de *IMI*, a través de los intercambios de información y los estudios de investigación realizados en los laboratorios de las empresas antes referidas, ya dispone de un programa general para el diseño de plantas de beneficio de acuerdo al tonelaje de molienda, la producción media sostenida, el mercado y los precios; también se analizan opciones para abordar los problemas de purificación y diversificación de la producción de concentrados y su refinación posterior, con tecnología avanzada y condensada en los respectivos *Estudios de Viabilidad*, realizado por *IMI* durante 5 años.

Tratando de obtener un dato concreto sobre el flujo de efectivo por concepto de ventas anuales que se espera producir, a partir de las dos plantas de beneficio de **1,500 T/d** de molienda instaladas en cada uno de los yacimientos, podemos partir que se esperan ventas anuales de entre 64 a 66 M/D, considerando que la producción del grafito y titanio sea de alto nivel competitivo en el mercado y diversificado en cuanto a calidad y pureza, para los numerosos tipos de productos requeridos por los consumidores. Para los propósitos de evaluar el flujo de efectivo de este Proyecto, se podrá considerar ventas anuales promedio de 65 M/D, de los que un 17% sería destinado al pago del pasivo; otro 42% dedicado al sostenimiento de la planta productiva y, el 41% restante, para la ampliación de los sistemas de calidad industrial en un esquema de producción con máximos índices de valor agregado.

Básicamente *IMI* no desconoce la problemática tecnológica con la que se tiene que enfrentar, de ahí que su objetivo inmediato se concentra en establecer contacto con las firmas líderes en los campos de su competencia, a fin de asimilar las tecnologías y las innovaciones de las mismas para ponerlas en práctica en sus Proyectos. Debemos estar conscientes que la carencia de tecnología de punta y competitiva, nos orilla a que sea requerida del extranjero. Experimentarla y generarla en México, nos llevaría a un desgaste innecesario y rezagar el Proyecto a un período más largo del que hemos padecido, amén de que nuestra producción sería dudosamente compatible en el extranjero para originar pérdidas impredecibles, que por desgracia son comunes en el país por falta de calidad y mercado.

*IMI* es compatible en tecnología de exploración geológica y explotación minera, así como en ciertas fases del proceso metalúrgico; pero reconoce sus deficiencias en el sistema de flotación, refinación y tecnología de aleaciones metálicas, en relación con las grandes innovaciones desarrolladas en el extranjero, que constituyen la excelencia metalúrgica de las firmas líderes anteriormente referidas. No debemos soslayar la falta de experiencia en los campos que desconocemos, de lo contrario corremos el riesgo de no ser competitivos en el mercado mundial y sufrir lamentables pérdidas como se aprecia actualmente por el bajo nivel competitivo de México, a falta de renovación tecnológica competitiva.

En consecuencia, asimilar la experiencia extranjera y adaptarla a los requerimientos del Proyecto, significará un sustancial ahorro de tiempo y de recursos hacia el futuro. Lo anterior, de ninguna manera implica que *IMI* no desarrolle su propia tecnología; sino al contrario, se innovará y tratará de perfeccionar la que se importe, pues se cuenta con un importante y bien montado laboratorio para el objeto.

Es de considerar que paralelamente al proceso de importación y asimilación de la tecnología extranjera, *IMI* programa el control vital del proceso de calidad, que está concatenado a la capacitación de los recursos humanos, asistidos por asesores y expertos extranjeros, en las propias instalaciones de esta empresa. Al respecto, *IMI* actualmente contempla la capacitación de los recursos humanos como una solución prioritaria a corto plazo, particularmente en los renovados sistemas de flotación por *Column Cells Technology*, así como de la producción diversificada de las plantas químicas de refinación, consistente en una extensa variedad de productos de alta calidad.

## **ESTRATEGIA EMPRESARIAL**

Este Proyecto tuvo su inicio a principios de la década de los 80's al conocer los detalles de arranque y nivel operacional del interesante Proyecto de la Mina de La Cucharita, ubicado unos 4 Km. al Norte del poblado de San Francisco Telixtlahuaca, localizado a 30 Km. al Norte de la Cd. de Oaxaca, en donde se instaló hacia 1981 una planta de flotación de 200 T/d. Si bien esta planta fue instalada para operar un pequeño yacimiento de 2 M/T y adaptada a un sistema convencional, su escasa producción y su diseño no le ha permitido diversificar su producción por falta de tecnología. Recientemente y hacia 1990, su producción fue ampliada a 500 T/d; su eficiencia del proceso tuvo significativos progresos, produciendo de 6 a 8 variedades de concentrados que alcanzan entre el 92 al 95% de C., pero con elevados costos del proceso y un bajo volumen de recuperación; no obstante que las Leyes de las cabezas se redujeron de 4.2% a 3.4%, para ampliar y aprovechar las reservas de contenido crítico, del orden de 3% de carbón. Se debe reconocer que esta planta de tipo semi-industrial, no ha obtenido pérdidas y ha resultado un importante laboratorio para el proyecto industrial de IMI, por la gran experiencia metalúrgica y comercial obtenida de esta mina. La simple relación de producción define y establece la bondad y factibilidad de nuestro proyecto, a corto mediano y largo plazo.

Al definir la extensión y reservas mineras en cada yacimiento se planteó el programa presupuestal para la ejecución operativa de los Estudios de Viabilidad. Las partidas presupuestales se desglosan por separado de acuerdo a las actividades inherentes en los dos Proyectos por ser análogas, como sigue:

### **IMPLEMENTOS PARA LA EJECUCIÓN OPERATIVA DEL PROGRAMA MINERO-METALÚRGICO**

- I)- Maquinaria y Herramientas.
- II)- Equipo de Transporte.
- III)- Personal Técnico Administrativo: Salario Anual, Mensual y con Prestaciones de la Ley.
  - A)- Gastos de Administración.
  - B)- Gastos de Mano de Obra.
- IV)- Mobiliario de Oficina y Equipo de Ingeniería.
- V)- Investigación, Desarrollo, Evaluación y Diseño de los Proyectos.
- VI)- Terrenos, Concesiones y Obras Civiles.
- VII)- Instalaciones de Plantas Industriales y Laboratorios.
- VIII)- Escalación.
- IX)- Estudios de Viabilidad.
- X)- Imprevistos.

**ESTRATEGIAS OPERATIVAS DE LA EMPRESA**

- 1). **Producir una calidad de productos por lo menos iguales a las especificaciones comerciales mundiales. La línea de productos puede diversificarse para atender necesidades de mercado.**
- 2). **Obtener la eficiencia máxima de producción con los niveles más altos de calidad, minimizando los costos unitarios y maximizando las utilidades.**
- 3). **Las instalaciones serán similares a las plantas más avanzadas con técnicas de control estadístico del proceso.**
- 4). **Código de barras en los inventarios y etiquetado del producto que defina: caracterización del producto(80 tipos de grafito cristalino), fecha de elaboración, la planta, cantidad, numeración progresiva y el manejo con que se debe operar.**
- 5). **Alto control sobre la calidad, calibraciones e inspecciones y el resultado del proceso. Como es el control de especificaciones, peso y empaqué a través de análisis estadísticos basado en muestreos.**
- 6). **Mayor uso de control electrónico/computarizado y equipos de medidas, automatización del control de inventarios(almacenamiento y manejo).**
- 7). **Libertad para que cada una de las plantas opere con estilos diferentes.**
- 8). **Las unidades de producción, almacenamiento y de comercialización se comportarán como unidades con autocontrol de los recursos requeridos para su operación.**

Cada una de ésta unidades mantendrá un servicio continuo de información entre sí, y con las **OFICINAS CENTRALES**, de Paseo de la Reforma, en México; en donde diariamente estarán reportando información contable (inventarios, ventas recursos, calidad, costos, rendimientos, etc.)
- 9). **La contratación periódica de empresas externas especializadas, con registro oficial, a fin de proporcionar auditorias, capacitación y asesorías en asuntos: contables, administrativos, contaminación ecológica, mantenimiento de equipo, seguridad, desarrollo tecnológico, etc.**
- 10). **Se espera que los funcionarios y obreros hagan mayores contribuciones para la mejora del trabajo y la calidad del producto y proceso de explotación, beneficio, industrialización y comercialización.**
- 11). **Considerar todos los aspectos de seguridad, limpieza e higiene. Todos los individuos asumen responsabilidad de calidad, servicio al cliente, Costo y seguridad.**



- 12). Todo empleado debe estar acostumbrado a la autoinspección.**
- 13). Discusiones periódicas francas y abiertas sobre objetivos y resultados**
- 14). En cuanto a la información, en forma continua se identificarán las fuentes y tipos de información requeridas, diagnóstico de hechos que restringen la situación y debilidades de la empresa. Planear los esquemas para los estados futuros que eliminen las debilidades y los problemas de la situación existente. Para después implementar su diseño detallado, a través de la reingeniería.**
- 15). A cada trabajador se le debe proporcionar una lista sobre sus actividades y responsabilidades con funciones. Así como los lineamientos sobre las políticas y funcionamiento de la empresa.**
- 16). Conjuntar entre todos los departamentos el *Manual de Procedimientos de la Empresa* a fin de optimizar la toma de decisiones para cada etapa de desarrollo de los Proyectos mineros, industriales y de comercialización**

Sin embargo, la contabilidad estará actualizada mensualmente, con un informe final de todo el programa ejecutado. Es de considerar que las partidas relacionadas con el personal técnico y administrativo, incluyen salarios por **24 meses** de actividad, gratificaciones anuales, con erogaciones extraordinarias adicionales de Seguro de Vida, que están ajustados a un salario promedio mensual.

De suma importancia resulta señalar que los **10 M/D11s.** aportados con capital social para el arranque del Proyecto, repercutirá para investigar y desarrollar problemas álgidos indispensables y aún no resueltos que tiendan a resolver una producción altamente competitiva del mercado internacional. Al respecto, *IMI* en cada yacimiento ha invertido **1.5 M/D11s.**, en trabajos de investigación y desarrollo, para integrar la ingeniería básica. Los *Estudios de Viabilidad* tuvieron amplio apoyo del *CONACYT*, a fin de tener las garantías, para el desarrollo y preparación de los yacimientos en la *II Etapa*, que incluye una inversión de **15 M/D11s.** El arranque de la *III Etapa* con inversión aproximada de **42 M/D11s.** podrá iniciarse unos 6 meses después, cuando se disponga de los resultados químicos y metalúrgicos de la *II Etapa*. Adicionalmente, se invertirán **17 M/D11s.**, en la instalación de una planta de refinación química, para darle mayor valor agregado al producto de los concentrados producidos por las plantas de beneficio de los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*.

Es de mencionar que la primera partida de **10 M/D11s.**, como parte del total de **58.4 M/D11s.**, solicitados a los accionistas, para arrancar el Proyecto, repercutirá en la propia investigación y desarrollo de

todas las fases programadas. Con fines prácticos el programa de actividades se ha delineado en *16 meses*, habiéndose dividido en cuatro cuatrimestres y los 8 meses restantes para poner en producción la planta de beneficio, como se expresa en las tablas anexas.

Tratándose de dos yacimientos gemelos con objetivos análogos, la inversión global de *75 M/Dlls.* por parte de *IMI* y financiadas, en una proporción mínima, por la *Banca Privada*, *CFM*, *NAFIN-CONACYT* y *BANCOMEXT* corresponde para todo el proyecto, pero desglosado para cada depósito. Como la inversión se destinará a dos yacimientos similares en cuanto a características geológicas y mineralógicas, se tendrán las mismas actividades dentro de una misma organización, que redundará en fuertes ahorros administrativos y de experiencia técnica, para su desarrollo de producción industrial paralela. En consecuencia, las erogaciones serían de *36.7M/Dlls.* para cada yacimiento en particular; o sea, la mitad de los conceptos de las siguientes etapas:

#### **ETAPAS DEL PROYECTO GLOBAL METALÚRGICO DE IMI**

##### **I ) ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y FINANCIERA**

Costo de la Inversión: 3 M/ Dlls., uno y medio para cada yacimiento.  
Financiada ya con recursos técnicos y propios de *IMI*.

##### **II ) DESARROLLO Y PREPARACIÓN DE LOS YACIMIENTOS**

Investigación para optimizar la explotación y el proceso: 3 M/Dlls.  
Costo de la inversión: 10 M/Dlls; en dos partes de 5 M/Dlls. c/u.  
Se financiará con capital social de los accionistas de *IMI*.

##### **III ) INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN**

Costo de la Inversión: 42 M/Dlls., en dos partes de 20 M/Dlls. c/u.  
Se podrá financiar con ventas anticipadas y recursos de *BANCOMEXT*.

##### **IV ) REFINACIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN DEL PRODUCTO**

Costo de la Inversión: 17 M/Dlls; programada por *IMI*.  
Podrá ser autofinanciable con recursos propios de *IMI*.

La razón por la cual el proyecto global con inversión de 75 M/Dlls. tienda a desarrollarse paralelamente en los dos yacimientos, obedece al propósito de la planta química de refinación, al requerir suficiente producción de concentrados de dos plantas de beneficio instalada en cada uno de los yacimientos de: El Hielo y La Escondida, para un programa de industrialización de más de 30 años, empleando más de 600 plazas laborales.

Dentro de este planteamiento general del proyecto por etapas hasta alcanzar escaladamente la refinación e industrialización del producto, se pueden resumir las partidas presupuestales. Es de considerar que los

10 M/Dlls, aportados por los accionistas para el arranque de estos yacimientos, representa apenas el 15%, del costo total del proyecto. Esta inversión que IMI tiene en desarrollo para el Proyecto minero-metalúrgico, relaciona la optimización del proceso metalúrgico y de explotación del grafito cristalino y el titanio de la Mixteca Oaxaqueña, que representa la primera partida para canalizar las inversiones posteriores.

Por otra parte, más del 80% de la referida partida se tiene programada para ser invertida en México, directamente en el proyecto. El 20% restante, sería para obtener la tecnología de punta y la experiencia del proceso, así como la asesoría de expertos del extranjero. La parte experimental del proceso y la capacitación de los recursos humanos, se llevará a cabo en el *CENTRO EXPERIMENTAL DEL SURESTE*, de la *Comisión de Fomento Minero*, que con una infraestructura de más de 10 M/Dlls. está montada en la Carretera de San Lorenzo, Cacaotepec, K. 0.5 de la Carretera Federal a Oaxaca, México. Con respecto a la optimización del sistema de explotación de los yacimientos, será realizada por la empresa interesada en este proyecto; *Industria Minera Indio, S.A.*, asesorada por la firma *TAMROCK*, de Finlandia.

En este orden de ideas, se tiene programado que todo los estudios y análisis químicos rutinarios serán investigados en los referidos laboratorios de la *CFM*; en cambio, los problemas inherentes al proceso metalúrgico y diseño de planta será tratados en los laboratorios de la firma *KHD Humboldt Wedag AG* de Alemania y de *Kilborn, Inc* del Canadá y así como de *SUMITOMO*. del Japón.

### **EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL DE LA EMPRESA**

Con el propósito de organizar y explotar más efectivamente el flujo de información, la empresa está implementando un *Sistemas de Información Gerencial (SIG.)*, con actualización tecnológica permanente. El sistema se integra de Flujos de Información diseñado para mejorar la efectividad de la toma de decisiones, de planeación, organización, relaciones industriales, dirección y control. El sistema comprende desde la obtención de datos, generación, validación, análisis y difusión.

Cada una de las gerencias de la empresa, contará con el hardware y software necesario para sus actividades y aportará la información interdepartamental requerida.

En el *SIG.*, la información puede obtenerse de la base de datos, o en la computadora de la firma, para que sólo se requiera recuperarla o darle acceso para que se pueda usar. Si no está disponible, será necesario reunirla a partir de la base de datos de las plantas de producción y comercialización de la empresa; ó bien, obtenerla de fuentes externas por la vía *INTERNET* y *FAX*. (Cunningham *et al.*, 1991).

A través de tarjetas y claves de identificación, los proveedores y vendedores con computadoras portátiles conectados con módem al SIG, de la oficina central obtienen acceso instantáneo a la información de la base de datos. Así por ejemplo, el SIG. permite que los proveedores se informen de los requerimientos de materias primas y servicios que emplea la empresa y aportar información a la base de datos sobre sus precios, calidad y servicios que ofrecen. (Lámina 2)

Con el SIG, el proveedor también podrá comparar sus ofertas con las de otros proveedores. Entre tanto, los vendedores al redactar sus contratos de compraventa estarán sujetas a los controles incorporados a la base de datos a fin de cotizar los precios, especificaciones, volúmenes y tiempos de entrega en forma adecuada.

La oferta de información estará encaminada a satisfacer los siguientes (Cross M., 1990; Antonio F., 1994; Drucker F., 1994), necesidades:

### **OBJETIVOS GENERALES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL**

- 1. Automatizar las tareas repetitivas, agilizar las operaciones de las divisiones, búsqueda de la información dentro y fuera de la empresa haciéndola accesible a los empleados en pantalla o en forma impresa.**
- 2. Con el sistema INTERNET, agilizará la comunicación con entidades externas.**
- 3. Durante las 24 horas del día, comparte una base de datos con los clientes sobre información general de la empresa, productos, especificaciones, precios y centros de comercialización.**
- 4. Marketing directo, de la base de datos de una microcomputadora, llamada servidor. Que puede extraer los patrones de preferencia de compra de cada consumidor individual, identificado por sus tarjetas de crédito. Como es, la demanda de los clientes nacionales y extranjeros, volumen solicitado, especificaciones del producto, precio, destino, tiempo de entrega, responsables de la operación comercial.**
- 5. A través del SIG., los proveedores contarán con información que les permitirá integrarse eficazmente en las cadenas productivas. Como es la optimización del suministro, calidad y precio de las materias primas y equipos para la operación de las plantas minero-metalúrgicas.**
- 6. Información sobre precios y especificaciones de insumos y equipos necesarios para el sostén y mejoramiento de la planta productiva.**

**7. Aportar información actualizada y permanente sobre la situación técnica, administrativa, contable y financiera de las unidades de producción, almacenaje y de comercialización.**

**8. Planificar la capacidad de comercialización, al determinar los mecanismos de transportación, volúmenes, tiempos y costos.**

**9. Información sobre los competidores de las áreas de producción, industrialización y comercialización.**

**10. Información Financiera sobre los Mercados de Valores y de Capitales.**

**11. Información comercial actualizada sobre los diferentes productos industrializados del grafito cristalino y titanio, como son las empresas que las producen, caracterización del producto, presentación y empaque, volúmenes de venta, precio y sus compradores.**

**12. Para expandir el mercado de exportación la obtención de información sobre los Reglamento de los Gobiernos, pago de impuestos, permisos, aranceles.**

Por su parte la gerencia de finanzas requiere que el SIG, le proporcione en forma continua y confiable información de las principales variables macroeconómicas y las inherentes a la empresa. Esto con el objeto de que elabore reportes evaluativos y de seguimiento de viabilidad financiera, los escenarios financieros y en forma oportuna, identifique las nuevas oportunidades de inversión y financiamiento:

**PRINCIPALES PARÁMETROS DE INFORMACIÓN, REQUERIDOS POR LA GERENCIA DE FINANZAS DE IMI**

**I. Parámetros Macroeconómicos, de Control:**

- Estabilidad y económica de los países que dónde se exporta.
- Perspectivas y estabilidad económica del país
- Tasas de interés, inflación y cotización peso/dólar
- Normatividad Jurídica de los mercados financieros nacional e internacional, normas, políticas, reglamentos, vigencias.
- Calendario de eventos tecnológicos y sociopolíticos
- Tasa de Interés bancarias internacionales
- Oportunidades de inversión financiera
- Costo del dinero en los mercados financieros internacionales y nacionales.
- Competidores principales.
- Mercado potencial.
- Productos sustitutos y productos que se fabricarán en el futuro.
- Información de las cotizaciones de los contratos de futuros y opciones en relación a metales, índices bursátiles, tipos de interés y divisas.
- Escenarios macroeconómicos previstos en el futuro.

## II. *Parámetros de la Empresa, de Control:*

- Evolución histórica de la empresa.
- Necesidades financieras de la empresa.
- Costo Ponderado de Capita.
- Fuentes de Financiamiento.
- Costes de financiamiento contratada.
- Monto de las Inversiones.
- Calendario de pagos.
- Situación fiscal.
- Nivel actual de los Flujos de efectivo.
- Información de la estructura financiera de la empresa, grado de apalancamiento operativo y financiero.
- Capacidad real e instalada de las plantas.
- De la empresa su: estructura financiera, estructura del capital, estructura de los activos, estructura de los mercados donde participa.
- Análisis de índices financieros de los proyectos.
- Funcionalidad de la tecnología utilizada.
- Avaluó y vida útil de los activos.
- Capacidad instalada de los activos.
- Situación Laboral.
- Principales convenios, contratos y franquicias que tiene la empresa.
- Calidad de la tecnología que posee la empresa.
- Estados financieros proforma.
- Proyecciones y perspectivas de ventas, costos, utilidades, flujos de efectivo, estructura de activos
- Proyecciones de la evolución de mercados.
- Análisis de escenarios y riesgos.
- Perspectivas futuras de la empresa en nuevos segmentos de mercado y líneas de productos

## **BASE DE DATOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL**

El propósito de la base de datos dentro del Sistema de Información Gerencial de la empresa *Industria Minera Indio, S.A. de C.V.* es la de captar y ordenar los datos formados regularmente, a la que más de un usuario tendrá acceso con múltiples propósitos. La base puede ser desde una simple colección de datos similares, tales como aquellos relacionados con las lista de proveedores, clientes y trabajadores ó bien constar de conjuntos de datos relacionados, tales como los que se utilizan en un sistema de contabilidad, finanzas y en el sistema de minéo computarizado.

Un sistema de base de datos es un conjunto de recursos de responsabilidad colectiva, incluye el almacenar los datos, mantener la seguridad, las medidas de privacidad e integridad y proporcionando la reserva necesaria para prever fallos en equipos /programa. Se da por supuesto que un componente principal del sistema de bases de datos es un ordenador y que las base de datos reside en algún tipo de almacenamiento, del ordenador. (Frost R., 1989).

### **PLANEACIÓN ESTRATÉGICA, EN EL USO DE UNA SOLA BASE DE DATOS**

**Industria Minera Indio**, podrá optar por el uso de una o varias bases de datos dentro del MIS. Para el caso de solo una base de datos compartida, existen varias opciones en la cual éstas se almacenan sólo una vez, en lugar de mantener varios ficheros separados y dispersos.

a). Cuando se maneja una sola base de datos, es probable que estos contengan menos errores, porque las incongruencias ocurren menos veces. Uno de los problemas de mantener varios conjuntos de datos dispersos radica en su actualización y quedar sin revisar. Cuando dos fuentes de datos son contradictorios, no son consistentes. Este problema es menos frecuente si se utiliza una base de datos puesto que, en general, hay menos redundancia ó duplicidad.

b). Ahorro de recursos, sí los datos se reúnen y almacenan sin duplicación. También, existe ahorro de espacio y mantenimiento, si todos los datos se almacenan en un lugar predeterminado.

c). Los datos se aprovechan mejor, que si se almacenaran separadamente. Si se presenta una nueva necesidad de aplicación se emplea una sola fuente de la base de datos. Si, por el contrario, los datos requeridos se almacenan en varios lugares, bajo diversas vías de gestión, entonces se puede requerir gran cantidad de tiempo y esfuerzo.

Por supuesto, que podría argumentarse ciertas limitantes del uso de una sola base de datos, controlada por la oficina central o sede corporativa, como sigue:

1). La información debe transmitirse desde las fuentes hasta la base de datos central y desde aquí, hasta los usuarios finales. Esto hace que la información externa para la toma de decisiones, vía **INTERNET**, procedente de las plantas minero-metalúrgicas, almacenes y centros de comercialización, tengan alta dependencia de la eficiencia de las comunicaciones electrónicas.

2). Las medidas de seguridad y privacidad deben reforzarse en el acceso a las bases de datos para evitar la lectura o cambio de datos, no autorizados. Esto se evita utilizando códigos, independencia de datos y sistemas cerrados de información.

3). Se hace necesario crear formatos de datos estandarizados, y todos los usuarios de la base deben adoptarlos.

4). Existe otro problema, la toma de decisión puede ser más eficiente si se resuelve en forma directa, entre las plantas minero-metalúrgicas, almacenes y centros de comercialización, sin necesidad de que participe la base de datos de las oficinas centrales de la Gerencia.

Sin embargo, también podría argumentarse que estas cuatro últimas consideraciones, no son realmente desventajas sino normas y estrategias que deberían seguir, tanto si se utiliza una base de datos como si no. Si se toma en cuenta este punto de vista, entonces la base de datos obliga a adoptar las políticas de la empresa.

### **POLÍTICAS E INTEGRIDAD SEMÁNTICA DE LA EMPRESA**

La integridad semántica, se refiere al acuerdo de la base de datos con las restricciones derivadas de nuestro conocimiento, acerca de lo que está y no está "permitido". Implica evitar que datos representativos del universo desaprobado, sean insertados en la base de datos. A través de éste mecanismo se informa al usuario que se ha producido un error y se evita que sean insertados en la base de datos. Por ejemplo, alterar los resultados de los Estados contables, los precios de los productos, los inventarios, la duplicación de salarios, el precio de los insumos contratados. etc.

La "privacidad" de una base de datos, refleja hasta qué punto los datos están protegidos contra el acceso no autorizado. Normalmente, las restricciones de privacidad están expresadas en el mismo lenguaje lógico que emplean los programas de aplicación incorporados al esquema de la base de datos. Cuando los usuarios intentan hacer la entrada o salida de paquetes de datos; por medio de la aplicación de programas, el subsistema de privacidad consulta al esquema de la base de datos para ver si tal acceso está permitido, y actuar entonces en consecuencia.

La integridad de una base de datos es una propiedad que refleja hasta qué punto es un modelo preciso de aquella parte del universo que representa. El subsistema de integridad es responsable de man-



tener la base de datos, contra modificaciones no válidas a diferencia de las no autorizadas.

Los errores en los datos ocurren por varias razones y debe proporcionar protección para cada uno de ellos (Frost R., 1989), por ejemplo:

a). La información aportada por instrumentos mal calibrados, b). Los muestreos no se hacen con la suficiente frecuencia, c). Datos desvirtuados al hacer codificación, transcripción o transmisión, d). Introducción de errores a causa de la actualización concurrente, por diferentes usuarios, perdiéndose el dato histórico original y, e). Qué se desvirtúen los datos almacenados por fallas de equipo y virus.

Finalmente, deberá existir un sistema de reserva y recuperación que reconstruya la base de datos, después de alteraciones debidas a fallas de equipo, programas y virus, que permitan utilizar estrategias de bloqueo, transacciones, ficheros de reserva y rutinas de recuperación.

## ANÁLISIS DE MERCADO

### CAPITULO III

#### DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Para comprender la política comercial del grafito, se hace necesario describir las características y especificaciones de los diversos tipos que concurren en el mercado de acuerdo a su propia naturaleza. El grafito cristalino que particularmente nos ocupa, es la forma natural del elemento carbono que predominantemente cristaliza en el sistema hexagonal. Una variedad de silicatos comúnmente están asociados, en diversos porcentajes y clases químicas que constituyen las impurezas que deben ser aisladas durante su proceso de concentración.

El uso y las aplicaciones del grafito natural depende sobre todo de sus propiedades físicas y químicas. Su elevado índice de untuosidad, le otorga gran demanda como un lubricante seco, el que combinado con su alta conductividad eléctrica, lo hace muy útil como aditivo de motores y cepillos para generadores. También la pureza y los altos contenidos de carbón, favorece a incrementar la dureza del acero. El grafito es inigualable para muchos usos refractarios, incluyendo crisoles, debido a su alta conductividad del calor; sus propiedad de lento fundimiento y su habilidad para retener grandes flujos metálicos, con elevadas temperaturas. No obstante, se conoce mejor en múltiples aplicaciones de productos, como: lápices, baterías, pinturas y tintas, así como para recubrimientos en frenos de todo tipo.

Los términos de su definición, sobre sus características gradacionales y especificaciones provienen de su propia ocurrencia en la corteza terrestre, implicadas por su proceso minero-metalúrgico. Por eso el grafito en forma cristalina, comúnmente se refiere como *plumbagina* y *plomo negro*. Su cristalinidad en el sistema hexagonal, tiene un lustre metálico y al tacto es grasiento, microfraccionable que se expande en la piel o cualquier otro material.

El término "amorfo" que se aplica al grafito microgranular, es inapropiado; ya que todos los tipos de mineral grafitico son de grano tan fino que los granos individuales constituyen cristales no distinguibles, a la simple observación del ojo. Por eso, el nombre de "microcristalino" es sugerible para este material, que aparece en pizarras o rocas sedimentarias débilmente metamorfoseadas, con aplicaciones restringidas en la Industria siderúrgica, particularmente por su elevado contenido de impurezas; sólo que de bajo precio, entre 90

hasta 450 T/d cuando se procesa de 85 a 92% de carbón fijo, a partir de una concentración media de 45%. También, el grafito amorfo comúnmente ocurre por asociación metamórfica en capas carboníferas, próximas a intrusiones granitoides. Por naturaleza este grafito aparece algo alterado, suave, granular, untuoso, negruzco, terroso y poroso. De tal modo que su pureza depende de las capas carbonosas originales, que pueden ser lutitas, areniscas y calizas, donde generalmente es minado por obras subterráneas, estrechas e inclinadas a costos elevados.

Otro importante tipo de grafito está relacionado a su propia forma de ocurrencia, relleno de fisuras o vetas que infieren un proceso fluidal característico, en rocas ígneas o cuerpos calcáreos y dolomíticos de franco aspecto diapírico. Comercialmente se denomina grafito "lump" o "ceylan", apareciendo típicamente masivo, variando el tamaño de sus partículas de extremadamente fino (amorfo) hasta granudo, con interdesarrollo brillante, fibroso, o de agregado acicular. Se piensa que estos depósitos de grafito son de origen flúidal, a partir de hidrocarburos precámbricos fósiles (Bazán-Perkins, 1990), según investigaciones propias de IMI.

Dentro de la naturaleza fina amorfa y cristalina del grafito tipo "ceylan", existen divisiones en gran número de grados, dependiendo del tamaño de la partícula cristalina, impurezas, fragilidad y suavidad de los granos. Por tanto, su precio comercial obedece a estos factores, variando de 500 a 1500 Dlls/T. El mineral fino tiene como referencia el que pasa las 60 mallas y el de tamaño cristalino grueso, el que es retenido en la malla Tyler, a + 48 mallas por ejemplo.

Finalmente, el grafito cristalino grueso se define clásicamente como *Coarse Crystalline Flake Graphite* que aparece diseminado en delgadas hojuelas contenidas en rocas metamórficas, que siguen la orientación de la deformación metamórfica, en bandas continuas o flexionadas. Este aparenta rellenar los poros u oquedades originales, cuyo carácter físico y químico se reconoce a simple vista, o con auxilio de una lupa, pudiéndose separar por varios medios mecánicos. Los precios oscilan en cuanto a tamaño, calidad, pureza y otros factores comerciales que van de 800 hasta 4500 Dlls/T, a partir de un mínimo de 85% de carbón fijo, hasta 99.6% ó más, si es posible.

Estos tres tipos principales que se cotizan en el mercado para el grafito natural (amorfo, lump y cristalino) se basan en sus propias características físicas, que resultan de sus propias diferencias de origen geológico y ocurrencia. Los minerales que aparecen como impurezas en los concentrados de grafito, son los mismos que aparecen en los gneises, granitos, pizarras, mármoles que alojan a las vetas y diseminaciones de carbono cristalino, tales como: feldespato, cuarzo, micas, piroxenos, anfíbolos, circón, rutilo, apatita, granáte, pirita y óxidos de hierro. El mínimo de estas impurezas en los concentrados y

productos refinados de grafito, es lo que le otorga mayor valor agregado al producto, incluyendo su tamaño; de ahí que la pureza incrementa considerablemente su precio.

Bajo estas condiciones, funcionan los parámetros del mercado, donde los requerimientos de los consumidores se cotizan de acuerdo a la calidad tecnológica que les ofrecen los productores, con precios competitivos en relación a los índices de calidad especificados para el consumo.

Dentro de este contexto y partiendo de la calidad, pureza y características mineralógicas del grafito cristalino de los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*, se espera que la producción sea competitiva para los requerimientos de los consumidores. Por consecuencia, los precios estimados para el mercado internacional se espera que oscilen entre los **800 Dlls/T** hasta de **4,500 Dlls/T**, quedando como promedio unos **1,800 Dlls/T**; esto impactará en ventas globales de unos **55 M/Dlls.**, si consideramos una producción global de **31,000** toneladas de grafito cristalino, anualmente.

En cuanto a los precios serán similares a los que ha venido cotizando China y Madagascar que son los de más alto índice de calidad, que aun prevalecen en el mercado. Sin embargo, hay que considerar que Alemania y Japón que no son productores, con su tecnología de refinación le otorgan un valor agregado digno de consideración, hasta del **200%** o más. Por tanto, *IMI* para competir en el mercado tendrá que satisfacer, cuando menos, las mismas normas de calidad de los referidos países, con precios prevalecientes en la actualidad y expuestos en tablas anexas.

#### **MERCADO ACTUAL Y POTENCIAL.**

Las reservas mundiales de grafito establecen recursos de enorme magnitud, pero en cantidades que no han sido cuantificadas. En efecto, las estimaciones no concuerdan con los volúmenes medidos en los países productores, al ser significativamente menores y donde gran número de los países que lo producían hacia la mitad del presente siglo, agotaron sus propios yacimientos con la necesidad de hacer importantes importaciones para abastecer su desarrollo industrial. Aunque casi todos los países se han iniciado como potenciales productores, sus yacimientos son de escaso valor comercial y producción, que ya no cotizan en la estadística mundial.

Desde hace dos siglos, los polos de producción han variado a partir de que Alemania fue el gran precursor de esta Industria del Grafito, que incuestionablemente esta ligada con la siderurgia y metalurgia. Durante el siglo pasado, la producción principal se con-

centró en la Isla de Ceilán que abasteció prácticamente todo el consumo de Europa. Desde el comienzo de este siglo, la Isla de Madagascar ha venido abasteciendo más del 50% del consumo mundial, desplazando a Ceilán. Sin embargo, desde la década de los 70's China con su gran producción, abastece aproximadamente el 40% del consumo mundial, desplazando a las anteriores, tanto en lo que se refiere a grafito cristalino, como del amorfo.

Dentro de este panorama de producción mundial, Brasil produce casi el 10%, seguido de Canadá con 8%, Zimbabwe con 6% y México 4%. La India escasamente llega al 1%, juntamente con igual valor Corea del Sur, Norcorea, Noruega y Zambia. Un gran número de países produce insignificantes cantidades que no aparecen en la estadística mundial.

Dentro de este cuadro de productores, sólo China, Madagascar, Zimbabwe, México y recientemente Canadá resaltan como oferentes, ante la creciente demanda mundial, donde Ceilán casi se ha retirado del mercado mundial. Resulta extraño que los principales países exportadores de grafito cristalino con especificaciones de calidad, tal como Alemania, Japón y Estados Unidos de Norteamérica que no obstante de carecer de yacimientos, con su avanzada tecnología transfieran grandes volúmenes al refinar, maquilar y fabricar productos con un adicional valor agregado de consideración; sobre todo, cuando toda Europa consume grafito cristalino importado de Madagascar y China principalmente. Es de considerar que este último país, ha resuelto disminuir sus exportaciones debido a sus elevados consumos domésticos, relacionados con la industria siderúrgica y metalúrgica.

En estas condiciones, IMI dispone de un mercado abierto para sus exportaciones y ante un consumo en constante expansión, también espera cubrir entre 30 al 40% de un mercado cautivo, expuesto en la tabla de: **"POTENCIAL DEMANDA MUNDIAL DE GRAFITO NATURAL Y EXPORTACIONES DE IMI"**, expuesto en las - Perspectivas de Mercado y Metas de Productividad del capítulo I (pagina 30), a partir de una producción global de unas 173,000 T producidas entre grafito amorfo, lump y cristalino (fino y grueso), bajo una producción diversificada y con tecnología de punta, como se ha establecido en previos capítulos. Para concluir basta decir que los potenciales clientes de IMI, son prácticamente todos los países, con excepción de China y Canadá; porque inclusive Brasil, ha mostrado interés en adquirir grafito cristalino, al carecer del tipo cristalino grueso.

China (Taiwan)

グレード	価格 (CAF 日本主埠港)		グレード	価格 (CAF 日本主埠港)	
	新	旧		新	旧
585	US\$ 627	変更なし	V85B	US\$ 327	変更なし
585A	650		V85C	282	↓
588	659		V80A	282	↓
590	732		+185	386	368
592	784		+185A	401	382
594	932		+190	439	418
595	985		+191	448	437
597	1,088		+192	496	473
598	1,192		+193	550	570
599	1,295	↓	+194	606	577
885	473	464	+195	635	605
885A	491	482	+198	815	775
887	510	UNKNOWN	+199	UNKNOWN	UNKNOWN
888	515	↓	-180	136	変更なし
890	603	591	-185	173	
892	719	705	-189	215	
894	788	773	-190	227	
895	858	841	-193	295	
897	950	932	-194	332	
898	983	964	-195	355	
899	1,066	1,045	-196	435	
CFG85	465	455	-197	600	
CFG88	485	475	-199	673	
CFG90	500	変更なし	-280	186	LAMINA 3
CPA90	455	↓	-285	195	
CPG90	396	↓	-289	215	
V85A	364	↓	-290	255	↓

## PLAN COMERCIAL

Sin lugar a dudas, el plan comercial de *IMI* para cubrir el mercado competitivo, que existe a nivel internacional, consistirá en la diversificación de su producción en forma sostenida, desde la apertura de sus exportaciones. Esta operación deberá estar apoyada en una producción específica y garantizada, a partir de la tecnología recibida y debidamente asimilada de las empresas líderes, tales como: *Sumitomo, Corp. del Japón; KHD Humboldt, Wedag, AG de Alemania y Kilborn, Inc. de Canadá*. En estas condiciones *IMI* proyectará sus ventas, a los más altos índices de calidad que existan en el mercado y con los mismos precios prevalecientes.

Por tanto, los precios de venta serán similares a los establecidos por Alemania y Japón que son los principales compradores a nivel mundial. Se debe enfatizar que no obstante que estos dos países no producen grafito cristalino, en la estadística mundial aparecen como exportadores; porque en realidad, se trata de maquiladores y efectivos refinadores con el más alto valor agregado al producto y en condiciones altamente competitivas de calidad, difícil de superar si no se cuenta con la tecnología de punta.

Por fortuna, los contactos preliminares de *IMI* con las referidas firmas, son en el sentido de participar con la tecnología más avanzada para concentrar el grafito cristalino y el titanio, en condiciones competitivas ya especificadas por *IMI*. Como *IMI* dispone de grandes reservas para un desarrollo integral a largo plazo, sería un grave error no arrancar con un Proyecto de largo alcance y de producción diversificada, que necesariamente implica una gran inversión económica, pero favorablemente recuperable a corto plazo.

La estrategia de la comercialización planeada, radica en el potencial de las reservas económicas y las favorables condiciones de explotación de los yacimientos, bastante atractivas debido a su exposición en el terreno.

Estas condiciones propician conservar y ganar un mercado altamente competitivo y de amplia participación comercial. Para ilustrar estas referencias, enseguida se describen los datos más recientes sobre producción y reservas mundiales de los principales productores, como sigue:

**PRODUCCIÓN MINERA MUNDIAL Y RESERVAS EN 1996, EN  
TONELADAS DE CONCENTRADO.**

<b>País:</b>	<b>Producción Mineral Anual: (en Toneladas)</b>	<b>Reservas:</b>
Austria	40,000 de Amorfo	Grandes
Canadá	18,000 de <b>Cristalino</b>	Moderadas
India	35,000 de Amorfo y <b>Cristalino</b>	Moderadas
Brasil	20,000 de Criptocristalino	Grandes
Madagascar	15,000 de <b>Cristalino</b>	Grandes
México	40,000 de Amorfo	Grandes
México (IMI)	31,000 de <b>Cristalino</b>	Grandes
Sri Lanka (Ceilán)	10,000 de Criptocristalino	Moderadas
China	45,000 de <b>Cristalino</b> y Amorfo	Grandes
Sur Corea	70,000 de Amorfo	Grandes
<b>TOTAL:</b>	<b>324,000 Tons. de Concentrado</b>	<b>40 M/Tons.</b>

La generación potencial de ahorros para IMI, parten de hechos incuestionables. Primero de un gran yacimiento de explotación directa y barata; es decir, con una extracción descendente y a tajo abierto, en sentido de la gravedad. Segundo, de una infraestructura existente sin grandes inversiones que facilita el desarrollo del proyecto a corto plazo. Tercero, la disponibilidad de una tecnología de punta, donde las innovaciones inherentes ya se conocen; factiblemente accesibles y asimilables en corto tiempo. Cuarto, hay perspectivas de contar con un financiamiento con tasas adecuadas para ser reembolsado en un período que no exceda de 7 años, donde el pasivo por cubrir y los intereses, puedan ser liquidados al menor plazo posible. Finalmente, el quinto punto se relaciona con la apertura de un mercado con clientes cautivos, superando a una competencia de producción limitada.

### **RIESGO COMERCIAL**

Con estos antecedentes, prácticamente IMI ha superado los niveles de riesgo comercial y de incertidumbre tecnológica. La razón, como se podrá advertir a lo largo de estas notas, se relaciona con el hecho de que muy pocos países reúnen condiciones geológicas y potenciales reservas comerciales para proceder con grandes inversiones a largo o mediano plazo, sobre todo con una producción diversificada y con tecnología de avanzada.



Dentro de este contexto, *IMI* tiene como potenciales competidores 3 países distribuidos en tres polos geográficos competitivos, como son Alemania que no obstante ser un pequeño productor de grafito por tener exhaustivamente explotados sus yacimientos, es el mayores exportador, a raíz de sus grandes instalaciones tecnológicas para procesar e industrializar el grafito cristalino, importado del extranjero. Otro país, potencialmente exportador de grafito cristalino lo constituye China, virtualmente gran productor en la actualidad por sus enormes reservas en varios yacimientos; aunque expresamente limitadas por los altos consumos internos, de su industria siderúrgica y metalúrgica. El tercer país potencialmente competitivo para *IMI*, corresponde al Canadá que dispone de condiciones geológicas favorables, donde hasta ahora desarrolla yacimientos pequeños con altos costos de explotación, por tratarse de una extracción minera subterránea. ( *Lámina 3.* )

Podemos concluir que las perspectivas de exportación, son favorables puesto que el único país en condiciones comerciales y tecnológicas competitivas lo constituye China, seguido del Canadá y finalmente Alemania, en las condiciones especificadas en el párrafo anterior, al considerar que estos países apenas cubren el 48% del consumo mundial. Es necesario tomar en cuenta que además, estos tres países son grandes consumidores de grafito cristalino y en el caso particular del Canadá, su producción es en gran parte criptocristalino (semi-amorfo), de limitado consumo industrial.

No está por demás enfatizar que el mayor problema de los productores radica en su incapacidad para poder purificar el grafito cristalino grueso y fino, a valores de enriquecimiento por arriba del 97% y hasta el 99.8% si es posible, para cada tipo de concentrado y en cantidades diversificadas. En cambio para los consumidores, su mayor problema está en no poder asegurar un abastecimiento continuo y por largo tiempo, a partir de las nuevas fuentes productoras y en volumen sostenido.

### **USUARIO FINAL**

La mayor parte del uso y aplicaciones para el grafito cristalino, corresponde a fundiciones de la industria siderúrgica y metalúrgica (Taylor, Jr. 1984). Para este uso, el valor llega alcanzar hasta un 39% del consumo total, donde el grafito cristalino de bajo índice de calidad, con algo de amorfo, es el adecuado. El grafito así mezclado con pequeñas cantidades de arcilla y diseminado en un material adhesivo, se aplica en delgadas películas superficiales de moldes, para facilitar la limpieza de los mismos y recobrar mejor los metales fundidos.

Los refractarios no arcillosos, designados en la *Standard Industrial Classification (SIC)* bajo el código No. 3297, constituyen dos importantes categorías para el uso del grafito: 1) Los productos normales refractarios, con morteros para enladrillado y tapones de hornos, alcanzan hasta el 13% de la demanda; 2) Para crisoles, boquillas, recubiertas, balatas para frenos y retortas para operaciones metálicas, representan un 7%, siendo los crisoles el más importante para este grupo.

Sin duda alguna, donde el grafito cristalino alcanza su mayor destino sería en la Industria siderúrgica para llegar hasta un 11% del total del consumo (Taylor, Jr. 1884). En esta fase, al hierro de tipo acerado se añade grafito para incrementar su dureza, al estado deseado. El grafito alcanza un peculiar uso como lubricante en condiciones secas, al soportar altas temperaturas a la fricción, así como aditivo en aceites; además, es un importante ingrediente en embalajes y empaques especiales para alcanzar consumos hasta del 9% del total. Los grafitos que se utilizan en lubricantes, embalajes y empaques, requieren un mínimo crítico de impurezas de tipo abrasivo.

La conocida industria lapicera, consume grafito en un 4% del total. En tanto que dos aplicaciones bien conocidas, en baterías secas y recubrimiento de frenos, llega hasta un 3%. De esta forma, gran variedad de aplicaciones que pueden llegar al 13% del total de la demanda mundial, se usa en cepillos eléctricos para motores, pinturas, pulimentos, hules y explosivos. Por consecuencia, el grafito natural es poderoso ingrediente para múltiples manufacturas industriales y con amplias variedades de aplicaciones en la industria metalúrgica.

Debido a las limitadas fuentes de abastecimiento y de la complicada tecnología para enriquecer el grafito en productos de alta calidad, con especificaciones especiales, desde hace más de un siglo se intenta obtener un sustituto adecuado y permanente para el mercado mundial. La realidad que con muchos esfuerzos, se ha logrado obtener un producto de escasas aplicaciones y a costos prohibitivos, particularmente para electrodos (Lewis, 1970). El proceso para obtener grafito sintético o artificial, conocido comercialmente como *manufactured* y *electric-furnace*, es algo sofisticado y se obtiene de varias mezclas o materiales siderúrgicos, como la antracita, petróleo, coque y betúmen, sin llegar a competir con el grafito natural en la mayoría de sus aplicaciones, debido a su enorme costo.

Como un sustituto adicional del grafito cristalino en crisoles y moldes, se usan otros materiales como el olivino, fluor-silice y circón para formar poderosos conductores eléctricos. En cambio, el molibdeno ( $\text{MoS}_2$ ) en ocasiones reemplaza al grafito como lubricante, principalmente en aditivos.

Tratándose el grafito cristalino de un mineral No Metálico, dispone de derechos especiales para su explotación, en 30% menor al de los Minerales Metálicos, bajo las tarifas de derechos superficiales asignados por la Dirección de Minas de la SEMIP.

No obstante, el grafito cristalino en términos generales, se cotiza bajo una oferta y demanda competitiva en calidad, acorde con el volumen de las operaciones comerciales realizada entre las partes y según los precios que prevalezcan en el mercado. Estas operaciones podrán variar substancialmente, cuando por necesidades comerciales se invade el mercado en circunstancias de "dumping", tal como lo ha venido realizando China en la última década, que propician un comercio con aranceles independientes y otro con aranceles uniformes, que generalmente afectan el mercado de los pequeños productores.

Con el propósito de sustanciar la idea sobre tarifas y aranceles de los países importadores de grafito cristalino, enseguida se transcribe un cuadro del *Bureau of Mines, del U.S. Department of the Interior (Taylor, Jr. 1988)*, relacionado con este tópico, donde se podrá apreciar que el grafito cristalino particularmente para México, dispone de condiciones muy favorables para su exportación, dadas las tasas arancelarias que prevalecen en los países altamente industrializados, por tratarse de un mineral estratégico para su propio desarrollo, según se expresa aquí:

<b>TARIFAS Y ARANCELES INTERNACIONALES PARA EL GRAFITO</b>				
<b>5. TARIFF:</b>	<b>ITEM:</b>	<b>NUMBER:</b>	<b>MOST FAVORED NATION (MFN)</b>	<b>NON-MFN</b>
	<b>Crystalline flake(not including flake dust):</b>		<b>1/1/87-93</b>	<b>1/1/87-93</b>
	<b>Valued not over 5.5 ¢/lb</b>	<b>517.21</b>	<b>3% ad val.</b>	<b>1.65 ¢/lb</b>
	<b>Valued not over 5.5 ¢/lb</b>	<b>517.24</b>	<b>0.3 ¢/lb</b>	<b>1.65 ¢/lb</b>
	<b>Lump and Chip</b>	<b>517.27</b>	<b>Free</b>	<b>30% ad val</b>
	<b>Other</b>	<b>517.31</b>	<b>Free</b>	<b>10% ad val</b>
<b>6. Deflation Allowance;</b>	<b>22% (Domestic lump and amorphous), 14% (Domestic flake), 14% (Foreign).</b>			

Es importante considerar que este Proyecto de IMI arrancará poniendo en operación una sola planta de 1,500 T/d, como mínimo en aquella que disponga de la mayor infraestructura técnica y comercial; aunque dependiendo de la demanda prevaleciente, podrían arrancar en paralelo las dos plantas, con un ahorro sustancial de recursos del orden del 20%. Además, se tendría la situación favorable de operar una sola planta hasta 3,000 T/d, para abastecer la refinadora química de purificación como se programa en el yacimiento de La Escondida.

# 出口产品目录

## Export Products Catalogue

种类	商品名称	主要规格									
CATEGORY	COMMODITY	SPECIFICATIONS									
碳	天然磷 片石墨	规格 Specifi- cations (牌号) Trade Mark	固定 碳粉 Carbon (%) 以上 Min	灰份 Ash (%) 以下 Max	挥发份 Volatili- zize (%) 以下 Max	水份 Water (%) 以下 Max	有害杂质允许量(%) Allowable quantity of harmful impurity			粒 度  Fineness	包 装 净 重 (公斤)  Net Weight (kg)
							酸溶铁 FeCl <sub>3</sub>	硫粉 Sulphur	其他 Others		
Carbon	Natural	L + 593	93	6.2	1.0	0.5				60目,筛上物80%以上. 80% min. on 60 mesh.	25 ± 0.1
	Crystalline	L + 594	94	5.2	0.5	0.8				60目,筛上物80%以上. 80% min. on 60 mesh.	25 ± 0.1
	Flake	L + 595	95	4.5	0.6	0.5	0.7			60目,筛上物80%以上. 80% min. on 60 mesh.	25 ± 0.1
	Graphite	L + 892	92	8.0	0.8	0.5	0.7			80目,筛上物80%以上. 80% min. on 80 mesh.	25 ± 0.1
		L + 894	94	5.3	0.8	0.5	0.7			80目,筛上物80%以上. 80% min. on 80 mesh.	25 ± 0.1
		L + 895	95	4.3	0.8	0.5	0.7			80目,筛上物80%以上. 80% min. on 80 mesh.	25 ± 0.1
		L + 194	94	5.2	1.0	0.5	0.8			100目,筛上物80%以上. 80% min. on 100 mesh.	25 ± 0.1
		L + 195	95	5	1.0	0.3	0.8			100目,筛上物80%以上. 80% min. on 100 mesh.	25 ± 0.1
		L - 175	75	24		0.5				100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1
		L - 180	80	19	1.5	0.5				100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1
		L - 185	85	14.5	1.5	0.5				100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1
		L - 189	89	10.5	1.5	0.5				100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1
		L - 190	90	10.5	1.5	0.5				100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1
	L - 191	91	8.2	1.0	0.5	0.8	0.2	CuO < 0.05	100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1	
	L - 193	93	6.2	1.0	0.5	0.8	0.2	CuO < 0.05	100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1	
	L - 194	94	5.2	1.0	0.5	0.8			100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1	
	L - 195	95	4.5	0.6	0.5				100目,通过率90%以上. 90% min. passing 100 mesh	25 ± 0.1	
	L - 275	75	24		0.5				200目,通过率90%以上. 90% min. passing 200 mesh	25 ± 0.1	
	L - 280	80	19	1.5	0.5				200目,通过率90%以上. 90% min. passing 200 mesh	25 ± 0.1	
	L - 285	85	14.5	1.5	0.5				200目,通过率90%以上. 90% min. passing 200 mesh	25 ± 0.1	
L - 289	89	10.5	1.5	0.5				200目,通过率90%以上. 90% min. passing 200 mesh	25 ± 0.1		
L - 291	91	8.2	1.0	0.5	1.0	0.2	CuO < 0.05	200目,通过率90%以上. 90% min. passing 200 mesh	25 ± 0.1		
L - 293	93	6.2	1.0	0.5	1.0	0.2	CuO < 0.05	200目,通过率90%以上. 90% min. passing 200 mesh	25 ± 0.1		
L - 393	93	6.5	0.8	0.5				325目,通过率85%以上. 85% min. passing 325 mesh	20 ± 0.1		
L - 395	95	4.5	0.6	0.5	0.7	0.2	CuO < 0.05	325目,通过率85%以上. 85% min. passing 325 mesh	20 ± 0.1		
L - 399	99	1.0			0.3			325目,通过率85%以上. 85% min. passing 325 mesh	20 ± 0.1		
	高纯石墨 Hith Pure Graph- hite	C 99.5%, C 99.9%, C 99.99%  LAMINA 4									

### **PRECIO ESPERADO, CON ÍNDICES PRODUCTIVOS POR ALCANZAR**

En realidad, por falta de producción sostenida de grafito cristalino, se tuvieron que buscar nuevas alternativas para sustituirlo, como acontece con el grafito sintético o "manufacturado" que resulta más caro que el natural. Por lo mismo, es posible iniciar la producción comercial con dos plantas, considerando la potencial demanda existente para el grafito cristalino, así como para el titanio, sobre la base favorable que se tiene para colocar estos productos en el mercado internacional. Esta posibilidad se basa en que China, el principal competidor de México, disminuirá sus exportaciones por su gran consumo interno. En tanto Madagascar y Ceilán, tienen agotados sus yacimientos por la prolongada explotación de más de un siglo que llevan y los altos costos, aunado a una tecnología deficiente. ( Lámina 4.)

Es de tomar en cuenta que los índices productivos y comerciales por alcanzar, a comienzos del próximo siglo, en un volumen de 31,000 T/anales, favorablemente de una sola planta de beneficio de IMI, representaría la tercera parte del consumo mundial, del que un 25% correspondería al de hojuela grande (*Crystalline Coarse Flake Graphite*) y al de finos, el 75% restante. Es de hacer notar que este porcentaje del 75% de grafitos finos, obtiene magnifico precio en el mercado cuando su pureza alcanza más del 99% de carbono. Cada vez más, entra en competencia comercial el grafito natural fino, de alta pureza, con el grafito sintético o manufacturado, en las fabricaciones de electrodos de la Industria siderúrgica para coladas continuas, donde se requiere un grafito de más del 99.5% de carbono, pues sólo en los EUA, durante la década de los 80's se consumieron unas 150,000 T como promedio, anualmente, que bien pueden ser abastecidas por IMI, con producción de calidad competitiva de alta pureza, como se planea.

Para competir en el mercado mundial desde 1990, IMI promovió un mecanismo operativo de comercialización de su producción, a través del Banco de Comercio Exterior (*BANCOMEXT*), tendiente a conocer la potencialidad del mercado internacional, habiéndose obtenido solicitudes prácticamente de todo el mundo, incluyendo Brasil que se considera potencial productor y de Europa Oriental, además de Alemania, Japón y los EUA, pero en grandes tonelajes que invitaban a no seguir la promoción y a suspenderla, cuando aún el Proyecto estaba en la fase de financiamiento. Por tanto, al inicio del arranque y cuando se tenga en firme el financiamiento previsto, se iniciará la promoción comercial requerida a través de las oficinas extranjeras del *BANCOMEXT*, ante la posibilidad de que IMI pueda concretar ventas anticipadas, al tiempo de promover los mecanismos de producción comercial.

Por otra parte, tratándose de uno de los proyectos minero-metalúrgicos más grandes del país, IMI promueve a nivel técnico y científico las bondades y características de estos yacimientos a nivel nacional e internacional. Sin embargo, sólo con las firmas que se mantienen relaciones de compraventa de equipo y tecnología, se comparte la información técnica de sus yacimientos.

**CURRENT WORLD PRICES FOR DIFFERENT GRADES OF FLAKE GRAPHITE (KHD), 1989.**

**Europe:**

Quality	Size #	Grade % C Graph	Price(USA\$) mt/cif
+ 190	+ 100	+ 90	750.
+ 192	+ 100	+ 92	850.
+ 194	+ 100	+ 94	1000.
+ 890	+ 80	+ 90	850.
+ 894	+ 80	+ 94	1150.
+ 594	+ 50	+ 94	1410.

*KHD Consulting Div. 8/89 An*

**USA**

Quality #	Size Graph	Grade % C mt/fob	Price(US \$)
+ 592	+ 50	+ 92	1000.
- 290	- 200	+ 90	640.
- 199	- 100	+ 99	1180. (chemical grade 1)
+ 898	+ 80	+ 98	1540. (chemical grade 1)

*KHD Consulting Div. 8/89 An*

**Japan:**

Quality	Price(US \$) mt/fob
+ 592	930.
- 199	1180. (chemical grade 1)
+ 899	1495.

*KHD Consulting Div. 8/89 An*

## PROYECTO DE INVERSION EN DESARROLLO TECNOLÓGICO

### CAPITULO IV

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES Y ANTECEDENTES

El propósito de este Proyecto denominado: "Desarrollo y Optimización del Proceso Minero-Metalúrgico para la Producción de Grafito Cristalino y Titanio, en los yacimientos de EL Hielo y La Escondida, Oaxaca", consiste en un escalamiento tecnológico que parte desde la extracción del mineral hasta la posible industrialización de los productos obtenidos, en las propias plantas de concentración de IMI. Es de considerar que este objetivo, deberá ser fincado en una alto nivel competitivo de calidad, requerido en el mercado internacional, como se describe en las siguientes notas y sus antecedentes tecnológicos.

Dentro de un análisis económicamente favorable y una tecnología factible para ser desarrollada, la empresa IMI y/o concesionarios explotarán, concentrarán, refinarán y tratarán de elevar al mayor grado de industrialización el grafito cristalino y el titanio contenido en sus yacimientos de El Hielo y La Escondida, donde se tienen cubicadas reservas del orden de 127 M/T, con Ley Media de 3.6 % de carbón fijo y de 0.8% de TiO<sub>2</sub>.

Existen más de 80 tipos de grafito cristalino en calidad y pureza con valores que oscilan entre 800 a 4500 Dlls/T, siendo el promedio 1800 Dlls./T, con los que se pueden fabricar: pinturas, crisoles, cepillos, encamisados, refractarios, lápices, electrodos, pilas, aleaciones especiales, fibras flexibles, implementos deportivos, para motores, cubiertas, naves espaciales y aéreas, grasas, lubricantes y moldes refractarios para coladas continuas en plantas siderúrgicas y metalúrgicas.

Las aplicaciones de titanio se relacionan con la fabricación de pigmentos y aleaciones ligeras de alta resistencia, como aviones, satélites y proyectiles espaciales.

En consecuencia, este Proyecto minero-metalúrgico consiste en optimizar la ingeniería básica y de detalle del proceso, a través de líneas de aportación de capital social y bancarias nacionales e internacionales; aplicando y asimilando las tecnologías de punta de las firmas KHD Humboldt, de Alemania; Kilborn, Inc. de Canadá y Sumitomo, Corp. de Japón en forma competitiva para la instalación de dos plantas de beneficio de 1500 T/d en cada yacimiento por el sistema

más avanzado de flotación, tendiente a producir un volumen de unas 31,500 T de concentrados de grafito y como unas 7,500 T de concentrados de rutilo, con valor global de unos 65.7 M/Dlls., anualmente.

Para el efecto y dentro de esta fase de arranque, IMI estudia actualmente con *Tamrock, de Finlandia*, el sistema óptimo de explotación a cielo abierto y altamente mecanizado, en ciclos continuos y eficientes. Asimismo, se procura que el proceso metalúrgico sea automatizado, con tecnología innovada y de punta para competir en calidad en el mercado internacional.

El estudio del mercado internacional refiere una demanda abierta, difícil de saturar, en donde las reservas de IMI ocupan por sus volúmenes el 2° lugar después de China y con escasos países productores. La inversión total del Proyecto será de 75 M/Dlls; correspondiendo 37.5 M/Dlls para cada yacimiento y administrado independientemente por IMI.

Para alcanzar una producción sostenida de grafito cristalino y del titanio, dentro de los altos índices de calidad competitiva mundial, se parte de análisis históricos sobre la incorporación de nuevas tecnologías, relacionadas con la investigación, asimilación, adaptación e innovaciones que en gran medida dependen de las empresas líderes en estos campos.

La investigación y desarrollo para el proceso minero-metalúrgico del grafito cristalino, relacionados con su comercialización global, data de hace más de dos siglos, con una infraestructura tecnológica que ha ido sumando esfuerzos e innovaciones. Desde entonces, podemos referir que las eficiencias de recuperación mecánicas y químicas, se han incrementado de un 30%, hasta alcanzar un 97% que es el óptimo para las plantas de beneficio actuales.

Como las aplicaciones y aprovechamiento del grafito cristalino está íntimamente ligada a la industria metalúrgica y siderúrgica mundial, debido a sus propiedades físico-químicas que lo hacen insustituible en los procesos de fundición. La investigación y los usos inherentes se han desarrollado casi paralelamente con esta industria. Por consecuencia, las notas históricas de su aplicación parten desde el año de 1400, donde lo usaban en crisoles de arcilla y grafito para coladas del centro *Haffnerzell, Baviera, Alemania*, que aún conserva el liderazgo de la tecnología del grafito y compartida con los países más industrializados del mundo.

Si se revisara la lista de países que a lo largo de varios siglos aparecen como productores y abastecedores de grafito cristalino, más del 90% reportan sus minas agotadas y ahora resurgen como potenciales



importadores (Lamb and Irving, 1985), desde que se abrieron las minas de grafito de Barrowdale, en Cumberland, Inglaterra, que iniciaron su explotación el año de 1550, al producir grafito para la fabricación de lápices por medios refractarios.

La demanda depende del grado de industrialización. Así pues, toda Europa es altamente consumidora y no dispone de yacimientos de grafito cristalino. Los Estados Unidos de América, ha extraído escasa producción en numerosos estados de su territorio y actualmente importa todo su consumo de grafito cristalino, de China, Madagascar y México. Por su parte Japón, el principal consumidor del mundo, ha tenido que buscar fuentes de abastecimiento cada vez más alejadas de su territorio, al quedar restringida sus importaciones de Corea y China que lo provisionaban.

La tecnología y desarrollo minero-metalúrgico para la explotación industrial del grafito cristalino en México, se inicia hará unos 30 años (Zamora *et al.* 1975), con la experiencia obtenida de un pequeño depósito conocido desde hace un siglo y denominado Cerro de la Cucharita, ubicado a unos 4 Km. al Norte del poblado de Telixtlahuaca, Oaxaca. Este yacimiento que aflora en un área de 6 Has. fue exhaustivamente explorado por el CRM y la CFM por unos 5 años, para cubrir reservas mineras de 2.1 M/t con Ley de 4% de C. fijo, en donde ahora existe una planta ampliada de 500 T/d de molienda.

Es de hacer notar que toda la tecnología del proceso metalúrgico fue investigado por técnicos de la Comisión de Fomento Minero, con la asesoría de algunas empresas instaladas en el país y así integrar, lo que más tarde vendría ser la empresa paraestatal de Grafito de México, S.A., fundada en 1977, con producción diaria de 200 T/d la que de alguna forma ha representado un laboratorio semi-industrial para los Proyectos de IMI.

La problemática inherente a la industrialización del grafito y su proceso metalúrgico, aún no ha sido concluyente; sin embargo, la experiencia obtenida ha sido fructífera en cuanto a la serie de innovaciones que se han introducido, si consideramos que la eficiencia de 75% que se tenía cuando se arrancó la planta, se ha incrementado a cerca del 94% que tiene en la actualidad y con producción de 500 T/d. Esta medida de ampliación también pudo aliviar el abastecimiento de la planta, que al principio era alimentada con cabezas de 4% y en la actualidad ha decrecido hasta en 3.3% de carbón fijo, a fin de sostener los costos de producción que ya resultaban críticos, al incrementar su producción.

Es oportuno mencionar que uno de los principales problemas metalúrgicos que derivan de proyectos de producción pequeña, se relaciona con el hecho de que deben ser alimentados con mineral de la

más alta Ley que se disponga en el yacimiento, para incrementar utilidades en comparación con los altos costos que resultan del proceso. El resultado de esta operación, es que compromete la operación futura, al "descremar" la parte rica del yacimiento y la alternativa económica más práctica, si aún existen reservas, sería incrementar la producción con una ampliación; o bien, realizar las innovaciones tecnológicas más adecuadas para reducir los costos de producción. Sin duda alguna, este es el principal problema por el que actualmente pasa la Industria Minera de México.

Bajo estas condiciones tuvo lugar el descubrimiento de los extensos yacimientos de *El Hielo* en el año de 1982 y posteriormente los de *La Escondida* en 1987 por técnicos de la empresa *Industria Minera Indio, S.A.* Después de algunos estudios geológico-mineros preliminares, se procedió a realizar una serie de investigaciones metalúrgicas en los *Laboratorios Metalúrgicos del Centro Experimental del Sureste* de la CFM, ubicados en el Poblado de Cacaotepec, Oaxaca; en un punto intermedio que equidista 25 Km. de los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida* de IMI. Cabe agregar que estos laboratorios cuentan con un montaje de equipo y maquinaria del orden de 10 M/Dlls. y actualmente están subaprovechados por falta de proyectos minero metalúrgicos; además, se integran a otros proyectos de los Estados de: Oaxaca, Puebla, Veracruz, Chiapas, Guerrero, Tabasco y de México. Es de considerar que esta infraestructura disponible para los Proyectos de IMI, representa importante inversión económica para experimentar las innovaciones tecnológicas por la empresa *Industria Minera Indio, S.A.*, de sus respectivos yacimientos.

Es de considerar que si los Proyectos de *Industria Minera Indio S.A.* hubieran arrancado hace 5 años, como se tenía previsto con una planta de 500 a 1000 T/d de molienda, con la tecnología metalúrgica que actualmente se tiene disponible en el país, se hubieran resentido deficiencias en más del 50%, por los bajos niveles de calidad que se hubiera obtenido a partir de una producción limitada, carente de innovaciones de la obvia tecnología de punta. También, la producción estaría regularmente castigada en precios por debajo de las cotizaciones internacionales y puestas necesariamente en ganga por sus reducidas especificaciones de tamaño y pureza, ante la extensa variedad de productos existentes en el mercado. Queda agregar, que por aquel tiempo se desconocía la existencia económica del rutilo ( $TiO_2$ ) como subproducto y comercialmente explotable para rendir una cuarta parte del valor potencial de la producción para cada Proyecto.

Con el propósito de que el lector pueda entender la problemática que se presenta cuando se carece de la incorporación de las nuevas tecnologías en un proyecto, en las siguientes notas se procederá hacer un análisis de las diversas etapas que integran todo el Proyecto, incluyendo las contribuciones científicas aportadas, así como las

experiencias mundiales acumuladas, disponible por las empresas líderes en estos campos.

Se puede resaltar que sobre la tecnología de punta del grafito cristalino, en la última década se han obtenido avances de consideración, tanto en las líneas de proceso, como en las de refinación y de sus aplicaciones domésticas e industriales.

La favorable aplicación y adaptación de las nuevas tecnologías, con sus propias innovaciones por parte de *IMI* y a corto plazo, impactaría en un ahorro de más de 15 años de investigación y experiencia, que si tratáramos de diseñar todos los procesos metalúrgicos con los recursos tecnológicos que cuenta el país, con resultados aún muy aleatorios.

Por consecuencia, las adaptaciones y las grandes innovaciones que en la actualidad presenta el proceso de concentración y refinación del grafito cristalino y rutilo, deberá ser incorporado al país del extranjero por dos caminos insoslayables. Uno de ellos, será experimentando el proceso en los laboratorios de Alemania y Japón, con las empresas líderes y el otro camino será, incorporar y asimilar esas tecnologías en los referidos laboratorios de la *CFM*, en Oaxaca, auxiliados y asesorados por expertos, con un tiempo que se reduciría a un año, cuando más.

Es un hecho que en México, todas las investigaciones de procesos industriales que requieran las empresas, tienen que intentarlas con sus propios recursos y capital de riesgo. Por consecuencia, resulta más barato adaptar e incorporar aquellas tecnologías de punta, no asimiladas y existentes en el extranjero, para posteriormente experimentarlas, con alto grado de eficiencia.

La experiencia de *IMI* en relación a la capacitación de recursos humanos, es que resulta más económico y viable traer a los mejores expertos donde se encuentren, que enviar a un considerable grupo de profesionistas al extranjero a especular y capacitarse en problemas que muchas veces no tienen relación con los objetivos que se tratan de solucionar, porque es obvio que las empresas extranjeras no exhiben sus adelantos tecnológico e innovaciones a los competidores. Es de hacer notar que al presente, *IMI* tiene identificada la problemática metalúrgica, de explotación, mercado y sobre diversificación tecnológica de su producción, a fin de solucionarla en la medida de la disponibilidad de recursos.

## ACTIVIDAD Y DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICO DEL SISTEMA PRODUCTIVO

Para fines de control administrativo y productivo, cada yacimiento será operado en forma independiente, donde *Industria Minera Indio, S.A.* actuará como promotor y responsable del crédito para su desarrollo técnico y productivo. La duración para poner el Proyecto en su fase productiva será de **24 meses**, durante el período del año 1997 y 1998. La primera etapa que en seguida se describe, ya ha sido ejecutada por *IMI* y financiada con recursos propios, con un monto de **3 M/Dlls.** erogados en el curso de **10 años**, hasta alcanzar la madurez que actualmente tiene. Por tanto, las etapas **II, III y IV** y el monto de su inversión respectiva, serán ejecutadas en 2 años.

Tratándose de dos yacimientos gemelos con objetivos análogos, la inversión global de **75 M/Dlls.** corresponde para todo el Proyecto; sin embargo las erogaciones serían de **37.5 M/D.**, para cada yacimiento en particular, o sea la mitad de los conceptos de las siguientes etapas:

### **ETAPAS DEL PROYECTO GLOBAL MINERO METALÚRGICO DE INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A.**

#### **I) ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y FINANCIERA.**

Costo de la inversión: 3 M/Dlls; uno y medio para cada yacimiento.

Se financió con recursos técnicos y propios de *IMI*.

#### **II) DESARROLLO Y PREPARACIÓN DE LOS YACIMIENTOS.**

Costo de la inversión: 13 M/Dlls; en dos partes de 6.5 M/Dlls; c/u. Se financiará con recursos de *IMI*.

#### **III) INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN**

Costo de la inversión: 42 M/Dlls; en dos partes de 20 M/Dlls. Se podrá financiar con ventas anticipadas y recursos de *BANCOMEXT*.

#### **IV) REFINACIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN DEL PRODUCTO.**

Costo de inversión: 17 M/Dlls; programada; por *IMI*

Podrá ser autofinanciable con recursos propios de *IMI*.

La razón por la que el Proyecto global con inversión de **75 M/Dlls** tienda a desarrollarse paralelamente en los dos yacimientos, obedece al propósito de que la planta química y de refinación sea abastecida con la producción de concentrados de las dos plantas de beneficio instaladas en los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*, para su

PROGRAMACION GRAFICA DE ACTIVIDADES SEGUN EL CATALOGO, PARA LA EVALUACION ECONOMICA DEL YACIMIENTO LA ESCONDIDA, EL DISEÑO DEL PROCESO METALURGICO Y OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE EXPLOTACION, ARRASTRE Y LOCALIZACION DE PLANTA DE BENEFICIO, CON PRESAS DE JALES.

PREPARACION	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º
TRAZAR 1)	Construcción de 10 Km de cortes y trincheras para exponer el mineral								
AMPLIFICAR 2)	Proyectar planos a escala 1:10,000								
MAPEAR 3)	Levantamiento geológico de detalle, con control estratigráfico y estructural								
LIMITAR 4)	Delimitar los cuerpos de mineral y evaluar las reservas explotables								
LOCALIZAR 5)	Ejecución de 200 obras mineras entre pozos, catas y su muestreo								
UBICAR 6)	Localización de estaciones topográficas fijas y de control								
DETERMINAR 7)	Construcción de campamento y oficinas de la mina								
MUESTREAR 8)	Desarrollo del muestreo sistemático para su análisis en la CFM								
ADQUIRIR 9)	Tractores D-8K								
ESTUDIAR 10)	Determinar zona de Planta de Beneficio, presa de jales y de agua								
LOCALIZAR 11)	Precisar las boquillas para estudiar la construcción de presas de agua								
PROYECTAR 12)	Construcción de secciones geológicas y su proyección minera								
COLECTAR 13)	Obtener una muestra representativa y su envío a Alemania para KHD								
DUPLICAR 14)	Estudiar la misma muestra en los laboratorios de la C.F.M.								
ADQUIRIR 15)	Adquisición de fotografías aéreas y revelado de fotos de trabajos								
ADQUIRIR 16)	Compra de equipo y herramientas de trabajo								
ADQUIRIR 17)	Vehículos								
OBTENER 18)	Mueviliario de oficina								
ADQUIRIR 19)	Equipo topográfico								
OBTENER 20)	Diseño de planta de beneficio por flotación								
PLANTEAR 21)	Sistema óptimo de explotación y arrastre								
EVALUAR 22)	Proceso metalurgico del grafito y titanio								
TRIMESTRE	F I N A L								
INFORMES:	1er Inf. Téc.	2o. Inf. Téc.	3o. Inf. Téc.	4o. Inf. Téc.	5o. Inf. Téc.	6o. Inf. Téc.	7o. Inf. Téc.	8o. Inf. Téc.	9o. Inf. Téc.

NOTA: El avance del trabajo será reportado por trimestre; igualmente la parte contable; debido a que el plan de trabajo de 24 meses fue dividido en 8 trimestres, como se observa en la programación gráfica de actividades. El último trimestre será para consolidar el proyecto y presentar el Informe final y los resultados de cada una de las actividades, que se presentará en el 9º trimestre.

industrialización final. Además, se contempla un sustancial ahorro administrativo y tecnológico.

Debido a que este Proyecto será desarrollado con la tecnología más avanzada y en una fase de expansión creciente, escalada hacia el próximo siglo; se piensa que la tecnología que se asimile del extranjero, sea perdurable y actualizada por más de una década y con escasas innovaciones de adaptación en este período. Por fortuna IMI arrancará sus Proyectos con una tecnología muy renovada y actualizada, como lo es el sistema *Column Cells Technology*, que ha venido a revolucionar el proceso de flotación convencional. Con respecto a los sistemas de purificación y refinación de los concentrados de grafito y de titanio, también serán con tecnología de punta y debidamente adaptada a las características mineralógicas de cada yacimiento, según la experiencia obtenida en el proceso metalúrgico a escala piloto.

El catálogo de actividades será consecutivo y realizable en paralelo con otros objetivos técnicos y materiales de la etapa II y III del Proyecto en general. Se debe tener presente que los objetivos que se proyectan realizar con recursos financieros de los accionistas, serán técnica y científicamente de investigación básica y aplicada, realizable y concluida en **18 meses**, a partir de la primera entrega de capital, como sigue (Lámina 5.):

**ACTIVIDADES MINERAS PARA OPTIMIZAR LA EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN  
METALÚRGICO**

- 1- Trazo y construcción de 15 Km. de cortes y trincheras mineras (E)
- 2- Obtención de planos y su amplificación topográfica (E)
- 3- Mapeo geológico de detalle, estratigráfico y estructural (E)
- 4- Localización y definición de cuerpos mineralizados y límites (E)
- 5- Determinación y ubicación de catas o pozos por ejecutar (P).
- 6- Fijar unas 25 estaciones y mojeneras de control topográfico (E)
- 7- Selección del área de campamento y de oficinas técnicas (\*)
- 8- Programación del muestreo sistemático y almacén de testigos (P)
- 9- Trazo de los caminos por ejecutar en el futuro con tractor (\*)
- 10- Determinar el área y la ubicación de la planta de beneficio (P)
- 11- Localizar boquillas para presas de agua pluvial y jales (P)
- 12- Construcción de secciones geológicas y su proyección minera (E)
- 13- Colección de muestra minera y su envío a Alemania (P)
- 14- Duplicado de muestra para los laboratorios de CFM y Kilborn (P)
- 15- Adquisición de fotografías aéreas de zonas de interés (E)
- 16- Compra de equipo y herramientas para el muestreo (P)
- 17- Presentación global del Proyecto y los objetivos intermedios(\*)
- 18- Diseño del campamento técnico-administrativo y servicio (\*)
- 19- Área de talleres y almacén de la planta de beneficio (\*)
- 20- Taller de mantenimiento del equipo de extracción y arrastre (\*)

Los rubros marcados con (E) corresponden a la optimización del sistema de explotación; en cambio, los señalados con (P) se relacionan con el diseño e innovaciones del proceso metalúrgico. Las marcadas con (\*), corresponden a Proyectos de Desarrollo.

Es de considerar que la labor del programa de investigación arrancará simultáneamente con la *Etapa II* del Proyecto global y se iniciará con los cortes y trincheras, así como de las catas y los pozos pequeños, de donde se obtendrá consecutiva y sistemáticamente una muestra representativa para su análisis en los laboratorios de la *Comisión de Fomento Minero*, ubicados en Oaxaca, Otro tanto, será igualmente analizado en los laboratorios del *CFM*, ubicados en Tecamachalco, Estado de México, para su comprobación comparativa como ya se ha venido realizando en el pasado y en forma satisfactoria.

De las obras superficiales estratégicamente ejecutadas, se obtendrá una muestra representativa de 50 Kg. por cada obra minera realizada, hasta sumar un compósito total de 100 T mecánicamente mezclada, que servirá para estudiar en tres diferentes laboratorios los procesos metalúrgicos inherentes que tiendan a diseñar, innovar y optimizar el sistema de tratamiento del grafito cristalino y el titanio. De la muestra representativa de 100 T, se separarán cuatro tantos de 20 T c/u que servirán para estudios químicos y metalúrgicos que se realizarán en los laboratorios de las firmas *Sumitomo, Corp.*; *KHD Humboldt Wedag AG*; *Kilborn, Inc.* y *Comisión de Fomento Minero*. Con estos programas de trabajo, se pretende optimizar las ingeniarías de detalle del proceso metalúrgico, con la tecnología más avanzada o de punta, para recuperar el grafito cristalino y el titanio, de la que ya se tiene bastante experiencia en los laboratorios de la *CFM*, *Voest Alpine*, *Nichimen*, *Sumitomo*, *KHD* y *Grafito de México*. Además, de la adecuación tecnológica del sistema de extracción altamente mecanizado y automatizado para la explotación de los yacimientos.

Es indudable que al efectuar el muestreo analítico y detallado de los cuerpos de mineral, podremos determinar en forma precisa la distribución, Leyes y características de la mineralización en todo el yacimiento. También el sistema óptimo de explotación; la localización exacta de la planta de beneficio con su presa de jales, así como las fuentes de aprovisionamiento de agua. Por consecuencia, la muestra representativa deberá ser obtenida de los cortes y trincheras que expondrán la mineralización, así como también de las catas y pozos ejecutados exprefeso.

Al quedar resueltos los problemas de extracción óptima y la innovación del proceso metalúrgico, los estudios de factibilidad de *IMI* determinan que los dos yacimientos en plena producción y molienda de **3000 T/d**, con una Ley Media de **3.7%** de carbón fijo y de **0.7%** de  $TiO_2$ , como subproducto, se podrán obtener **31,000 T** de concentrados de

grafito cristalino de 92-96% de pureza de C. y aproximadamente, unas 7,000 T de óxidos de titanio en forma de rutilo, para alcanzar un valor global de 49.79 M/Dlls., a los precios actuales de mercado.

Dentro de esta proyección general ya se tiene programada la recolección de la muestra en unos 4 meses para su estudio metalúrgico, en tres diferentes laboratorios, en un período de otros 4 meses. El Proyecto de explotación arrancará en paralelo con los anteriores y se concluirá en 14 meses, incluyendo la preparación y el abastecimiento a la planta de beneficio. El resto del tiempo para completar los 18 meses, será para afinar los detalles inherentes al diseño de la planta de beneficio y corrimiento de pruebas a escala piloto, para determinar la recuperación efectiva de los concentrados.

Por consecuencia, toda la tecnología relacionada con la extracción, tumba y arrastre del mineral será innovada y desarrollada por IMI, con asesoría de expertos. En cambio, la tecnología del proceso metalúrgico será investigada, asimilada, innovada, adaptada y producida por la experiencia de los tres laboratorios de las firmas referidas; sobre todo, porque las instalaciones técnicas e industriales de estos laboratorios, son de reconocido prestigio y actualización experimental. Se espera que el personal técnico de IMI pueda asimilar y adaptar la experiencia metalúrgica mundial y de punta, bajo estas condiciones, a muy bajo costo y entrar a la fase operativa y productiva, competitivamente.

La parte experimental del proceso y la capacitación de recursos humanos, se llevará a cabo en el CENTRO EXPERIMENTAL DEL SURESTE, de la Comisión de Fomento Minero, que con una infraestructura de más de 10 M/Dlls. está montado en la Carretera de San Lorenzo Cacaotepec, Km. 0.5 de la Carretera Federal a Oaxaca, México. Con respecto a la optimización del sistema de explotación de los yacimientos, será realizada por la empresa interesada en este Proyecto; *Industria Minera Indio, S.A.*, asesorada por la firma *TAMROCK*, de Finlandia.

En este orden de ideas, se tiene programado que todos los estudios y análisis químicos rutinarios serán investigados en los referidos laboratorios de la CFM; en cambio, los problemas inherentes al proceso metalúrgico y diseño de planta serán tratados en los laboratorios de las firmas *KHD Humboldt Wedag AG* de Alemania y de *Kilborn, Inc.* del Canadá y así como de *SUMITOMO*, del Japón.

En cuanto a la obtención de la muestra representativa y el equipo de muestreo, consistirá de herramientas simples, como picos, palas, bolsas, lonas y costales. También, una superficie plana de cemento con dimensión: 10x15 m<sup>2</sup> para depositar y revolver la muestra. Un almacén y oficinas, dos camionetas tipo pick up y un camión de 3 T de redillas para transportar la carga al patio. Además, se montará una oficina de



cálculo y dibujo para procesar toda la información técnica y científica que se obtenga de las diversas fuentes, a través del modelo computarizado de extracción, beneficio y refinación.

Una interesante comparación técnico-económica de nuestro proyecto que implica la instalación de una planta de beneficio de 1500 T/d, para el área La Escondida, se podrá verificar con la rentabilidad y producción de la planta de *Grafito Cristalino, S.A.*, instalada en el Cerro de la Cucharita, a unos 4 Km. al Norte del poblado de Telixtlahuaca, que con el mismo tipo de mineral; iguales características petrológicas y contenidos químicos, arrancó la explotación de sus yacimientos con **200 T/d**, hacia 1981 y opera con utilidades hasta la fecha.

La referida planta construida y supervisada por técnicos de la *Comisión de Fomento Minero* y amortizada en un plazo relativamente corto, fue ampliada hacia 1987 hasta producir **500 T/diarias**, casi en forma autofinanciada; ante una demanda abierta y en constante expansión, pero limitada por su baja producción y calidad competitiva, en cuanto a la demanda exterior que aún no ha sido superada.

Aunque ambos Proyectos distan 5 Km. y se desarrollan en la misma zona mineralizada, la diferencia estriba en que el yacimiento de *Grafito de México, S.A.*, dispone de menos de **2 M/t** de reservas; en comparación con los **60 M/T** de reservas de mineral, estimadas por *IMI, S.A.* para el área de La Escondida. Es de hacer notar que las concentraciones mineralógicas están bien expuestas, en grandes bancos fácilmente mineables y en condiciones óptimas de arrastre. Además, se obtendrá una importante producción de concentrados de rutilo, en la forma de  $TiO_2$ , que significa adicionar en esta forma aproximadamente **3,500 T/anales** con valor de **4.2 M/Dlls.**

Sondeos preliminares promovidos por *IMI*, a través de las agencias externas de *BANCOMEXT* y en relación con la potencial producción de grafito cristalino y titanio, recibieron importantes pedidos difícil de cubrir a corto plazo y en relación con la oferta de las **31,000 T** que se espera producir a partir de 1997. Por ejemplo, la firma transnacional *Nichimen de Japón*, mostró interés para adquirir **60,000 T/annualmente** de concentrados de grafito de alta calidad. De Alemania, la empresa *Spaeter* está interesada en importar **20,000 T/año** de grafito cristalino para la fabricación de refractarios. Igualmente, un gran número de países de Europa, Sudamérica y EUA, se interesan por adquirir tonelajes variables y en calidad hacia el futuro.

Recientemente, *IMI* comunicó a la Empresa *Industria Peñoles, S.A.* la posibilidad de abastecer concentrados de grafito cristalino de grado refractario al **94%** y de químico al **99%** para su planta de Ramos Arizpe, Coah; habiendo manifestado interés en requerir tonelajes del

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

orden de 2,000 a 3,000 T progresivamente, que actualmente importan de China, para representar compras de 5.5 M/Dls. en promedio anualmente. Al respecto, se estima en 3,000 T adicionales el consumo anual de grafito cristalino de México, relacionado principalmente para lubricantes, moldes, crisoles, lápices y aceites, en gran parte, proveniente de maquilas refinadas del extranjero.

### **MÉRITOS TECNOLÓGICOS DEL SISTEMA PRODUCTIVO**

La principal característica minera de estos yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*, radica en su gran potencialidad vertical y extensión que ha sido determinada por mapeos geológicos, con obras mineras y muestreos. Debido a que desde su descubrimiento, se cuenta con un estricto control litoestratigráfico y estructural, ha sido posible establecer la distribución zonal de la mineralización del grafito y titanio para su eventual explotación selectiva.

Como en ambos yacimientos el proceso metalogénico es similar y sincrónico, existen marcadas analogías en cuanto a sus características petrológicas, estructurales y mineralógicas; no obstante que distan 30 Km., uno del otro. Por efecto de la erosión diferencial, el yacimiento de *El Hielo* aparece más extenso que el de *La Escondida*; pero en su origen este fue cuando menos dos veces mayor, pudiendo estar conectados a otros. En efecto, *La Escondida* exhibe una concentración media de 4.0% y *El Hielo*, del orden de 3.1% de C. En cuanto al  $TiO_2$ , oscila entre 0.5 a 1% para quedar en 0.8% como promedio, en ambos yacimientos.

No obstante que la mecánica deformacional y metamórfica de las rocas fue muy intensa, el núcleo en ambos yacimientos está perfectamente definido a lo largo y ancho de su distribución. La roca encajonante de estos depósitos consiste de un gneis fracturado y alterado de origen sedimentario, bastante deleznable, compuesto esencialmente de cuarzo, feldespato, mica, gránate, rutilo, hematita-limonita, con escasa pirita en su basamento. Esta composición mineralógica no difiere de los yacimientos de Madagascar, Corea, Noruega, Canadá y China, de tal forma que su proceso metalúrgico por flotación y gravimétrico, no difiere mucho del que se aplica en aquellos países.

Una de las ventajas de estos yacimientos, se debe a que exhiben una excelente exposición superficial para ser reconocidos e investigados en cualquier nivel vertical, desde su base hasta la cima, debido a que han sido profundamente erosionados o cortados por cañones de fuerte pendiente. A causa de que la roca que contiene las franjas mineralizadas de grafito muestra suavidad y escasa resistencia a la erosión, se determina un franco contraste con la roca basal sub-

yacente, de bastante dureza y color verde-pardo, que a la vez implica el limite inferior de la mineralización del grafito y el titanio.

De tal forma que los cuerpos de mineral de estructura tabular, están expuestos en bancos con pendientes de más de 30° de inclinación y entre **150 a 350 metros** de altura, continuamente mineralizados; donde se han medido franjas mineralizadas de **20 a 300 m** de ancho y hasta **6 Km.** de longitud. Por consecuencia, el tumbé y extracción sin explosivos y su arrastre descendente serán de lo más barato para la explotación minera, en tajo abierto.

A fin de tener una idea de la magnitud de estos yacimientos, en El Hielo y a base de unas **220** obras mineras, se tiene definido conservadoramente un bloque con medidas promedio de **250 m** de ancho; **100 m** de alto y **6000 m** de longitud, que determinan un tonelaje potencial de **405 M/T**. Por otra parte, en La Escondida se ha definido un cuerpo que exhibe unos **600 m** de ancho; **220 m** de altura y **2,000 m** de longitud, que definen conservadoramente un tonelaje de **660 M/T**. Sin embargo, *IMI* para los objetivos de este Proyecto considera para El Hielo, una reserva positiva de **67 M/T** y en La Escondida **60 M/T**, respectivamente que pueden ser fehacientemente demostradas para los propósitos de financiamiento y con garantías exitosas.

Actualmente *IMI* dispone de un sistema óptimo de explotación, que será regulado por ciclos continuos de extracción y arrastre. La explotación partirá desde las bases mineralizadas, de donde se programarán cortes escalonados de **5 m** de altura, que se irán rebajando en forma descendente por medio de "ripper" con tractor *Cat D8* ó *D10*. Otra alternativa consistirá en acumular montones, donde un cargador frontal *Toro D14*, con capacidad de **14 T** de carga lo vaciará a un pozo vertical, con una plaza de descarga que comunicará a un túnel de arrastre colocado entre **80 a 300 m** de profundidad. Los pozos alimentarán a través de un "chute", los camiones *Toro* de bajo perfil y articulados de **40 T**, que abastecerán la planta de beneficio.

En estas condiciones, los desniveles existentes entre las zonas de explotación que tendrán entre **200 y 300** de altura, con respecto a las plantas de beneficio situadas en la parte más baja del yacimiento, podrán ser salvadas por caminos directos; o bien con los pozos y contrapozos que servirán de conductos para el arrastre del mineral. Asimismo, por varios túneles de arrastre, se evitará el fuerte desgaste y mantenimiento que requiere el equipo al transitar en caminos de fuerte pendiente los que serán reducidos a menos de **3%** de inclinación. Dentro del sistema cíclico, se considera que las plantas podrán ser alimentadas con un turno, por medio de dos camiones de **40 T c/u**, para cubrir las **1500 T** en cuarenta viajes y con **3** camiones se podrán alimentar hasta **3,000 T/d**, teniendo otro camión de reserva para obtener un abastecimiento sostenido a la planta.

La determinación de reservas ha sido particularmente conservadora, a partir de la exposición del mineral en la superficie, cuantificadas con obras mineras, como catas, pozos y trincheras que cubren los yacimientos, donde se identifican las zonas de mayor concentración o enriquecimiento para desarrollar los bancos escalonados de explotación. Por la extensión y potencialidad de los cuerpos, la investigación de los mismos, se centra a las zonas más favorables para el arranque, que incide en lo que se define como los núcleos de los yacimientos.

No obstante, podemos establecer que la zona de influencia mineralizada para El Hielo, cubre una superficie de  $7 \times 2 \text{ Km}^2$  y el de La Escondida de  $4 \times 3 \text{ Km}^2$ , legalmente denunciadas para su desarrollo de inmediato. Las reservas positivas de  $127 \text{ M/T}$  determinadas para los dos yacimientos, por sus condiciones geológico-mineras, son susceptibles de triplicarse con el desarrollo subterráneo ya programado. De lo que se deduce que se puede sostener una explotación minera hasta  $10,000 \text{ T/d}$  de mineral crudo, por más de **38 años** y en forma continua.

Siguiendo este orden de ideas, se podrá advertir que por la potencialidad de estos yacimientos, compiten en volumen con los de la República de China. Sin embargo, bastará con preparar  $6 \text{ M/T}$  que son las requeridas para abastecer de mineral una planta de beneficio de  $1500 \text{ T/d}$ , durante **10 años** de operación metalúrgica. La operación de preparación del yacimiento podrá realizarse en los primeros **6 meses** de arranque, donde el rendimiento productivo de explotación tendrá un promedio de  $75 \text{ T/d}$  por unidad de fuerza humana de trabajo; es decir, **75 toneladas** extraídas por hombre para el área operativa mecanizada, tanto en la superficie como subterránea.

### **TECNOLOGÍA DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA**

Dentro de esta norma expositiva, es conveniente hacer notar la tecnología de exploración geológica, seguida por *IMI* para el descubrimiento de estos extensos yacimientos (Bazán-Perkins, 1990). La filosofía de investigación ha sido desarrollada por *IMI*, basada en la experiencia y acrecentada por gran número de trabajos publicados sobre los yacimientos típicos de las secuencias precámbricas. La idea medular de esta tecnología de exploración, consiste en determinar la existencia potencial de yacimientos a partir de la identificación del medio en que se generan en el tiempo y espacio; o sea, por las propias características petrológicas que tienen en otras localidades precámbricas ya reconocidas y estudiadas en otros países.

Para este propósito, es necesario integrar y ordenar cronológicamente toda la secuencia de rocas precámbricas y su evolución tectónica, que infiere un problema difícil de resolver por la intensa

deformación metamórfica a que fueron sometidas estas rocas. Así pues, al observar la posición geocronológica, de las concentraciones metalíferas producidas por la actividad microorgánica bacterial, en determinados niveles de la sucesión litoestratigráfica, es posible definir y resolver la edad y naturaleza de estos yacimientos que por lo general resultan muy extensos, por la lentitud y extensión con la que fueron generados. Es de hacer notar, que de alguna forma estas concentraciones representan "marcas fósiles" por su naturaleza bioquímica y posición sincrónica para definir el tiempo y lugar donde fueron acumulados como arrecifes bandeados, en composición mineralógica y concentración notablemente análoga y sincrónica en la sucesión cortical de la Tierra.

Como en México favorablemente tenemos extensos terrenos precámbricos aún no estudiados, denominados en la literatura de la geología como Complejo Oaxaqueño y que se extiende en los Estados: de Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Puebla por más de 150,000 Km<sup>2</sup>, se programó un reconocimiento sistemático a principios de 1980, habiéndose obtenido resultados satisfactorios casi desde el principio de su desarrollo.

El simple enunciado del programa, pareciera una realización sin contratiempos, pero en la práctica resulta improductiva si no se tiene experiencia y capacidad, así como una infraestructura especializada que incluya avanzados análisis e investigaciones de laboratorio, en los campos de petrografía, mineralogía y espectrografía elemental. Lo anterior se acentúa más, cuando se trata de investigar terrenos que se presentan sumamente accidentados y carentes de vías de comunicación, por lo que gran parte de los reconocimientos tienen que hacerse a pié y por largas jornadas.

Por los resultados obtenidos, podemos concluir que esta labor a lo largo de una década ha sido muy exitosa y relativamente barata, si la comparamos con la información técnica y bastante estéril que se tiene de varias instituciones del país, como son PEMEX, URAMEX, CFE, CRM, IMP y de otras instituciones extranjeras y empresas privadas.

Por otra parte, los resultados científicos obtenidos, han sido fehacientemente comprobados y de carácter similar a los obtenidos en los continentes de África, Asia, Australia, Canadá y Europa, que conllevan un avance tecnológico tremendo para el conocimiento geológico de nuestro país. Estas experiencias, necesariamente tendrán amplia proyección para la economía del país, hacia la exploración de yacimientos de fierro, uranio, níquel, platino, cobre, oro, asbesto y grafito cristalino, entre muchos más; porque es posible inferir su existencia de acuerdo con la naturaleza e identificación de las rocas que lo contienen.

T A B L A      E S T R A T I G R A F I C A      D E L  
 C O M P L E J O      O A X A Q U E Ñ O ,      O A X A C A  
 Ref: Bazán (1984-85-87)      Bazán-Perkins (1990)

M.A.	EON ERATEMA		UNIDAD LITOLÓGICA	AMBIENTE PETROLÓGICO	
900 +-	P. TRD.		SUPERGRUPO CABORCA	Secuencia no representada	
1100		D i s c o r d a n c i a      R e g i o n a l			
1400 +- 1800	PROTEROZOICO MEDIO	SUPERGRUPO TELIXTLAHUACA	ARCO INSULAR DE TELIXTLAHUACA	GRUPO      Subgrupo El Muerto	Vetas pegmatíticas complejas y muy radiactivas, discordantes
				LA JOYA      Subgrupo de Mármoles y Calcosilicatos	Domos e intrusiones diapíricas de rocas calcáreas y magnesianas
				OROGENIA      OAXAQUEÑA	En facies de anfibolita
				SUBGRUPO      PEÑOLES	Ortogneises anatexíticos de tipo monzodiorítico, de la orogenia oaxaqueña, pero deformados.
				GRUPO:      EL HIELO	Secuencia de ambiente miogeosinclinal con nappas (zona externa) penecontemporánea al arco insular
				SUBGRUPO      VIGALLO	Emisiones volcánicas ultramáficas y máficas calcoalcalinas de arco. Con pegmatitas simples y deformadas
				GRUPO:      TEJALAPAN	Secuencia vulcanosedimentaria y marina, de ambiente eugeosinclinal (zona interna cabalgada)
				GRUPO      Subgrupo La Unión	Derrames volcánicos andesíticos y dacíticos de "pillow lavas", incluye pegmatitas radiactivas
1400 +- 1800	PROTEROZOICO TEMPRANO	SUPERGRUPO ZIMATLAN	HURONIANA	OAXACA      Subgrupo Tenexpan	Orto y paragneises máficos con disseminaciones vulcanogénicas tipo Kuroko con pegmatitas complejas radiactivas
1800				D i s c o r d a n c i a      R e g i o n a l	
2400 +- 2600	ARQUEANO	SUPERGRUPO PAPALO	"GREENSTONES"	GRUPO:      VALDEFLORES	Paragneises pelíticos y ferríferos de cuencas seniles, con varves, de itabiritas y jaspilitas hematíferas (iron formation)
				GRUPO      EL TRAPICHE	Paragneises félsicos y máficos de una potente secuencias de alcosas y grauvacas, de cuencas intercratónicas. Contienen conglomerados con materia carbonosa que incluye disseminaciones de oro y uranio, epigenético.
2600 +-	D i s c o r d a n c i a      R e g i o n a l				
2600	ARQUEANO	SUPERGRUPO PAPALO	"GREENSTONES"	GRUPO SUPERIOR	Paragneises cuarzofeldespáticos y pelíticos, de arco insular con concentraciones vulcanosedimentarias de arco insulares.
				GRUPO INFERIOR	Potente secuencia volcánica de rocas máficas y ultramáficas de tipo toleítico y komatítico, que incluye dorsales de cuencas oceánicas (greenstone)

Para ilustrar estas ideas, enseguida se presenta una tabla que incluye una serie de referencias cronológicas, petrográficas y metalogenéticas obtenidas en el *Complejo Oaxaqueño* ya referido. En esta forma, es posible probar y demostrar la misma sucesión litoestratigráfica reportada en otros continentes y determinada por las concentraciones mineralógicas, sedimentarias y que fueron desarrolladas químicamente por organismos unicelulares, en ambientes específicos del tiempo precámbrico. Toda esta información ha sido debidamente publicada por técnicos de *IMI*, para despertar gran interés, hacia los medios científicos del extranjero y que se resume en la tabla anexa (*Lámina 6.*).

La referida tabla, a nivel global, es bastante ilustrativa en cuanto a las posibilidades económicas para la exploración de las secuencias del Precámbrico. Al mismo tiempo, cuando se localiza un depósito típico en la sucesión de rocas precámbricas, se está en condiciones de relacionar el tiempo y espacio de su generación, debido a su desarrollo por la actividad micro-orgánica y ambiente característico de su depósito, singularmente sincrónica en la corteza terrestre.

Por otra parte, al identificar en forma fehaciente las asociaciones elementales que forman las concentraciones mineralizadas, es posible inferir también, la potencial existencia de otros yacimientos colateralmente en los mismos niveles. Otros tipos de yacimientos podrán ser identificados hacia niveles superiores, como hacia los inferiores; es decir, yacimientos que le sobreyacen, o bien que le subyacen, de acuerdo a la exposición de la referida tabla.

La referida tabla ha sido diseñada y ampliamente probada por *IMI*, su importancia e investigación fue desarrollada, durante los pasados 10 años; habiendo publicado más de 18 trabajos sobre el particular. La importancia de aplicar esta tecnología de exploración para terrenos precámbricos, radica en el hecho de identificar un yacimiento característico dentro de la sucesión y automáticamente se define el tiempo cronológico de su depositación, correlacionable con otras secuencias reconocidas en otros continentes, debido a su similitud mineralógica. Por ejemplo, hasta antes de 1980 las rocas más antiguas identificadas en el *Complejo Oaxaqueño*, era de 1,100 m.a.; sin embargo, ahora la edad se ha más que duplicado hasta alcanzar una edad mínima de 2,600 millones de años (Bazán, 1984 y 1985).

La forma práctica de probar esta tecnología se establecía al aplicar las siguientes referencias desarrollados por *IMI*. Así, hacia 1980, fue posible reconocer las concentraciones de fierro bandeado (iron formation) del *Grupo Valdeflores*, que son depósitos ampliamente conocidos y explotables comercialmente en todos los continentes. Además, dentro de la secuencia, son bastante conspicuos por sus tonalidades pardo-rojizo que les caracteriza. Como en todas las

secuencias precámbricas a estos depósitos ferríferos les subyacen en secuencia normal, las arcosas y grauvacas de color crema-verde que contiene los conglomerados con diseminaciones de oro y uranio, ampliamente explotados en Canadá y Sudáfrica; intuyéndose por tanto que en México, las mismas condiciones metalogenéticas debían de prevalecer. En efecto, la ampliación de los reconocimientos de campo establecieron la existencia de concentraciones auríferas y a la vez radiactivas que han sido ampliamente estudiadas por IMI en la Sierra de Vigallo, al oeste de Zimatlán, Oaxaca.

Esta simple analogía metalogenética y litoestratigráfica, abría otras posibilidades interesantes y de mayor trascendencia para la investigación geológica de México. Así, por ejemplo, al descubrir e identificar las concentraciones auríferas y radiactivas de los horizontes del Grupo *El Trapiche* del Proterozoico Temprano con edad mínima de 2,200 m.a. que a nivel global fecha la cima de este grupo, permitía establecer también la existencia de rocas verdes (greenstone belts) de edad arqueana, hasta entonces nunca reportada en el territorio de México y con edad mínima de 2,600 m.a.

Un control más rígido de las exploraciones y al ampliar las investigaciones, apoyadas con estudios de laboratorio, permitió determinar hacia fines de 1983 varios afloramientos de las mencionadas rocas verdes arqueanas y como un hecho inusitado para la geología de México, por el valor que representa para otros tipos de investigación y estudios (Bazán, 1985). Al quedar debidamente probada la existencia de las rocas verdes arqueanas, se identificaron otras más en el territorio de México para hacer un total de 30 afloramientos, desde Chihuahua hasta Chiapas y definir un extenso escudo arqueano, por primera vez reportado en la literatura mundial y como uno de los descubrimientos geológicos más importantes del presente siglo.

Dentro de este orden de ideas, al quedar establecida la sucesión cronológica de los yacimientos que integran la sucesión de rocas precámbricas en la región del *Complejo Oaxaqueño* y cuyo origen se relaciona con la actividad micro-bacterial, IMI extendió su exploración geológica y de detalle a otros objetivos, para desarrollar un modelo tecnológico de exploración. El efecto fue el descubrimiento de otro extenso yacimiento de *grafito cristalino*, denominado *La Escondida*, que por raro que parezca había pasado desapercibido para más de un centenar de geólogos de la CFM, *Grafito de México, S.A., C.R.M;* del Instituto de Geología, PEMEX, URAMEX y a pesar que se distribuye a escaso 5 Km. del referido depósito del Cerro de la Cucharita, de la citada empresa *Grafito de México, S.A.* Resta decir que en el yacimiento de *La Escondida*, se han cubicado cuando menos 40 M/T, o sea 20 veces más de las reservas que actualmente dispone *Grafito de México, S.A.* y dentro de la misma área mineralizada.



Para conducir este Proyecto minero-metalúrgico al éxito, la base de sus posibilidades y garantías futuras, necesariamente debe apoyarse en los estudios geológicos y mineralógicos sistemáticos que se desarrollen en el yacimiento mismo y de la experiencia de otros de características similares. Un gran número de factores técnicos deben ser considerados, antes de efectuar la inversión tendiente a la explotación del yacimiento y de llevar a efecto la instalación de una planta de beneficio para procesar los recursos minerales. De la expresión geológica exhibida por el mineral en la superficie, se podrá determinar la potencialidad del yacimiento y sus posibilidades de explotación en cuanto a las Leyes comerciales, reservas, concentración y la distribución de la mineralización. Muchos depósitos manifiestan poca información geológica-minera, entonces se hace necesario la investigación directa de obras de exploración y desarrollo para investigar las dimensiones y alcance del Proyecto en su pronóstico futuro. Por lo regular esta fase evaluativa es de gran riesgo y representa el principal factor de incertidumbre para arrancar eventualmente una operación minera.

El principal factor geológico que determina la potencialidad y naturaleza de un yacimiento se relaciona con su estructura, porque dependiendo de su morfología y tamaño se puede determinar el control y límites distributivos de la mineralización. Un segundo factor de interés económico, se relaciona con el contenido cualitativo y cuantitativo de los elementos y asociaciones mineralógicas que concurren en el yacimiento. El tercer factor de importancia, se establece con la evaluación de las reservas comercialmente explotables y las posibilidades futuras. Finalmente se hace un balance de los costos de explotación y las condiciones del mercado para obtener una relación de las ganancias, o la incosteabilidad del proyecto. Muchos otros subfactores intermedios deben ser analizados o investigados en el desarrollo de un Proyecto minero-metalúrgico, que dan la pauta para definir la estrategia a seguir y las condiciones productivas a corto, mediano y largo plazo.

Entre los subfactores o problemática secundaria que debe conocerse para arrancar un Proyecto minero-metalúrgico, se tendría como principal objetivo la determinación dimensional de la planta de beneficio con reservas suficientes para alimentarla por lo menos durante **10 años**, en forma sostenida. Otro subfactor que se debe determinar de antemano, consisten en definir la Ley o concentración mínima que debe de extraerse durante la explotación del yacimiento, que en la literatura minera se conoce como Ley de corte o "cut off", para no encarecer el proceso. Toda esta información geológica deberá ser expuesta en los *Estudios de Viabilidad* de un Proyecto, los que además incluirán el análisis de la infraestructura inherente a su desarrollo, como son caminos, electricidad, topografía, hidrografía, clima, condiciones so-

ciales, planos y estudios mineros y metalúrgicos inherentes a la factibilidad del proceso, tendiente a definir el "punto de equilibrio" financiero.

Habiéndose determinado la viabilidad económica del Proyecto en cuanto a reservas, Leyes de concentración y del mercado, se toman las medidas técnicas encaminadas a determinar las siguientes condiciones de operatividad productiva, a fin de hacer rentable la inversión de acuerdo a los Estudios de Viabilidad y relacionada con la modernización tecnológica, como sigue:

**PRINCIPALES OBJETIVOS PREOPERATIVOS  
MINERO-METALÚRGICOS**

- 1)- Definir las dimensiones de las plantas que serán instaladas para la explotación de los yacimientos, con la tecnología de punta existente en el mercado mundial y abastecida con cabezas estandarizadas durante 10 años y en forma sostenida.
- 2)- Determinar el método más directo de explotación, basado en la investigación geológica y características topográficas del terreno. Debe existir un sistema de tumba, extracción y arrastre óptimo que requiere seleccionar la maquinaria y equipo más rentable del mercado.
- 3)- Diseñar el sistema óptimo del proceso metalúrgico, que incluya así las innovaciones investigadas en el extranjero para incorporarlas al flow sheet, favoreciendo la concentración de mineral. Se entiende que este proceso debe ser altamente automatizado y debidamente monitoreado para obtener un producto claramente competitivo, a nivel mundial.

De estas notas, podemos resumir que IMI tiene definidos todos los parámetros técnicos relacionados con los Estudios de Viabilidad y la infraestructura básica para arrancar con este Proyecto; sin embargo, queda por resolver los tres puntos citados en el párrafo anterior y que constituye el objetivo de esta síntesis descriptiva. Si bien, se tienen algunos avances substanciales, se debe reconocer que un Proyecto de esta naturaleza tiene que estar eslabonado en todas sus fases, en condiciones de productividad altamente competitiva en calidad y eficiencia, de acuerdo con la tecnología más avanzada que exista en el mercado.

A fin de dilucidar las normas de calidad y eficiencia que se requieren para competir en el mercado, en los siguientes capítulos se hará un análisis de las problemáticas existentes en cuanto a la deficiente tecnología del país, como barrera de la producción comercial del grafito cristalino y del rutilo, en condiciones y especificaciones de calidad que son consistentemente cotizadas y requeridas en el mercado internacional. Atendiendo a esta condición, es necesario resumir las características y las formas de comercialización que se requieren para la cotización del grafito cristalino y del titanio, en el mercado mundial.

Así pues, atendiendo a su naturaleza, el grafito se puede definir en tres tipos principales que son: 1) *Amorfo*, 2) *Cripto-cristalino* y 3) *Cristalino*. El primero es impuro y mezclado con arcillas y otros minerales finos. Tiene el aspecto de una pizarra negra, lustrosa al tacto y los contenidos de carbón varían de 50 al 80%. Regularmente recibe un trato mecánico para aumentar su valor en el mercado. Dependiendo de su mayor o menor contenido de carbón; su precio oscila entre **150 a 250 Dlls/T.**, cuya pureza podría ser hasta del 92% de carbono.

El grafito criptocristalino, corresponde a un material carbonoso finamente diseminado y con cristalinidad microscópica, que acontece generalmente en altas concentraciones hasta de 60% de carbón, emplazadas en vetas y vetillas ramificadas difícil de extraer selectivamente. Debido a esto las concentraciones altas se separan despuntando el mineral a mano, a partir de las cargas extraídas de la mina. Aunque esta operación manual resulta rentable por la elevada concentración del mineral, su cotización no es altamente comercial debido al pequeño tamaño del cristal, que no alcanza para cubrir las propiedades propias del grafito cristalino, requerido en el mercado comercial.

En cuanto a la clase del grafito cristalino, propiamente dicho, se divide en dos subtipos principales que le dan su grado de comercialidad, como son: a) *Grafito Cristalino Fino* y b) *Grafito Cristalino Grueso*. Estos minerales se presentan en contenidos variables de 1 a 7%, raramente sobrepasa el 12% y cuando esto acontece el tamaño de la hojuela empieza decrecer, para convertirse en *grafitos semicristalinos* y/o *criptocristalinos* y hasta *amorfo*, cuando aparece en contenidos del 30% o más. Es común observar que los yacimientos que presentan Leyes de 2%, el tamaño de sus hojuelas es comparativamente grande y favorece su explotación. Aparentemente, las condiciones óptimas para un yacimiento de producción mínima de **400 T/d**, sería aquel que contuviera reservas suficientes, con Leyes mínimas de 4.2% de carbón fijo. Todos los yacimientos disponen de grafito fino y grueso, los que se relacionan por el tamaño de la hojuela al pasar la **malla Tyler +48**, esto quiere decir que aquellas hojuelas de un tamaño aproximado de 0.3 mm mayor que no pasan la malla, son grafitos gruesos; en cambio, las

que lo atraviesan son grafitos finos. Regularmente un yacimiento de grafito cristalino del Precámbrico, tiene entre 25 a 30% de hojuela gruesa y el resto de fino, tal como El Hielo y La Escondida.

Las rocas que comúnmente contienen grafitos cristalinos son de origen sedimentario, donde la ganga se compone de feldespatos, cuarzo, mica, piroxenos, anfíbolos, circón, rutilo, apatito, pirita y óxidos de hierro. Este agregado de minerales rodean y a la vez separan cada laminilla u hojuela de grafito, la que puede tener tamaños de 0.1 a 8mm. Sin embargo, como ha ocurrido recientemente en México, estos depósitos contienen adicionalmente y en cantidades comerciales, apreciables concentraciones de rutilo finamente diseminado en la matriz de los granos y aún dentro de los cristales de cuarzo. La roca que normalmente contiene estos minerales puede corresponder a los paragneises, esquistos, pizarras y mármoles; todas éstas de naturaleza metamórfica, transformadas así por condiciones de alta presión y temperatura, a partir de arcillas, arenas y calizas.

### **TECNOLOGÍA DE LA EXPLOTACIÓN MINERA**

Una de las condiciones para planear debidamente la explotación económica de un yacimiento, radica en el hecho de que debe ser precedida de los estudios geológico-mineros y de las obras de prospección y desarrollo necesarias para la evaluación. Esto implica que es necesario tener el debido control estratigráfico y estructural de la mineralización para conocer sus límites y las concentraciones potencialmente explotables. En esta forma, se facilita determinar el método más adecuado de tumba, extracción y de arrastre en condiciones óptimas, a fin de economizar tiempo y mantenimiento del equipo destinado a la operación de explotación.

En la práctica existe una diversidad de métodos de explotación de minas que va de acuerdo con la forma, extensión, profundidad y características propias de la roca del yacimiento. Comúnmente se diseñan sistemas mixtos de acuerdo al carácter y distribución de la mineralización; particularmente de la morfología que toman los cuerpos desde la superficie hasta la profundidad. Aunque es de reconocer que estas condiciones cambian de lugar a lugar, aún en un distrito minero.

Se podrá pensar que con la tradicional experiencia de más de 4 siglos que tiene la explotación minera en México, podría encontrarse entre los países de mayor avance tecnológico de extracción. La realidad es que esto no acontece así; su tecnología de explotación ha quedado rezagada y casi obsoleta en las últimas tres décadas. Cobra importancia esta referencia cuando se tienen antecedentes del siglo pasado y principios del presente, que importantes distritos como El Oro, Mich., Guanajuato, Gto., Pachuca, Hgo., Taxco, Gro. y Sta.

Eulalia, Chih., llegaban a desarrollar tecnologías propias y a fabricar sus propias herramientas y equipo de explotación. Lo anterior tiene su explicación por el hecho de que se trataba de compañías inglesas, americanas y francesas que transferían importantes innovaciones y desarrollaban nuevas tecnologías para el avance de México, dado lo aislado que se encontraban esos distritos para importar sus implementos mineros.

Sin embargo, la principal causa del rezago tecnológico se debe a que más del 80% de nuestra minería se apoya en la explotación de minerales básicos de Pb, Ag, Zn, Au y Cu, así como de antimonio y mercurio que han sido exhaustivamente explotados por más de cuatro siglos con métodos tradicionales, sin extender sus exploraciones o prospecciones mineras más allá de lo conocido. Por consecuencia, la misma extracción ha llevado el desarrollo minero a profundidades que actualmente alcanzan niveles de 600 a 900m, bajo la superficie que fueron iniciadas, donde progresivamente aumentan sus costos de extracción minera hasta hacer muchas de ellas incosteables, sobre todo por los sistemas de arrastre casi vertical y a baja escala productiva.

De aproximadamente unas 100 unidades mineras, dentro de las categorías de grandes y medianas, apenas 10 se encuentran altamente mecanizadas con equipo de importación adecuado al sistema de explotación y operación minera requerido. Su tecnología se encuentra avanzada y con bajos niveles de desgaste; con eficiencia efectiva y su mantenimiento sostenido y competitivo. De ahí, que los consumidores requieren seleccionar el equipo más adecuado al sistema de explotación y características propias del yacimiento para abastecer rítmicamente la planta.

La maquinaria y equipo para el desarrollo y explotación de un yacimiento dimensionalmente grande, difiere en mucho al que se utiliza en una de tamaño medio y de éste, para otras minas más pequeñas. Un equipo de operación minera grande está sobrado de capacidad y repercutiría en pérdidas por permanecer parado, si se destina a operaciones de una mina pequeña. Por tanto, al destinar equipo de minería de obra pequeña, al de media y hasta grande, implicaría un desgaste prematuro; deficiente y elevaría considerablemente los costos de explotación. En consecuencia, la filosofía de explotación minera para cada yacimiento en particular, se valora por la eficiencia de tumba, extracción y arrastre hasta la planta de beneficio, en intervalos de tiempo mínimo con ciclos rítmicos, continuos y completos en períodos de un día, a menor costo por tonelada.

Es conveniente señalar que el abastecimiento de mineral al patio de la mina y hacia las tolvas del sistema de quebrado de la planta, se hace en forma continua durante todo el año. Generalmente, se tiene una reserva de mineral para 3 o 4 días en el patio de la mina, si el

abastecimiento regular fallara por algún problema inherente a la operación. Cabe mencionar que la operación del proceso metalúrgico no se suspende y es continuo durante los tres turnos del día y por aproximadamente *340 días del año*. De tal forma que hacia los últimos *20 días del año*, se suspende la operación de la planta para realizar una labor de mantenimiento, reparación y limpieza de todo el sistema. Esta operación también puede llevarse a cabo cada semestre o cada trimestre y proporcionalmente, en menor tiempo.

Con estos antecedentes, se estaría en condiciones para seleccionar debidamente el equipo y maquinaria destinada a un Proyecto minero-metalúrgico. Por tanto, es necesario determinar el "*punto de equilibrio*" que resulta del sistema de explotación diaria; características morfológicas de los cuerpos de mineral, condiciones topográficas, descapotes, distancias y pendientes de los caminos de acceso, tendiente a innovar y optimizar el abasto, de acuerdo a la riqueza evaluativa del yacimiento.

Podría pensarse que la metodología y diseño de un sistema de explotación inadecuado, no repercute considerablemente en la inversión económica de un Proyecto minero-metalúrgico, pero una falla o deficiencia rutinaria en equipo y del sistema operativo, que repercute diaria y sistemáticamente por varios años, implicará en una fuga económica de consideración, por falta de análisis y optimización previa. Por ejemplo, ante la grave crisis mundial de los metales y de la contracción de los minerales preciosos en el mercado mundial, un gran número de minas de México actualmente están suspendidas o paradas, debido a sus altos costos de producción y por carecer de importantes innovaciones del proceso metalúrgico. En cambio, otras aunque escasas pero de gran producción minera, han podido sortear la incertidumbre de los metales y la depresión económica por sus altos niveles de eficiencia operativa. Es un hecho que las minas grandes y de alta producción, disponen de una versatilidad operativa que les permite operar económicamente durante la depresión de los precios; en cambio, las pequeñas a menos que sean excepcionalmente ricas, podrán sostener los altos costos de su operación productiva.

Bajo estos lineamientos que se apoyan en los *Estudios de Viabilidad*, la empresa *IMI* promotora en la explotación de los yacimientos de grafito cristalino y el rutilo, ha venido diseñando un método de explotación para El Hielo y La Escondida, tendiente a optimizar los sistemas de tumba, extracción y del arrastre para abastecer una planta de flotación de *1,500 T/d* en cada yacimiento, bajo un proceso altamente mecanizado y regulado por un monitoreo sistemático y computarizado. La capacidad del programa minero estará articulado por el uso de sistemas de cómputo y paquetes de *software* para procesar los datos geológicos y mineros, el cálculo permanente de

las reservas de mineral, el avance del desarrollo minero y los planes de producción, bajo interactivos sistemas gráficos.

El método de *IMI* programado para su diseño, comprende una fase de operación minera a cielo abierto y otra subterránea que tendrá algunas variantes para cada yacimiento, en relación a la topografía y disposición de los cuerpos de mineral. El sistema de explotación será diseñado por *IMI* con asesoría de reconocidos expertos de las firmas *Tamrock-Outokumpu International*, que actualmente son los líderes mundiales en eficiencia y productividad, en relación a costos por tonelada/hombre para la explotación minera.

Una de las grandes ventajas que se dispone para los yacimientos de grafito cristalino y de titanio de este Proyecto minero-metalúrgico de *IMI*, radica en que están debidamente expuestos en el terreno, con su control stratigráfico y tectónico bien definido para planear su desarrollo y explotación; además, exhiben un gran potencial de reservas por varias décadas. Esta condición geológico-minera repercute favorablemente en la inversión económica que se proyecta realizar. Sin embargo, es importante considerar los grandes riesgos que se corren cuando no se hace una planeación debida y ajustada con las innovaciones tecnológicas existentes. Cuando se conoce lo problemática de cada fase de un Proyecto, es posible salvar varios errores, que podrían repercutir negativamente en el futuro.

El sistema de explotación que está en proceso de diseño por parte de *IMI*, tiene como factores de resolución para la ingeniería básica, las siguientes condiciones: 1) El relieve del terreno altamente accidentado; 2) La extensión horizontal y profundidad de los cuerpos de mineral; 3) La fragilidad y suavidad de la roca para el desarrollo subterráneo; 4) Un arrastre directo para anular las pendientes; 5) Un sistema de ventilación en óptimas condiciones; 6) Conservar un equilibrio ecológico del área, sin contaminar los ríos y 7) Diseñar obras e instalaciones mineras, así como el control de suministro de agua al ritmo de la producción.

Por consecuencia, la optimización del sistema de explotación estará en alcanzar el punto de equilibrio dentro de un modelo computarizado, que tendrá varias alternativas en relación a la capacidad del equipo de extracción y arrastre; la ubicación de la planta de beneficio; las distancias y pendientes de los caminos de acceso; la consistencia y soporte del terreno para el desarrollo de obras verticales y rampas de acceso subterráneo para camiones de más de 40 T de arrastre; el diseño de la sección de cada obra minera. Es de hacer notar que todo el trayecto del camino que recorrerá el mineral, será monitoreado y sujeto a un control de eficiencia.

Finalmente, con todos los puntos discutidos y analizados en estos párrafos, podrá obtenerse el Costo de explotación que se espera producir en relación con la capacidad humana; es decir, el número de toneladas que serán explotadas por trabajador y/u operador de equipo, como ya se tiene estimado para cada yacimiento.

### **SISTEMA DE PLANEACIÓN Y OPERACIÓN MINERA COMPUTARIZADA**

En la actualidad, muchos negocios usan la computadora para dirigir y controlar los procesos de fabricación. La producción controlada por computadora está revolucionando la Industria Minera. Los robots cargan y desembalan las masas de mineral. Las computadoras controlan la tracción de las bandas transportadores que alimentan a las plantas de quebrado primario y secundario para continuar hasta las plantas minero-metalúrgicas que concentran los minerales. Estos detectores electrónicos localizan y eliminan las cargas de mineral estériles o de baja Ley (Acle, T. 1990). La incorporación de estas innovaciones tecnológicas permitirán a IMI su competitividad internacional.

El Sistema Operativo Computarizado, en suma es un plan del proceso que se implementará para cada yacimiento, a fin de optimizar su explotación desde los puntos de vista técnico y económico. Esto es, minimizar los costos unitarios de explotación, prolongar la vida del yacimiento y sanear la restauración ecológica de las áreas afectadas. Este análisis dá hincapié a regular la topografía del terreno para optimizar el Ciclo de Acarreo que involucra las distancias, pendientes de caminos y acceso de los puntos de carga y descarga, las características técnicas del equipo de cargado y acarreo, etc. Finalmente, el sistema permite actualizar el análisis para optimizar los costos, tiempos, volúmenes, rendimientos, seguridad y producción.

Este sistema incluye un Diseño de Apoyo por Computador (CAD) del yacimiento, donde la información geológica y minera progresivamente se actualiza y registra en la base de datos. El sistema proporciona una imagen visualizada tridimensional del proyecto que permite: a). A los residentes, ver el lugar del trabajo proyectado desde muy diversas perspectivas; b). El adiestramiento del personal en la seguridad y su evaluación; c). Visualización y evaluación del impacto ambiental y restauración; d). Reconstrucción de la evolución de la explotación minera, y e). La evaluación visual de escenarios de explotaciones mineras en forma alternante

Cada modelo de minado requiere el uso de técnicas de muestreo y de análisis econométricos tendientes a la valoración de los volúmenes, ubicación, estructura, calidad y Ley de cada cuerpo mineralizado; información que debe ser controlada a través de una base de datos integrada al Sistema de Información Minero-Metalúrgico.



El ciclo clave de producción de explotación a cielo abierto se sintetiza así: Preparación, marcado de barrenos, barrenación, voladuras, cargado de camiones, arrastre y descarga de material. En el proceso de acarreo se incluye el mantenimiento de los caminos, como el riego constante (las 24 horas) para evitar el levantamiento de polvo por el tráfico. Las fases que la comprenden son:

#### **ETAPAS PARA LA PLANEACIÓN, DE LA EXPLOTACIÓN MINERA**

- I.. Captura, depuración y almacenamiento de la información en la base de datos.*
- II. Análisis geoestadístico, interpretación, cálculo de reservas por calidad del mineral y su Ley. (modelos geoeconómicos).*
- III. Diseño de los sistemas de explotación y secuencia de explotación de acuerdo a: la topografía del terreno y características mecánicas de la roca, quebrado y arrastre, las Leyes de extracción y calidad de mineral requerido en las plantas concentradoras y de refinación y, de los elementos que afectan las características físico-químicas de los productos que se comercializan.*
- IV. Análisis de viabilidad y de rediseño.*
- V. Implementación del proceso*

**Sistema de Control de Inventarios y Mantenimiento.** Tiene como objeto, conocer con precisión los requerimientos de refacciones, herramienta, instalaciones y materias primas obtenidas en forma oportuna y a un Costo mínimo. El control de los sistemas de mantenimiento preventivo, con el recambio de algunas piezas después de cierto periodo de uso, reducen tiempos de paro. El uso de equipo minero importado, obliga a mantener niveles de inventarios por encima de lo recomendable para evitar detener la producción.

**EL Sistema de Monitoreo Computarizado.** Es una herramienta rutinaria de gran utilidad para la planeación e investigación operativa, en la cual se visualiza en forma esquemática el flujo de producción, desde la explotación, transportación y tratamiento minero-metalúrgico. El sistema permite medir los tiempos de producción, el consumo de energía y materias primas, etc.

## TECNOLOGÍA DEL PROCESO METALÚRGICO

A fin de conocer el método óptimo de beneficio para el tratamiento metalúrgico de los minerales del yacimiento, se requieren una serie de pruebas de investigación sistemática de laboratorio y a escala piloto, con el propósito de establecer el modelo más adecuado para la concentración de los minerales de interés económico. Al encontrar el método óptimo para el tratamiento, se hace un diseño conceptual con todas las innovaciones inherentes para alcanzar las máximas eficiencias, dentro de los diversos sistemas metalúrgicos, como son: concentración gravimétrica, amalgamación, lixiviación, cianuración, flotación, fundición directa, etc.

Sin duda alguna, la decisión más importante y de mayor riesgo en un Proyecto minero-metalúrgico, resulta cuando se determina la capacidad y diseño de una planta de beneficio para la concentración de minerales. Fundamentalmente, se parte de las características del mineral que predomina en un yacimiento y de las reservas evaluadas de antemano, plenamente justificadas para abastecer el proceso y obtener una producción en forma sostenida.

Para el caso particular del grafito cristalino y el titanio, que en forma de rutilo aparece como subproducto, en principio se aplica el método de flotación para obtener un concentrado de grafito y a partir de las "colas", un proceso adicional gravimétrico para recuperar el rutilo. *El sistema de flotación*, convencional en teoría es simple y se reduce a un proceso que está en operación desde 1927, que se va mejorando a partir de múltiples innovaciones tecnológicas y experiencias obtenidas en cada yacimiento.

Debemos señalar que el proceso metalúrgico para el grafito requiere un diseño y adaptado, al mineral que en gran medida se dispone en el yacimiento, sin improvisaciones. *El sistema de flotación* convencional comúnmente reúne una serie de etapas de microdetalle, particularmente sincronizadas, que de no estar ajustadas a la base experimental del proceso, alteran los resultados en eficiencia, calidad y pureza del producto.

La separación y extracción del grafito implican varias operaciones físicas y químicas que se inician con el quebrado primario y la trituración. Las materias extrañas como cuarzo, feldespato y mica, así como algunos minerales pesados denominados ganga, incluyendo arcillas y óxidos de fierro, son eliminados por medios mecánicos y substancias químicas donde el agua en grandes cantidades, es prioritario.

Dependiendo de la mayor o menor riqueza de las "cabezas" del mineral que entra al proceso, después de haber sido triturado en una molienda de 2.500 a 0.074mm, el mineral pasa al sistema de flotación convencio-

nal en forma repetida por 3 ó 6 flujos de circulación. Dentro de las celdas de flotación, el grafito se agita en agua con sustancias químicas para formar espuma, donde las hojuelas flotan y son separadas de acuerdo a su densidad. Al concluir esta fase, las "colas" disponibles serán aprovechadas para otro proceso, relacionado con la separación gravimétrica del rutilo; tecnología aún no experimentada en México, en forma industrial y comercial, aunque no del todo desconocido.

La descripción anterior, en la práctica puede resultar bastante complicada en relación a la producción y al equilibrio metalúrgico del proceso mismo; más aún, cuando existe una competitividad mundial en cuanto a la calidad. Por ejemplo, existe una diferencia notable para hacer rentable el proceso de minas pequeñas (200 a 500 T); en medianas (500 a 1000 T) y en las grandes (1000 a 3000 T). Para una mina pequeña el sistema de abastecimiento debe ser sostenida con "cabezas" de alta Ley, para obtener un margen de utilidad; de lo contrario, la operación se encarece.

El límite de eficiencia para una mina pequeña es de 30: 1, esto quiere decir que para obtener una tonelada de grafito, se requiere alimentar a la planta con 30 toneladas de mineral crudo, con "cabezas" que contengan una Ley mínima de 3.83% de carbón fijo. Con la misma Ley, en una mina de producción mediana, los gastos de operatividad decrecen y aumentan las utilidades, casi en un 20%. Para una mina grande las utilidades se incrementan hasta en un 30%. Sin embargo, cuando se aumenta el tonelaje de molienda lo que se pretende es hacer rentable el proceso metalúrgico, con "cabezas" de 3.03% para las minas medianas y hasta de 2.35% para las grandes, como se describe en el siguiente cuadro.

**RELACIÓN DE PRODUCCIÓN Y LEY MEDIA PARA OBTENER UN TONELADA DE GRAFITO CRISTALINO**

<b>Capacidad de la Planta:</b>	<b>Ley Media:</b>	<b>Contenido</b>	<b>Dilución</b>	<b>Recuperación</b>	<b>Eficiencia</b>
2,000 T/d	2.35% de C.	46.9 T/d	49:1	40.8 T	87 %
1,500 T/d	2.61% de C.	39.2 T/d	44:1	34.1 T	87 %
1,000 T/d	3.03% de C.	30.3 T/d	38:1	26.3 T	87 %
750 T/d	3.28% de C.	24.6 T/d	35:1	21.4 T	87 %
500 T/d	3.5% de C.	18.0 T/d	32:1	15.6 T	87 %
250 T/d	3.83% de C.	9.6 T/d	30:1	8.3 T	87 %

\*Eficiencia metalúrgica = Contenido Real de mineral / Recuperación de mineral que obtiene la planta

Smaller sizes may also be obtained by using equipment for classification by cyclonic air currents.

The specification of the material in percentages of carbon content: 85, 95, 96, 97, 98, 99, 99.6% or more is also possible. The graphite requirements for crucibles, firebricks and

refractory parts, expansives, dry batteries, pencils, electric motor commutator brushes, paints, lubricants and other products, is complied with by means of intercrossing the size bands and the carbon content.

Because it conducts mining operations in various locations, Nacional de Grafite can also

select secondary characteristics (graphite crystal, residual impurity, etc.), providing sufficient technical conditions to adapt to the most rigid requirements of the buyers. Various characteristic types:

LAMINA 7

## NATURAL CRYSTALLINE GRAPHITE

TYPICAL GRADE	CARBON MIN. (%)	ASH MAX. (%)	VOLATILE MAX. (%)	MOISTURE MAX. (%)	SCREEN SIZING - MESH ASTM - (%)								
					+ 40	+ 60	+ 80	+ 100	+ 140	+ 200	+ 325	- 325	
GFI-0190	99	0.5	0.3	0.2		60 MIN.	90 ACCUMUL.						
GFI-0180	99	0.5	0.3	0.2			80 MIN.						
GFK-0285	98	1.5	0.3	0.2	30 MIN.	85 ACCUMUL.				3 MAX.			
GFI-0680	94	5.0	0.8	0.2			80 MIN.						
GFI-1080	90	8.0	1.7	0.3		45 MIN.		80 ACCUMUL.					
GFK-1485	86	12.0	1.7	0.3	30 MIN.	85 ACCUMUL.				3 MAX.			
GFI-1590	85	13.0	1.7	0.3		60 MIN.	90 ACCUMUL.					3 MAX.	
GFI-1680	84	14.0	1.7	0.3		45 MIN.		80 ACCUMUL.				5 MAX.	
FPA-0405/E	99.6	0.1	0.1	0.2								5-10	90-95
FPD-0415/E	99.6	0.1	0.1	0.2		1 MAX.		5 MAX.		10-19 ACCUMUL.		75 MIN.	
FPA-0407/N	99.6	0.1	0.1	0.2						2-3			65-80
FMD-0505	95	4.0	0.7	0.3						5 MAX.			
FMD-1205	88	10.0	1.7	0.3						5 MAX.			
FLD-0575	95	4.0	0.7	0.3				15-30	15-30	15-30	15-25		10 MAX.
FLD-0506	95	4.0	0.7	0.3				5-20	10-30	10-30	20-30		25-45

Como se podrá observar, aún con las bajas Leyes, las minas de gran tonelaje de molienda tienen mejores alternativas de operación y rentabilidad que las pequeñas. De ahí que las gruesas inversiones que se requieren en las minas grandes, siempre van aunadas a las mayores innovaciones que existan en la tecnología de punta, ya que el proceso metalúrgico tiende a tratar minerales de muy baja Ley y en ocasiones de nivel crítico.

De esto se colige que las plantas pequeñas son susceptibles de elevar sus costos de operación y encarecer el proceso, si no se dispone de suficientes reservas de alta Ley. Comúnmente para sostener su producción dentro de niveles comerciales, "descreman" sus yacimientos para sostener la producción de la planta con márgenes de utilidad y no es raro que tiren a los jales mineral aún con valores comerciales. Al explotar el mineral rico, entonces, las consecuencias son de quedarse con reservas de baja Ley y sin alternativas de continuar la producción, a menos de que se duplique y hasta triplique el tonelaje de la planta, para hacer competitiva la producción minera.

Otro gran problema que afrontan las plantas pequeñas, se relaciona con los limitados tipos de grafito que producen y que ofrecen en el mercado internacional; generalmente de 3 a 6 tipos y que obedecen a los de mayor demanda. Estos tipos se reducen a los "A", "B" y "AB", así como a subproductos: "C", "G" y "F", con pureza media de 92% de C; cuando en el mercado existen más de 80 tipos, con diversas especificaciones y de elevada concentración química. La producción de las minas pequeñas y medianas corresponde a grafitos de hojuela grande, que se utiliza para crisoles, refractarios y dentro de la amplia gama de la Industria siderúrgica en general, con pureza que oscila entre **88 al 96% de C.** (Lámina 7.).

Pero debemos partir de que los yacimientos precámbricos tienen cuando más, un 30% de hojuela grande tipo "A" y "B"; algunos entre 2 a 3%, como los de Alemania y Austria. Los de México, son del orden del 25% y para Brasil de 5% y los famosos yacimientos de Madagascar del orden de 27%, similares a los de IMI. De modo que el mineral más fino y con altos niveles de impurezas, que se produce en las plantas pequeñas y medianas, se rezaga en el almacén y va perdiendo cotización en el mercado por la falta de especificación, pureza y calidad competitiva. Este mineral, generalmente se vende a granel y suele ser castigado hasta en un 50%, dependiendo de sus impurezas y tamaño para representar uno de los grandes problemas de los países productores pequeños que carecen de la sofisticada tecnología de refinación y de las separaciones graduales del grafito.

Entonces, los países altamente consumidores como los E.U.A. que abastece su mercado doméstico con unas 30,000 T anuales; Alemania que distribuye unas 35,000 T anuales y Japón que hace transacciones

mundiales de alrededor de 50,000 T, que no disponen de minas de grafito cristalino, se convierten en potenciales compradores del mineral rezagado de los pequeños y medianos productores, el que refinan, tamizan y purifican en sus propias plantas para darle un valor agregado de hasta 1,000%, de su precio original que obtuvieron a granel. Este dilema que repercute en grandes pérdidas para los productores pequeños y medianos, que carecen de tecnología de punta e innovación para competir en el mercado internacional en cuanto a calidad y especificaciones, se debe fundamentalmente a que carecen de la potencialidad productiva a largo plazo, para hacer inversiones en investigación e instalaciones que amorticen el flujo de capital.

Para sortear este problema de las minas medianas y pequeñas, la solución sería incrementar la producción tendiente en abatir los costos del proceso, con importantes innovaciones y adaptaciones; al mismo tiempo, adicionar el sofisticado sistema de refinación y separación gradacional del grafito, para competir en las cotizaciones que prevalecen en el mercado internacional. Para que los grafitos medianos y finos puedan concurrir al mercado, se requieren purezas mínimas del 92% y hasta un máximo del 99.6% debidamente garantizado, de acuerdo con los requerimientos de la demanda. Así, podemos deducir que los pequeños productores difícilmente pueden hacer adaptaciones e introducir nuevas tecnologías de refinación por la baja producción y lo limitado de sus reservas.

Analizada la problemática de producción, calidad y mercado podemos concluir que IMI está en posibilidades de competir en el mercado internacional, debido a sus altos niveles de producción programada y potencialidad de sus reservas. Sin embargo, debemos de reconocer que la tecnología que se dispone en el país no es competitiva y carece de innovaciones de punta que tendrían que ser asimiladas en el menor plazo posible, en un año cuando más; incluyendo lo relacionado con el proceso gravimétrico del rutilo y la sofisticada tecnología de refinación, que se piensa experimentar paralelamente en México, en los bien montados laboratorios del Centro Experimental del Sureste de la C.F.M; donde podrán ser capacitados también los recursos humanos de IMI, asesorados por extranjeros.

Para comprender los alcances de la problemática al incorporar nuevas tecnologías, tendientes hacer eficiente y competitivo al proceso metalúrgico del grafito y titanio de los yacimientos de IMI, basta resumir los siguientes objetivos que se tienen que actualizar con las innovaciones, ampliamente experimentadas en el extranjero.

**Sistema de Control del Proceso(CP).** Es un sistema computarizado que permite controlar las variables que intervienen en el proceso minero-industrial, por ejemplo, humedad, temperatura, consumo de energía eléctrica, consumo de agua, velocidad de operación, presión, análisis

mineralógicos y químicos, análisis granulo-métricos, dureza de la roca etc. El sistema, contiene los modelos matemáticos que interrelacionan dichas variables y se controlan de manera óptima, en la que destaca la respuesta instantánea.

**Sistema de Control de Calidad y de Empaquetado(SCCE).** Comprende el sistema computarizado de calidad basado en el análisis determinativo (muestreo) y de control estadístico de las tres variables principales, a determinar en los concentrados de grafito tal como: él tamaño de la hojuela, contenido de carbón fijo y la humedad para su clasificación en 80 productos comerciales.

Una vez clasificado el grafito se empaqueta en costales de plástico. Su etiquetado incluye un código de barras para el control de inventarios y comercialización del producto en sus **80 variedades**, fecha de elaboración, la planta de producción, cantidad, numeración progresiva y el manejo que se debe dar. Todo el proceso de clasificación, empaquetamiento, etiquetación, almacenamiento y transporte es automatizado.

A fin de iniciar esta fase de investigación y desarrollo tecnológico, se arrancará con una inversión de **10 M/Dlls**; de un total que se estima de **75 M/Dlls**. a mediano y largo plazo. Muchos de estos objetivos, resultan ya factibles y superables cuando se cuente con recursos propios y para la fase productiva de *IMI*. Existe el propósito de que *IMI* cuente con sus propios laboratorios de investigación y desarrollo; o bien, poder adquirir el laboratorio del *Centro Experimental del Sureste*, que según se tiene entendido la *C.F.M* pondrá en venta a las empresas mineras de la Iniciativa Privada.

### **TECNOLOGÍAS DE VANGUARDIA PARA IMPLEMENTAR EL PROYECTO**

**a)** La tecnología para el proceso metalúrgico del grafito cristalino, no esta actualizada y carece de innovación de punta. Su proceso metalúrgico es semi-industrial que data de hace 30 años. La escasa producción de **500 T/d** de molienda, limita la obtención de productos a escasos **8 tipos** cuando más, de un total de **80** que son cotizados y especificados en el mercado internacional.

**b)** Por falta de experiencia y aplicación del proceso metalúrgico para la concentración gravimétrica del rutilo, se desconoce el nivel tecnológico para instalar una planta de beneficio, rentable. Existen importantes innovaciones que no han sido asimiladas en México, por lo que se partirá casi de cero; toda vez que se desconocía la existencia de rutilo finamente diseminado y recuperable comercialmente en El Hielo y La Escondida.

c) El proceso de refinación química para el grafito y el rutilo, no se han investigado en México, de modo que su tecnología será importada para ser exitosamente aplicada. Por tratarse de la principal fuente de ingresos de la industria minero-metalúrgica, este es uno de los principales objetivos de IMI desde el arranque del proyecto.

Dada la capacidad productiva del Proyecto de IMI y su potencialidad en reservas mineras; se programa iniciar en paralelo, la industrialización de la materia prima de grafito y titanio, en productos domésticos de aplicación directa, como son grasas, aceites, lápices, etc., así como también investigar la incorporación del grafito en fibras y otros materiales, como aleaciones y refractarios.

Como se podrá advertir mucha de esta tecnología se desconoce en México y para cuantificarla, adaptarla e innovarla se requiere asimilarla primero en los referidos laboratorios del Centro de Experimentación del Sureste de la C.F.M., donde se espera capacitar al personal técnico de IMI, con la asesoría de expertos.

#### **OBTENCIÓN Y PRODUCCIÓN DEL GRAFITO CRISTALINO**

Para comprender la tecnología de separación del grafito cristalino, es necesario referir que en las rocas precámbricas aparece en hojuelas o láminas suaves y frágiles de carbón de estructura atómica hexagonal, con tamaños que varían normalmente de 1 a 7 mm. Se supone que cada hojuela de este mineral era una gota de petróleo ocluida en el poro, o espacio intergranular de arenisca, conglomerados y calizas que progresivamente fueron comprimidas a presiones de 3 a 6 Kb, para perder sus volátiles e impurezas solubles. En esta forma queda un residuo cristalizado de tono negrogrisáceo con brillo metálico, casi químicamente puro, como lo es el diamante con dureza de 10. Pero a diferencia de éste, el grafito cristalino tiene dureza de 1, similar al talco y para ser una de las asociaciones más suaves de los minerales conocidos; además, tan frágil como el vidrio de una esfera navideña.

Si partimos que cada hojuela de grafito está incrustada, entre diversos minerales de variable dureza como el cuarzo que tiene 7, en la escala de Mohos; del feldespato, con 6 y de la mica con 3, así como de otros más densos de gran dureza y diseminados en la matriz, tal como el gránate, rutilo y pirita, se podrá advertir la gran problemática que se tiene para separar las hojuelas de grafito, sin que sufra el quebrado de su estructura, o al menos el mínimo admisible durante la fracción de la molienda. En la práctica del proceso y durante la fase inicial de trituración, se procede a separar las hojuelas, antes que el impacto del sistema de quebrado lleguen a pulverizarlas. El proceso metalúrgico del grafito, por excelencia, es uno de los minerales que se extrae sin recurrir a la molienda fina; sino a



desprenderlo mecánicamente y separarlo por medios neumáticos para obtener un concentrado con hojuelas de mayor tamaño (Lámina 8.).

Por consecuencia, se tendrá un concentrado primario de hojuela grande y otro secundario mixto que entrará al "flow sheet" o diagrama de flujo, del sistema convencional de flotación. Aún dentro de las celdas de flotación, se tiende a remover las hojuelas de mayor tamaño, tan pronto se desprendan de la ganga, igualmente de todas las de menor y las de dimensiones finas que flotan en las burbujas de la espuma.

Si bien, el sistema de flotación convencional o tradicional de flotación se conoce desde hace un siglo, año con año resurgen innovaciones en algunas secciones del sistema que repercuten en el incremento de la eficiencia; o bien en el abatimiento de los costos y mejor aún, en el incremento de la calidad para un mercado altamente competitivo.

De una manera enunciativa, el proceso de beneficio convencional para el grafito cristalino, consiste en las siguientes etapas:

**PROCESO CONVENCIONAL DE BENEFICIO PARA EL GRAFITO  
CRISTALINO**

- I. Trituración, entre 2 a 3 cm.
- II. Molienda, 0.74 a 0.245 mm. -
- III. Flotación Primaria, separar la hojuela grande con aire.
- IV. Flotación General, por celdas en columna de flotación.
- V. Limpieza y primera atrición.
- VI. Limpieza y clasificación.
- VII. Segunda Atrición.
- VIII. Limpieza final.
- IX. Disposición de las colas, para separar el rutilo.
- X. Separación gradacional por tamizado.

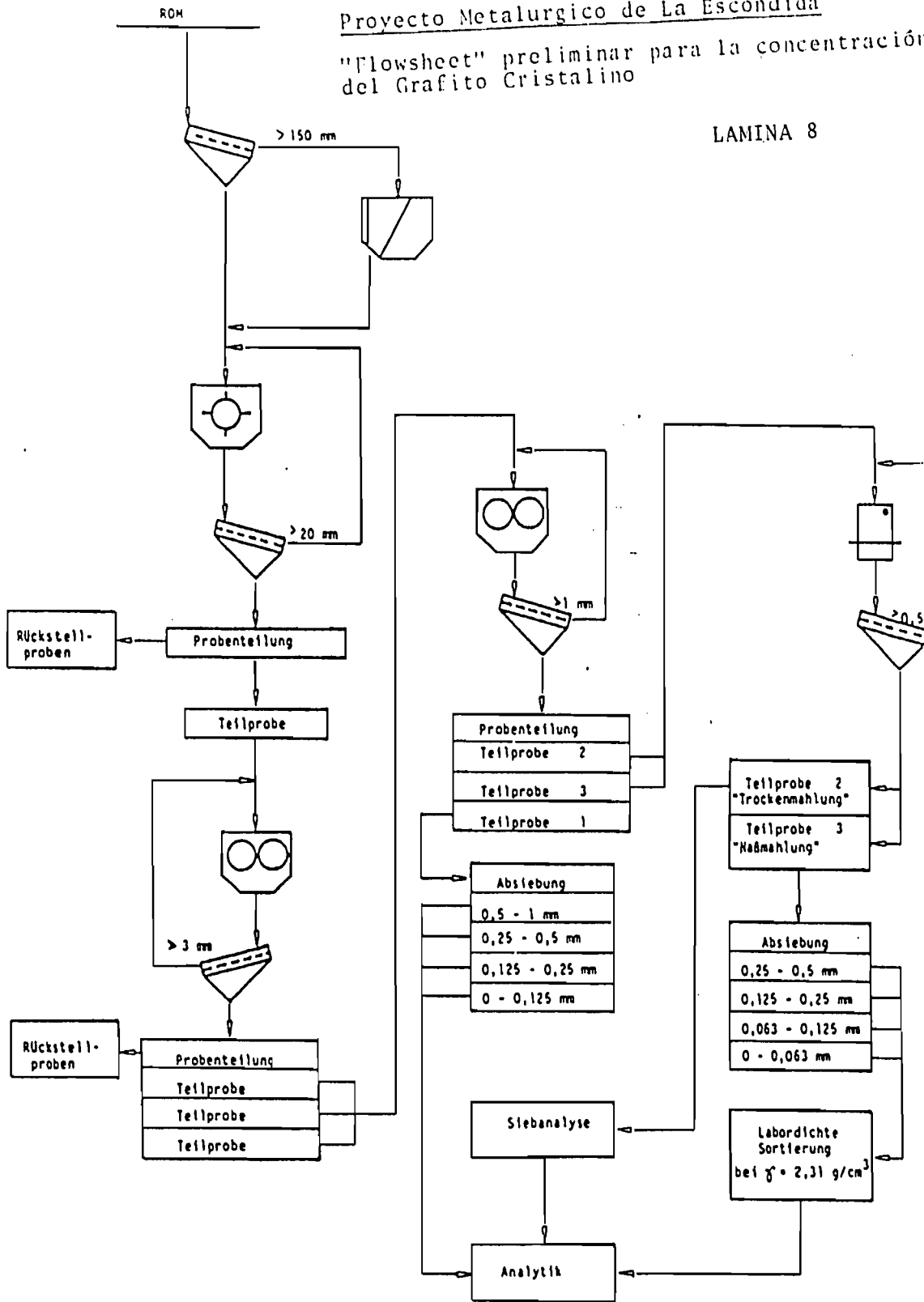
Para el diseño de la planta de concentración, es importante realizar previamente un gran número de estudios e investigaciones de laboratorio, basados en observaciones directas al microscopio, ya sea en análisis mineralógicos, petrográficos, químicos, espectrográficos y de refracción de rayos "X", de preferencia en varios laboratorios y cuando menos, en tres centros de investigación. Comúnmente la experiencia técnica y científica de un laboratorio, se adolece en otros; o bien, pasan por alto problemas de interés económico y metalúrgico para el diseño general del diagrama de flujo.

Bearbeitungsschema für "Graphit Mexico"

Proyecto Metalurgico de La Escondida

"Flowsheet" preliminar para la concentración del Grafito Cristalino

LAMINA 8



Esta falta de experiencia e investigación, ha sido ampliamente reconocida por IMI que de no haber asistido a otras instancias científicas y tecnológicas, hubiera representado grandes pérdidas, del orden del 40% al 50%, para el desarrollo del Proyecto en general.

La investigación mineralógica realizada, tanto en el aspecto físico como químico, en gran número de laboratorios de México, Japón, Canadá, Austria, Alemania y los E.U.A., ha sido esencial para determinar los problemas intrínsecos del proceso metalúrgico. Esto es, la clase y grado de interdesarrollo de las hojuelas con el material de ganga; la distribución natural del tamaño de las hojuelas, como base para una posterior evaluación; forma de las hojuelas para determinar la calidad óptima. Igualmente, se requiere reconocer las diversas densidades de los minerales que interfieren en el "flow sheet", condiciones de sedimentación y las de viscosidad. Asimismo, bajo análisis de cribado y tamizado, hay que determinar los diversos tamaños de hojuela que pueden ser obtenidos del concentrado de grafito. Finalmente, el análisis mineralógico y químico de las "cenizas" y "colas" que quedan como residuos o desechos, en los diversos estudios de laboratorio.

Pareciera que los comentarios de estas notas surtieran el efecto de ser un tanto exageradas, pero con la experiencia observada y los problemas aún prevalecientes pudiera que se quedaran cortas, ante la gran inversión que se espera ejercer y la gran competitividad que se tendrá en el mercado internacional.

Por ejemplo, cuando hacia 1986 se tuvo conocimiento de la deficiente experiencia que aún se tenía en México para competir en el mercado internacional, en producción, calidad y especificaciones inherente el tamaño y pureza del grafito cristalino, IMI optó por hacer parciales investigaciones mineralógicas y metalúrgicas con las principales empresas líderes para conocer los avances e innovaciones existentes, sobre la tecnología de punta del extranjero. La empresa seleccionada fue la firma austríaca VOEST ALPINE, que tenía una reciente innovación tecnológica para renovar las impurezas y elevar el enriquecimiento del grafito amorfo a niveles de pureza de 91 a 95% de carbón y con tamaños de partículas que varían de 0.0002 a 0.0003 mm (Lewis, 1970). Esta planta hacia la década de los 80's fue considerada como la tecnología más avanzada de flotación para beneficiar exitosamente y por primera vez, el grafito amorfo y de cuya experiencia IMI obtuvo un estudio metalúrgico completo de su mineral, según se puede apreciar en los anexos del apéndice.

Para el efecto, se envió a los laboratorios de VOEST ALPINE, en Austria, una muestra representativa de una tonelada con el propósito de correr una prueba a escala piloto del mineral del yacimiento

*El Hielo* (Voest Alpine, 1986). Los resultados se exponen por separado, habiéndose determinado que el mineral es de excelente calidad y tamaño, en condiciones similares a los de Madagascar y de alta demanda en el mercado internacional. Por lo mismo, se obtuvo un diagrama de flujo completo para el proceso metalúrgico y con mayores niveles de eficiencia que los que se habían realizado en México.

A través de esta prueba metalúrgica en los laboratorios de *VOEST ALPINE*, fue posible determinar que el mineral grafitico requiere tres pasos o fases de circulación de flujo, relacionados con la atrición fragmentaria y flotación, requerida para producir una hojuela de grafito de alto grado de pureza; en comparación con los 7 ó 8 pasos en China y de los 3 y 4 en Canadá. Otro de los problemas metalúrgicos que se resolvió, se relaciona con el hecho de que aunque se puedan obtener altos porcentajes de recuperación, el contenido de carbón grafitico aún es muy deficiente y con alto contenido de impurezas. El principal problema descansa en poder deprimir la ganga, en donde comúnmente el grafito fino, en el proceso de molienda, se adhiere o aparece embarrado alrededor de los granos de cuarzo, mica y feldespatos; es decir, ya es recuperable el grafito cristalino menor a una micra (0.001 mm), que alcanza alto precio en el mercado cuando adquiere pureza de más del 96%

Pareciera que para optimizar el proceso, bastaría con llevar un control riguroso a lo largo del *flow sheet*, pero muchos proyectos encarecen su producción y fracasan en su recuperación metalúrgica, al abastecer la planta con *cabezas endulzadas*; o bien, con *cabezas enhierbadas*, no adaptables a los ritmos y tiempos del proceso. Esto quiere decir, que desde la mina tiene que haber un control mineralógico en cuanto a la Ley Media de las "*cabezas*", con promedios que no deben fluctuar de  $\pm 3\%$ , tendiente a uniformizar el proceso. Es por ello la gran importancia de llevar a cabo un control químico y mineralógico, sobre la concentración y distribución de la mineralización en el yacimiento. Sobre este aspecto, recientemente hubo un ajuste favorable para nuestros yacimientos, al incrementar las reservas de un 10 a 15% más; porque a recomendación de la firma *KHD Humboldt Wedag AG*, existe una significativa diferencia entre determinar *carbón fijo* que se venía reportando y el carbón grafitico, que realmente se obtiene en la planta (Andresen, 1989). La razón de esta diferencia radica en el sistema de análisis químico que se lleva en el laboratorio, al disolver el carbón y posteriormente para estimar el porcentaje existente en la muestra, que generalmente es incompleto y menor, al contenido real del carbón grafitico en forma de hojuelas cristalinas; implicando importancia en el cálculo de reservas y en la evaluación del proceso.

Otro importante aspecto que requiere ser controlado durante el abastecimiento al sistema de flotación, se relaciona con la prepa-

ración del mineral para las múltiples fases del proceso. Después del sistema de quebrado, el mineral sale con fracción de 2.5 cm. en promedio, donde las impurezas grandes son removidas por fragmentación de impacto, ya sea por el método de molino de bolas o por el de barras, donde la hojuela se extrae por medio de aire. El principal problema en la molienda de impacto, está en poder fragmentar la roca, sin reducir el tamaño de la hojuela excesivamente, lo que resulta difícil porque el mismo cuarzo y feldespatos cortan las hojuelas del grafito.

Sin embargo, para optimizar el proceso comúnmente se intercambian sistemas de trituración y de molienda, con los de separación neumática, diseñado por la experiencia y tecnología de cada fabricante de equipo. Si el sistema aparenta ser simple, en la práctica la tecnología de concentración tiene que ser sistemáticamente controlada. Muchas plantas para procesar estos minerales han sido repetitivamente innovadas por desconocer algunas características propias del mineral y del proceso con tecnología de punta, con deficiencias del 10 al 20%.

Se tienen antecedentes de que por el inadecuado sistema de molienda, muchos Proyectos han fallado debido a su baja recuperación comercial. No obstante, se puede afirmar que al adaptar la tecnología de las grandes firmas innovadoras, un gran porcentaje en recuperación y pureza se incrementa en forma competitiva y sin complicaciones. Sin embargo, se reconoce que la gran problemática está cuando de refinarlo se trata, a purezas de más del 96% y su correspondiente separación en más de **80 especificaciones** que existen en el mercado.

Es de reconocer que sólo a partir de resultados de una prueba semi-industrial, o de escala piloto, la planta de beneficio puede ser diseñada, de donde la inversión pueda ser estimada con todo el equipo que incluya el proceso. Así pues, pocas empresas fabricantes de plantas pueden considerarse líderes en la tecnología del grafito y se debe a que mantienen sus propios y grandes laboratorios en constante investigación, introduciendo importantes innovaciones.

Precisamente al tener conocimiento de la importancia que tenía para IMI las nuevas tecnologías para la concentración del grafito, con altos índices de pureza y con más de 80 tipos de especificaciones; al considerar la gran productividad de los proyectos de El Hielo y La Escondida, del orden de 31,000 T anuales en su etapa de arranque, hubo necesidad de recurrir a las empresas líderes en estos campos. Fue así como se contrató los servicios de la empresa *KHD Humboldt Wedag AG de Alemania*, para efectuar algunos estudios preliminares del proceso (KHD Canada, 1988). Estos estudios metalúrgicos y mineralógicos fueron realmente sorprendidos para IMI, ya

que además de la tecnología inherente a la concentración y separación del grafito, se reportó la existencia de cantidades comerciales de rutilo ( $\text{TiO}_2$ ) factiblemente separable como subproducto y que incrementaba favorablemente la potencialidad económica del Proyecto, cuando menos en un 10% más.

Lo importante de este hallazgo científico era que la existencia de rutilo en cantidades comerciales, había pasado desapercibido por más de 30 años para los laboratorios de la C.F.M. e igualmente para la firma, *VOEST ALPINE*, de Austria. De esta investigación, el proceso metalúrgico para los Proyectos minero-metalúrgicos se amplían considerablemente, por la incorporación de la sofisticada tecnología del titanio, que por primera vez se intenta en México y que se describe en el siguiente capítulo.

### **OBTENCIÓN Y PRODUCCIÓN DEL RUTILO ( $\text{TiO}_2$ )**

Al concluir la fase para la separación del grafito cristalino, pareciera que la problemática tecnológica concluye con la producción de los concentrados; sin embargo, las "colas" que comúnmente se desechan y se acumulan hacia la presa de jales, estarán disponibles para otro proceso gravimétrico independiente al anterior. Es extraño que después de 30 años de experiencia metalúrgica con los minerales grafiticos de Oaxaca, no se hubiera evaluado la posibilidad de recuperar el rutilo económicamente; sobre todo cuando estos depósitos están distribuidos en la región de San Francisco Telixtlahuaca. La razón pudiera ser que el material de rutilo se encuentra tan finamente diseminado, que sólo al microscopio y con lentes de gran aumento sea identificable, como en efecto fue reportado en varios análisis petrográficos realizados por técnicos de IMI.

Si bien en la naturaleza el titanio ocupa el noveno lugar en cuanto a su abundancia, su distribución es tan amplia en la estructura de la corteza, que generalmente se encuentra a bajas concentraciones y limitado a ciertas zonas específicas. El elemento titanium puro no existe en forma natural, debido a su gran reactividad para asociarse con otros elementos, principalmente con el fierro y el oxígeno para formar los óxidos. Los minerales ricos en titanio son pocos y únicamente la ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ) y el rutilo ( $\text{TiO}_2$ ) mantienen importancia comercial. Los minerales titaníferos tales como la anatasa, leucoxeno, brookita y otros, están asociados comúnmente con la ilmenita y el rutilo para representar formas transicionales de alteración por intemperización e hidratación.

Aunque la ilmenita pura contiene un porcentaje hasta de 53% de  $\text{TiO}_2$ ; su característica asociación con minerales de fierro, principalmente magnetita, o en ocasiones hematita, no la hace atractiva para su concentración comercial, debido a que requiere un proceso

químico pirometalúrgico para recobrar el titanio. En cambio, el rutilo es altamente cotizabile por su pureza natural en su forma cristalina tetragonal, donde su estructura molecular tiene dureza de 6.5; P.e. de 4.3 y hasta un 61% de titanio, que de acuerdo a su concentración y pureza puede alcanzar hasta \$ 1000 Dlls/t, de precio en el mercado internacional.

Mientras que la ilmenita en su estado puro acontece en rocas como cuerpos de nelsonita, una variedad de Ti, P, y Fe comúnmente asociados a procesos pneumatolíticos y segregaciones magmáticas en las anortositas plutónicas, de tipo granitoide; en cambio, el rutilo tiene importante ocurrencia en las arenas de playas, supuestamente provenientes de las rocas que contenían ilmenita al ser alteradas y fueron erosionadas.

Por consecuencia, en las areniscas o en los depósitos sedimentarios de placer, la ilmenita ocurre muy alterada (leucóxeno), acompañada de rutilo, monazita, circón, granate, estauralita y otros minerales de alta gravedad específica, comúnmente denominados "minerales pesados negros". De esta forma se infiere que las partículas finas de las rocas por atrición marina, son transportadas y seleccionadas progresivamente como depósitos secundarios en las playas, dunas y placeres, donde la acción del viento y/o el agua concentra los minerales pesados. Bajo estas circunstancias geológicas y mineralógicas, se consigna la interpretación genética de la presencia diseminada de las concentraciones de ilmenita y rutilo en los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*, de la Mixteca Oaxaqueña.

La posibilidad de recuperar el rutilo, comercialmente como subproducto, partió indirectamente del interés que tenían las empresas japonesas *SUMITOMO, CORP.* y *NICHIMEN, CORP.* de comprar toda la producción de grafito cristalino que produjera *IMI*, bajo especificaciones de más alta calidad que existieran en el mercado internacional. Esta propuesta se debía al hecho de que China y Corea, sus tradicionales abastecedores, anunciaban que sus exportaciones serían restringidas por sus altos consumos internos en la industria siderúrgica y metalúrgica; además, hacían hincapié en que la calidad, pureza y especificaciones de las exportaciones de China, adolecían de una producción competitiva y sostenida para competir en el mercado.

Como la tecnología que ofrecía la empresa austríaca *VOEST ALPINE*, se reducía a la optimización del proceso de recuperación del grafito cristalino, incluyendo los cristales más finos menores de una micra; sin embargo, carecía de la tecnología y experiencia para separar los diversos tamaños especificados en las cotizaciones del mercado. Tampoco ofrecía el proceso de refinación química necesaria, para elevar la pureza por arriba del 96% y hasta el 99.6% de carbón fijo, requerido por los grandes consumidores industriales y que representaba

otorgarle hasta 400% más de valor agregado a nuestra producción. Toda vez que si la producción de finos no se vende en condiciones refinadas, se sufre una pérdida del orden del 50% y queda en subasta al mejor postor para su venta a granel.

En tales circunstancias, hacia 1988 se recurrió a la firma *KHD Humboldt Wedag AG*, de Alemania, que por aquel tiempo ofrecía asesoramiento y tecnología a unos Proyectos de grafito cristalino del Canadá, India y China sobre la base de la experiencia ampliamente reconocida por más de un siglo (*KHD Humboldt*, 1990). Los técnicos de *KHD* reconocieron nuestros yacimientos y nos ofrecieron la tecnología más avanzada para el desarrollo y explotación de nuestros Proyectos, así como financiamiento para la compra de equipo y maquinaria; aunque dejaban como alternativa, la posibilidad de refinar el grafito en algunas de las instalaciones existentes en la propia Alemania. Desde entonces, *IMI* se ha programado como objetivo prioritario el desarrollo e investigación del proceso metalúrgico de refinación química para la producción de concentrados, incluyendo la posible industrialización, tomando como base la elevada producción que se espera y la potencialidad de sus reservas.

Fue así como se llevó a cabo la obtención de una muestra selectiva del yacimiento *El Hielo*, en compañía de los técnicos de *KHD* para un estudio de caracterización preliminar, relacionado con el proceso metalúrgico. La evaluación económica del rutilo, como subproducto, provino del gran número de estudios petrográficos y mineralógicos de *IMI* que revelaron datos sobre la composición química del referido depósito, representado por una muestra general, que enseguida se describe:

La principal porción, se compone de cuarzo  $\text{SiO}_2$ ; la porción secundaria contiene mica, silicatos de K-AL y otra tercera porción, se compone de feldespato de K,  $\text{Na-ALSi}_3\text{O}_8$ . Los minerales secundarios que han sido identificados en línea de abundancia y frecuencia son: grafito, geothita, rutilo, pirita, marcasita, trazas de circonio y hematita diseminados en la ganga de cuarzo, mica y feldespato.

La observación microscópica, revela hojuelas de grafito que varían en tamaño entre  $5 \mu$  a  $1,800 \mu$ . La principal parte, exhibe una distribución de tamaño por abajo de  $2,000 \mu$ , que incluye una considerable cantidad de  $200 \mu$ . La geothita fue determinada en tamaños entre  $1000$  a  $3000 \mu$ , con su principal porción por abajo de  $150 \mu$ . El rutilo existe entre las diversas porciones, desde pocas micras hasta  $300 \mu$ , distribuido en la principal porción por abajo de los  $150 \mu$ .

En cambio, la pirita fue encontrada entre fracciones de pocas micras hasta  $30 \mu$  y el circón, en un máximo de  $25 \mu$ . Los mayores



fragmentos de hematita son del orden de 15 m, aunque la marcasita y pirrotita alcanzaba hasta de 20 m.

El interdesarrollo de los minerales accesorios está eventualmente distribuido en la matriz. Las hojuelas de grafito están principalmente conectadas al cuarzo, feldespato y mica, a lo largo de los límites de los cristales. Concreciones de grafito no se observan y algunas hojuelas grandes exhiben fisuras rellenas de cuarzo y mica. El espesor de esas intercalaciones pueden alcanzar hasta 30 m, con longitud de 150 m como máximo. También han sido detectadas formas lenticulares de goethita entre 20 y 150 m, hacia los planos de las hojuelas de grafito.

Algunas partículas de goethita de gran tamaño, contienen ocasionalmente inclusiones finas de grafito, entre 50 a 130 m. Sin embargo, el rutilo es el principal mineral interdesarrollado con los minerales de ganga, pero a menudo aparece con el grafito. Ocasionalmente, el rutilo está embebido en cuarzo en forma de agujas, o bien como cabellos dentro del cuarzo. También el rutilo ocurre en finos cristales dentro de las micas.

Por otra parte, la pirita está finamente interdesarrollada en la ganga y parcialmente con la goethita. La marcasita y pirrotita, así como el circonio y hematita están frecuentemente diseminados con el cuarzo masivo, tipo jaspe.

De estos datos mineralógicos *KHD* concluye, que no sólo el grafito sino también el rutilo ( $TiO_2$ ) tienen que ser considerados para un proceso metalúrgico por etapas; donde el rutilo sería el subproducto de una concentración económica. No existen otros valores minerales que puedan ser aprovechados. Dentro de este contexto, *KHD* recomienda el *flow sheet* más adecuado para separar el grafito cristalino y al mineral de rutilo, cuyo diagrama de flujo se anexa al texto.

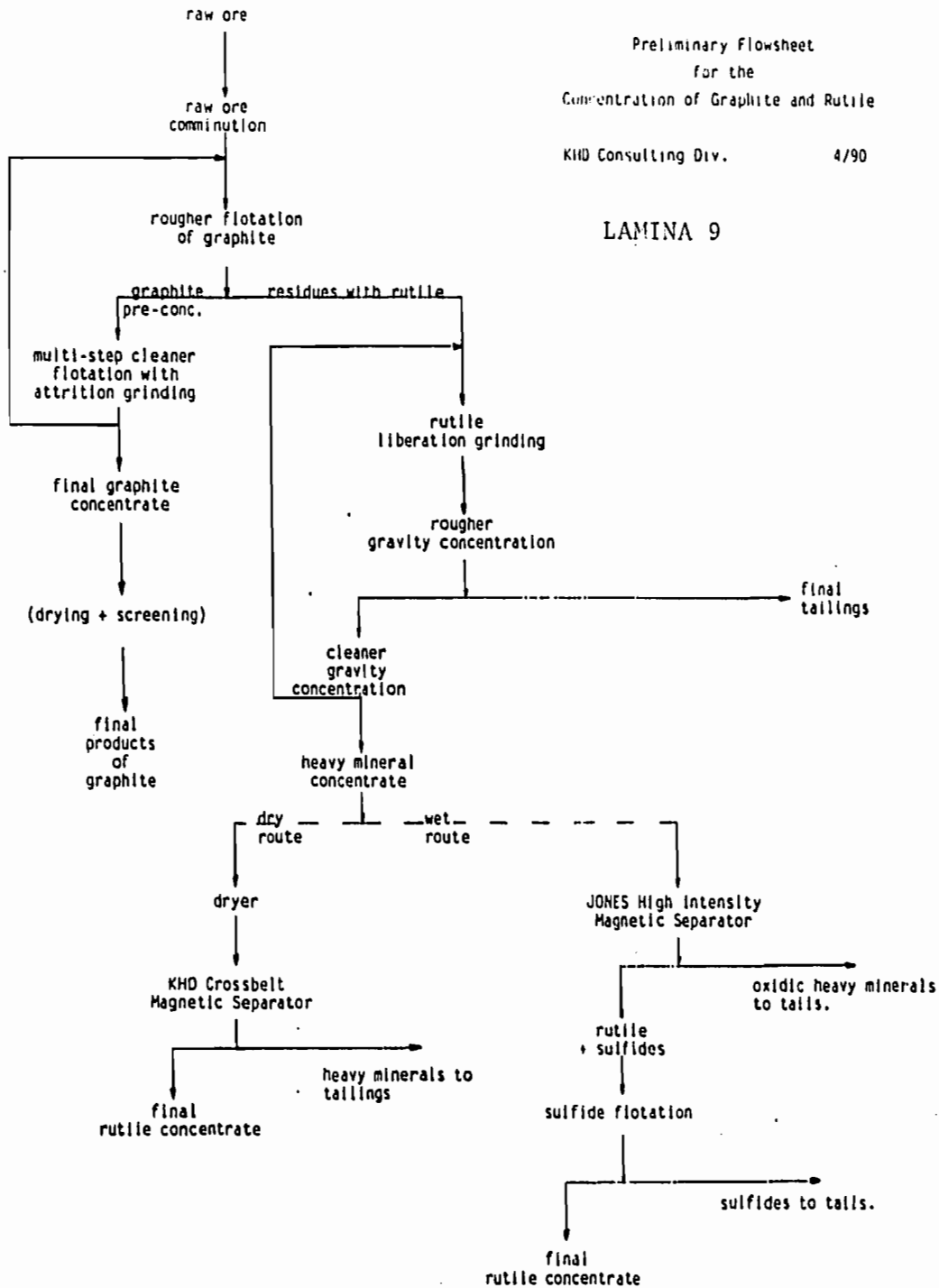
Para obtener un concentrado de grafito, la firma *KHD* en términos generales repite el mismo diagrama de flujo que la empresa *VOEST ALPINE*, consistente en un abastecimiento de mineral quebrado y fraccionado; seguido de una recuperación burda del grafito por flotación, a fin de separar la hojuela de mayor tamaño. Posteriormente, se obtiene un preconcentrado de grafito, fraccionado repetitivamente por atrición, con múltiples etapas de flotación y lavado. Las "colas" residuales con rutilo podrán ser aprovechadas entonces para un proceso independiente, al anterior. Sin embargo, se contempla desde ahora que los concentrados finales de grafito, después de filtrados y secados, serán objeto de un proceso de refinación química para elevar su pureza a más del 96%, con el propósito de obtener un valor agregado mayor. (Lámina 9.)

# Proyecto Metalurgico de La Escondida

Preliminary Flowsheet  
for the  
Concentration of Graphite and Rutile

KHD Consulting Div. 4/90

LAMINA 9



En cuanto a la obtención y producción de un concentrado de rutilo, como subproducto y a partir de las "colas" provenientes de la recuperación del grafito cristalino, ya se dispone de un diagrama de flujo preliminar elaborado por la firma KHD, que en términos generales consiste en lo siguiente:

### **PROCESO METALÚRGICO CONVENCIONAL PARA EL RUTILO DISEMINADO**

- I. Colas residuales con rutilo.
- II. Liberación fraccionada del rutilo a -200 mallas Tyler.
- III. Burda concentración gravitacional.
- IV. Lavado del concentrado gravitacional y deshechos de colas.
- V. Se reciclan las etapas II, III y IV.
- VI. Se obtiene un concentrado de minerales pesados.
- VII. Podemos optar por una ruta húmeda y otra seca.

#### **RUTA SECA PARA SEPARAR EL RUTILO**

- VIII. Secado y filtrado del Concentrado.
- IX. Separador magnético -KHD- entrelazadas.
- X. Deshecho de los minerales pesados a las colas.
- XI. Concentrado final de rutilo.

#### **RUTA HÚMEDA PARA SEPARAR EL RUTILO**

- XII. Separador Magnético de alta intensidad JONES.
- XIII. Óxidos y minerales pesados a las colas.
- XIV. Separación de rutilo con sulfuros.
- XV. Concentración final del rutilo.

Aunque en el *flow sheet* de la firma KHD se establece que el grafito será separado primeramente, podría ser que se estableciera sistemas paralelos, como posibilidad alternante. Sin embargo, se tiene previsto que la ganga que contiene rutilo, debe continuar en el flujo para un tratamiento posterior, con el objeto de liberar todo el rutilo que se encuentra diseminado. Por consecuencia, la concentración del rutilo podría ser elevada o enriquecida por medio de espirales y tablas de vibración.

Finalmente, se debe considerar que toda esta información y datos técnicos tendrá que ser evaluada y examinada por una prueba piloto de una muestra representativa de cada yacimiento; sobre todo para establecer la factibilidad del Proyecto que se tiene en marcha. Actualmente, se tiene una idea generalizada de los contenidos de rutilo, a partir de varios análisis químicos, la que se considera que oscila entre 0.6% a 0.9% de  $TiO_2$ . Si se partiera de una Ley Media de

0.7% de  $TiO_2$ , para una producción promedio de 3,000 T/d para los dos yacimientos, se tendría una producción de 21 T/d, o sea unas 7000 T anuales. Esta información cobra importancia, si consideramos que México es potencial importador de minerales de titanio para la Industria de pigmentos. La base productiva sería:

**LEY MEDIA, 0.7% = 7 Kg./T x 3,000 = 21,000 Kg. = 21 T/d de  $TiO_2$ .**

### **INCORPORACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA REFINACIÓN DEL GRAFITO**

Durante la exposición de los diversos objetivos y análisis de las fases que integran el Proyecto minero-metalúrgico de IMI, ya se ha discutido el propósito insoslayable de incorporar y asimilar la sofisticada tecnología de la refinación química del grafito cristalino, así como desarrollar la separación de las diversas especificaciones, que en relación al tamaño y pureza, existen en el mercado internacional.

Si partimos de la escasa experiencia y limitada producción de los diversos tipos que ofrecemos en el mercado, se podrá deducir las brechas que separan a México con las tecnologías avanzadas que están en operación productiva y altamente competitivas para abastecer la demanda mundial.

Es por ello que desde el arranque mismo de este Proyecto, todas las tecnologías inherentes a la producción competitiva del grafito cristalino, así como el rutilo, serán programadas en paralelo en los Laboratorios del Centro Experimental del Sureste, de la Comisión de Fomento Minero y asesorados por expertos del extranjero.

A fin de que el lector pueda substancialmente entender la problemática cuando se carece de la tecnología de punta, basta informar que actualmente sólo 5 países pueden abastecer y en forma limitada, más de **40 tipos** de grafito especificados en el mercado, de un total de **80** que se cotizan para su venta. Las variantes en las especificaciones, se relacionan con el tamaño, humedad, cenizas, grado químico y pureza de la hojuela cristalina. Estos países son China y Brasil que además manifiestan tener una alto consumo interno. Los E.U.A, Alemania y Japón que no producen internamente e importan más del 60% de la producción mundial a granel, a precios muy por abajo de las cotizaciones mundiales; le aplican un proceso adicional de refinación y separación para incrementar su precio en más del 400%.

Es de hacer notar que la avanzada y sofisticada tecnología de punta, para optimizar la producción de la refinación química con recursos propios, para poner en el mercado competitivo unos 30 ti-

pos de grafito debidamente especificado, llevaría a *IMI* cuando menos unos 15 años más, sobre todo cuando hay riesgo y no se cuenta con recursos disponibles. En cambio, si incorporamos, adaptamos e innovamos la tecnología de punta existente en el extranjero nos llevaría un año cuando más, que es el tiempo que se requiere para experimentar con el proceso (*flow sheet*) obtenido de las pruebas metalúrgicas de las firmas líderes.

Debemos de reconocer que si *IMI* arrancara con la experiencia tecnológica que se cuenta en el país, los riesgos que se corren son previsiblemente negativos por el desgaste de tiempo y la carencia de competitividad de su producción para competir en el mercado mundial. No debemos soslayar la experiencia ya recorrida y descartar la improvisación, cuando nos enfrentamos a una demanda con altos índices de calidad y pureza muy competitivos en el mercado internacional.

Es oportuno mencionar que la producción de Brasil es competitiva, gracias a la asistencia tecnológica e innovadora de la firma *SUMITOMO CORP. de Japón*; en tanto que la incorporación de China al mercado internacional, se debe a la asistencia tecnológica que ha recibido de la empresa alemana *KHD Humboldt Wedag AG*.

Los estudios preliminares para el proceso de refinación química, aún no se han evaluado en toda su proyección. Aunque se tienen ideas generales sobre el proceso, se desconocen las experiencias sobre el sistema químico para limpiar de impurezas los concentrados; aunque desde ahora ya se contempla disponer de una planta de gran volumen, instalada estratégicamente para tratar minerales de varios yacimientos, incluyendo algunas fases de su industrialización.

Actualmente se experimentan dos líneas del proceso metalúrgico para refinar el grafito cristalino. Uno consiste en lixiviar los concentrados en soluciones ácidas y la otra, por medio de soluciones cáusticas o básicas. De una forma generalizada se describirán ambos procesos, a partir de la información recibidas de los fabricantes de equipo y de la experiencia publicada en revistas técnicas.

#### **SISTEMA DE REFINACIÓN POR LIXIVIACIÓN ÁCIDA, EXPERIMENTADA EN CANADÁ**

El sistema de operatividad se describe desde el abastecimiento minero en el yacimiento mismo, que consiste en quebrar el mineral a una fracción promedio de 5 *cm.*, bajo una extracción selectiva que contiene 4% de *C*. En la sección del molino, el mineral será quebrado a malla mínima de 20" que se considera la óptima para el sistema de flotación.

Durante una primera etapa de flotación se separa burdamente un concentrado que contiene aproximadamente 50% de grafito de las "cabezas", en donde se recupera casi el 100% del grafito libre que contiene este mineral de burda separación.

El propósito de la recuperación burda de la primera etapa, es tratar de recuperar el máximo de grafito de hojuela gruesa, antes de ser reciclado y triturado en los molinos. En esta forma, al entrar al sistema de flotación de columna vertical, el producto de la primera etapa de separación burda, y después de pasar sucesivamente al molino de bolas, sigue en otra etapa de flotación para producir finalmente un concentrado con un 94% de grafito, mínimo.

El concentrado secado y cribado pasará entonces a la fase de refinación química, a fin de incrementar el contenido de carbón por arriba del 94% y con bases consistentes. Esta etapa experimentada por los canadienses, involucra una lixiviación ácida; aunque también incluye su lixiviación por presión con soluciones cáusticas, que diluyen las impurezas sin involucrar atrición. De esta forma, el producto será graduado, cribado y empaquetado de acuerdo a las especificaciones del consumidor, del mercado internacional.

El producto regularmente obtenido en esta ruta de trituración, flotación y concentrado incluye un producto de 97.2% de carbón que ha sido abastecido a los consumidores potenciales. El tamaño de las hojuelas varía de + 28 mallas a 100 y con algo de 150 mallas. Cuando la producción sea regulada, se espera tener capacidad para abastecer concentrados mayores de 99% de carbón, dentro de una base consistente.

#### **SISTEMA DE REFINACIÓN POR LIXIVIACIÓN ÁCIDA, EXPERIMENTADA EN ALEMANIA**

A medida que las innovaciones tecnológicas avanzan, los procesos tienden a sistematizarse, con importantes adaptaciones que introducen las empresas con novedoso equipo. Tal es el caso de la refinación química del grafito, donde las nuevas tecnologías tienden a unificarse en un sistema común con innovaciones del propio fabricante de equipo, como acontece con los procesos experimentales que se realizan en Canadá, Japón y Alemania.

La experiencia informativa recibida de Alemania, se relaciona con su liderazgo por más de un siglo, quienes han efectuado un positivo estudio de prefactibilidad del mineral de IMI basados en muestras generales, sobre preconcentrados, caracterización mineralógica y posibilidad inherente a la refinación. El proceso por desarrollar, consiste en optimizar varias etapas para beneficiar el mineral crudo y obtener un concentrado de alto grado, que se espera sea del orden de 31,000 T/anales con una pureza del 94% como mínimo, en su fase de flotación.

Para la liberación del grafito de la rocas huésped, el proceso desarrollado por IMI-KHD, involucra un diagrama de flujo que se inicia con el quebrado primario, trituración secundaria, molienda, clasificación y flotación. Este proceso, relaciona una producción generalizada que puede ser expresada en la siguiente tabla.

**TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL TAMAÑO DE LA HOJUELA DE GRAFITO CRISTALINO**

<b>Tamaño de la Malla Tyler</b>	<b>masa</b>	<b>%Acumulado</b>
16 - 48	55%	55%
48 - 100	27%	82%
100 - 150	12%	94%
+ 150	6%	100%

Los análisis de los posibles concentrados efectuados por KHD-IMI, indican que más del 50% del producto tendrá un tamaño de hojuela entre **16 a 48 mallas**. El concentrado de grafito producido en la planta deberá tener **94-96%**, de concentrado de carbón. A partir de este producto y a través de la lixiviación ácida y cáustica, se podrá graduar la pureza hasta **98-99% de C**; finalmente hasta **99.8%** de pureza.

Al presente, se reconoce que la disponibilidad del grafito cristalino de alta pureza está restringida completamente; por tanto, nuevas fuentes técnicas obtenidas de *SUMITOMO, CORP.*, están en estudio para cubrir los requerimientos mundiales.

**ETAPAS QUE SEGUIRÁ EL PROCESO PARA REFINAR EL GRAFITO CRISTALINO**

- I. Quebrado primario semi-autígeno (SAG)
- II. Quebrado secundario con molienda de barras para reducir la degradación del grafito de hojuela gruesa.
- III. Etapa de flotación y cribado para optimizar la recuperación del grafito cristalino.
- IV. Molienda para graduar la concentración final, con separación gravitacional.
- V. Desagüe por filtración interbandeada.
- VI. Transportación neumática de los productos secos.
- VII. Cribado de los productos, combinando los sistemas.
- X. Proceso de Refinación por lixiviación ácida y/o cáustica.
- XI. Sistema de empaquetado automático y envalaje.

Con el propósito de optimizar la producción de hojuela gruesa, tan luego como se desprenda de la roca, se tienen programados los siguientes pasos para ser investigados en el Centro Experimental del Sureste de la C.F.M., en Oaxaca.

**PROCESOS PARA LA RECUPERACIÓN DE GRAFITO CRISTALINO DE HOJUELA GRUESA**

- a) - Un quebrado primario para reducir el tamaño del mineral a unos 150 mm.
- b) - Posteriormente triturar el mineral a 20 mallas, usando una combinación (SAG) de molino de bolas y rodillos.
- c) - Después de la separación gruesa, llevar a cabo una remolienda a 60 mallas en un molino de bolas.
- d) - El producto se recobra por flotación, después de cada etapa de molienda a 20 y 60 mallas.
- e) - En cada etapa de molienda, se recobra la hojuela gruesa con aire.
- f) - Usando cribas en mesas vibratorias, se podrán obtener concentrados finales +40 mallas y +80 mallas, en contenidos de 95% de carbón.
- g) - Adicionalmente, para refinar el grafito grueso, se podrá usar una celda de flotación, de columna vertical que optimizará el proceso.

El producto final de grafito cristalino, llevará entonces un tratamiento adicional de refinación química, hacia un proceso independiente y que tendrá como base un diagrama de flujo de lixiviación ácida o cáustica, según lo requiera el mineral de los yacimientos de IMI. Con este proceso, se tratará de elevar la pureza a una concentración mínima del 99% de carbón fijo.

Al mismo tiempo, se dispondrá de las "colas" para iniciar un nuevo tratamiento metalúrgico con diagrama de flujo convencional gravitacional y magnético, a fin de separar el rutilo que se encuentra finalmente diseminado en las fracciones finas del mineral triturado.

Por consecuencia, podemos concluir que el proceso metalúrgico para cada yacimiento de grafito cristalino de IMI, será llevado inexorablemente hacia cuatro procesos metalúrgicos independientes, como sigue:



**PRINCIPALES SISTEMAS DEL PROCESO METALÚRGICO PARA LOS  
YACIMIENTOS DE EL HIELO Y LA ESCONDIDA**

---

- A. Sistema de flotación convencional para concentrar el grafito**
- B. Sistema de gravimétrico-magnético para separar el rutilo.**
- C. Sistema de lixiviación ácida-cáustica para refinar el grafito**
- D. Sistema de pirometalurgia para refinar el titanio.**

Si bien, estos sistemas de operación aún no se realizan en el país con los niveles de calidad, eficiencia y competitividad tecnológica que demandan los requerimientos del mercado mundial y que de alguna forma, representan un gran reto para la capacitación y actualización de los recursos humanos de IMI; confiamos que en el curso de un año poder alcanzar el desarrollo tecnológico necesario en las fases de adaptación, asimilación, transferencia y de las innovaciones que se incorporen al procedimiento metalúrgico de nuestros Proyectos.

El soporte de nuestra confiabilidad se basa en que: 1) Conocemos la problemática; 2) Se han determinado los objetivos intermedios y 3) Se tienen programadas las metas del Proyecto.

### **RIESGO TECNOLÓGICO**

Como en cualquier Proyecto, el problema principal de riesgo se relaciona con los recursos financieros para su arranque y desarrollo, que necesariamente implican una investigación científica y análisis tecnológico para darle viabilidad al mismo. Debido a que generalmente se carece de capital de trabajo, requerido para sostener su desarrollo, se puede sustituir con experiencia y capacitación técnica, que en buena medida se capitaliza con el tiempo. Esta ha sido la problemática que IMI ha tenido que sortear para desarrollar y alcanzar la fase operativa de producción minero metalúrgica para sus yacimientos de *El Hielo y La Escondida* de la Mixteca Oaxaqueña, durante los pasados 10 años.

Sin embargo, podemos mencionar que para desarrollar un proyecto de gran inversión en las actuales circunstancias inflacionarias y de recesión para México, se debe mejorar el deficiente mecanismo financiero que implica un prolongado desgaste burocrático por falta de capital; por consecuencia, se recurre a innovar,

asimilar y optimizar la tecnología a base de la experiencia extranjera. Sería un gran riesgo y desgaste de recursos improvisar y desconocer la tecnología de punta existente en el mercado internacional. Para superar esta problemática *IMI* se ha propuesto partir de la adaptación de la tecnología más avanzada para innovarla y acrecentarla en nuestro país. El principal riesgo se relaciona con la incorporación y asimilación de las tecnologías, a fin de optimizar la extracción del mineral y el proceso metalúrgico de nuestros yacimientos, tendiente en alcanzar las innovaciones requeridas bajo la investigación y la experiencia, incluyendo la capacitación de los recursos humanos.

Es indudable que en todo Proyecto industrial, su amortización económica y comercialización de sus productos, depende de la demanda y consumo del mercado potencial; por consecuencia la expansión futura obedecerá a la calidad competitiva con que se asista a esos mercados. Los pronósticos industriales de *IMI*, ante su gran potencial de reservas mineras que dispone, estará sujeto a los requerimientos competitivos del mercado y consumo mundial. Los principales países productores de grafito cristalino y que representan a los competidores de *IMI* en el mercado mundial y como riesgo para su inversión, en orden decreciente son: China, Madagascar, Brasil, Zimbabue, Sri Lanka, Canadá, India, Corea y Noruega. De estos países productores, como China, Brasil, Canadá, India, Corea y Noruega han manifestado limitar sus exportaciones y algunos como los tres últimos ya importan grafito cristalino, por el elevado consumo doméstico e industrial que tienen. De ahí que se espera que hacia el próximo siglo, el grafito cristalino en calidad, precio y consumo tienda a incrementarse ante la gran demanda futura.

Otra limitante para los países subdesarrollados y productores de grafito, se debe a que sólo exportan concentrados, sin valor agregado alguno y como consecuencia de su fluctuante producción. En cambio, los grandes importadores industriales como E.U.A., Japón y Alemania, sin tener yacimientos aparecen como potenciales exportadores de productos refinados que alcanzan elevados precios en el mercado. Ante esta perspectiva, más que un riesgo para *IMI* representa un reto alcanzar a corto plazo, la refinación e industrialización de sus concentrados que podrán estar basados en un programa de investigación y capacitación de sus propios recursos humanos, sostenidos con las exportaciones esperadas por *IMI*.

## **PROPIEDAD INDUSTRIAL**

Con referencia al contenido de este subtítulo, deseamos señalar que los puntos 7 y 14 del OBJETO del protocolo Testimonial de la Constitución de la *Sociedad de Industria Minera Indio, S.A.* se transcriben para su correspondiente consideración. Los puntos referidos se relacionan al desarrollo productivo y de investigación científica, para los efectos legales a que haya lugar, como sigue:

**PUNTO:** "7. La obtención, adquisición, utilización o disposición de patentes, marcas o nombres comerciales o derechos sobre ellos, en México o en el extranjero, que se relacionen con los objetos supradichos".

**PUNTO:** "14. La publicación con fines promocionales y de publicidad, de trabajos de investigación y desarrollo: geológicos, mineros y metalúrgicos en forma de revistas o folletos en México y el Extranjero".

Al respecto, los investigadores de *IMI* que integran el consejo de administración y que forma a los principales accionistas de la empresa, han publicado en conjunto más de 60 trabajos de investigación en diversas asociaciones científicas de México e Internacionales, que acreditan la capacidad de los ejecutores del Proyecto, ante las firmas contratadas, en relación a derechos de autor, patentes y su transferencia.

Para los efectos de lo aquí asentado, se hace referencia al sello de la *SECOFI*, insertado en el Testimonio de la *Sociedad de IMI*, que a la letra dice: *INSCRITO EN EL REGISTRO PUBLICO DE COMERCIO EN EL FOLIO MERCANTIL NUMERO: 78002; derechos \$14,800.02, REG. DE CAJA 569-5479 DE FECHA 29-05-85. México, D.F. a Junio de 1985.*

En cuanto a la política de la empresa, debemos partir que la tecnología implementada en estos Proyectos, se adquirirá del extranjero a través de varias empresas de prestigio internacional, con innovaciones que se espera obtener de nuestros laboratorios. Por consecuencia, las transformaciones de inventivas que se logren obtener y su potencial de explotación comercial, serán tramitadas conforme a las leyes mexicanas y sus correspondientes acuerdos con los países que se tienen firmados compromisos, sobre este particular.

## PARÁMETROS TÉCNICOS

Una de las grandes experiencias obtenidas a lo largo de más de dos siglos de explotar y consumir grafito cristalino, y de los últimos 50 años, fue lograr elevadas purificaciones hasta de 99.8%, ante el hecho de que se encuentra distribuido en un ambiente petro-lógico peculiar de la corteza precámbrica, asociado a minerales característicos que en mayor o menor abundancia se identifican en los "Estudios de Caracterización". Si bien, el grafito se encuentra en diversos ambientes generados en el tiempo y el espacio, las concentraciones más extensas y potenciales, (Bazán, 1984-1987 y Bazán-Perkins, 1990) se ubican en la época metalogénica Grenvilliana de  $\pm 1,000$  m.a., implicando esta depositación, a las concentraciones de los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*, del Complejo Oaxaqueño.

Por consecuencia, todos los grandes depósitos de grafito cristalino de Madagascar, China, Noruega, Brasil, Canadá y los de México son sincrónicos (Bazán-Perkins, 1990), de similar composición química, asociados a los mismos minerales y con carácter petro-lógico y estructural análogo. Esto da por resultado que los problemas inherentes de su concentración y refinación se resuelvan con las mismas innovaciones técnicas obtenidas en esos países y, al mismo tiempo, con las experiencias alcanzadas por las firmas líderes. De ahí que los parámetros técnicos de calidad, se relacionan principalmente con el mayor porcentaje de hojuela grande recuperada de la roca que contiene el grafito cristalino; el mínimo de impurezas admisibles en los concentrados, para significar la mayor concentración de carbón fijo. Otros índices de calidad, se relacionan con la misma humedad, materia volátil y las cenizas residuales o refractarias que contiene.

Podemos colegir que el aspecto que más interesa al productor como IMI, para poder competir en el mercado internacional, se relaciona con las investigaciones mineralógicas de los yacimientos, para proceder a llevar el proceso metalúrgico más adecuado y a fin de elevar la calidad de enriquecimiento de los propios concentrados y con el mínimo de impurezas, hasta alcanzar un valor lo más próximo al 100% de purificación.

Así, por ejemplo, la roca donde se encuentran diseminadas las hojuelas de grafito cristalino en estos yacimientos y asociado con el rutilo, corresponde a una facies esencialmente cuarzo-feldespática, de gránate y mica, como minerales principales; es de origen sedimentario y está metamorfoseada en facies de anfibolita y de esquistos verdes (Bazán-Perkins, 1990). Por consecuencia, los minerales constituyentes en más del 85%, consisten de un interdesarro-

llo de cuarzo, feldespato y mica que incluye además, los minerales accesorios que en orden decreciente comprende: goetita y hematita (óxido férrico) que no excede del 7% cuando más; el grafito distribuido entre 0.5 a 8%, donde la pirita, marcasita y pirrotita varían de trazas a un 2%, cuando más. El rutilo esta finamente diseminado en contenidos de 0.6% a 1.0%, con algunos granos diseminados de circonio, que no excede del 0.01% para representar la naturaleza de la roca como un todo.

Podemos concluir que el principal parámetro para competir en el mercado internacional, radica en ofrecer un producto cotizabile y garantizado con sus altos índices de pureza, mayor al 94% y con una producción muy diversificada en más de 80 tipos o clases, especificadas en el mercado, que particularmente incluyan el tamaño de la hojuela; el porcentaje de carbón fijo; contenido de cenizas o impurezas; material volátil y la humedad. Esto se complementa con la diversidad en términos del por ciento de malla del grafito, al variar entre +40 a -325. Estas relaciones otorgan el valor comercial del grafito y definen los parámetros que rigen en el mercado internacional y la amplia gama de precios para cada uno de los diversos tipos, que pueden exceder de 100 categorías y que coexisten en oferta comercial, según se aprecia en las tablas que se anexan.

Pruebas preliminares realizadas recientemente (Kowa Seiko, 1993), por la firma Sumitomo Corporación, de Japón, para algunos concentrados obtenidos del yacimiento de *La Escondida*, refieren la posibilidad de obtener concentrados de más del 97% por el sistema de flotación y la favorable condición experimental de alcanzar purezas, de más del 99.8%, dentro de una producción diversificada y altamente competitiva para el mercado internacional, según la propia experiencia de la firma Japonesa Kowa Seiko, que se anexa en el apéndice del presente estudio.

#### **ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y DEL SISTEMA DE CALIDAD.**

Al efectuar un balance de la actividad tecnológica de IMI desde su inicio, podríamos partir de su exitosa experiencia en la exploración, interpretación y determinación de yacimientos de minerales en terrenos precámbricos, así como en la evaluación de las reservas potenciales y económicamente explotables. Es obvio que la calidad de su producción minero-metalúrgica, en gran parte dependerá de las características y naturaleza del mineral existente en los yacimientos; pero las pruebas realizadas en más de seis laboratorios de Canadá, EUA, Japón, Austria y Alemania determinan amplia aceptación y elevados índices de calidad para su colocación en el mercado internacional.

y elevados índices de calidad para su colocación en el mercado internacional.

Lo anterior implica que la producción de concentrados y la respectiva refinación del grafito cristalino y del titanio, deberá ser con índices específicos de calidad y debidamente diversificada, de acuerdo a los requerimientos del mercado internacional para su cotización comercial. Esto quiere decir que *IMI* necesita producir competitivamente con la tecnología más avanzada y plenamente garantizada, de lo contrario bajarían sus ingresos por falta de calidad. Por esta razón *IMI* ha recurrido a las empresas líderes, a fin de asimilar las tecnologías de punta e incorporarlas a sus recursos humanos para adaptarlas e innovarlas en lo posible en el menor tiempo, sin recurrir a gastos excesivos.

Con referencia a las patentes o sistemas de propiedad con que cuenta *IMI*, podemos hacer los siguientes comentarios. *IMI* es una de las empresas líderes en cuanto a exploración minera, su tecnología es competitiva y substanciada por sus propios resultados. Sin embargo, debemos reconocer que el éxito depende en gran medida de la filosofía que dá la experiencia y del capital disponible, destinados a Proyectos que necesariamente implican riesgos; porque en los resultados se asocian: 1) la mayor o menor riqueza del yacimiento; 2) la tecnología disponible para obtener el producto; 3) el capital dispuesto para acometer la empresa y líneas de financiamiento; 4) experiencia administrativa y laboral; 5) políticas nacionales sobre la Ley y Reglamento minero 6) alcances del objetivo industrial del producto; 7) dimensión o magnitud de las etapas del Proyecto; 8) tiempo de reembolso del capital de inversión; 9) grupos competitivos con niveles productivos y tecnológicos y 10) condiciones del mercado y sus fluctuaciones, entre otras muchas más. Estos puntos y los sistemas de calidad operativa, permitirá competir satisfactoriamente en los mercados internacionales, al definir el "Punto de Equilibrio" que sea congruente con todo lo anterior.

Si bien, al iniciar o arrancar este Proyecto *IMI* no dispone de patentes o sistemas de calidad propias, es posible obtenerlas a corto plazo porque partirá de la tecnología de punta existente en las firmas líderes en esos campos, la que en el curso de un año será asimilada. Por tanto, al incorporarla a sus proyectos surtirán innovaciones que podrían ser aplicados en nuevos proyectos.

Por cuanto a los mecanismos de calidad estarán implicados en los propios contratos con las firmas fabricantes de plantas de beneficio y de refinación, así como del sistema de embalaje. Por consecuencia, los requerimientos de calidad que deben tener los productos que expenda *IMI*, serán adquiridos a partir de los propios sistemas de las firmas contratadas de Japón, Alemania, Cana-

dá, Austria, Finlandia y EUA, a fin de mejorar la productividad, con pruebas previas y competitivas.

### **SITUACIÓN HISTÓRICA DE LOS ESTADOS FINANCIEROS DE LA EMPRESA Y FINANCIAMIENTO**

Con referencia a la situación histórica de los Estados Financieros de la empresa y en particular, sobre los dos últimos años requeridos, provienen desde la propia fundación de *IMI* hacia el 11 de Diciembre de 1984; disponiéndose consecutivamente del Balance y Estado de Resultados a partir del año de 1985, hasta el último en 1993, en forma progresiva.

El Balance General y el Estado de Resultados de los ejercicios reflejados en los mismos años, fueron aprobados por el *Consejo de Administración de IMI*, bajo la responsabilidad de los profesionistas que los suscriben, y progresivamente realizados por la empresa *INTEGRACIÓN PROFESIONAL AVANZADA*, con Registro Federal de Causantes R.F.C. VEPR-490109, en dirección laboral de 1a. Cerrada de la Calzada México-Tacuba No. 17, C.P. 11320, México, D.F. y a cargo del C.P.T. Raúl Velázquez Pineda y Alberto Velázquez Pineda.

Por cuanto a bancos y proveedores relacionados con la empresa, también anexamos copias fotostáticas de dos instituciones financieras de Alemania, quienes ofrecen estudiar líneas financieras a mediano y largo plazo, como sigue:

#### **INSTITUCIONES BANCARIAS QUE OFRECEN LÍNEAS CREDITICIAS A IMI**

1). Deutsch-Sudamerikanische Bank (Banco Germánico de la América del Sur)

Representante: Bernd Kleinworth y Annegret Schwenkhoff

Dirección: Edificio Plaza Comermex.

Torre Baja, 6° piso.

Bllvd. Manuel Avila Camacho No. 1-603.

Apdo. Postal 18-bis.

06000, México, D.F. Telef: 259-1446.

2). COMMERZBANK, Aktiengesellschaft.

Representante: Lic. Sabine Von König.

Dirección: Paseo de la Reforma 390-1304.

06600, México, D.F.

Apartado Postal: 5-789.

06500, México, D.F. Telef: 525-45-85/86;

525-0095/99.

- 3). Las operaciones bancarias de *INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A.* IMI-841212 QZO, están relacionadas con *BANCOMER, S.A.* Cuenta: No. 1098624-8.

Dentro de este contexto, se hace necesario comentar que esta empresa *INDUSTRIA MINERA INDIO, S.A.* fue integrada por sus socios mayoritarios para promover el desarrollo y explotación de los yacimientos de *El Hielo y La Escondida*, con tendencia a incorporar otras unidades mineras que aún se encuentran en proyecto de investigación. Por tanto, la función de la empresa ha sido promover y representar la ejecución de los Estudios de Viabilidad, así como las relaciones internacionales con las empresas extranjeras, líderes en la concentración del grafito cristalino y de la obtención de los respectivos subproductos.

Es por ello que durante 10 años se ha sostenido un equilibrio financiero de la empresa, con recursos de los propios accionistas, sin tener a la fecha cargas financieras de carteras vencidas o de pasivos crediticios, ni en México ni del extranjero; toda vez que las obras mineras, los trabajos de exploración, las investigaciones metalúrgicas, los análisis económicos y financieros se han ejecutado con capital y recursos propios.

Así, de esta forma, en el curso de 10 años de labores continuas, *IMI* ha podido integrar y completar todas las fases que constituyen los *Estudios de Viabilidad* para efectuar el arranque exitoso del Proyecto en su conjunto. A valores actuales implican **N\$ 22.8** Millones de pesos, que refieren los activos diferidos de los cuadros financieros anexos y que corresponden a los conceptos de la fase preoperativa de *IMI*, financiados por la propia empresa. Por razones de estrategia, estos activos no están integrados y contabilizados a los *Estados de Balance General y de Resultados*, porque de hacerlo implicarían erogaciones del orden de N\$ 400,000.0 pesos anualmente, por concepto de impuestos al activo requerido por la *Secretaría de Hacienda y Crédito Público*.

Cobra importancia estos conceptos preoperativos, al considerar que varias empresas extranjeras cuando fueron consultadas para realizar los, *Estudios de Viabilidad* sus cotizaciones eran del orden de 4 a 20 M/Dlls., por cada yacimiento; más el 50% de acciones por financiar y desarrollar los Proyectos.



## EVALUACIÓN FINANCIERA DE LOS PROYECTOS



Del análisis de viabilidad técnica y de mercado de los proyectos se desprenden los presupuestos de inversión, los costos y gastos de operación de las plantas de beneficio; desde sus funciones de explotación, producción, administración y ventas. Para su debida interpretación la información se ordenan en forma sistemática a través de cuadros y *Estados Financieros Proforma*, que constituyen las bases para la evaluación de los escenarios financieros.

En consecuencia, los escenarios financieros, se definen a través de datos numéricos, tablas y gráficas que exponen el conjunto de posibilidades futuras en las que se puede encontrar la empresa. Es de hacer notar que para su construcción se empleó una hoja de cálculo electrónica *Excel*, con la que se actualiza las proyecciones financieras en forma automática al modificar las principales variables involucradas. Los modelos financieros están expuestos por las causas externas e internas que las producen; las primeras, son de tipo macroeconómicas y las segundas son aquellas inherentes a los Proyectos.

En este sentido, el *Sistemas de Información Gerencial (SIG.)* es una herramienta que agiliza la identificación, valoración y seguimiento de las variables económicas consideradas críticas para la evaluación financiera de los Proyectos. ( *Lámina 2.* )

Entre las variables macroeconómicas principales que alteran las proyecciones financiera, están: La inflación, las devaluaciones, las tasas de interés bancaria, los impuestos y la estabilidad social y política del país. ( *Láminas 38, 39, 40 y 41* )

En cuanto a las variables que son propias a los Proyectos, con fuerte impacto en su viabilidad, están: las leyes minerales y reservas, la capacidad instalada de las plantas, la eficiencia de recuperación metalúrgica, días del año de operación, costos de producción, precios y volumen de ventas, así como el costo del capital fijado por los accionista de la empresa. ( *Láminas 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 y 50* )

## **LAS INVERSIONES EN EL PROYECTO**

Los costos aquí estipulados, parten de las propias referencias citadas sobre sueldos, honorarios, estudios, adquisiciones, capacitación, administración, equipo de cómputo, instrumental de laboratorios, los servicios de empresas por asesoría, materiales de construcción, obras civiles, maquinaria y el equipo considerado en los cuadros ya expuestos. Para los efectos de esta evaluación global se partirá de valores unitarios de un yacimiento; pero como se trata de una inversión para dos, al final se duplicará el costo y precio para determinar el gran total que servirá de base para conocer el tiempo de amortización del Proyecto. (Láminas 10, 11 y 12)

Se debe considerar que los precios y cotizaciones aquí expuestos, no variarán del  $\pm 5\%$ , incluyendo las condiciones inflacionarias que prevalezcan en los países de importación de equipo y maquinaria.

La cotización expuesta se basa, en precios de equipo y maquinaria de más alta calidad existente en el mercado y cuya tecnología de punta está ampliamente experimentada en proyectos análogos, como sigue:

### **COTIZACIÓN DE EQUIPO O PLANTAS DE BENEFICIO, LLAVE EN MANO.**

Existen algunas diferencias contrastantes entre los fabricantes de plantas de beneficio del grafito cristalino y el titanio, que parten del costo de la mano de obra del país origen y su experiencia en el mercado industrial. IMI optará por la tecnología de punta, experiencia y servicio más que por el precio y publicidad inherente.

Actualmente se considera en orden de preferencia, a las firmas siguientes: 1) Sumitomo, Corp; 2) KHD Humboldt Wedag AG; 3) Outokumpu Oy; 4) Kilborn y 5) Voest Alpine. Como la tecnología de la metalurgia para 1,500 T/diarias está ya ampliamente experimentada y conocida en los países fabricantes de plantas de flotación y beneficio gravimétrico, se optará por la que ofrezca la máxima eficiencia y calidad competitiva.

Para el grafito cristalino y titanio, respectivamente; se contempla, requerir una eficiencia mínima de recuperación del **92%** y la producción de concentrados del orden del **94-96% de C.** y **TiO<sub>2</sub>**, así como la eventual pureza de refinación hasta del **99.6%** por el Sistema de Lixiviación Ácida, o Cáustica, para otorgarle mayor valor agregado al producto.

**PRESUPUESTO GLOBAL DEL PROYECTO DE INDUSTRIA MINERA  
INDIO, S.A. de C.V.**

CONCEPTOS DEL PROGRAMA DE IMI PARA EVALUAR, DESARROLLAR Y OPTIMIZAR LA EXPLOTACIÓN	Precio unitario y tasas	EL HIELO, SANTA MARÍA PEÑALES	LA ESCONDIDA, SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO
<b>I)-MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS COTIZACIÓN EN MILLONES DE DOLÁRES + IVA</b>				
2 Tractores CAT D-10N, usados, con ripper:	\$ 485,526.3	485,526.32	485,526.3	971,052.6
2 Tractores CAT D-8K, usados, con ripper:	\$ 98,684.2	98,684.2	98,684.2	197,368.4
6 Cargadores TORO 501 D, de 14T TAMROCK:	\$ 122,697.4	368,092.1	368,092.1	736,184.2
6 Camiones TORO, de 40 T TAMROCK :	\$ 123,355.3	370,065.8	370,065.8	740,131.6
2 Perforadoras MINIMATIC 206; Jumbo 2 Brazos:	\$ 235,855.3	235,855.3	235,855.3	471,710.5
2 Perforadoras DHA 550 S, Trak Drill de Sup.:	\$ 127,302.6	127,302.6	127,302.6	254,605.3
2 Perforadoras COMANDO 300 p/Diam. pequeño	\$ 88,028.3	88,028.3	88,028.3	176,052.6
2 Contenedores TC2000; servicio de Herramienta	\$ 921,710.5	921,710.5	921,710.5	1,843,421.1
1 Contrapocera Rhino 400 H; TAMROCK	\$ 795,032.1	397,516.1	397,516.1	795,032.1
		<b>\$ 3,092,779.2</b>	<b>\$ 3,092,779.2</b>	<b>\$ 6,185,558.4</b>
Más impuesto por importación	8%	247,422.3	247,422.3	494,844.7
Más valor agregado(IVA)	15%	463,916.9	463,916.9	927,833.8
Más \$24,000 por transporte a Oaxaca c/u		39,473.7	39,473.7	78,947.4
		<b>\$ 3,843,592.1</b>	<b>\$ 3,843,592.1</b>	<b>\$ 7,687,184.2</b>
<b>II)-EQUIPO DE TRANSPORTE SE TRATA DE MODELOS 1998, CON TODO Y TRAMITE</b>				
6 Camiones: D6500-98, Dodge Chasis C/CAB:	\$ 25,833.3	77,499.9	77,499.9	154,999.7
2 Camiones 3.5 t de Redillas, Chevrolet:	12,855.3	12,855.3	12,855.3	25,710.5
6 Sedán VW, para transporte de Ings.	5,592.1	16,776.3	16,776.3	33,552.6
6 Camionetas tipo Pick-up de 1.5 T., V8	10,611.8	31,835.5	31,835.5	63,671.1
2 Camionetas tipo Blazer P., Chevrolet:	\$ 21,114.3	21,114.3	21,114.3	42,228.7
2 Combis VW para transporte colectivo:	\$ 15,559.5	15,559.5	15,559.5	31,118.9
		<b>\$ 175,640.8</b>	<b>\$ 175,640.8</b>	<b>\$ 351,281.6</b>
Más valor agregado(IVA)	15%	26,346.1	26,346.1	52,692.2
		<b>\$ 201,986.9</b>	<b>\$ 201,986.9</b>	<b>\$ 403,973.8</b>
<b>III)- PERSONAL TÉCNICO ADMINISTRATIVO: SALARIO ANUAL, MENSUAL Y CON PRESTACIONES DE LA LEY</b>				
<b>A)- GASTOS DE ADMINISTRACIÓN(Indirectos)</b>				
1 Director General de IMI; al 50% de c/u.	Dlrs/mensual \$ 4,000.0	24,000.0	24,000.0	48,000.0
1 Subdirector Técnico de IMI; al 60% de c/u.	\$ 3,500.0	21,000.0	21,000.0	42,000.0
2 Superintendentes de Proyecto; 1 por proyecto	\$ 3,000.0	36,000.0	36,000.0	72,000.0
16 Ingenieros de las diversas Especialidades	\$ 1,500.0	144,000.0	144,000.0	288,000.0
2 Lic. en Administración de E., y 3 Lic. en Derecho	\$ 1,200.0	14,400.0	14,400.0	28,800.0
<b>B)- GASTOS DE MANO DE OBRA(Directos)</b>				
8 Secretarías Administrativas	\$ 830.0	39,840.0	39,840.0	79,680.0
2 Secretarías Ejecutivas Bilingües	\$ 1,300.0	15,600.0	15,600.0	31,200.0
12 Choferes y operadores de maquinas	\$ 830.0	59,760.0	59,760.0	119,520.0
2 Operadores de Tractor	\$ 1,300.0	15,600.0	15,600.0	31,200.0
2 Ayudantes de Mecánico	\$ 840.0	10,080.0	10,080.0	20,160.0
2 Ingenieros Mecánicos	\$ 2,500.0	30,000.0	30,000.0	60,000.0
4 Ayudantes de Mecánico	\$ 840.0	20,160.0	20,160.0	40,320.0
2 Ingenieros en Sistemas y 1 de Finanzas	\$ 2,500.0	45,000.0	45,000.0	90,000.0
3 Capturistas de Datos	\$ 454.0	8,172.0	8,172.0	16,344.0
2 Ing. Civiles y 1 Arquitecto	\$ 1,500.0	18,000.0	18,000.0	36,000.0
6 Dibujantes Técnicos y de Servicio	\$ 350.0	12,600.0	12,600.0	25,200.0
26 Peones, Ayudantes y Veladores	\$ 300.0	46,800.0	46,800.0	93,600.0
		<b>\$ 561,012.0</b>	<b>\$ 561,012.0</b>	<b>\$ 1,122,024.0</b>
Más Prestaciones,,, Seguro y Comedor	25%	140,253.0	140,253.0	280,506.0
		<b>\$ 701,265.0</b>	<b>\$ 701,265.0</b>	<b>\$ 1,402,530.0</b>
	2 años =	<b>\$ 1,402,530.0</b>	<b>\$ 1,402,530.0</b>	<b>\$ 2,805,060.0</b>
<b>SUMA DE LOS PUNTOS I, II Y III.(2 años)</b>		<b>\$ 10,896,218.1</b>	<b>LAMINA</b>	<b>10</b>

**PRESUPUESTO GLOBAL DEL PROYECTO DE INDUSTRIA MINERA  
INDIO, S.A. de C.V.**

<b>IV) MOBILIARIO DE OFICINA Y EQUIPO DE INGENIERÍA.</b>		<b>PRESUPUESTO EN DÓLARES</b>			
1 Mobiliario, escritorios y sillas	\$ 13,421.1	6,710.5	\$ 6,710.5	13,421.1	
1 Equipo de Ingeniería y Dibujo	\$ 16,973.7	8,486.8	\$ 8,486.8	16,973.7	
1 Equipo de Topografía y Cálculo	\$ 11,842.1	5,921.1	\$ 5,921.1	11,842.1	
1 Equipos de Herramientas Mineras	\$ 17,763.2	8,881.6	\$ 8,881.6	17,763.2	
2 Sistemas de Cómputo, Monitoreo y Copiado	\$ 27,631.6	27,631.6	\$ 27,631.6	55,263.2	
1 Material de Oficina y Papelería	\$ 31,578.9	15,789.5	\$ 15,789.5	31,578.9	
10 Restradores de Ingenieros	\$ 684.2	3,421.1	\$ 3,421.1	6,842.1	
1 Juego de Planos y Fotografías Aéreas INEGI	\$ 7,894.7	3,947.4	\$ 3,947.4	7,894.7	
1 Acervo Bibliográfico y Documentales	\$ 7,894.7	3,947.4	\$ 3,947.4	7,894.7	
1 Equipo y Material de Laboratorio	\$ 19,736.8	9,868.4	\$ 9,868.4	19,736.8	
		\$ 94,606.3	\$ 94,606.3	\$ 189,210.5	
<b>V) INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, EVALUACIÓN, DISEÑO DE LOS PROYECTOS (PARA 2 AÑOS)</b>					
Estudios Especiales por Investigar	136,193.9	68097.0	68097.0	272,387.9	
Contratación de Asesores y Expertos	102,145.5	51072.7	51072.7	204,290.9	
Acervos DOCUMENTALES y Experimentales	27,238.8	13619.4	13619.4	54,477.6	
Estudios Metalúrgicos de KHD Humboldt W.A.G.O	136,193.9	68097.0	68097.0	272,387.9	
Estudios Metalúrgicos de Kilborn, Inc.	136,193.9	68097.0	68097.0	272,387.9	
Estudios Metalúrgicos de Sumitomo, Co	136,193.9	68097.0	68097.0	272,387.9	
Estudios Metalúrgicos de C.F.M Oaxaca y México.	177,631.6	88815.8	88815.8	355,263.2	
Pasajes y Viáticos al Extranjero de Experto	119,169.7	59584.8	59584.8	238,339.4	
Instrumentos y Material de Laboratorio	136,193.9	68097.0	68097.0	272,387.9	
		\$ 553,577.6	\$ 553,577.6	\$ 1,107,155.2	
<b>VI TERRENOS, CONCESIONES, CAMINOS Y OBRAS CIVILES</b>					
Compra de los Terrenos de las Concesiones		197,368.4	197,368.4	394,736.8	
Campamentos, Oficinas y Talleres		225,000.0	225,000.0	450,000.0	
Indemnización de derechos		39,473.7	39,473.7	78,947.4	
Caminos de Acceso y Urbanización		52,631.6	52,631.6	105,263.2	
		\$ 614,473.7	\$ 614,473.7	\$ 1,028,947.4	
<b>VII INSTALACIONES DE PLANTAS INDUSTRIALES Y LABORATORIOS</b>					
2 Plantas de Flotación para Grafito	15,122,833.5	15,122,833.5	15,122,833.5	30,245,667.0	
2 Plantas Gravimétrico-Magnéticas para T102	1,344,251.8	1,344,251.8	1,344,251.8	2,688,503.6	
2 Laboratorios de Control de Calidad	680,969.7	680,969.7	680,969.7	1,361,939.4	
2 Sistemas de llenado y embalaje	1,361,939.4	1,361,939.4	1,361,939.4	2,723,878.8	
2 Almacén de Depósito y Embarque	1,021,454.5	1,021,454.5	1,021,454.5	2,042,909.1	
1 Planta de Purificación Químico	10,214,545.5	5,107,272.7	5,107,272.7	10,214,545.5	
1 Laboratorio de Investigación Industrial	2,042,909.1	1,021,454.5	1,021,454.5	2,042,909.1	
		\$ 25,660,178.2	\$ 25,660,178.2	\$ 51,320,352.5	
<b>VIII)-ESCALACION E IMPREVISTOS(PARA 2 años)</b>					
Renta de Casas para Oficinas en Oaxaca		11,842.1	11,842.1	23,684.2	
Teléfonos, FAX, Luz, Correspondencia		37,875.0	37,875.0	75,750.0	
Pasajes y Viáticos		30,303.0	30,303.0	60,606.0	
Promoción Comercial y Mercadotecnia		15,150.0	15,150.0	30,300.0	
Mantenimiento de Equipo, Lub. y Combust.		681,817.5	681,817.5	1,363,635.0	
Seguros		594,115.1	594,115.1	1,188,230.2	
Gastos Financieros		24,000.0	24,000.0	48,000.0	
Gastos derechos de Concesiones		19,736.8	19,736.8	39,473.7	
		\$ 1,414,840	\$ 1,414,839.6	\$ 2,829,679.1	
	2 AÑOS =	2,829,679.1	2,829,679.1	5,659,358	
<b>IX) ESTUDIOS DE VIABILIDAD</b>		\$ 1,519,736.8	\$ 1,519,736.8	\$ 3,039,473.7	
<b>X) IMPREVISTOS</b>		\$ 849,078.9	\$ 849,078.9	\$ 1,698,157.9	
<b>PRESUPUESTO EN DÓLARES:</b>		\$ 37,469,437	\$ 37,469,437	\$ 74,938,873	

Bajo estas condiciones, se considera que el precio de la planta no varíe ente 8,500 y 9,500 Dls./T, incluyendo el equipo del sistema de quebrado y la sección de la recuperación del rutilo que por gravimetría se adiciona a la planta. Por tanto, se estima en 9,000 Dls./T, el precio de la planta para surtir un precio base de...13,500,000 M/Dlls., cada una.

### **COSTO DE INSTALACIÓN**

Sin duda alguna, el principal problema de las zonas donde se desarrollarán estos Proyectos radica en lo accidentado del relieve topográfico. Si bien, en parte, facilita en condiciones óptimas el arrastre del mineral a costos muy bajos en provecho de la gravedad; por otra parte, el acondicionamiento del terreno para obras civiles resulta costoso y limitado a la parte baja de los arroyos y en las cimas de los lomeríos. Es por ello que en el curso de las exploraciones y la investigación de estos yacimientos, se han seleccionado las zonas de mayor enriquecimiento para la instalación estratégica de las plantas de beneficio y la construcción de las apropiadas obras civiles.

Por consecuencia, el corte y acondicionamiento de una zona estratégica para la instalación de las respectivas plantas, arrancará en paralelo y simultáneamente, con la preparación de los bancos de mineral. Se estima que en ambas operaciones se llevará un período de 4 a 6 meses, incluyendo el acondicionamiento para la construcción del patio de mina, donde se depositará el mineral que abastecerá la planta.

El costo de instalación de la planta incluye además, los siguientes conceptos inherentes a su función integral, como son: la construcción del patio de mina; el laboratorio de análisis químico y muestreo; el acondicionamiento de la presa de jales y represas de agua de lluvia; el almacenamiento y conducción de agua filtrada y el tratamiento y depósito preventivo con fines ecológicos, no contaminables del medio ambiente por efecto de los jales.

Entre estos conceptos, se añade lo relacionado con el tendido y conexión de la línea eléctrica trifásica, hasta las instalaciones civiles e industriales. También, la sección de empaquetado en bolsas de 25 y 50 Kg. para su transporte en contenedores de 20 T, incluyendo dos trailers para su transporte a los puertos costeros del Pacífico y el Golfo de México.

El presupuesto global para estos conceptos será erogado en la medida de las necesidades, en orden de: \$ 4,500,000 Dlls.

## AREAS COPARTÍCIPES PARA EL ARRANQUE DEL PROYECTO Y PORCENTAJES

	INVERSIÓN	PORCENTAJE
I).- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	\$ 7.687	10.26%
II).- EQUIPO DE TRANSPORTE	\$ 0.404	0.54%
III).- PERSONAL TÉCNICO ADMINISTRATIVO(2 años)	\$ 2.805	3.74%
IV).- MOBILIARIO DE OFICINA Y EQUIPO DE INGENIERÍA	\$ 0.189	0.25%
V).- INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, EVALUACIÓN( 2 AÑOS)	\$ 1.107	1.48%
VI.- TERRENOS, CONCESIONES, CAMINOS Y OBRAS CIVILES	\$ 1.029	1.37%
VII.- INSTALACIONES DE PLANTAS Y LABORATORIOS	\$ 51.320	68.48%
VIII).- ESCALACION E IMPREVISTOS( para 2 años)	\$ 5.659	7.55%
IX).- ESTUDIOS DE VIABILIDAD	\$ 3.039	4.06%
X).- IMPREVISTOS	\$ 1.698	2.27%

**PRESUPUESTO EN DÓLARES:**

**\$ 74.939 100.00%**

LAMINA 12

## INGRESOS ANUALES ESPERADOS:

	PRODUCCION ANUAL		INGRESOS ANUALES ESPERADOS		
	Tonelaje de Concentrados				
	Grafito	Titanio			
<b>PLANTA DE 1500 T/D</b>					
YACIMIENTO EL HIELO	13,754.7	3,549.6	\$ 24,758,460.0	\$ 4,259,520.0	\$ 29,017,980.0
YACIMIENTO LA ESCONDIDA	17,748.0	3,993.3	\$ 31,946,400.0	\$ 4,791,960.0	\$ 36,738,360.0
<b>TOTAL DE Ton. Anuales:</b>	<b>31,502.7</b>	<b>7,542.9</b>			
	<b>TOTAL EN DÓLARES</b>		<b>\$ 56,704,860.0</b>	<b>\$ 9,051,480.0</b>	<b>\$ 65,756,340.0</b>

	PRODUCCION ANUAL		INGRESOS ANUALES ESPERADOS		
	Tonelaje de Concentrados				
	Grafito	Titanio			
<b>PLANTA DE 3000 T/d</b>					
YACIMIENTO EL HIELO	27,509.4	7,099.2	\$ 49,518,920.0	\$ 8,519,040.0	\$ 58,038,960.0
YACIMIENTO LA ESCONDIDA	35,496.0	7,988.8	\$ 63,892,800.0	\$ 9,583,920.0	\$ 73,476,720.0

LAMINA 13

### RELACIÓN DE VARIABLES CONSTANTES EN EL PROCESO DE EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO YACIMIENTO EL HIELO

a) Capacidad:	1,500	t/d, durante	340	días del año, igual a	510,000.0	toneladas
b) Eficiencia de recuperación metalúrgica:			87%	, del mineral contenido en roca.		
c) Leyes de mineral:	3.10%	de Carbono y	0.80%	de óxido de titanio		
d) Tonelaje de concentrados producidos por año:			13,754.7	T de grafito, y	3,549.60	de óxido de titanio
e) Dilución del grafito:	37:1			y del óxido de titanio:	144:1	

### RELACIÓN DE VARIABLES CONSTANTES EN EL PROCESO DE EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO YACIMIENTO DE LA ESCONDIDA

a) Capacidad:	1,500	t/d, durante	340	días del año, igual a	510,000.0	toneladas
b) Eficiencia de recuperación metalúrgica:			87%	, del mineral contenido en roca.		
c) Leyes de mineral:	4.00%	de Carbono y	0.90%	de óxido de titanio		
d) Tonelaje de concentrados producidos por año:			17,748.0	T de grafito y	3,993.3	de óxido de titanio
e) Dilución del grafito:	29:1			y del óxido de titanio:	126:1	

LAMINA 14

Con respecto al porcentaje de inversión y personal de trabajo que se integran al Proyecto, en sus diversas etapas de desarrollo y durante su fase ejecutiva, aún es un tanto estimativa; debido a que gran parte del mismo será bajo contrato, incluyendo la tecnología de punta que podrá ser asimilada e innovada por *IMI* y adaptada a sus propios yacimientos. Dentro del programa general del Proyecto por etapas, hasta alcanzar la refinación e industrialización del producto, enseguida se reasumen cada partida, con la cantidad de trabajadores dedicados al mismo, como sigue:

### **ETAPAS DEL PROYECTO GENERAL MINERO-METALÚRGICO DE IMI Y LA INVERSIÓN CONCEPTUAL**

#### **I) ESTUDIOS DE VIABILIDAD Y FINANCIERA**

Costo de la inversión: 3 M/Dlls; 1.5 M/D para cada yacimiento  
Realizado con 10 profesionistas y 12 trabajadores, durante  
10 años. Financiada con recursos técnicos y propios de *IMI*.

#### **II) DESARROLLO Y PREPARACIÓN DE LOS YACIMIENTOS**

Investigación para optimizar la explotación y el proceso:  
2 M/Dlls.

Personal técnico: 10 profesionistas por turno, y 20 trabajadores por 2 turnos.

Será financiado con recursos de la empresa.

Costo e inversión para el desarrollo de los yacimientos:  
13 M/Dlls.

#### **III) INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BENEFICIO DEL MINERAL**

Costo de la inversión de dos plantas: 42 M/Dlls; 21 para c/u  
Personal técnico: 10 profesionistas por turno y 36 trabajadores en 3 turnos.

Se podrá financiar con ventas anticipadas, y capital social.

#### **IV) REFINACIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN DEL PRODUCTO**

Costo de la inversión: 17 M/Dlls. financiada por *NAFIN*-

*CONACYT-IMI*. Podría ser autofinanciadas con ventas anticipadas por *BANCOMEXT*. Personal técnico 20 profesionistas por turno y 80 trabajadores por turno.

Así podemos señalar, que más del 60% de la inversión total será gastada en México, directamente en obras de infraestructura, desarrollo e investigación, así como mano de obra. El 40% restante, sería para obtener la tecnología de punta, basada en el diseño experimental del proceso, incluyendo la asesoría de expertos del extranjero. Por tanto, es necesario enfatizar que la parte experimental del proceso, así como la asesoría para la capacitación de los recursos humanos de *IMI*, se llevará a cabo en el *Centro Experimental del Sureste*, de la *Comisión de*

*Fomento Minero*, que con una infraestructura de más de 10 M/Dlls., están montados sobre la carretera federal Tehuacán-Oaxaca, a unos 10 minutos de la CD. de Oaxaca, en el Km. 0.5 de la desviación a San Lorenzo Cacaotepec. Con respecto a la optimización del sistema de explotación de los yacimientos, será realizada por la empresa interesada en este Proyecto: *Industria Minera Indio, S.A. de C.V.*

Dentro de este contexto, se programa que todos los estudios y análisis químicos y rutinarios, serán investigados en los referidos laboratorios de la *CFM*; en cambio, todos los problemas inherentes a la innovación, asimilación y diseño requeridos para la optimización del proceso metalúrgico e instalación de las plantas, serán tratados en los laboratorios de las firmas *KHD Humboldt Wedag AG*, de Alemania, *Kilborn, Inc.*, de Canadá y de *Sumitomo, Corp.* de Japón, con la participación de otras empresas internacionales como *Outokumpu, Oy*, de Finlandia y de *Cominco*, de Canadá, como asesores del Proyecto.

#### **PRESUPUESTOS DE INGRESOS Y EGRESOS OPERACIONALES**

La valoración de los ingresos y egresos, generados durante el horizonte de planeación del Proyecto, implica la aceptación operativa o arranque del mismo, basado en la investigación de los estudios de mercado y técnicos. Otro aspecto, de su determinación, implica el cálculo del *Punto de Equilibrio* de cada Proyecto. (Lámina 49 y 50 )

Ante excelentes perspectivas, como la de contar con un mercado de exportación abierto, grandes yacimientos, mineralización de grafito cristalino de la mejor calidad y bajos costos de explotación, el volumen de producción real que se obtenga estará determinado por la eficiencia operativa de las plantas y la tecnología empleada.

Los precios de venta de los concentrados de grafito cristalino y rutilo en el mercado están determinados por los estándares descritos en capítulos y apartados anteriores. En el grafito, el tamaño de la hojuela y el % de C, son las características determinantes en su precio y demanda mundial. EL rutilo, es un subproducto de la explotación que otorga a los yacimientos un adicional valor agregado y comercial.

El número de productos de concentrados de grafito cristalino que se espera producir es del orden de **80**. Los de hojuela grande, con más de **97%** de carbón fijo, que cotiza entre \$ 2000 a \$ 3500 dólares la tonelada. Los estudios metalúrgicos preliminares determinan que la hojuela de grafito "tipo A" se encuentran hasta un **25%** del total del concentrado. El precio promedio de los concentrados de grafito cristalino que se espera obtener es de **\$ 1800 dólares/T.** y del titanio de **\$ 1200 dólares/T.**



### **CALCULO DE LOS INGRESOS POR VENTAS ANUALES**

El tonelaje de concentrados producidos anualmente (TCPA), se obtiene al multiplicar la capacidad de beneficio de la planta (CBP) por el número de días de operación (DO); por la eficiencia de recuperación metalúrgica (EM) y por la Ley minera de la roca (LEY):

$$TCPA = CBP \times DO \times EM \times LEY$$

Los ingresos por ventas anuales (U), se obtienen de multiplicar el tonelaje de concentrados producidos anualmente, por el precio de venta de la tonelada del concentrado, en el mercado (PVC):

$$U = TCPA \times PVC$$

La **Lámina 13**, describe los ingresos por ventas anuales de concentrados minerales que se espera obtener, de acuerdo a las diferentes posibilidades de producción, contando con la alternativa de instalar dos plantas de beneficio de 1500 T/d, por cada yacimiento o una sola planta de 3000 T/d, en alguno de los dos yacimientos, de preferencia en el yacimiento de la Escondida y en forma prioritaria.

### **PRESUPUESTO DE EGRESOS OPERACIONALES**

Con el propósito de desarrollar el comportamiento de las principales variables que intervienen en las actividades operativas, financieras y administrativas de las empresas, los presupuestos de egresos se clasifican en dos formas: A). Costos y Gastos, por otra parte, B). Costos Fijos y Variables. (Láminas 15, 17 y 19)

#### **A). Gastos y Costas (CT)**

Se entiende como costos a la suma de las erogaciones que son únicamente inherentes a la producción. En cambio, los gastos son aquellas erogaciones que detallan una actividad operativa específica. La forma más tradicional consiste en clasificar los egresos de una empresa en términos de Gastos y Costas, las que se dividen en Costos de Producción (CP), Gastos Administrativos (GA), Gastos de Ventas (GV) y Gastos Financieros (GF), los cuales deben de cumplir la siguiente relación matemática.

$$CT = CP + GA + GV + GF$$

CONCEPTOS	COTIZACIÓN PARA 1 PLANTA DE 1600T/d		COTIZACIÓN PARA 2 PLANTAS DE 1600 T/d	
	PESOS	DÓLARES	PESOS	DÓLARES
<b>INVERSIÓN: ANOS 0-1</b>				
I. Maquinaria y Herramienta:	\$ 29,211,300	\$ 3,843,592	\$ 58,422,600	\$ 7,687,184
II. Equipo de Transporte:	\$ 1,535,101	\$ 201,987	\$ 3,070,201	\$ 403,974
IV. Mobiliario de Oficina y Equipo de Ingeniería	\$ 719,000	\$ 94,605	\$ 1,438,000	\$ 189,211
V. Investigación, Desarrollo y Diseño.	\$ 4,207,190	\$ 553,578	\$ 8,414,380	\$ 1,107,155
VI. Terrenos Concesiones Obras Civiles	\$ 3,910,000	\$ 514,474	\$ 7,820,000	\$ 1,028,947
VII. Instalación de plantas y Laboratorios:	\$ 195,017,339	\$ 25,660,176	\$ 390,034,879	\$ 51,320,352
IX Estudios de Viabilidad:	\$ 11,550,000	\$ 1,519,737	\$ 23,100,000	\$ 3,039,474
X Imprevistos:	\$ 6,453,000	\$ 849,079	\$ 12,906,000	\$ 1,688,158
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>\$ 252,802,930</b>	<b>\$ 33,237,228</b>	<b>\$ 505,205,860</b>	<b>\$ 66,474,455</b>

<b>COSTOS FIJOS (promedio anual)</b>	<b>PESOS</b>	<b>DÓLARES</b>	<b>PESOS</b>	<b>DÓLARES</b>
III. Sueldo Personal Técnico-Administrativo	\$ 5,329,814	\$ 701,265	\$ 10,659,228	\$ 1,402,530
Amortización y Depreciación	\$ 24,886,293	\$ 3,274,512	\$ 49,772,586	\$ 6,549,024
Renta de Casas para Oficinas en Oaxaca	\$ 90,000	\$ 11,842	\$ 180,000	\$ 23,684
Pago de concesiones	\$ 150,000	\$ 19,737	\$ 300,000	\$ 39,474
I, II y V11. Seguros(2%)	\$ 4,515,275	\$ 594,115	\$ 9,030,550	\$ 1,188,230
Mantenimiento de Equipo, Lub. y Combust.	\$ 5,181,813	\$ 681,818	\$ 10,363,626	\$ 1,363,635
Mantenimiento Operación Metalúrgica(20%)	\$ 3,900,347	\$ 513,204	\$ 7,800,694	\$ 1,028,407
Gastos Financieros	\$ 182,400	\$ 24,000	\$ 364,800	\$ 48,000
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>\$ 44,235,742</b>	<b>\$ 5,820,492</b>	<b>\$ 88,471,483</b>	<b>\$ 11,640,985</b>

<b>COSTOS VARIABLES (promedio anual)</b>	<b>PESOS</b>	<b>DÓLARES</b>	<b>PESOS</b>	<b>DÓLARES</b>
Costo Directo de Tumbes	\$ 2,115,840	\$ 278,400.00	\$ 4,231,680	\$ 556,800
Costo de Cargado y Arrastre	\$ 10,535,083	\$ 1,388,195	\$ 21,070,167	\$ 2,772,390
Costo del Proceso Metalúrgico	\$ 28,480,081	\$ 3,484,221	\$ 52,960,161	\$ 6,968,442
Promoción Comercial y Mercadotecnia	\$ 115,140	\$ 15,150	\$ 230,280	\$ 30,300
Teléfonos, FAX, Luz, Correspondencia	\$ 287,850	\$ 37,875	\$ 575,700	\$ 75,750
Pasajes y Viáticos	\$ 230,303	\$ 30,303	\$ 460,606	\$ 60,606
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>\$ 39,764,297</b>	<b>\$ 5,232,144</b>	<b>\$ 79,628,594</b>	<b>\$ 10,464,289</b>

LAMINA 15

## PRINCIPALES VARIABLES DE LOS PROYECTOS

PARAMETROS-TASAS	
COSTO DEL CAPITAL DE INVERSIÓN	20.0%
IMPUESTOS	52.0%
INTERÉS NOMINAL	27.2%
CETES, a 28 días, abril de 1996	38.9%
INFLACIÓN ANUAL ESPERADA, EN USA.	6.0%
DÓLAR/PESO, abril 1996	\$ 7.6
Valor Promedio del Grafito Cristalino( dólares)	\$ 1,800.0
Valor Promedio del titanio(dólares)	\$ 1,200.0
Impuesto al valor agregado:	15%
*Tasa arancelaria de importación	8%

\* Son bienes de importación que no entran TLC. y listadas en el anexo 301.3. Sección B, Medidas de México

\* Sus variaciones se determina en la Ley de Impuesto General de Importación.

LAMINA 16

PRESUPUESTOS DE COSTOS Y GASTOS PARA UNA PLANTA DE 1500 T/d											
Millones de Dólares											
CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>COSTOS VARIABLES</b>											
Directo de Tumba (CP)			0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Cargado y Arrastre (CP)			1.386	1.386	1.386	1.386	1.386	1.386	1.386	1.386	1.386
Proceso Metalúrgico (CP)			3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48
Telé., FAX, Luz, Corres. (GA)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Pasajes y Viáticos (GA)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 0.07</b>	<b>\$ 0.07</b>	<b>\$ 5.2</b>	<b>\$ 5.2</b>	<b>\$ 5.2</b>	<b>\$ 5.2</b>	<b>\$ 5.2</b>	<b>\$ 5.2</b>	<b>\$ 5.2</b>	<b>\$ 5.2</b>	<b>\$ 5.2</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>											
<b>Inversión</b>	<b>7.04</b>	<b>28.19</b>									
Sueldo Personal (CP) y (GA)	0.70	0.70	\$ 0.70	\$ 0.70	\$ 0.70	\$ 0.70	\$ 0.70	\$ 0.70	\$ 0.70	\$ 0.70	\$ 0.70
Amortización-Depreciación (GA)	-	-	\$ 5.48	\$ 5.48	\$ 5.48	\$ 5.48	\$ 5.48	\$ 5.48	\$ -	\$ -	\$ -
Rentas (GA)	0.01	0.01	\$ 0.01	\$ 0.01	\$ 0.01	\$ 0.01	\$ 0.01	\$ 0.01	\$ 0.01	\$ 0.01	\$ 0.01
Pago de concesiones (GA)	0.02	0.02	\$ 0.02	\$ 0.02	\$ 0.02	\$ 0.02	\$ 0.02	\$ 0.02	\$ 0.02	\$ 0.02	\$ 0.02
Seguros (CP)	0.30	0.59	\$ 0.59	\$ 0.59	\$ 0.59	\$ 0.59	\$ 0.59	\$ 0.59	\$ 0.59		
Mante, Lub. y Combust. (CP)	0.68	0.68	\$ 0.68	\$ 0.68	\$ 0.68	\$ 0.68	\$ 0.68	\$ 0.68	\$ 0.68	\$ 0.68	\$ 0.68
Mantenimiento y Operación (CP)			\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51
<b>SUBTOTAL</b>	<b>8.75</b>	<b>28.20</b>	<b>\$ 7.98</b>	<b>\$ 7.98</b>	<b>\$ 7.98</b>	<b>\$ 7.98</b>	<b>\$ 7.98</b>	<b>\$ 7.98</b>	<b>\$ 2.52</b>	<b>\$ 1.93</b>	<b>\$ 1.93</b>
<b>GASTOS</b>											
Ventas y Promoción (GV)	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Financieros (GF)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>	<b>\$ 0.04</b>
<b>TOTALES EN DÓLARES</b>											
	<b>\$ 8.9</b>	<b>\$ 28.3</b>	<b>\$ 26.5</b>	<b>\$ 13.2</b>	<b>\$ 13.2</b>	<b>\$ 13.2</b>	<b>\$ 13.2</b>	<b>\$ 13.2</b>	<b>\$ 7.8</b>	<b>\$ 7.2</b>	<b>\$ 7.2</b>
La actividad V, VIII y IX, se desarrolla en los 2 primeros años del proyecto											
CP: Costos de Producción						GV: Gastos de Ventas.					
GA: Gastos de Administración						GF: Gastos Financieros					
<b>LAMINA 17</b>											
<b>TABLA DE DEPRECIACIÓN LINEAL DE ACTIVOS DEL PROYECTO DE 1 PLANTA DE 1500T/d</b>											
Millones de Dólares											
ACTIVO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. Maquinaria y Herramienta			\$ 0.6	\$ 0.6	\$ 0.6	\$ 0.6	\$ 0.6	\$ 0.6			
II. Equipo de Transporte			\$ 0.0	\$ 0.0	\$ 0.0	\$ 0.0	\$ 0.0	\$ 0.0			
IV. Mobiliario y Equipo			\$ 0.0	\$ 0.0	\$ 0.0	\$ 0.0	\$ 0.0	\$ 0.0			
V. Investigación y Diseño.			\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1			
VI. Terrenos, Concesiones Obras Civ.			\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1			
VII. Instalación de plantas y Labo.			\$ 4.3	\$ 4.3	\$ 4.3	\$ 4.3	\$ 4.3	\$ 4.3			
VIII Estudios de Viabilidad			\$ 0.3	\$ 0.3	\$ 0.3	\$ 0.3	\$ 0.3	\$ 0.3			
X Imprevistos			\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1	\$ 0.1			
<b>TOTAL DE DEPRECIACIÓN ANUAL</b>		<b>\$ -</b>	<b>\$ 5.5</b>	<b>\$ 5.5</b>	<b>\$ 5.5</b>	<b>\$ 5.5</b>	<b>\$ 5.5</b>	<b>\$ 5.5</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>TOTAL DEPRECIACIÓN ANUAL PROMEDIO:</b>									<b>\$ 3.2745</b>		
Nota: Toda la Inversión se deprecia y amortiza dentro del horizonte de planeación de 10 años											
El costo de cargado y arrastre incluye la depreciación de 4 cargadores y 4 camiones											
<b>LAMINA 18</b>											

**PRESUPUESTOS DE COSTOS Y GASTOS PARA UNA PLANTA DE 3000T/d**

Millones de Dólares

CONCEPTO												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>COSTOS VARIABLES</b>												
Directo de Tumba (CP)			0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Cargado y Arrastre (CP)			2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
Proceso Metalúrgico (CP)			6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97
Telé., FAX, Luz, Corres. (GA)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Pasajes y Viáticos (GA)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 0.14</b>	<b>\$ 0.14</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>	<b>\$ 10.4</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>												
<b>Inversión</b>	<b>14.1</b>	<b>82.4</b>										
Sueldo Personal (CP y GA)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Amortización-Depreciación (GA)	-	-	10.92	10.92	10.92	10.92	10.92	10.92	10.92	-	-	-
Rentas (GA)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Pago de concesiones (GA)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Seguros (CP)	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Mante, Lub. y Combust. (CP)	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Mantenimiento y Operación (CP)			1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 18</b>	<b>\$ 68</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 8</b>	<b>\$ 5.0</b>	<b>\$ 5.0</b>
<b>GASTOS</b>												
Ventas y Promoción (GV)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
Financieros (GF)	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 0.08</b>
<b>TOTALES EN DOLARES</b>	<b>\$ 18</b>	<b>\$ 57</b>	<b>\$ 26</b>	<b>\$ 26</b>	<b>\$ 26</b>	<b>\$ 26</b>	<b>\$ 26</b>	<b>\$ 26</b>	<b>\$ 26</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 16</b>	<b>\$ 16</b>

La actividad V, VIII y IX, se desarrolla en los 2 primeros años del proyecto

C.P. : Costos de Producción

G.V.: Gastos Ventas

G.A.: Gastos de Administración

G.F. : Gastos Financieros

LAMINA 19

**TABLA DE DEPRECIACIÓN LINEAL DE ACTIVOS DEL PROYECTO DE 1 PLANTA DE 3000T/d**

ACTIVO												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I. Maquinaria y Herramienta			\$ 1.12	\$ 1.12	\$ 1.12	\$ 1.12	\$ 1.12	\$ 1.12				
II. Equipo de Transporte			\$ 0.07	\$ 0.07	\$ 0.07	\$ 0.07	\$ 0.07	\$ 0.07				
IV. Mobiliario y Equipo			\$ 0.03	\$ 0.03	\$ 0.03	\$ 0.03	\$ 0.03	\$ 0.03				
V. Investigación y Diseño.			\$ 0.18	\$ 0.18	\$ 0.18	\$ 0.18	\$ 0.18	\$ 0.18				
VI. Terrenos, Concesiones Obras Civ.			\$ 0.17	\$ 0.17	\$ 0.17	\$ 0.17	\$ 0.17	\$ 0.17				
VII. Instalación de plantas y Labo.			\$ 8.6	\$ 8.6	\$ 8.6	\$ 8.6	\$ 8.6	\$ 8.6				
VIII Estudios de Viabilidad			\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51	\$ 0.51				
X. Imprevistos			\$ 0.28	\$ 0.28	\$ 0.28	\$ 0.28	\$ 0.28	\$ 0.28				
<b>TOTAL DE DEPRECIACIÓN ANUAL</b>		<b>\$ -</b>	<b>\$ 10.9</b>	<b>\$ 10.9</b>	<b>\$ 10.9</b>	<b>\$ 10.9</b>	<b>\$ 10.9</b>	<b>\$ 10.9</b>	<b>\$ 10.9</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>TOTAL DEPRECIACIÓN ANUAL PROMEDIO:</b>										<b>\$ 6.54902</b>		

Nota: La inversión se deprecia y amortiza dentro del horizonte de planeación de 10 años

El costo de cargado y arrastre incluye la depreciación de 4 cargadores y 4 camiones

**Costos de Producción.** Constituyen todas las erogaciones, desde la adquisición de la materia prima hasta su transformación en bienes de consumo. Para el efecto se dividen en gastos directos(GD) y gastos indirectos(GI), que cumplen la siguiente relación matemática:

$$PC = GD + GI$$

**Gastos Directos:** Son los costos que se aplica directamente a la producción, desde la obtención de las materias primas incluyendo, mano de obra directa utilizada para transformar la materia prima

**Gastos Indirectos:** Estos se suelen agrupar en cinco grandes rubros: (1) mano de obra indirecta, (2) materiales indirectos, (3) combustibles y lubricantes, (4) equipos de seguridad y de servicios de intendencia y (5) depreciación y amortización de los activos.

**Gastos Administrativos:** Son los egresos derivados de la dirección, planeación, operación, investigación, desarrollo y control de la empresa, que incluye los sueldos y prestaciones de los directivos y jefes de departamento, ingenieros, contadores y administradores, con sus equipos de trabajo, rentas de inmobiliario y seguros.

**Gastos de Ventas:** Este rubro contempla las erogaciones por concepto de sueldos y prestaciones del personal dedicado a las venta de los bienes y servicios producido; su almacenamiento y transporte, así como las promociones y publicidad.

**Gastos Financieros:** Son los flujos de capital, por concepto de créditos y por apertura de contratos financieros.

### **B). Costos Fijos y Variables(CT)**

Una segunda forma de clasificar los egresos de las empresas para su análisis, consiste en dividir estos en Costos Fijos(CF) y Costos Variables(CV), conservando la siguiente relación matemática:

$$CT = CV + CF$$

En estos, los **costos variables(CV)** son aquellos que modifican su cuantía total, conforme a los cambios en la capacidad de producción de las plantas minero-metalúrgicas; respecto al cambio en el volumen real de producción. Los rubros que la integran son: Costo Directo de Tumba, Costo Directo de Cargado y Arrastre, Costo Directo del Proceso Metalúrgico, Promoción Comercial y Mercadotecnia, Teléfono, Fax, Luz, Correspondencia, Pasajes y Viáticos.

Los *costos fijos (CF)* se determinan como aquellos que tienden a permanecer constantes en el tiempo ante cambios en los volúmenes de producción ya comercializados, donde a una cierta capacidad productiva instalada. *costos fijos* se desglosan en Sueldos del Personal Técnico y Administrativo, Amortización y Depreciación de los Activos; las rentas, Pago de Concesiones, Impuestos y Seguros, Mantenimiento del Equipo, Lubrificantes y Combustibles, Gastos Financieros y el Costo de Capital de inversión (**Láminas 17 y 19**)

Así pues, el costo de mantenimiento de la planta minero-metalúrgica y equipo es una consecuencia ineludible de los costos fijos, a fin de contar con las condiciones de operación técnica y económicas para su uso del equipo, sin sufrir paros o descomposturas; con tendencia a obtener los niveles de calidad y de producción planeados según los estándares fijados. Para fines de eficiencia operativa los costos de mantenimiento se clasifican en preventivos, correctivos y de reacondicionamiento.

**Mantenimiento preventivo.** Su función es evitar los desperfectos del equipo e involucra la suspensión breve donde se cambian piezas de lubricación, limpieza y de ajustes. **Mantenimiento correctivo.** Se presenta cuando el desperfecto en el equipo ya se ha producido y se procede a su reparación. **Mantenimiento de reacondicionamiento.** Es un proceso mayor que se realiza sistemáticamente en los equipos, los cambios, reparación de revestimientos, la revisión, desarme y reacondicionamiento general.

### **CAPITAL DE TRABAJO**

En los Proyectos nuevos, el capital de trabajo comprende el monto de dinero utilizado para arrancar las labores de producción hasta la etapa en que se inicia la venta de los bienes producidos; es decir, son todos los egresos necesarios hasta que el Proyecto es capaz de generar los flujos de efectivo que cubran sus costos y gastos. Para el presente proyecto se valora en 75.0 Millones Dlls.

La clara definición del momento en que se realiza la puesta en marcha de la planta de 3000 T/d ó las dos plantas de 1500 T/d, marcaría la finalización del periodo de inversión, cuyas amortizaciones serán trasladadas a los costos y gastos de operación productiva a lo largo del horizonte de planeación de 10 años.

### **PLANTILLA OPERATIVA**

El programa de operación productiva involucra cuatro secciones principales, relacionadas con las actividades minero-metalúrgicas en cada yacimiento. De una manera enunciativa, cada unidad minera dispondrá de unos 10 técnicos en las ramas de ingeniería, como son: topógrafos, geólogos, mineros, metalúrgicos, químicos, civiles, mecánicos, contadores, administradores y sociólogos; a razón de \$1000

Dlls/mensuales en promedio, para impactar en \$ 120,000 Dlls./anuales para todo el personal técnico-administrativo; más otros \$20,000 Dlls., para un Superintendente de Unidad.

**La Sección de Explotación**, estará compuesta por los departamentos de topografía, geología y minería; comprenderá las actividades de prospección, desarrollo, tumba, extracción y arrastre. Se estima que por el sistema de operatividad altamente mecanizado para la explotación, se podrá abastecer la planta con un mínimo de personal. Por ejemplo, se considera que con un turno de extracción y arrastre por medio de dos camiones de 40 T cada uno, se podrán abastecer las 1,500 T/diarias que requieren las plantas de beneficio. En cambio, en la operación de desarrollo subterráneo, se trabajarán dos turnos con avance promedio de 6 m diarios. En estos tres turnos, se espera operar con unas 20 personas. a razón de 600 Dlls/mensuales en promedio, para impactar en \$ 144,000 Dlls /anuales.

Al respecto, Luokkanen-Jorma(1993) de la firma *Tamrock* ha realizado para el proyecto un interesante estudio técnico de operación y avance minero, con las constantes de eficiencia más avanzadas al disponer del equipo adecuado y altamente mecanizado para el desarrollo y extracción por túneles y otras obras subterráneas, del cual se anexa al apéndice(Tamrock EJC, 1994).

**La Sección de Metalurgia**, operará tres turnos continuos en el curso del día laboral y será responsable de los sistemas de quebrado, proceso y producción de concentrados; incluyendo el control de las presas de jales. Como esta operación será altamente automatizada y bajo supervisión continua, se tendrá un control computacional y de monitoreo con personal mínimo estimado en 15 personas por turno. Esto equivale a considerar, que el personal de 45 trabajadores de esta sección tenga un salario básico de \$650 Dlls./mensuales en promedio para impactar en \$ 351,000 Dlls. anualmente.

**La Sección de Producción**, comprende las fases de control de calidad, envalado y almacenaje de los concentrados, en sus diversas categorías o especificaciones del mercado. Esta labor al igual que las anteriores, será independiente en su fase operativa, pero coordinada y continua en su desarrollo. Operará dos turnos que cubran el día, con un personal de 12 trabajadores cada uno, a razón de \$650 Dlls./ mensuales en promedio, que tendrán un impacto anual de: .....\$187,200 Dlls.

**La Sección de Administración y Mercadotecnia**, incluirá básicamente todo el control administrativo del sistema operativo de la unidad minera; además su transporte y supervisión del destino de la producción hasta su entrega de conformidad, en los diversos puertos de entrada de los consumidores. Esta actividad laborará un turno y determinará la eficiencia de las anteriores. Se estima en 25 el personal que dará

funcionalidad a esta sección, que incluye la contratación nominal y legal de todos los trabajadores, así como su control temporal y escalafonario dentro de los programas de capacitación que se impartan en cada unidad minera. Se estima en \$ 700 Dlls. /mensuales el salario promedio, que anualmente impactará en unos .....\$ 210,000 Dlls.

### **COSTO DE EXPLOTACIÓN POR TONELADA DE GRAFITO PRODUCIDA**

De acuerdo a los parámetros de producción para un módulo de planta de beneficio por el sistema de flotación de **1,500 T/d**, con cabezas de **3.1%** de carbón fijo y a una eficiencia de recuperación metalúrgica mínima del **87%**; o sea, de **37:1**, se pueden resumir los siguientes costos; obtenidos de la experiencia mundial y los *Estudios de Viabilidad de IMI*, en 5 años de operación productiva, como se especifica en las: **Láminas 14, 21, 22 y 23)**

Esta estimación parte de datos "standard", de un sistema de explotación altamente mecanizado y de un proceso metalúrgico automatizado con tecnología de punta. Igualmente, se considera el tumbé y arrastre bajo las condiciones geológicas prevalecientes y de la distribución del mineral que ha sido analizado en los pasados 10 años. Bajo esta premisa, se espera que los resultados finales que se obtengan de producción, oscilen entre  $\pm 3\%$  de lo que aquí se estima. Para esta evaluación, se parte de los siguientes referencias debidamente analizadas con datos técnicos confiables.

De esta información evaluativa, se desprende que el Costo directo de producción, no debe exceder de \$600.00 Dlls./T como valor integral durante los primeros 5 años de operación productiva; donde aún no se considera el valor agregado del proceso de refinación, ni el coproducto adicional del rutilo que representaría aproximadamente la 5° parte del valor bruto de la producción total, lo que implicará casi duplicar la utilidad.

### **PROYECTO DE INVERSIONES TOTALES**

Los diversos conceptos de inversión, están relacionados con cada una de las actividades expuestas en las secciones referidas en la Plantilla Operativa. Podrán consistir en obras mineras, civiles, caminos, equipo, maquinaria, capacitación, investigación, servicios generales y proyectos de ampliación. De una manera enunciativa y no limitativa, se podrán enumerar las siguientes clasificaciones de inversiones:



**COSTOS DIRECTOS DE EXPLOTACION Y BENEFICIO METALURGICO  
YACIMIENTO EL HIELO**

**Relación de Variables Constantes en el Proceso de Explotación y de Beneficio**

a) Capacidad:	1,500	t/d, durante	340	días del año, igual a	510,000.0	toneladas
b) Eficiencia de recuperación metalúrgica:			87%	, del mineral contenido en roca.		
c) Leyes de mineral:	3.10%	de Carbono y	0.80%	de óxido de titanio		
d) Tonelaje de concentrados producidos por año:			13,754.7	T. de grafito, y	3,549.6	de óxido de titanio
e) Dilución del grafito:	37:1	y del óxido de titanio:			144:1	

**I.-Costo Directo de Tumba:** que incluye rippeo, triturado y montoneo, más mantenimiento del tractor D-K8, refacciones, soldadura, ayudante, campamento e imprevistos: Tractor \$ 11,600.0 y otros: \$ 11,600.0 de los accesorios, igual a: \$ 23,200.0 dólares mensuales, que implican: \$ 278,400.0 dólares, anualmente. Costo Total por Tonelada Anual: \$ 0.54588 de dólar.

**II.- Costo de Cargado y Arrastre:** hasta el patio de la planta, incluye dos cargadores TORO 501- D(Cargador de 14 T de capacidad); además 2 Camiones de bajo perfil TORO 40 D(de 40 T de capacidad) marca del IVA, así como 40,000 pesos por transporte hasta el proyecto, según cotización anexa, para una vida media de 6 años

Costo del Cargador:		\$ 122,697.4			
Más Impuesto de Importación:	8%	\$ 9,815.8			
Más Valor a Agregado(IVA):	15%	\$ 18,404.6			<b>Costo por año:</b>
Transporte a Oaxaca:		\$ 5,263.2			
		\$ 156,180.9		6 años:	26,030.2
	Más lubricantes, mantenimiento y accesorios:				142,000.0
	Costo para el servicio de Cargado Superficial:				262,000.0
	Costo para el servicio de Cargado Subterráneo:				262,000.0
				Costo por año:	\$ 692,030.2
Costo del Camión:		\$123,355.3			
Más Impuesto de Importación:	8%	\$ 9,868.4			
Más Valor a Agregado(IVA):	15%	\$ 18,503.3			
Transporte a Oaxaca:		\$ 5,263.2			
		\$ 156,990.1		6 años;	26,165.0
	Más lubricantes, mantenimiento y accesorios:				142,000.0
	Costo para el servicio de arrastre superficial:				263,000.0
	Costo para el servicio de arrastre subterráneo:				263,000.0
				Costo por año:	\$ 694,165.0
<b>Costos Totales de Cargado y Arrastre por año</b>		\$ 1,386,195.2	dólares		
<b>*Costo Total por Tonelada Anual:</b>		\$ 2.71803	dólares		

**III.-Costo del Proceso Metalúrgico por Tonelada Beneficiada, al año.**

Número de años de vida de la planta metalúrgica:				10 años
Valor Total de la Planta:	25,660,176.23	dólares		
Costo anual de la planta:			\$ 2,566,017.62	dólares
Costo de Mantenimiento y Operación del Proceso metalúrgico,		20%	\$ 513,203.52	dólares
Plantilla del personal en 3 turnos	\$ 405,000.0	Díla, de 45 trabajadores	\$ 405,000.00	dólares
(600 Díla. mensual c/u, más 25% de prestaciones).		<b>Costo total del proceso:</b>	\$ 3,484,221.15	dólares
Costo Directo =	3,484,221.1	entre	510,000.0 T	= \$ 6.83 dólares/T.
El Costo Total Directo por Tonelada (Costo Total de tumba, cargado, arrastre y metalúrgico)			\$ 10.10	dólares/T.
El Costo Total por T de "grafito obtenida" en el proceso Metalúrgico es de:			\$ 374.33	dólares

\*El Costo por tonelada que se explota es: el costo de tumba, cargado y arrastre anual\*\*capacidad de explotación.  
 \*\*La Capacidad de Explotación es de: 510,000.0 toneladas anuales  
 \*\*\*Costo Total T. Grafito Proceso Metalúrgico(costos total directo)x(capacidad de explotación)/ tonelaje de concentrados

**COSTOS DIRECTOS DE EXPLOTACION Y BENEFICIO METALURGICO  
YACIMIENTO DE LA ESCONDIDA**

**Relación de Variables Constantes en el Proceso de Explotación y de Beneficio**

a) Capacidad:	1,500	l/d, durante	340	días del año, igual a	510,000.0	toneladas
b) Eficiencia de recuperación metalúrgica:			87%	, del mineral contenido en roca.		
c) Leyes de mineral:	4.00%	de Carbono y	0.90%	de óxido de titanio		
d) Tonelaje de concentrados producidos por año:			17,748.0	T. de grafito, y	3,993.3	de óxido de titanio
e) Dilución del grafito:	29:1	y del óxido de titanio:			128:1	

**I.-Costo Directo de Tumba:** que incluye rippeo, triturado y montoneo, mas mantenimiento del tractor D-R8, refacciones, soldadura, ayudante, campamento e imprevistos: Tractor \$ 11,600.0 y otros: \$ 11,600.0 de los accesorios, igual a: \$ 23,200.0 dólares mensuales, que implican: \$ 278,400.0 dólares, anualmente. Costo Total por Tonelada Anual: \$ 0.54588 de dólar.

**II.- Costo de Cargado y Arrastre:** hasta el patio de la planta, incluye dos cargadores TORO 501- D(Cargador de 14 T de capacidad); además 2 Camiones de bajo perfil TORO 40 D(de 40 T de capacidad) marca del IVA, así como 40,000 pesos por transporte hasta el proyecto, según cotización anexa, para una vida media de 6 años

Costo del Cargador:		\$ 122,697.4			
Más Impuesto de Importación:	8%	\$ 9,815.8			
Más Valor a Agregado(IVA):	15%	\$ 18,404.6			<b>Costo por año:</b>
Transporte a Oaxaca:		\$ 5,263.2			
		\$ 156,180.9	6 años:		26,030.2
			Más lubricantes, mantenimiento y accesorios:		142,000.0
			Costo para el servicio de Cargado Superficial:		262,000.0
			Costo para el servicio de Cargado Subterráneo:		262,000.0
			<b>Costo por año:</b>		<b>\$ 692,030.2</b>
Costo del Camión:		\$ 123,355.3			
Más Impuesto de Importación:	8%	\$ 9,868.4			
Más Valor a Agregado(IVA):	15%	\$ 18,503.3			
Transporte a Oaxaca:		\$ 5,263.2			
		\$ 156,990.1	6 años;		26,165.0
			Más lubricantes, mantenimiento y accesorios:		142,000.0
			Costo para el servicio de arrastre superficial:		263,000.0
			Costo para el servicio de arrastre subterráneo:		263,000.0
			<b>Costo por año:</b>		<b>\$ 694,165.0</b>
<b>Costos Totales de Cargado y Arrastre por año</b>		<b>\$ 1,386,195.2</b>	dólares		
<b>*Costo Total por Tonelada Anual:</b>		<b>\$ 2.71803</b>	dólares		

**III.-Costo del Proceso Metalúrgico por Tonelada Beneficiada, al año.**

Número de años de vida de la planta metalúrgica:					10 años
Valor Total de la Planta:	25,660,176.23	dólares			
Costo anual de la planta:				\$ 2,566,017.62	dólares
Costo de Mantenimiento y Operación del Proceso metalúrgico,			20%	\$ 513,203.52	dólares
Plantilla del personal en 3 turnos	\$ 405,000.0	Dils. de 45 trabajadores		\$ 405,000.00	dólares
(600 Dils. mensual c/u, más 25% de prestaciones).		<b>Costo total del proceso:</b>		<b>\$ 3,484,221.15</b>	dólares
Costo Directo =	3,484,221.1	entre	610,000.0 T =	\$ 6.83	dólares/T.
El Costo Total Directo por Tonelada (Costo Total de tumba, cargado, arrastre y metalúrgico)				\$ 10.10	dólares/T.
El Costo Total por T de "grafito obtenida" en el proceso Metalúrgico es de:				\$ 290.11	dólares

\*El Costo por tonelada que se explota es: el costo de tumba, cargado y arrastre anual/\*\*capacidad de explotación.

\*\*La Capacidad de Explotación es de: 510,000.0 toneladas anuales

\*\*\*Costo Total T. Grafito Proceso Metalúrgico(costos total directo)x(capacidad de explotación)/ tonelaje de concentrados

<b>COSTOS DIRECTOS PARA LOS CONCEPTOS DE DESARROLLO Y PREPARACIÓN MINERA, CON CAPACIDAD DE 1500 T/d</b>					
<i>Relación de Variables Constantes en el Sistema de Ejecución de Túneles de Arrastre, Construcción de contrapoceras:</i>					
a) Sección rectangular de los túneles de arrastre: 4m x 5m = 20m <sup>2</sup>					
b) Desarrollo mínimo de túneles durante un año de operación = 1,500.00m lineales					
c) Dimensión de las plazas de cargado: 8 x 10 y 5m de alto = 400m <sup>3</sup>					
d) Longitud vertical de 4 Contrapoceras de 220 m. al año c/u, total = 880 m.					
<b>IV.- Costos de Perforación de túneles:</b> de acuerdo a los costos unitarios anexos, especificados por TAMROCK,					
a razón de:	\$ 9.38	Dlts/m <sup>3</sup> ;	Ancho: 4.00	; Alto: 5.00	m.
Largo:	1500.00	m.	Volumen:	30,000.00	m <sup>3</sup>
				Costo en Dólares:	\$ 281,400.00 Dólares/año
<b>V.- Costo de Cargado:</b> de acuerdo al equipo TAMROCK, tipo TORO 501 D especificado en los anexos,					
a razón de:	\$ 2.62	Dólares/m <sup>3</sup>			
30,000.00 m <sup>3</sup> x		\$ 2.6150	Dólares/m <sup>3</sup> =	\$ 78,450.00	Dólares/año
<b>VI.- Costos de Arrastre,</b> de acuerdo al equipo TAMROCK, tipo TORO 40D, especificado en los anexos, a razón de:					
\$1.15	Dlts/m <sup>3</sup> x	\$ 30,000.00	m <sup>3</sup>	=	Dólar/año = \$ 34,500.0
<b>VII.- Costo de Contrapoceras</b> de acuerdo al equipo TAMROCK, tipo RHINO 400 H, especificado en los anexos:					
a razón de:	\$661.0	Dólares/m	Número de Contrapoceras:	4.0	; Total de metros
Lineales Desarrollados:	220.0	m. por cada uno;	Total :	880.0	metros.
		Total:	\$ 581,880.0	Dólares/año	
<b>VIII.- Costo por Preparación del Tumba de mineral,</b> en bancos de 10m de altura y con plantilla de 5m, de base para rebaje descendente y con operación continua, previa a la operación de las plantas.					
Se requiere remover un volumen de roca suave, en un frente de 5 Km., escalando en 50m de altura en cinco bancos.					
$1000 \times 5 = 5,000m \times (10 \times 5/2m^2) = 125,000m^3 \times 2.7 = 337,000.00$ Toneladas					
			1,386,195	dólares por año	
<b>IX.- Costo total del proceso de preparación ;</b> 510,000.0 toneladas de mineral tratado al año; según conceptos					
descritos de IV al VIII = \$		2,362,225	Dólares/año;	Costo Directo:	\$ 4.63 Dólares T de roca
<b>X.- Costo Total Directo de Preparación =</b> \$ 2,362,225.2 Dólares / 13,754.7 Toneladas = \$ 171.7 Dlts./T por año. \$ 171.7 Dólares/T. por año.					
<b>XI- Costo Directo por Tonelada Beneficiada:</b> \$ 5,148,816.3 Dólares					
NOTA: EL costo de \$ 5,148,816.3 Dlts/T, Correspondientes al primer año de operación de la planta. Por tanto, se debe agregar los costos de Desarrollo y Preparación de los 2 años previos, que se citan en los puntos IV, V, VI, VII y VIII que suman:					
\$ 2,362,225.2 Dólares/año;		o sea: \$	4,724,450.4	dólares durante los dos años de arranque previo.	
*Costo Directo por tonelada beneficiada = Costo Total Directo* 510,000 T/año. de Mineral Crudo Beneficiadas					

Las referencias técnicas y de mercado que hemos ofrecido en los párrafos del presente texto, implican el desarrollo del Proyecto de IMI para arrancar con la preparación y explotación de los dos yacimientos, conforme a la potencialidad del mercado y de la demanda de los países consumidores de grafito cristalino. En este sentido, se programa arrancar simultáneamente en ambos yacimientos, haciendo la debida preparación y acondicionamiento de las zonas potencialmente favorables para el tumba y arrastre del mineral, con inversión global de unos 3 M/Dlls para cada uno y durante un período de 6 a 8 meses. Esta fase de preparación minera, se ejecutará al mismo tiempo que se lleva a cabo una intensa promoción comercial a través del Banco de Comercio Exterior (BANCOMEXT), a fin de contactar la potencialidad y destino comercial de la producción de grafito cristalino.

Una vez que estén en actividad minera los dos yacimientos, cualquiera que sea la potencialidad de la demanda extranjera, se concentrarán todos los esfuerzos técnico-financieros en La Escondida, tendiente a preparar, desarrollar y explotar el mineral para abastecer una planta de 3,000 toneladas diarias de molienda, de conformidad con el Proyecto planteado en este informe. Esta posibilidad se vislumbra en mucho mejores condiciones financieras y económicas que la eventual tarea productiva de instalar dos plantas de 1,500 t/d en cada uno de los yacimientos, con inversión global de 75 millones de dólares, como se ha previsto en el presente texto y las tablas y cuadros anexos. Esto implicará un ahorro sustancial de un 10% en inversión total; o sea, de unos 7.5 millones de dólares, que además favorece en menor tiempo la rentabilidad de toda la inversión. Por tanto, se tendrá un incremento mayor en la productividad del grafito y titanio, debido a que el contenido o Ley del yacimiento La Escondida, dispone de una concentración media de 4.0% de grafito, en comparación con la Ley media de 3.1% que tiene El Hielo.

Lo anterior, de ninguna manera, pretende anular la posibilidad de arrancar y desarrollar El Hielo, sino al contrario. Lo que en síntesis se trata es hacer más rentable y abatir costos por tonelada producida de grafito y de titanio; haciendo más favorable la inversión y con menos riesgos. Una vez definido el potencial del mercado y deducida la capacidad de abastecer la demanda internacional, se procederá a instalar una planta de beneficio en el yacimiento El Hielo, la que se espera pueda alcanzar igualmente una producción de 3,000 T/d y con una eficiencia previamente establecida, en relación con la experiencia obtenida del yacimiento de La Escondida. Es de considerar que bajo este objetivo planteado a mediano plazo, IMI podrá concurrir a su financiamiento con recursos propios, o parciales.

## **ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS**

En los estados financieros proforma, se describen los flujos de efectivo futuros de los Proyectos mineros, de acuerdo al horizonte de planeación considerado en este análisis. Con estos se describen los montos de la inversión, costos totales y los ingresos esperados, para cada período. La información que se expresa, se fundamenta en los *Estudios de Viabilidad*. Por tratarse de Proyectos nuevos, los estados financieros proforma básicos son el estado de resultados y flujo de efectivo incremental. ( *Láminas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33*)

La proyecciones financieras descritas están programados para un horizonte de 10 años, siendo las reservas valoradas para el yacimiento del Hielo y la Escondida de por lo menos 66 años y 59 años respectivamente, con una planta de 3000 T/d para cada una. Para efectos de su *Evaluación Financiera*, los Proyectos minero-metalúrgicos de los yacimiento de El Hielo y La Escondida se describe en forma independiente.

### **Estado de Resultados Proforma.**

La finalidad consiste en calcular los *Flujos de Efectivo Neto* para cada período, del horizonte de planeación de los proyectos de inversión; es decir, el monto por el cual los ingresos superan a los gastos y costos contables; para llegar, por diferencia, llegar al resultado final en términos de utilidades o pérdidas de la empresa. Los Estado de Resultados, se integran en los siguientes rubros:

a). **Ingresos por Ventas Totales.** En los proyectos las ventas totales son netas, pues no es previsible el monto de las devoluciones y descuentos.

b). **Costo de lo vendido.** Dentro de éste rubro, están contemplados los *Costo de Desarrollo y Preparación de los yacimientos, Costo Directo de Explotación y Beneficio*. A su vez, están desglosados al *Costo de las Materias Primas, Mano de obra indirecta y directa, Costos de Tumba, Costos de Cargado y Arrastre, Costo del Proceso Metalúrgico, Costos de Mantenimiento, Lubricantes Y Combustibles, depreciación y amortización de la inversión*; valoradas de acuerdo a la capacidad instalada de las plantas de beneficio.

c). **Utilidad Bruta.** Resulta de restarle a las ventas netas, el costo de las mercancías vendidas.

d). **Costos de Operación.** Incluye los gastos de la sección de Mercadotecnia y Administrativos.

e). **Gastos de Ventas.** Corresponden a la distribución y comercialización que se realiza para generar las ventas, como gastos de publicidad, de entrega, gasolina, depreciación del equipo de reparto, rentas de edificios destinados a las ventas, sueldos a vendedores, gastos de empaquetadas, embarques, transportación, etcétera.

f). **Gatos de Administración.** Son los inherentes para dirigir y operar la empresa como sueldos directos, inmobiliario y equipo de ingeniería, teléfono, Fax, luz, correos, pasajes y viáticos, rentas, pago de concesiones, impuestos y seguros.

g). **Utilidad de Operación.** Es el excedente de la utilidad bruta sobre los gastos de operación y que son atribuibles a la utilidad generada por las operaciones normales de la empresa.

h). **Gastos Financieros.** Comprende todos los intereses a pagar por el uso de fondos externos para financiar los activos. En la que se incluyen los intereses, amortizaciones y comisiones. La LISR permite cargar estos intereses como costos deducibles de impuestos.

i). **Depreciaciones y Amortizaciones.** Los costos generados por equipamiento son principalmente se expresan a través de la depreciación, que asume , la obsolescencia o deterioro del equipo, mantenimiento, reparación, reacondicionamiento, salarios, entrenamiento y capacitación. Su monto aparece separado de los costos y gastos para facilitar su manejo y cálculo dado el carácter deducible.

j). **Utilidad Antes de Impuestos.** Es la diferencia entre los ingresos obtenidos por él negocio y todos lo gastos incurridos en la generación. Constituye una cifra contable que estará sujeta a los gravámenes fiscales.

k). **Pérdidas Extraordinarias.** Son las pérdidas o ganancias que no afectan las operaciones normales del negocio derivadas de transacciones excepcionales que no son frecuentes como, pérdidas en el mercado de inversión, pérdidas por incendio, perdidas por desastres, robos, secuestro y la prohibición legal de inversión en algún país.

l). **Utilidad o Pérdida Neta.** Es el resultado final del estado de resultados, y se establece al deducir a las ventas netas todos los gastos y costos e impuestos mencionados anteriormente.

**ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA DE LOS PROYECTOS DE EL HIELO Y LA ESCONDIDA  
PARA UNA PLANTA DE 1500 T/d CADA UNA.**  
Millones de Dólares LAMINA 24

CONCEPTO *	EJERCICIO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1.- Ventas nacionales												
2. Exportaciones			66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
3. Ventas totales(1+2)			66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
4. Costo de Producción	19	56	15	15	15	15	15	15	15	15	15	(1)
5. Utilidad bruta(3-4)	(19)	(56)	51	51	51	51	51	51	51	51	51	66
6. Gastos Administrativos	1	1	12	12	12	12	12	12	1	1	1	1
7. Gastos de ventas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. Gastos financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Largo plazo												
Corto Plazo												
9.Otros												
10. Utilidad antes de ISR y PTU	(20)	(57)	39	39	39	39	39	39	50	50	50	66
11. ISR	(8)	(24)	16	16	16	16	16	16	21	21	21	28
12.- PTU(10%)	(2)	(6)	4	4	4	4	4	4	5	5	5	7
Utilidad Neta(10-11-12)	(9)	(27)	19	19	19	19	19	19	24	24	24	32

**CALCULO DE FLUJOS DE EFECTIVO LIBRES DE OPERACIÓN DEL PROYECTO  
CONJUNTO DE EL HIELO Y LA ESCONDIDA PARA UNA PLANTA DE 1500T/d CADA UNA**  
Millones de Dólares LAMINA 25

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>(1)UTILIDAD OPERATIVA</b>	(18)	(57)	28	28	28	28	28	28	50	50	50
<b>(2)IMPUESTOS AJUSTADOS(A+B)</b>	(10)	(29)	16	16	16	16	16	16	26	26	26
(A)Provisión de Impuestos y PTU	(10)	(29)	16	16	16	16	16	16	26	26	26
(B) tasa impositiva(suma b.1 a b.6)											
(b.1) Intereses Pagados											
(b.2) Intereses Ganados											
(b.3) Pérdidas en Cambio											
(b.4)Resultado x Posición Monetaria											
(b.5) Otras Operaciones Financieras											
(b.6)Partidas Extraordinarias											
<b>(3) Utilidad Neta Operativa(1-2)</b>	\$ (9)	(27)	13.6	14	14	14	14	14	24	24.1	24.1
<b>(4)DEPRECIACIÓN DEL EJERCICIO</b>	\$ -	\$ -	10.9	11	11	11	11	11	-	\$ -	\$ -
<b>(5)Flujo de Efectivo Bruto(3+4)</b>	\$ (9)	(27)	24.5	25	25	25	25	25	24	24.1	24.1
<b>(6)INVERSIONES NUEVAS(A+B+C)</b>	\$ -	\$ -	\$ -	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de Trabajo											
<b>(A) Incremento Capital de Trabajo</b>											
Activo Fijos:											
(b.1) Inc. Act. Fijos., sin Depreciación											
(b.2) Depreciación del Ejercicio											
<b>(B)Incremento Actl. Fijos(b.1+b.2)</b>											
(c.1)Cuentas x Cobrar a Largo Plazo											
(c.2) Acciones no Consolidadas											
(c.3)Otras Inversiones											
(c.4)Activos Diferidos											
Total: Otros Activos(c.1+c.2+c.3+c.4)											
<b>(C)Incremento Otros Activos</b>											
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO(5-6)</b>	(9)	(27)	24.5	25	\$ 25	\$ 25	\$ 25	\$ 25	\$ 24	\$ 24	\$ 24

\*El Capital Neto en Trabajo, se define como la suma de los costos y gastos para un proyecto nuevo.

ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA DEL PROYECTO EL HIELO												
PARA UNA PLANTA DE 1500 T/d												
Millones de Dólares											LAMINA 26	
CONCEPTO	EJERCICIO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1.- Ventas nacionales												
2. Exportaciones			29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
3. Ventas totales(1+2)			29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
4. Costo de Producción	9	28	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5. Utilidad bruta(3-4)	(9)	(28)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
6. Gastos Administrativos	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0
7. Gastos de ventas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. Gastos financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Largo plazo												
Corto Plazo												
9.Otros												
10. Utilidad antes de ISR y PTU	(10)	(28)	16	16	16	16	16	16	21	21	21	21
11. ISR	(4)	(12)	7	7	7	7	7	7	9	9	9	9
12.- PTU(10%)	(1)	(3)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Utilidad Neta(10-11-12)	(6)	(14)	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10
CÁLCULO DE FLUJOS DE EFECTIVO LIBRES DE OPERACIÓN DEL PROYECTO												
EL HIELO, PARA UNA PLANTA DE 1500T/d.												
Millones de Dólares											LAMINA 27	
CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
(1)UTILIDAD OPERATIVA	(9)	(28)	10	10	10	10	10	10	10	21	21	21
(2) IMPUESTOS AJUSTADOS(A+B)	(5)	(16)	5	5	5	5	5	5	5	11	11	11
(A)Provisión de Impuestos y PTU	(5)	(16)	5	5	5	5	5	5	5	11	11	11
(B) tasa Impositiva(suma b.1 a b.6)												
(b.1) Intereses Pagados												
(b.2) Intereses Ganados												
(b.3) Pérdidas en Cambio												
(b.4)Resultado x Posición Monetaria												
(b.5) Otras Operaciones Financieras												
(b.6)Partidas Extraordinarias												
(3) Utilidad Neta Operativa(1-2)	(4.4)	(14)	4.96	5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10.2	10.20	10.20
(4)DEPRECIACIÓN DEL EJERCICIO	-	-	5.46	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	-	-	-
(5)Flujo de Efectivo Bruto(3+4)	(4.4)	(14)	10.41	10	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.2	10.20	10.20
(6)INVERSIONES NUEVAS(A+B+C)												
Capital de Trabajo												
* (A)Incremento Capital de Trabajo												
Activo Fijos:												
(b.1) Inc. Act. Fijos., sin Depreciación												
(b.2) Depreciación del Ejercicio												
(B)Incremento Acti. Fijos(b.1+b.2)												
(c.1)Cuentas x Cobrar a Largo Plazo												
(c.2) Acciones no Consolidadas												
(c.3)Otras Inversiones												
(c.4)Activos Diferidos												
Total: Otros Activos(c.1+c.2+c.3+c.4)												
(C)Incremento Otros Activos												
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO(5-6)</b>	<b>\$ (4)</b>	<b>\$ (14)</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>	<b>\$ 10</b>

\*El Capital Neto en Trabajo, se define como la suma de los costos y gastos para un proyecto nuevo.



**ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA DEL PROYECTO LA ESCONDIDA**

**PARA UNA PLANTA DE 1500 T/d**

Millones de Dólares

LAMINA 28

CONCEPTO	EJERCICIO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1.- Ventas nacionales												
2. Exportaciones			36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7
3. Ventas totales(1+2)			36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7
4. Costo de Producción	9.4	27.9	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
5. Utilidad bruta(3-4)	-9.4	-27.9	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
6. Gastos Administrativos	0.4	0.4	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	0.4	0.4	0.4	0.3
7. Gastos de ventas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8. Gastos financieros	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Largo plazo												
Corto Plazo												
9. Otros												
10. Utilidad antes de ISR y PTU	\$ (10)	(28)	\$ 24	\$ 24	\$ 24	\$ 24	\$ 24	\$ 24	29	\$ 29	\$ 29	\$ 29
11. ISR	\$ (4)	\$ (12)	\$ 10	\$ 10	\$ 10	\$ 10	\$ 10	\$ 10	\$ 12	\$ 12	\$ 12	\$ 12
12. PTU(10%)	\$ (1)	\$ (3)	\$ 2	\$ 2	\$ 2	\$ 2	\$ 2	\$ 2	\$ 3	\$ 3	\$ 3	\$ 3
<b>Utilidad Neta(10-11-12)</b>	<b>\$ (5)</b>	<b>(14)</b>	<b>\$ 11</b>	<b>\$ 11</b>	<b>\$ 11</b>	<b>\$ 11</b>	<b>\$ 11</b>	<b>\$ 11</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>

**CÁLCULO DE FLUJOS DE EFECTIVO LIBRES DE OPERACIÓN DEL PROYECTO**

**LA ESCONDIDA, PARA UNA PLANTA DE 1500T/d**

Millones de Dólares

LAMINA 29

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>(1) UTILIDAD OPERATIVA</b>	(9)	(28)	18	18	18	18	18	18	29	29	29
<b>(2) IMPUESTOS AJUSTADOS(A+B)</b>	(5)	(15)	9	9	9	9	9	9	15	15	15
(A) Provisión de Impuestos y PTU	(5)	(15)	9	9	9	9	9	9	15	15	15
(B) tasa impositiva(suma b.1 a b.6)											
(b.1) Intereses Pagados											
(b.2) Intereses Ganados											
(b.3) Pérdidas en Cambio											
(b.4) Resultado x Posición Monetaria											
(b.5) Otras Operaciones Financieras											
(b.6) Partidas Extraordinarias											
<b>(3) Utilidad Neta Operativa(1-2)</b>	<b>\$ (4)</b>	<b>(14)</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>\$ 9</b>	<b>\$ 9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>
<b>(4) DEPRECIACIÓN DEL EJERCICIO</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 5</b>	<b>\$ 5</b>	<b>\$ 5</b>	<b>\$ 5</b>	<b>\$ 5</b>	<b>\$ 5</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>(5) Flujo de Efectivo Bruto(3+4)</b>	<b>\$ (4)</b>	<b>(14)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>
<b>(6) INVERSIONES NUEVAS(A+B+C)</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>-</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
Capital de Trabajo											
(A) Incremento Capital de Trabajo											
Activo Fijos:											
(b.1) Inc. Act. Fijos., sin Depreciación											
(b.2) Depreciación del Ejercicio											
(B) Incremento Actl. Fijos(b.1+b.2)											
(c.1) Cuentas x Cobrar a Largo Plazo											
(c.2) Acciones no Consolidadas											
(c.3) Otras Inversiones											
(c.4) Activos Diferidos											
Total: Otros Activos(c.1+c.2+c.3+c.4)											
(C) Incremento Otros Activos											
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO(5-6)</b>	<b>\$ (4)</b>	<b>\$ (14)</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>	<b>\$ 14</b>

\*El Capital Neto en Trabajo, se define como la suma de los costos y gastos para un proyecto nuevo.

**ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA DEL PROYECTOS DE EL HIELO  
PARA UNA PLANTA DE 3000 T/d.**

Millones de Dólares

LAMINA 30

CONCEPTO	EJERCICIO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1.- Ventas nacionales												
2. Exportaciones			58.0	58.0	58.0	58	58	58	58	58	58.0	58.0
3. Ventas totales(1+2)			58.0	58.0	58.0	58	58	58	58	58	58.0	58.0
4. Costo de Producción	19	55.7	14.7	14.7	14.7	15	15	15	15	15	14.7	14.7
5. Utilidad bruta(3-4)	(19)	-55.7	43.4	43.4	43.4	43	43	43	43	43	43.4	43.4
6. Gastos Administrativos	1	0.8	11.7	11.7	11.7	12	12	12	0.8	0.8	0.8	0.6
7. Gastos de ventas	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8. Gastos financieros	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Largo plazo												
Corto Plazo												
9.Otros												
10. Utilidad antes de ISR y PTU	(20)	-56.6	31.6	31.6	31.6	32	32	32	42	42	42.5	42.7
11. ISR	(8)	-23.8	13.3	13.3	13.3	13	13	13	18	18	17.8	17.9
12.- PTU(10%)	(2)	-6.7	3.2	3.2	3.2	3	3	3	4	4	4.2	4.3
Utilidad Neta(10-11-12)	(9)	-27.2	15.2	15.2	15.2	15	15	15	20	20	20.4	20.5

**CÁLCULO DE FLUJOS DE EFECTIVO LIBRES DE OPERACIÓN DEL PROYECTO  
DE EL HIELO, PARA UNA PLANTA DE 3000T/d.**

Millones de Dólares

LAMINA 31

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>(1)UTILIDAD OPERATIVA</b>	(18)	(57)	21	21	21	21	21	21	42	42	42
<b>(2) IMPUESTOS AJUSTADOS(A+B)</b>	(10)	(29)	11	11	11	11	11	11	22	22	22
(A)Provisión de Impuestos y PTU		(10)	(29)	11	11	11	11	11	22	22	22
(B) tasa impositiva(suma b.1 a b.6)											
(b.1) Intereses Pagados											
(b.2) Intereses Ganados											
(b.3) Pérdidas en Cambio											
(b.4)Resultado x Posición Monetaria											
(b.5) Otras Operaciones Financieras											
(b.6)Partidas Extraordinarias											
<b>(3) Utilidad Neta Operativa(1-2)</b>	\$ (9)	(27)	9.9	10	10	10	10	10	\$ 20	\$ 20	\$ 20
<b>(4)DEPRECIACIÓN DEL EJERCICIO</b>	\$ -	\$ -	10.9	11	11	11	11	11	\$ -	\$ -	\$ -
<b>(5)Flujo de Efectivo Bruto(3+4)</b>	\$ (9)	(27)	20.8	21	21	21	21	21	\$ 20	\$ 20	\$ 20
<b>(6)INVERSIONES NUEVAS(A+B+C)</b>	\$ -	\$ -	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de Trabajo											
* (A)Incremento Capital de Trabajo											
Activo Fijos:											
(b.1) Inc. Act. Fijos., sin Depreciación											
(b.2) Depreciación del Ejercicio											
(B)Incremento Acti. Fijos(b.1+b.2)											
(c.1)Cuentas x Cobrar a Largo Plazo											
(c.2) Acciones no Consolidadas											
(c.3)Otras Inversiones											
(c.4)Activos Diferidos											
Total: Otros Activos(c.1+c.2+c.3+c.4)											
(C)Incremento Otros Activos											
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO(5)</b>	(9)	(27)	21	21	\$ 21	\$ 21	\$ 21	21	\$ 20	\$ 20	\$ 20

\*El Capital Neto en Trabajo, se define como la suma de los costos y gastos para un proyecto nuevo

**ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA DEL PROYECTO LA ESCONDIDA**

**PARA UNA PLANTA DE 3000 T/d.**

Millones de Dólares

LAMINA 32

CONCEPTO	EJERCICIO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1.- Ventas nacionales												
2. Exportaciones			73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5
3. Ventas totales(1+2)			73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5
4. Costo de Producción	18.8	55.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
5. Utilidad bruta(3-4)	-18.8	-55.7	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8
6. Gastos Administrativos	0.8	0.8	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	0.8	0.8	0.8	0.6
7. Gastos de ventas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8. Gastos financieros	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Largo plazo												
Corto Plazo												
9.Otros												
10. Utilidad antes de ISR y PTU	(20)	(57)	47	\$ 47	47	\$ 47	\$ 47	\$ 47	58	\$ 58	\$ 58	\$ 58
11. ISR	\$ (8)	(24)	20	\$ 20	20	\$ 20	\$ 20	\$ 20	24	\$ 24	\$ 24	\$ 24
12.- PTU(10%)	\$ (2)	\$ (6)	\$ 5	\$ 5	\$ 5	\$ 5	\$ 5	\$ 5	\$ 6	\$ 6	\$ 6	\$ 6
Utilidad Neta(10-11-12)	\$ (9)	(27)	23	\$ 23	23	\$ 23	\$ 23	\$ 23	28	\$ 28	\$ 28	\$ 28

**CÁLCULO DE FLUJOS DE EFECTIVO LIBRES DE OPERACIÓN DEL PROYECTO**

**LA ESCONDIDA, PARA UNA PLANTA DE 3000T/d .**

Millones de Dólares

LAMINA 33

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>(1)UTILIDAD OPERATIVA</b>	(18)	(57)	36	36	36	36	36	36	36	58	58	58
<b>(2) IMPUESTOS AJUSTADOS(A+B)</b>	(10)	(29)	19	19	19	19	19	19	19	30	30	30
(A)Provisión de Impuestos yPTU	(10)	(29)	19	19	19	19	19	19	19	30	30	30
(B) tasa impositiva(suma b.1 a b.6)												
(b.1) Intereses Pagados												
(b.2) Intereses Ganados												
(b.3) Pérdidas en Cambio												
(b.4)Resultado x Posición Monetaria												
(b.5) Otras Operaciones Financieras												
(b.6)Partidas Extraordinarias												
<b>(3) Utilidad Neta Operativa(1-2)</b>	(8.8)	(27)	17.3	17	17	17	17	17	17	28	27.8	27.8
<b>(4)DEPRECIACIÓN DEL EJERCICIO</b>	-	-	10.9	11	11	11	11	11	11	-	-	-
<b>(6)Flujo de Efectivo Bruto(3+4)</b>	(8.8)	(27)	28.2	28	28	28	28	28	28	28	27.8	27.8
<b>(6)INVERSIONES NUEVAS(A+B+C)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital de Trabajo												
* (A)Incremento Capital de Trabajo												
Activo Fijos:												
(b.1) Inc. Act. Fijos., sin Depreciación												
(b.2) Depreciación del Ejercicio												
(B)Incremento Actl. Fijos(b.1+b.2)												
(c.1)Cuentas x Cobrar a Largo Plazo												
(c.2) Acciones no Consolidadas												
(c.3)Otras Inversiones												
(c.4)Activos Diferidos												
Total: Otros Activos(c.1+c.2+c.3+c.4)												
(C)Incremento Otros Activos												
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO(5)</b>	(9)	(27)	28	28	\$ 28	\$ 28	\$ 28	\$ 28	28	\$ 28	\$ 28	\$ 28

\*El Capital Neto en Trabajo, se define como la suma de los costos y gastos para un proyecto nuevo.

## **FLUJOS DE EFECTIVO INCREMENTALES**

Dentro de las técnicas de presupuesto de capital, se maneja el concepto de flujos de efectivo incrementales, a los cambios de efectivo que resultan de las consecuencias directas de aceptar o arrancar un proyecto, esto es, la diferencia de los flujos de efectivo con y sin el proyecto. En los flujo de efectivo incremental se identifican los flujos relevantes de un proyecto desde la inversión inicial, costos de operación, depreciación e impuestos. Con relación a los flujos incrementales conviene poner atención en los costos hundidos, costos de oportunidad y el efecto lateral. (Lámina 25, 27, 29, 31 y 33)

**a). Costos hundidos.** No son flujos incrementales pues se trata de costos que ya ocurrieron y que no tienen efecto en la toma de decisión de aceptar o rechazar el proyecto ya que se encuentran relacionados con la infraestructura hecha en el pasado y contablemente han sido depreciados y amortizados.

**b). Costos de oportunidad.** Es el costo que se desarrolla cuando se anulan otras oportunidades del uso de los recursos de la empresa, al llevar a cabo un proyecto. Con objeto de valorar el costo de oportunidad de la inversión, se usa como comparación la Tasa de rendimiento de los CETES, a 28 días para cada mes del año.

**c). Efectos Laterales.** Estas contemplan las variaciones de los flujos de efectivo en otros proyectos, al ser afectados por tratarse de proyectos nuevos ó complementarios. Así pues, al seleccionar un proyecto de inversión, se debe determinar el impacto futuro de está decisión dentro de las cuatro opciones con las que se cuenta, la de instalar dos plantas minero-metalúrgicas de **1500 T/d** en cada uno de los yacimiento o bien una sola planta de **3000 T/d.**, para un sólo yacimiento.

**d). Gastos de Intereses por Deuda.** En la evaluación del presupuesto del capital, los FEN no quedan afectadas por la forma en que se financian los proyectos, por el aumento de pasivo (acreedores) o por disminución del capital (propietarios). Esto es, no se valoran las fuentes del financiamiento, sino los resultados de sus aplicaciones en los bienes de la empresa (activos).

**YACIMIENTO DEL HIELO Y LA ESCONDIDA, PLANTA DE 1500 T/d PARA CADA UNA**  
En Millones de Dólares

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	DEPRECIACION	INGRESO GRAVABLE	IMPUESTOS A PAGAR	INGRESOS DESPUÉS DE IMPUESTOS	FLUJO DE EFECTIVO NETO	VALOR PRESENTE NETO	TASA INTERNA DE RETORNO
0	\$ (18.32)	\$ -	\$ (18.32)	\$ (9.53)	\$ (8.79)	\$ (8.79)	\$ (8.79)	
1	\$ (56.62)	\$ -	\$ (56.62)	\$ (29.44)	\$ (27.18)	\$ (27.18)	\$ (30.16)	*
2	\$ 39.29	\$ 10.92	\$ 28.37	\$ 14.75	\$ 13.62	\$ 24.53	\$ (15.00)	-27.0%
3	\$ 39.29	\$ 10.92	\$ 28.37	\$ 14.75	\$ 13.62	\$ 24.53	\$ (3.08)	19.5%
4	\$ 39.29	\$ 10.92	\$ 28.37	\$ 14.75	\$ 13.62	\$ 24.53	\$ 6.29	39.1%
5	\$ 39.29	\$ 10.92	\$ 28.37	\$ 14.75	\$ 13.62	\$ 24.53	\$ 13.66	48.4%
6	\$ 39.29	\$ 10.92	\$ 28.37	\$ 14.75	\$ 13.62	\$ 24.53	\$ 19.45	53.2%
7	\$ 39.29	\$ 10.92	\$ 28.37	\$ 14.75	\$ 13.62	\$ 24.53	\$ 24.01	55.8%
8	\$ 50.20	\$ -	\$ 50.20	\$ 28.10	\$ 24.10	\$ 24.10	\$ 27.52	57.3%
9	\$ 50.20	\$ -	\$ 50.20	\$ 28.10	\$ 24.10	\$ 24.10	\$ 30.29	58.1%
10	\$ 50.20	\$ -	\$ 50.20	\$ 28.10	\$ 24.10	\$ 24.10	\$ 32.46	58.7%

**YACIMIENTO DE EL HIELO, PLANTA DE 1500 T/d**  
En Millones de Dólares

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	DEPRECIACION	INGRESO GRAVABLE	IMPUESTOS A PAGAR	INGRESOS DESPUÉS DE IMPUESTOS	FLUJO DE EFECTIVO NETO	VALOR PRESENTE NETO	TASA INTERNA DE RETORNO
0	\$ (9.16)	\$ -	\$ (9.16)	\$ (4.76)	\$ (4.40)	\$ (4.40)	\$ (4.396)	
1	\$ (28.31)	\$ -	\$ (28.31)	\$ (14.72)	\$ (13.59)	\$ (13.59)	\$ (15.080)	
2	\$ 15.78	\$ 5.48	\$ 10.32	\$ 5.37	\$ 4.96	\$ 10.41	\$ (8.643)	-38.4%
3	\$ 15.78	\$ 5.48	\$ 10.32	\$ 5.37	\$ 4.96	\$ 10.41	\$ (3.584)	8.8%
4	\$ 15.78	\$ 5.48	\$ 10.32	\$ 5.37	\$ 4.96	\$ 10.41	\$ 0.394	28.8%
5	\$ 15.78	\$ 5.48	\$ 10.32	\$ 5.37	\$ 4.96	\$ 10.41	\$ 3.521	38.6%
6	\$ 15.78	\$ 5.48	\$ 10.32	\$ 5.37	\$ 4.96	\$ 10.41	\$ 5.960	43.8%
7	\$ 15.78	\$ 5.48	\$ 10.32	\$ 5.37	\$ 4.96	\$ 10.41	\$ 7.913	46.8%
8	\$ 21.24	\$ -	\$ 21.24	\$ 11.04	\$ 10.20	\$ 10.20	\$ 9.400	48.5%
9	\$ 21.24	\$ -	\$ 21.24	\$ 11.04	\$ 10.20	\$ 10.20	\$ 10.570	49.5%
10	\$ 21.24	\$ -	\$ 21.24	\$ 11.04	\$ 10.20	\$ 10.20	\$ 11.489	50.2%

**YACIMIENTO DE LA ESCONDIDA, PLANTA DE 1500 T/d**  
En Millones de Dólares

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	DEPRECIACION	INGRESO GRAVABLE	IMPUESTOS A PAGAR	INGRESOS DESPUÉS DE IMPUESTOS	FLUJO DE EFECTIVO NETO	VALOR PRESENTE NETO	TASA INTERNA DE RETORNO
0	\$ (9.16)	\$ -	\$ (9.16)	\$ (4.76)	\$ (4.40)	\$ (4.40)	\$ (4.396)	
1	\$ (28.31)	\$ -	\$ (28.31)	\$ (14.72)	\$ (13.59)	\$ (13.59)	\$ (15.080)	*
2	\$ 23.50	\$ 5.48	\$ 18.05	\$ 9.38	\$ 8.66	\$ 14.12	\$ (6.353)	-17.9%
3	\$ 23.50	\$ 5.48	\$ 18.05	\$ 9.38	\$ 8.66	\$ 14.12	\$ 0.507	29.7%
4	\$ 23.50	\$ 5.48	\$ 18.05	\$ 9.38	\$ 8.66	\$ 14.12	\$ 5.901	48.9%
5	\$ 23.50	\$ 5.48	\$ 18.05	\$ 9.38	\$ 8.66	\$ 14.12	\$ 10.141	57.7%
6	\$ 23.50	\$ 5.48	\$ 18.05	\$ 9.38	\$ 8.66	\$ 14.12	\$ 13.474	62.1%
7	\$ 23.50	\$ 5.48	\$ 18.05	\$ 9.38	\$ 8.66	\$ 14.12	\$ 16.086	64.4%
8	\$ 28.96	\$ -	\$ 28.96	\$ 15.06	\$ 13.90	\$ 13.90	\$ 18.123	65.7%
9	\$ 28.96	\$ -	\$ 28.96	\$ 15.06	\$ 13.90	\$ 13.90	\$ 19.718	66.4%
10	\$ 28.96	\$ -	\$ 28.96	\$ 15.06	\$ 13.90	\$ 13.90	\$ 20.971	66.8%

PARÁMETROS-TASAS	
COSTO DEL CAPITAL	20%
IMPUESTOS	52%
INTERÉS NOMINAL	27.20%
INFLACIÓN ESPERADA EN USA.	6%

**\* YACIMIENTO DE EL HIELO, PROYECTO PLANTA DE 3000 T/d**

En millones de Dólares

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	DEPRECIACION	INGRESO GRAVABLE	IMPUESTOS A PAGAR	INGRESOS DESPUÉS DE IMPUESTOS	FLUJO DE EFECTIVO NETO	VALOR PRESENTE NETO	TASA INTERNA DE RETORNO
0	\$ (18.32)	\$ -	\$ (18.32)	\$ (9.53)	\$ (8.79)	\$ (8.79)	\$ (8.79)	
1	\$ (56.62)	\$ -	\$ (56.62)	\$ (29.44)	\$ (27.18)	\$ (27.18)	\$ (30.16)	
2	\$ 31.56	\$ 10.92	\$ 20.65	\$ 10.74	\$ 9.91	\$ 20.83	\$ (17.29)	-36.4%
3	\$ 31.56	\$ 10.92	\$ 20.65	\$ 10.74	\$ 9.91	\$ 20.83	\$ (7.17)	8.8%
4	\$ 31.56	\$ 10.92	\$ 20.65	\$ 10.74	\$ 9.91	\$ 20.83	\$ 0.79	28.8%
5	\$ 31.56	\$ 10.92	\$ 20.65	\$ 10.74	\$ 9.91	\$ 20.83	\$ 7.04	38.6%
6	\$ 31.56	\$ 10.92	\$ 20.65	\$ 10.74	\$ 9.91	\$ 20.83	\$ 11.96	43.8%
7	\$ 31.56	\$ 10.92	\$ 20.65	\$ 10.74	\$ 9.91	\$ 20.83	\$ 15.83	46.8%
8	\$ 42.48	\$ -	\$ 42.48	\$ 22.09	\$ 20.39	\$ 20.39	\$ 18.80	48.5%
9	\$ 42.48	\$ -	\$ 42.48	\$ 22.09	\$ 20.39	\$ 20.39	\$ 21.14	49.5%
10	\$ 42.48	\$ -	\$ 42.48	\$ 22.09	\$ 20.39	\$ 20.39	\$ 22.98	50.2%

**\* YACIMIENTO DE LA ESCONDIDA, PROYECTO PLANTA DE 3000T/d**

En millones de Dólares

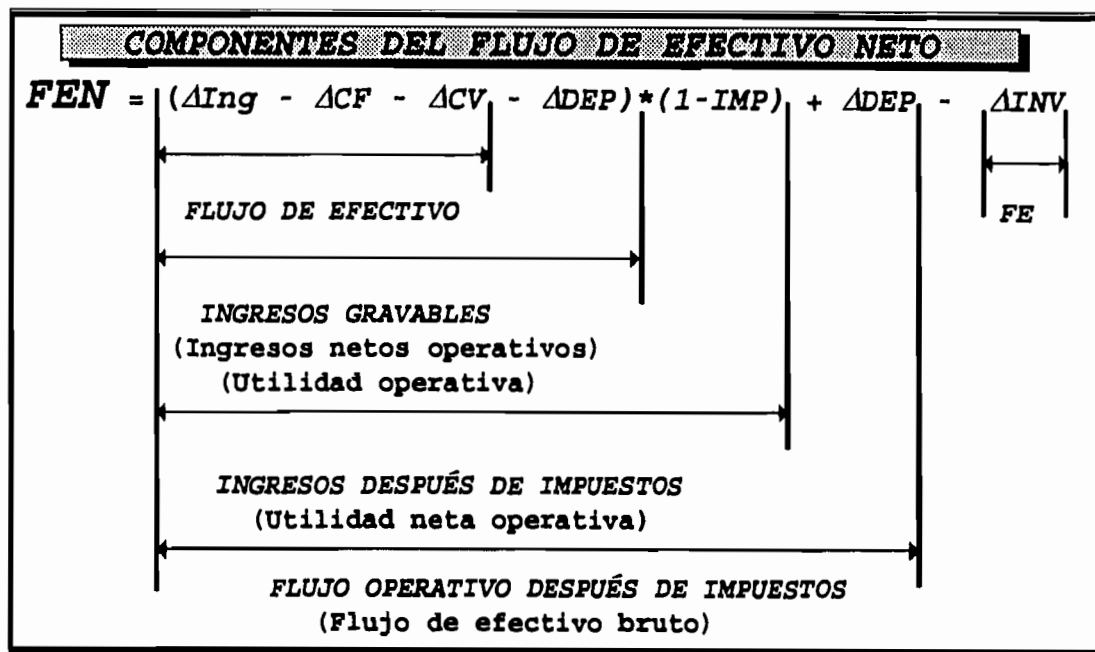
AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	DEPRECIACION	INGRESO GRAVABLE	IMPUESTOS A PAGAR	INGRESOS DESPUÉS DE IMPUESTOS	FLUJO DE EFECTIVO NETO	VALOR PRESENTE NETO	TASA INTERNA DE RETORNO
0	\$ (18.32)	\$ -	\$ (18.32)	\$ (9.53)	\$ (8.79)	\$ (8.79)	\$ (8.79)	
1	\$ (56.62)	\$ -	\$ (56.62)	\$ (29.44)	\$ (27.18)	\$ (27.18)	\$ (30.16)	
2	\$ 47.01	\$ 10.92	\$ 36.09	\$ 18.77	\$ 17.32	\$ 28.24	\$ (12.71)	-17.9%
3	\$ 47.01	\$ 10.92	\$ 36.09	\$ 18.77	\$ 17.32	\$ 28.24	\$ 1.01	29.7%
4	\$ 47.01	\$ 10.92	\$ 36.09	\$ 18.77	\$ 17.32	\$ 28.24	\$ 11.80	48.9%
5	\$ 47.01	\$ 10.92	\$ 36.09	\$ 18.77	\$ 17.32	\$ 28.24	\$ 20.28	57.7%
6	\$ 47.01	\$ 10.92	\$ 36.09	\$ 18.77	\$ 17.32	\$ 28.24	\$ 26.95	62.1%
7	\$ 47.01	\$ 10.92	\$ 36.09	\$ 18.77	\$ 17.32	\$ 28.24	\$ 32.19	64.4%
8	\$ 57.92	\$ -	\$ 57.92	\$ 30.12	\$ 27.80	\$ 27.80	\$ 36.25	65.7%
9	\$ 57.92	\$ -	\$ 57.92	\$ 30.12	\$ 27.80	\$ 27.80	\$ 39.44	66.4%
10	\$ 57.92	\$ -	\$ 57.92	\$ 30.12	\$ 27.80	\$ 27.80	\$ 41.94	66.8%

**PARÁMETROS-TASAS**

COSTO DEL CAPITAL	<b>20.0%</b>
IMPUESTOS	<b>52.0%</b>
INTERÉS NOMINAL	<b>27.2%</b>
INFLACIÓN ESPERADA EN USA.	<b>6.0%</b>
Impuesto al valor agregado:	<b>15.0%</b>
DOLAR/PESO, abril 1996	<b>\$7.60</b>
Valor Promedio del Grafito Cristalino( dlis.)	<b>\$1,800.00</b>
Valor Promedio del titanio(dólares)	<b>\$1,200.00</b>

LAMINA 35

El Flujo de Efectivo Neto (*FEN*) se compone de las siguientes partes:



Donde  $\Delta Ing$ , es el incremento de los ingresos.  $\Delta CF$ , el incremento de los costos fijos;  $\Delta CV$ , representa al incremento de los costos variables.  $\Delta DEP$ , al incremento de la depreciación y amortización de los activos;  $IMP$ , a la Tasa de impuesto y  $\Delta INV$ , el incremento de las inversiones.

**Para cada período del horizonte de planeación:**

El **flujo de efectivo (FE)**, está compuesto por el incremento de los ingresos menos el incremento de: los costos fijo, costos variables e inversión.

Los **ingresos gravables**, también conocidos como ingresos netos operativos o utilidad operativa, se obtiene al descontar, al incremento de los ingresos los incrementos de: los costos fijos, de costos variables y de la depreciación.

Los **ingresos después de impuestos**, también conocidos como utilidad neta operativa se calcula al multiplicar los ingresos gravables por él recíproco de los impuestos a pagar.

El **flujo Operativo después de impuestos** o flujo de efectivo bruto, se obtiene al sumar a los ingresos, después de impuestos, la depreciación.

Asimismo, se definen los *impuestos pagados (IMPA)* cómo:

$$IMPA = (\Delta ING - \Delta CV - \Delta CF - \Delta Dep) \times Imp$$

Finalmente, el *Flujo de Efectivo Neto*, se obtiene restando al Flujo Operativo, después de Impuesto, el incremento de la inversión.

#### **EL COSTO PONDERADO DE CAPITAL**

Es el costo de los recursos financieros internos y externos que utiliza la empresa para financiar sus activos. Se determina ponderando las proporciones de cada rubro con su costo individual, al contratar deuda o vender capital.

En economías eficientes, el costo ponderado del capital es la base del descuento corriente de los flujos de efectivo en *VPN*, está metodología valora factores macroeconómicos y microeconómicos. Para su adecuada determinación debe existir información confiable y accesible, que valore la *beta* del sector productivo y el rendimiento del mercado.

En México, estos parámetro son ordinariamente desconocido y difíciles de mantener actualizadas. En el sector minero-metalúrgico, la *Cámara Minera Mexicana* no cuenta con está información y en la *Bolsa Mexicana de Valores* son pocas las empresa del ramo que cotizan sus acciones, su *beta* no sería la adecuada para valorar a todas las empresas del sector minero-metalúrgico del país. Por lo expuesto, se acude a la determinación de la tasa de recuperación mínima atractiva (*TREMA*), más fácil de obtener.

La *K* de referencia para comparar con la *TIR* del proyecto no es la tasa de rendimiento fijo máxima que ofrecen los bancos en México; Debido a que casi siempre existe una pérdida neta o de valor real al pagar rendimiento por debajo de la tasa inflacionaria.

#### **CRITERIOS EN LA SELECCIÓN DE LA TASA DE RECUPERACIÓN MÍNIMA ATRACTIVA, SEGÚN EL NIVEL DE ESTABILIDAD ECONÓMICA**

<b>K = índice inflacionario esperado + Premio al riesgo...</b>	<b>Economía inestable</b>
<b>K = índice del máximo + Premio al riesgo.....</b>	<b>Economía estable</b>
<b>rendimiento nominal</b>	



**IMPUESTOS**

Al considera el impacto de los impuestos, se involucra la forma en que los activos van a ser depreciados. La depreciación no es un gasto real, sino virtual que determina los pagos fiscales, no desembolsables: para la empresa. La magnitud y el tiempo de depreciación de los activos influyen en la cantidad de impuestos a pagar.

Cuando el tiempo de la depreciación y amortización de los activos se acortan, el ingreso disminuye con los impuestos a pagar; por tanto, la empresa tiene en disponibilidad mayores utilidades para la reinversión.

Las Leyes fiscales que determinan el importe de los gravámenes, son como sigue:

**LEYES FISCALES SOBRE LAS EMPRESAS(1996-1997)**

- A). LIS: Ley del impuesto al activo de las empresas.
- B). LIBA: Ley de impuesto al valor agregado.
- C). LSS: Ley del seguro social
- D). LFT: Ley Federal del trabajo, que incluye las leyes relativas a las prestaciones de los trabajadores; fondos de retiro y prima de antigüedad.
- E). LOTFF: Ley Orgánica del Tribunal Fiscal de la Federación
- F). CFF: Código Fiscal de la Federación.
- G). CC: Código de Comercio.
- H). LIGI: Ley de Impuesto General de Importación.
- I). AT: Administración Tributaria
- J). LA: Ley Aduanera
- K). ISR: Impuesto sobre la Renta.
- L). IESPS: Impuesto Especial Sobre Producción y Servicios
- M). ISAI: Impuesto sobre la adquisición de los Inmuebles, Automóviles Nuevos, Tenencia de uso de Vehículos y Ley Federal de Derechos.
- N). IEUA: Impuesto Especial por Uso de Agua.

En cuanto a los impuestos por ventas internas y al exterior, están regulados por la propia Secretaría de Hacienda y Crédito Público, vigentes al concepto de ventas que incluye, el impuesto al valor agregado (IVA) sobre la producción minera, especificada en el Reglamento de la propia Ley Minera, correspondiente al Artículo 27 Constitucional.

Por lo que respecta a los impuestos y tarifas por exportación e importación de minerales y productos, varían en relación a los mismos y

de país a país, según los bloques comerciales y sus Leyes proteccionistas a la importación comercial, bajo los tratados vigentes como el *Mercado Común Europeo*; el de la *Ronda de Uruguay*, sobre el *Acuerdo General de Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT)*, así como del potencial *Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC o NAFTA)*, que incluye varios tratados comerciales bilaterales, trilaterales y polilaterales, agregados en la idea de una nueva Ley de patentes y marcas que aseguren el desarrollo de empresas inmersas en todos los sectores de la producción.

En cuanto a la desgravación arancelaria de bienes de importación que se contempla en el *Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TAC)*, se advierte que la mayor parte de estos quedan dentro de las excepciones, a los artículos 301 y 309 del TAC, que interpone el gobierno mexicano "para adoptar o mantener prohibiciones o restricciones a la importación" y que estarán sujetos a las fracciones de *Tarifa de la Ley de Impuesto General de Importación*, como son:

Los cargadores frontales de accionamiento hidráulico, palas mecánicas, excavadoras, cargadores, dragas, perforadoras de rotación y/o percusión, máquinas para hacer túneles o galerías autopropulsadas, máquinas industriales, máquinas automáticas para procesamiento de datos, unidades de memoria, quebrantadoras y trituradoras de dos o más cilindros ya sea de quijadas, giratorias, conos, de bolas o de barra para materiales minerales; tractores de orugas, camiones para sondeos o perforaciones, entre otros.

En consecuencia tratándose el grafito cristalino de un mineral No Metálico, dispone de derechos especiales para su explotación, en 30% menor al de los Minerales Metálicos, bajo las tarifas de derechos superficiales asignados por la *Dirección de Minas de la SEMIP*

## **INFLACIÓN**

Un escenario inflacionario como el de México, causa grandes trastornos en los flujos de efectivo reales, nominales y futuros. Por lo que *IMI* está interesada en determinar su impacto en los rendimientos reales, al desarrollar un análisis de presupuesto de capital. (*Láminas 38, 40, 41*)

En tales condiciones, la tasas de interés nominal ( $n$ ), la Tasa de inflación ( $inf$ ), y, la Tasa real ( $r$ ), guardan la siguiente relación, descrita como **efecto Fisher**:

$$\begin{aligned}
 (1 + n) &= (1 + inf.)(1 + r) \\
 n &= (1 + inf.)(1 + r) - 1 \\
 r &= (1 + n)/(1 + inf.) - 1
 \end{aligned}$$

### **TÉCNICAS PARA EL PRESUPUESTO DE CAPITAL**

La teoría microeconómica analiza la forma de utilizar escasos recursos para obtener la mayor satisfacción de las necesidades de los pequeños sectores a fin de maximizar estos eficientemente. Para el efecto, las teorías plantean ciertas premisas o considerandos que se deben cumplir en su aplicación. En el mismo sentido, las *Técnicas de Presupuesto de Capital* persiguen maximizar la riqueza de los accionistas de una empresa, para su valoración se requiere que se cumpla los siguientes, supuestos:

#### **SUPUESTOS PARA MAXIMIZAR EL CAPITAL DE INVERSIÓN**

- a). Los mercados de capital, deben ocurrir sin fricción, de manera que los gerentes de la empresa puedan tomar las decisiones de inversión, independientemente de las preferencias individuales de los accionistas.
- b). Los flujos de efectivo serán estimados sin error.
- c). La tasa de interés para proyectos de igual riesgo y los recursos monetarios involucrados de capital, serán conocidos.
- d). Todos los flujos de efectivo deben ser considerados.
- e). La Información Financiera debe estar Reexpresada, a fin de que los flujos de efectivo estén actualizados, al costo de oportunidad de los recursos monetarios.
- f). De un conjunto de proyectos mutuamente excluyentes se debe seleccionar el que maximiza la riqueza de los accionistas; es decir, la que maximiza los flujos de efectivo.
- g). Los gerentes de la empresa, deben ser capaces de seleccionar un proyecto independiente de otros alternos.

## TÉCNICAS DEL PRESUPUESTO DE CAPITAL

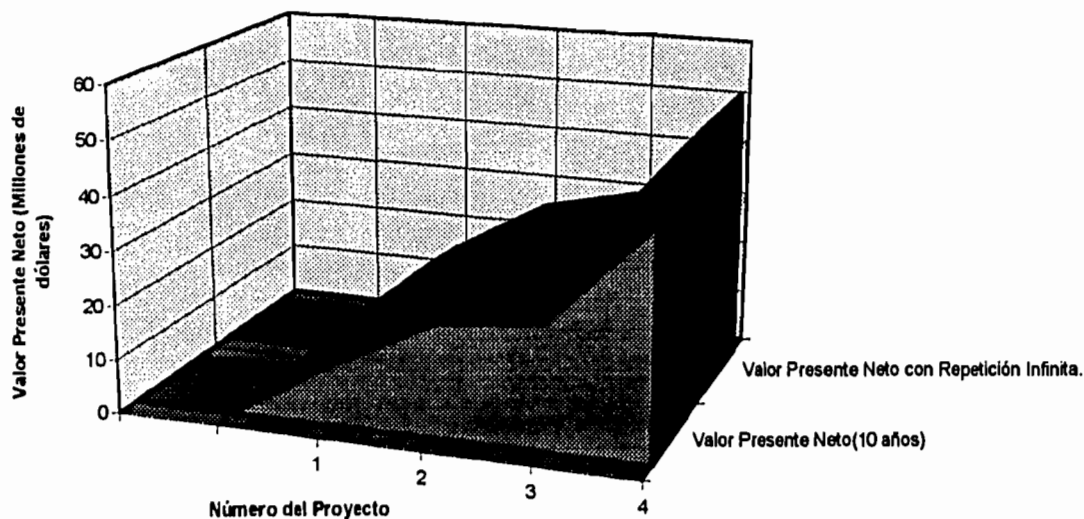
TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE INVERSIÓN	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CLASIFICACIÓN POR INSPECCIÓN	Por ejemplo: a). Proyectos con igual periodo de vida e Inversión, se acepta el de mayor <i>FEN</i> . b). Proyectos con <i>FEN</i> y monto de inversión igual, se decide por el de vida más larga.	Por su sencillez y rapidez de obtención es de los métodos más prácticos.	El método no determina un valor cuantitativo. Se aplica para determinadas situaciones.
PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL (PRC)	Si el <i>PRC</i> calculado es menor que el <i>PRC</i> máximo aceptable, se acepta la propuesta, en caso contrario se rechaza.	Es fácil de calcular. En los países con inflación baja es un método común.	No considera: los flujos de efectivo posteriores al periodo de recuperación, el valor del dinero a través del tiempo, la vida útil del proyecto. No es una medida de rentabilidad.
TASA DE RENDIMIENTO CONTABLE PROMEDIO (TRC)	Se acepta el proyecto con el mayor <i>TRC</i> y se rechaza el de menor rendimiento contable.	Es de fácil cálculo a partir de la información de los libros contables.	No considera: los flujos reales de efectivo, el costo del capital, el valor del dinero a través del tiempo y la vida útil del proyecto. Presupone que toda la inversión se deprecia.
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	El proyecto se acepta si el <i>VPN</i> > 0 y se rechaza si es el <i>VPN</i> < 0.	Cumple las propiedades exigidas.	El problema del método es la selección adecuada del costo del capital.
IVPN, Para portafolios con restricción de Capital.	Se selecciona el portafolios con el mayor <i>IVPN</i>	Permite la selección del portafolio que maximiza la riqueza.	Se aplica para proyectos independientes. Sólo se aplica cuando el presupuesto de inversión es limitado.
IVPN, Para portafolios sin restricción de Capital.	Se selecciona el portafolios con el mayor <i>IVPN</i> .	Se selecciona el portafolio que maximiza la riqueza.	Se aplica para proyectos independientes.
VALOR PRESENTE NETO DE REPETICIÓN INFINITA	Se selecciona el proyecto con el mayor valor presente de repetición infinita.	La técnica se aplica para proyectos con periodos de vida diferentes.	No considera variaciones en el costo del capital Presupone que las características del proyecto y el monto de inversión se mantienen en cada repetición.
MÉTODO DE LA ANUALIDAD EQUIVALENTE	Se selecciona el proyecto que tenga la mayor anualidad equivalente.	Permite comparar proyectos con vidas y costos de capital diferentes.	El problema del método es la selección adecuada del costo del capital.
INDICE DE PRODUCTIVIDAD (IP)	Se acepta si él: <i>IP</i> > 1, es decir que el proyecto tiene una utilidad esperada mayor o igual a la propuesta. Por tanto se rechaza si él <i>IP</i> < 1.	Es un índice de referencia que enriquece la información para evaluar la inversión.	Cuando se aplica como única técnica, está es para proyectos mutuamente excluyentes. El <i>IP</i> , no valora la magnitud o escala del proyecto que compara. Se aplica únicamente para proyectos independientes.
INDICE DE PRODUCTIVIDAD INCREMENTAL (IPI)	Al comparar el <i>IPI</i> , de proyectos con <i>VPN</i> positivo se selecciona el de mayor <i>IPI</i> .	El método considera la magnitud o escala de las inversiones y flujos de efectivo.	Presupone que el capital de inversión es lo suficiente como para invertir en varios proyectos y formar un portafolio de inversión.
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	Una vez, calculada la <i>TIR</i> , la decisión de aceptación o rechazo será en función del valor del costo de capital ( <i>K</i> ) definida en el proyecto: Si la <i>TIR</i> > <i>k</i> , se acepta, y si la <i>TIR</i> < <i>k</i> se rechaza.	Determina la tasa de rendimiento de un proyecto, en donde todas las utilidades se reinvierten en el mismo proyecto.	Para su cálculo, no se considera el capital de trabajo. No es recomendado cuando se aplica como única técnica de evaluación ya que no considera el monto de los flujos de efectivo, es decir las dimensiones del proyecto. Al existir flujos de efectivos negativos posterior al periodo de inversión se tiene más de una <i>TIR</i> .
TASA INTERNA DE RETORNO MODIFICADA (TIRM)	Sea <i>k</i> , el costo ponderado del proyecto: Si la <i>TIRM</i> > <i>K</i> , se acepta el proyecto, y si la <i>TIRM</i> < <i>K</i> el proyecto no se acepta.	<i>TIRM</i> , es similar a la <i>TIR</i> , excepto que la <i>TIRM</i> asume la reinversión en el proyecto al costo del capital.	Considera que todos las utilidades que genera el proyecto se reinvierten en el periodo subsiguiente, lo que no siempre es así. Tampoco considera la dimensión del proyecto. Para su calculo se requiere conocer el costo de capital.

## PRESUPUESTO DE CAPITAL PRINCIPALES PARÁMETROS DE LOS PROYECTOS

PARÁMETROS	PLANTA DE 1500 T/d		PLANTA DE 3000 T/d	
	YACIMIENTO EL HIELO	YACIMIENTO LA ESCONDIDA	YACIMIENTO EL HIELO	YACIMIENTO LA ESCONDIDA
Número de Proyecto.	1	2	3	4
Horizonte de Planeación(Años)	10	10	10	10
Número de años de vida del Proyecto(Años)	132	118	66	59
<b>TÉCNICAS DE PRESUPUESTO DE CAPITAL</b>	<b>RESULTADOS</b>			
Periodo de Recuperación del capital.	3.62 años	2.4 años	3.62 años	2.4 años
Tasa de Rendimiento Contable Promedio.	200.38%	289.39%	200.38%	289.39%
Valor Presente Neto(10 años)	\$ 11.49	\$ 20.97	\$ 22.98	\$ 41.94
Valor Presente Neto con Repetición Infinita.	\$ 14.87	\$ 25.58	\$ 29.74	\$ 51.16
Método de la Anualidad Equivalente.	\$ 4.04	\$ 6.96	\$ 8.09	\$ 13.92
Indice de Productividad	1.31	1.56	1.31	1.56
Tasa Interna de Retorno(TIR)	50.18%	66.77%	50.18%	66.77%
Tasa Interna de Retorno Modificada(TIRM)	19.13%	22.82%	19.13%	22.82%

 ; Son operaciones que no se calculó con la hoja electrónica

### COMPARACIÓN DEL VPN DE 4 OPCIONES DE INVERSIÓN



Las técnicas más ampliamente usadas para el presupuesto de capital, son:

### **TÉCNICAS DEL PRESUPUESTO DE CAPITAL**

- 1). Clasificación por Inspección
- 2). El periodo de recuperación del capital (PRC)
- 3). Tasa de rendimiento contable (TRC).
- 4). Valor Presente Neto (VPN).
- 5). Índice del Valor Presente para portafolios de Proyectos de inversión, sin restricción de capital ( $IVP_{(1,2,\dots,N)}$ ).
- 6). Índice del Valor Presente para portafolios de Proyectos de inversión, con restricción de capital ( $IVP_{(1,2,\dots,N)}$ ).
- 7). Valor presente neto con repetición infinita ( $VPN[N,\infty]$ )
- 8). Método de la anualidad equivalente ( $KVPN[N,\infty]$ ).
- 9). Índice de Productividad (IP).
- 10). Índice de Productividad Incremental (IPI).
- 11). Tasa Interna de Retorno (TIR)
- 12). Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM)

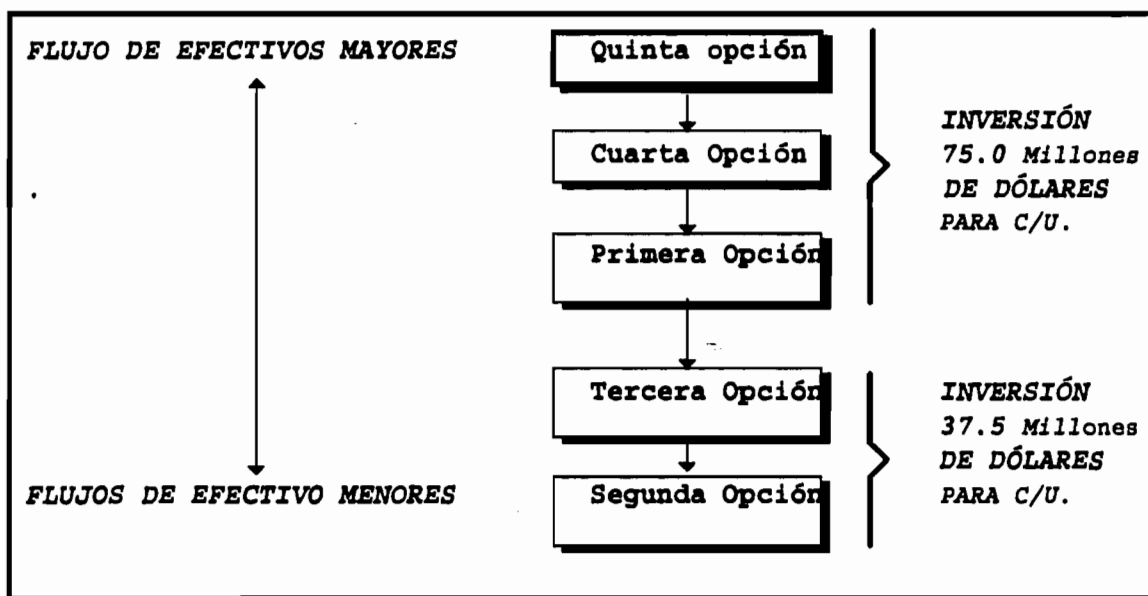
En la lámina 36, se describen las ventajas y desventajas de estas técnicas, así como los criterios para aceptar o rechazar los Proyectos de inversión que se evalúan. De estas técnicas, la única que satisface las propiedades exigidas de presupuesto de capital es la del *Valor Presente Neto (VPN)*

#### **1). CLASIFICACIÓN POR INSPECCIÓN**

Se deduce de la simple observación comparativa de los flujos de efectivo en los proyectos, monto de la inversión y duración. Por ejemplo, se decide por aquellos de vida más larga, cuando el monto de su inversión y flujo de efectivos es igual. A continuación se describe el caso del proyecto de inversión propuesto a los accionistas de la empresa, que contempla las siguientes cinco opciones:

<b>Primera Opción.</b>	La construcción de dos planta de 1500 T/d, una para cada yacimiento.
<b>Segunda opción.</b>	Construir una planta de 1500 T/d, para el yacimiento de El Hielo.
<b>Tercera Opción.</b>	Construir una planta de 1500 T/d, para el yacimiento La Escondida.
<b>Cuarta Opción.</b>	Construir una planta de 3000 T/d, para el yacimiento de El Hielo.
<b>Quinta Opción.</b>	Construir una planta de 3000 T/d, para el yacimiento de La Escondida.

### CLASIFICACIÓN POR INSPECCIÓN DE LOS PROYECTOS



## 2). PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL (PRC)

En inglés **payback period rule**, es otro indicador contable para la evaluación de inversiones y consiste en determinar el mínimo tiempo ( $n$ ), durante el cual se recupera la inversión total ( $It$ ).

$$It = \sum_{i=1}^n FEN(i)$$

Del cuadro descrito en la lámina 37, el tiempo de recuperación de la inversión para una planta con capacidad de beneficio de 1500 T/d ó 3000 T/d es, para el yacimiento de el Hielo de 3.62 años y para el yacimiento La Escondida de 2.40 años, durante la fase de producción sostenida; donde a mayor ley, el tiempo vá disminuyendo.

### 3). MÉTODO DE LA TASA DE RENDIMIENTO CONTABLE PROMEDIO (TRC)

En inglés *average accounting return (AAR)*, comprende una técnica contable popular, usada en evaluación de propuestas de inversión de capital. Consiste en calcular el promedio de todos los Flujos de Efectivo Neto (FEN), entre el promedio de la inversión neta ( $PI_{(neta)}$ ).

$$TRC = [(FEN(i)) / N] / PI(neta)$$

Casos:

- 1). En el caso en que la inversión incluye activos que en su totalidad son sujetos de depreciación fiscal, como ocurre con la compra de maquinaria, entonces la inversión neta de cada periodo se obtiene restando a la inversión total la depreciación acumulada del periodo respectivo.
- 2). En el caso en que la inversión total involucra capital de trabajo, como ocurre con los proyectos nuevos, entonces  $PI(neta)$  se calcula dividiendo el monto de la inversión total entre el número de periodos de la vida del proyecto.

A continuación, se describe la mecánica para obtener la TRC, tomando como ejemplo la **Primera Opción** que considera la construcción de dos plantas de 1500 T/d, una para cada yacimiento, de la lámina 34, obtenemos:

Promedio de los FEN, en millones de dólares :  
 $(-8.79 - 27.18 + 24.53 \times 6 + 24.10 \times 3) / 11 = 16.682$

Promedio anual de la inversión total:  
 $18.32 + 56.62 = 74.94; \quad 74.94 / 11 = 6.8127$

$$TRC = 16.682 / 6.8127 = 244.8\%$$

De la misma forma, con una planta de 1500 T/d ó 3000 T/d, el rendimiento contable promedio del yacimiento de El Hielo es de 200.38 %, la cual es menor a la del proyecto la escondida, que es de 289.39 % ( Lámina 37.)



#### 4). MÉTODO DEL VALOR PRESENTE NETO (VPN)

Este (VPN) método predispone la mejor forma de evaluación de los proyectos mutuamente excluyentes con el mismo horizonte de vida y equivale al valor en que se incrementa (decrementa) la riqueza de los accionistas. La técnica se aplica para encontrar el proyecto que maximiza las utilidades de la empresa.

Las ventajas del VPN es que utiliza todos los flujos de efectivo del horizonte de planeación del proyecto y considera el valor del dinero, a través del tiempo.

Sin embargo, el VPN no contempla la posibilidad de reinversión de los flujos de efectivo generados por la inversión inicial, ni tampoco maximiza el crecimiento o expansión de una empresa.

El método del VPN requiere conocer: los  $FEN(i)$  en el año  $i$ , desde  $i = 0, \dots, N$ .  $K$ , es el costo de capital expresado como una tasa de interés,  $I_0$  es el monto de la inversión y,  $N$  es el número de años del proyecto.

$$VPN(N) = \sum_{i=1}^n [ FEN(i)/(1+K)^i ] - I_0$$

Como se observa en la ecuación, existe una relación inversa entre el VPN y el costo del capital ( $K$ ), si la tasa de retorno se incrementa, el VPN decrece.

En otros términos, si los tipos de interés aumentan los flujos de efectivo futuros se descuentan a una tasa mayor, disminuyendo de esa forma el valor del activo.

#### INTERPRETACIÓN DEL VPN

##### 1. Proyecto de inversión con VPN menor a cero:

a). Significa que genera una tasa de rendimiento menor al valor de la riqueza de los accionistas.

- b). Implica una pérdida y rendimiento menor a la tasa de descuento del costo de capital, a lo largo del periodo considerado.
- c). El proyecto no retorna suficiente flujo de efectivo para pagar intereses a los acreedores y rendimientos a los accionistas y de lo invertido.
- d). Por tanto, un Proyecto con *VPN* negativo se rechaza.

### **2. Proyecto de inversión con *VPN* igual a cero**

- a). Significa que el proyecto retorna suficiente flujo de efectivo para pagar intereses a los acreedores y rendimientos a los accionistas de lo invertido.
- b). Con un *VPN* igual a cero y a un costo de capital igual al promedio de la inflación en ese periodo, no se aumenta el patrimonio de la empresa durante el horizonte de planeación.

### **3. Proyecto de inversión con *VPN* mayor a cero**

- a). Por tanto, un proyecto con *VPN* positivo, genera una tasa de rendimiento mayor en cantidad igual al valor de la riqueza de los accionistas.
- b). Implica una ganancia extra, después de ganar la tasa de descuento del costo de capital a lo largo del período considerado.
- c). Así pues, un proyecto con valor presente positivo se acepta, o se rechaza en caso contrario.

## **MÉTODOS PARA CALCULAR EL VALOR PRESENTE NETO BAJO ESCENARIOS INFLACIONARIOS**

- 1). Expresar los flujos de efectivo en términos nominales y descontar en términos nominales.
- 2). Obtener los flujos de efectivo reales (incluye el efecto inflacionario) y descontar en términos reales; ambos métodos obtienen la misma respuesta.

Los resultados del *VPN*, descritos en el cuadro de la lámina 37, definen los siguientes niveles de jerarquía:

$$\begin{aligned} & \text{VPN}(\text{Escondida}, 3000\text{T/d}) > \text{VPN}(\text{Hielo}, 3000\text{T/d}) > \\ & \text{VPN}(\text{Escondida}, 1500\text{T/d}) > \text{VPN}(\text{Hielo}, 1500\text{T/d}) \end{aligned}$$

Por tanto, de las cinco opciones de inversión, el proyecto de La Escondida, con capacidad de beneficio de 3000 T/d, es el que genera la mayor riqueza a los accionistas.

### 5). ÍNDICE DEL VALOR PRESENTE PARA PORTAFOLIOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, SIN RESTRICCIÓN DE CAPITAL

El método permite seleccionar aquél conjunto de proyectos de inversión no excluyentes que conforma el portafolio que maximiza la riqueza de los accionistas, considerando que no existen limitaciones de capital.

$$\text{IVP}_{(1+2+\dots+N)} = 1/C[\text{IVP}_1 + \text{IVP}_2 + \dots + \text{IVP}_n]$$

$$C = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$I_n$ , inversión por Proyecto.

$C$ , Capital total de inversión.

$N$ , número con que se identifica a cada Proyecto.  
(1+2+3+...+N), es el portafolio referido

### 6). ÍNDICE DEL VALOR PRESENTE PARA PORTAFOLIOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, CON RESTRICCIÓN DE CAPITAL.

La técnica involucra la selección de uno o varios proyectos independiente que tenga él máximo valor presente neto, y un presupuesto de capital limitado.

$$\text{IVP}_{(1+2+3+\dots+n)} = W_1\text{IVP}_1 + W_2\text{IVP}_2 + \dots + W_n\text{IVP}_n + W_f\text{IVP}_f$$

En donde:

$W_1 = (I_1)/(I_1 + I_2 + \dots + I_n)$ ,  $W_2 = (I_2)/(I_1 + I_2 + \dots + I_n)$ , que son las ponderaciones de las inversiones, con respecto al capital disponible;  
 $W_f$  = monto que sobra del capital disponible y que no se invierte, y  
 $\text{IVP}_f$  es el Índice del Valor Presente asociado y que es igual a 1.0 ;  
Capital disponible =  $I_1 + I_2 + \dots + I_n$ ;  $I_n$ , implica al monto de la inversión del enésimo proyecto.

### 7). MÉTODO DEL VALOR PRESENTE NETO CON REPETICIÓN INFINITA

Con el propósitos de maximizar la riqueza de los accionistas debemos hacer un ajuste al VPN, debido a los diferentes años de vida de los proyectos. Para el efecto, se considera que: a) Los Proyectos de inversión se repiten indefinidamente; b) Tienen el mismo costo de capital; c) Diferente período de vida; d) El nivel de riesgo de los proyectos al que se compara, es el mismo y, e) No existe restricción del capital, y se expresa con la formula de valor anualizado equivalente.

$$VPN(N, \infty) = VPN(N) [(1+K)^N / ((1+K)^N - 1)]$$

A través de esta metodología, podemos concluir, que no obstante el contrastante del volumen de las reservas entre los yacimiento de El Hielo y La Escondida existe contraste, de 66 años y 59 años respectivamente, al ritmo de explotación de 3000 T/d. El Proyecto La Escondida de 3000 T/d genera la mayor riqueza a los accionistas (Lámina 37). De acuerdo a la siguiente jerarquía que toma en cuenta la diferencia de vida de los proyectos, mas allá del horizonte de planeación de 10 años:

$$\begin{aligned} VPN(\text{Escondida}, 3000\text{T/d}) &> VPN(\text{Hielo}, 3000\text{T/d}) > \\ VPN(\text{Escondida}, 1500\text{T/d}) &> VPN(\text{Hielo}, 1500\text{T/d}) \end{aligned}$$

### 8). MÉTODO DE LA ANUALIDAD EQUIVALENTE A VALOR PRESENTE

Tiene las mismas características que el método de la repetición infinita, con la excepción de que el costo de capital para cada proyecto puede ser diferente:

$$KVPN(N, \infty) = KVPN(N) [(1+K)^N / ((1+K)^N - 1)]$$

### 9). MÉTODO DEL ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD

En ingles *Profitability Index*, para una razón que mide, en valor presente, el flujo de efectivo futuros esperados después de inversión dividido entre la inversión, del proyecto. Con los índices de valor presente (IVP) se facilita la jerarquía de los proyectos, en términos de su rentabilidad:

$$VP = VPN + I_0 = \sum_{j=1}^N FEN(j)/(1+k)^j + I_0$$

$$IP(n) = [VP]/I_0 = 1 + VPN/I_0$$

El índice de productividad de las cinco opciones de inversión, se describe en el cuadro de la lámina 37; en la cual, se determina el mismo índice de productividad para cada yacimiento; independientemente, del tamaño de la planta seleccionada y que es de 1.31 para el yacimiento de El Hielo y de 1.56 para el yacimiento de La Escondida.

### 10). ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD INCREMENTAL

El método elimina el problema de escala, que se obtiene al analizar el IP de los proyectos, que implican marcadas diferencias en el monto de inversión y flujos de efectivo.

$$IP(\text{incremental}) = [VP_{(2-1)}] / I_{0(2-1)}$$

Para toda  $I_0(1)$ , diferente de  $I_0(2)$ .

$VP_{(2-1)}$ , es el valor presente de los flujos de efectivo Incrementales y,  $I_{0(2-1)}$  es la inversión incremental; o sea la diferencia del monto de inversión de los proyectos.

### 11). MÉTODO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de rendimiento emplea conceptos similares al del *VPN*, pero evita la selección predeterminada de una tasa de interés mínima aceptable al costo de capital. La *TIR*, supone que el dinero que se gana año con año, se reinvierte en su totalidad en la empresa por medio de la reinversión. Así pues, la *TIR* representa la tasa de crecimiento de una inversión que, al ser obtenida, se compara con la tasa de rendimiento requerida y si la *TIR* es mayor, el proyecto se acepta ya que otorga un rendimiento mayor. En el caso contrario, la propuesta se rechazaría.

Desde otra perspectiva la *TIR*, representaría la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar con las entradas de efectivo de la inversión, a medida que se producen y sin perder dinero para el supuesto que el proyecto sea financiado en su totalidad por fuentes externas.

El cálculo de la *TIR*, para un periodo de *n* años es:

$$0 = -I_0 + \sum_{i=1}^n [FEN(i)/(1+TIR)^i]$$

Como se observa, el valor de la *TIR* es la tasa de descuento que hace que el *VPN* sea igual a cero. La desventaja metodológica es que las raíces de este polinomio para obtener "i", se rigen por la *Ley de Signos de Descartes*.

Por tanto, el número de cambios de signo en el polinomio, define el número de valores de la *TIR*. Entonces, cuando todos los *FEN* son positivos dentro del horizonte de planeación, la *TIR* no se puede determinar, al existir ganancias sin inversión. En cambio, cuando existe un sólo cambio de signos, se tiene una sola *TIR* y una sola inversión. Pero cuando existen más de un cambio de signos se obtendría más de una *TIR* sin significado. Por tanto, no es recomendable aplicar esta técnica cuando los *FEN* son negativos posteriores a la inversión.

La diferencia entre el método del *VPN* y la *TIR* es que el primero reinvierte, a costo de oportunidad del capital; mientras que el otro, se invierte a la tasa interna de retorno inherente al proyecto.

De los cuadros de las láminas: 34, 35 y 37, se puede apreciar que la *TIR* es de **50.18%** a **66.77%**, que son muy superiores a la actual tasa de rendimiento de *CETES*. La *TIR* del Proyecto La Escondida es de **66.77%** mientras que la del Proyecto El Hielo es de **50.18%**. Con esto

concluimos que el proyecto de La Escondida, genera la mayor tasa interna de retorno.

## 12). MÉTODO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO MODIFICADA (TIRM)

En inglés *MIRR*, y es similar a la *TIR*, excepto que en la *TIRM* asume la reinversión de las utilidades del proyecto, a costo del capital ( $K$ ). En la lámina 37, observamos que independientemente del tamaño de la planta la *TIRM* del proyecto El Hielo es de 19.13% y el de La Escondida es de 22.82%. De acuerdo al siguiente procedimiento:

**Paso 1.** Se obtiene el valor futuro de los beneficios esperados ( $F$ ), al final del horizonte de planeación ( $n$ ), usando la tasa del rendimiento del capital ( $K$ ) conocida.

$$F = \sum_{i=2}^n (FEN(i)(1+K)^N)$$

**Paso 2.** Se determina el valor presente de los beneficios (llevados al final de vida del proyecto), descontados a valor *MIRR* (incógnita), e igualándolo con el valor de la inversión inicial ( $I_0$ )

$$I_0 = F / (1 + TIRM)^N$$

$N$ , es el número de años del horizonte de planeación

**Paso 3.** Se despeja el valor de la *TIRM*, formulada en la ecuación del paso 2.

A continuación, se describe la mecánica para obtener la *TIRM*, tomando como ejemplo la *Primera Opción* que considera la construcción de dos plantas de 1500 T/d, una para cada yacimiento, de la lámina 34, obtenemos:

**Paso 1:**

$$F = (24.53)(1.20)^8 + (24.53)(1.28)^7 + \dots + (24.53)(1.20)^3 + (24.10)(1.20)^2 + (24.10)(1.20) + (24.10) = 508.6318$$

**Paso 2:**

$$I_0 = F / (1 + TIRM)^N; \quad 74.94 = 508.6318 / (1 + TIRM)^{10}$$

**Paso 3:**

$$TIRM = (508.6318 / 74.94)^{(1/10)} - 1 = 0.21; \quad TIRM = 21.10\%$$

## **CLASIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS**

**Proyectos de Inversión Independiente.** Son los que la decisión de aceptación o rechazo es independiente de otros proyectos. De un conjunto uno o varios proyectos pueden ser seleccionados.

Así pues, el proyecto considera que la decisión de explotar o no los yacimientos es independiente, para cada caso de análisis.

**Proyectos de inversión Mutuamente Excluyentes.** Se refieren a los que únicamente se puede seleccionar un proyecto entre varias alternativas para invertir. En este caso, una opción descarta a la otra por razones económicas, políticas, sociales, técnicas o financieras.

El análisis financiero que se describe, considera las siguientes alternativas para la instalación industrial minero-metalúrgica, con capacidad instalada de 3000 T/d, de mineral beneficiado

### **CASOS DE INVERSIONES MUTUAMENTE EXCLUYENTES A EXAMINAR**

- 1). Proyecto de inversión: en 2 plantas de beneficio, con capacidad de beneficio de 1500 T/d, para cada yacimiento
- 2). Proyecto de inversión: de 1 planta de 3000 T/d, para el yacimiento de *El Hielo*.
- 3). Proyecto de inversión: de 1 planta de 3000 T/d, para el yacimiento de *La Escondida*.

### **COMPARACIÓN DEL VALOR PRESENTE NETO DE PROYECTOS MUTUAMENTE EXCLUYENTES**

Un caso particular de las técnicas de análisis con riesgo en proyectos de inversión, radica en estudiar pares de proyectos mutuamente excluyentes, cuando los valores de **VPN** contrastan por su grado de sensibilidad a las variaciones del Costo de Capital. El método consiste en obtener el **VPN** de los flujos de efectivo incremental para cada periodo y asignar diferentes valores del Costos de Capital. Entonces, la **TIR** de los Flujos de Efectivo Incremental, representa el punto en que ambos proyectos tienen igual valor presente y costo de capital. Los resultados obtenidos de la aplicación de esta técnica se describe más adelante.



### CASO DE INVERSION MUTUAMENTE INDEPENDIENTES

1). **Opción 2:** Proyecto de inversión de una planta de 1500 T/d, para el yacimiento de El Hielo, en el Municipio de Santa María Peñoles, Oaxaca.

2). **Opción 3:** Proyecto de inversión de una planta de 1500 T/d, para el yacimiento de La Escondida, en el Municipio de San Francisco Telixtlahuaca, Oaxaca.

Si ambas opciones se llevan a cabo, el monto total del valor presente equivale a la ejecución de la **opción 1**:  $VPN_{(opción\ 2 + opción\ 3)} = VPN_{(opción\ 1)}$ , usando la propiedad de aditividad. (Lámina 34)

**Proyectos de inversión Contingentes.** Es un conjunto de donde todos o ninguno de los Proyectos se realiza.

**Proyectos de inversión Complementarias .** Son Proyectos nuevos que se generan a partir del traslado del flujo de efectivo de Proyectos ya realizados y en operación, por lo que existe dependencia y efectos laterales entre estas a pertenecer al mismo grupo de inversionistas.

El programa inversión que se describe contempla en el financiamiento de la planta industrial para la producción de productos derivados a partir de los concentrados de grafito cristalino y titanio, financiado a partir de los flujos de efectivo que se obtengan de las ventas obtenidas y contempladas en el horizonte de planeación de 10 años.

#### Principio de Aditividad

Define que si conocemos el valor de diversos proyectos independientes en forma separado, la suma de estos valores equivale al valor de realización de todos los proyectos. Matemáticamente, si existen  $N$  proyectos en la empresa el valor de todos ellos es:

$VPN = \sum_{i=1}^n VPN(i)$	$TIR = \sum_{i=1}^n TIR(i)$
La técnica del VPN, cumple con el principio de Aditividad.	La técnica del TIR, no obedece al principio de Aditividad.

## **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.**

La experiencia en Proyectos de inversión ha mostrado, que son pocas las ocasiones en que los parámetros que afectan o afectarán a la decisión son conocidas de antemano. Generalmente existe incertidumbre en las alternativas estudiadas, los efectos económicos futuros de la mayoría de los Proyectos son conocidos con un grado de certidumbre relativo. La falta de certeza sobre el comportamiento futuro de los parámetros involucrados obliga a los tomadores de decisiones plantear un rango completo de los posibles escenarios que se pueden presentar, al variar las estimaciones iniciales de los parámetros del Proyecto. Por tanto, un estudio de inversión completo debe contemplar los escenarios alternos, según diferentes supuestos de las variables relevantes.

Por ejemplo, es posible que en la evaluación de un Proyecto minero se tenga incertidumbre con respecto al precio unitario de venta de los concentrados minerales, Ley media de la mineralización, nivel de demanda, eficiencia productiva del proceso metalúrgico, costo ponderado del capital, inflación y monto de financiamiento, entre otros. En estos casos, es muy conveniente determinar qué tan sensible es la *TIR* o el *VPN* a cambios en las estimaciones a partir del cual la propuesta sería económicamente atractiva.

### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

1. Cuando en una propuesta de inversión la mayoría de sus parámetros son inciertos la técnica de análisis de sensibilidad no es recomendable. Para estos casos, un análisis de riesgo o simulación estocástico sería lo más recomendable.

2. Otro problema en el análisis de sensibilidad es la correlación entre las variables involucradas, por ejemplo, el precio de ventas del mes puede estar relacionada con los costos de ventas del mes anterior, es decir que pueden estar autocorrelacionadas, con ciclos anuales, semestrales trimestrales etc. En México, otro caso típico es el incremento del precio venta de un producto por devaluaciones monetarias que empujan los costos de los bienes importados para la producción.

En estos casos, las técnicas econométricas pueden identificar los desfases de parámetros con respecto al tiempo y la correlación entre las variables (el paquete *TSP*, para *Dos-6* o *Windows*, modela éste tipo de problema). La ventaja con este tipo de análisis, es que al identificar correlaciones entre los parámetros y el tiempo, desfasados en su comportamiento, se pueden tomar decisiones en el tiempo  $t$  y conocer sus consecuencias en  $t-x$ .

**YACIMIENTO DE EL HIELO, PLANTA DE 1500 T/d**  
**SENSIBILIDAD DE LA TIR Y EL VPN A LA INFLACION, CON DIFERENTES**  
**NIVELES DE COSTOS DE CAPITAL**

**COSTO DE CAPITAL DEL 10%**

%VARIACION: INFLACION	-10%	-5%	0%	+5%	+10%	+15%	+20%	+25%	+30%	+35%
INFLACION	16.9%	21.5%	26.0%	30.5%	35.1%	39.6%	44.2%	48.7%	53.3%	57.8%
INTERES NOMINAL(IN)	28.6%	33.6%	38.6%	43.6%	48.6%	53.6%	58.6%	63.6%	68.6%	73.6%
COSTO DEL CAPITAL	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%
TIR	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%

Millones de Pesos

VALOR PRESENTE NETO	\$ 79	\$ 52	\$ 31.9	\$ 16	\$ 3	\$ (7)	\$ (15)	\$ (21)	\$ (27)	\$ (31)
---------------------	-------	-------	---------	-------	------	--------	---------	---------	---------	---------

**COSTO DE CAPITAL DEL 20%**

%VARIACION: INFLACION	-10%	-5%	0%	+5%	+10%	+15%	+20%	+25%	+30%	+35%
INFLACION	7.2%	11.3%	15.5%	19.7%	23.8%	28.0%	32.2%	36.3%	40.5%	44.7%
INTERES NOMINAL	28.6%	33.6%	38.6%	43.6%	48.6%	53.6%	58.6%	63.6%	68.6%	73.6%
COSTO DEL CAPITAL	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
TIR	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%

Millones de Pesos

VALOR PRESENTE NETO	\$ 79	\$ 52	\$ 31.9	\$ 16	\$ 3	\$ (7)	\$ (15)	\$ (21)	\$ (27)	\$ (31)
---------------------	-------	-------	---------	-------	------	--------	---------	---------	---------	---------

**COSTO DE CAPITAL DEL 30%**

%VARIACION: INFLACION	-10%	-5%	0%	+5%	+10%	+15%	+20%	+25%	+30%	+35%
INFLACION	-1.1%	2.8%	6.8%	10.5%	14.3%	18.2%	22.0%	25.8%	29.7%	33.5%
INTERES NOMINAL	28.6%	33.6%	38.6%	43.6%	48.6%	53.6%	58.6%	63.6%	68.6%	73.6%
COSTO DEL CAPITAL	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%
TIR	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%

Millones de Pesos

VALOR PRESENTE NETO	\$ 79	\$ 52	\$ 31.9	\$ 16.0	\$ 3.4	\$ (6.7)	\$ (15)	\$ (21)	\$ (27)	\$ (31)
---------------------	-------	-------	---------	---------	--------	----------	---------	---------	---------	---------

**COSTO DE CAPITAL DEL 40%**

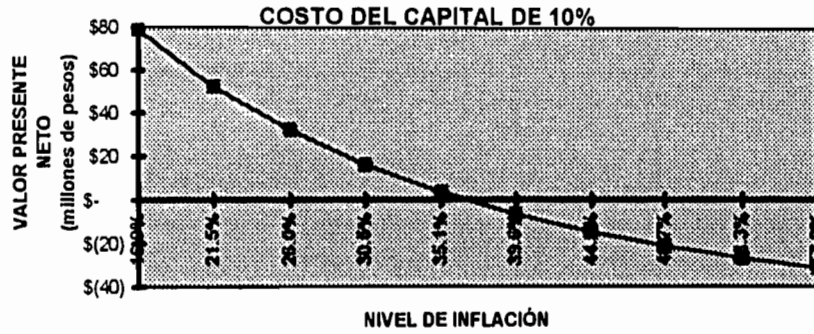
%VARIACION: INFLACION	-10%	-5%	0%	+5%	+10%	+15%	+20%	+25%	+30%	+35%
INFLACION	-8.1%	-4.6%	-1.0%	2.6%	6.1%	9.7%	13.3%	16.9%	20.4%	24.0%
INTERES NOMINAL	28.6%	33.6%	38.6%	43.6%	48.6%	53.6%	58.6%	63.6%	68.6%	73.6%
COSTO DEL CAPITAL	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%
TIR	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%

Millones de Pesos

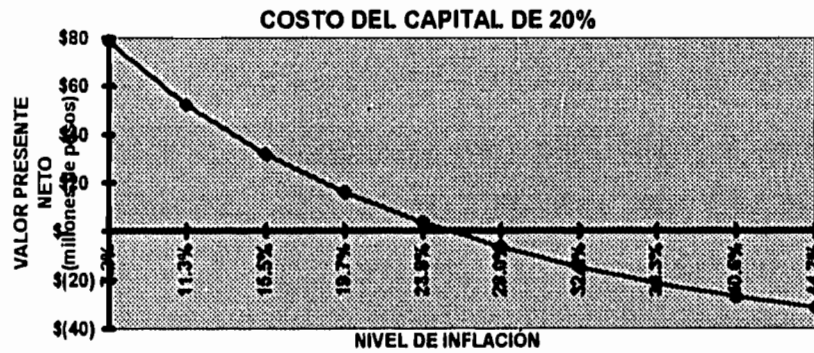
VALOR PRESENTE NETO	\$ 79	\$ 52	\$ 31.9	\$ 16	\$ 3	\$ (7)	\$ (15)	\$ (21)	\$ (27)	\$ (31)
---------------------	-------	-------	---------	-------	------	--------	---------	---------	---------	---------

Escenarios que suponen que las inversiones, los costos de producción y las ventas se contratan en pesos, de a \$7.60 por dólar.

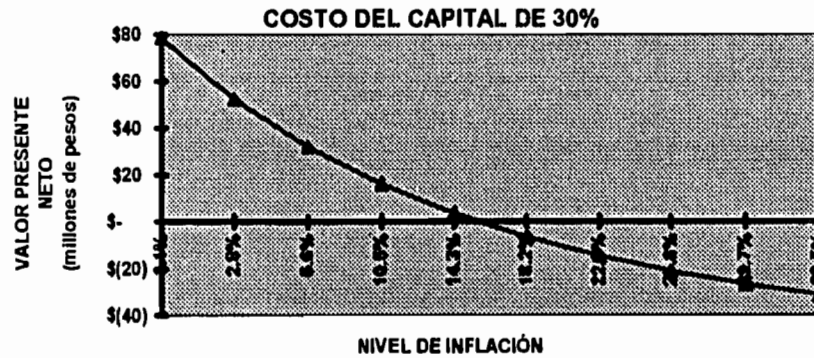
**PROYECTO EL HIELO, PLANTA DE 1500 T/d**  
**SENSIBILIDAD DEL VALOR PRESENTE NETO A LA INFLACIÓN PARA**  
**DIFERENTES NIVELES DEL COSTO DE CAPITAL**



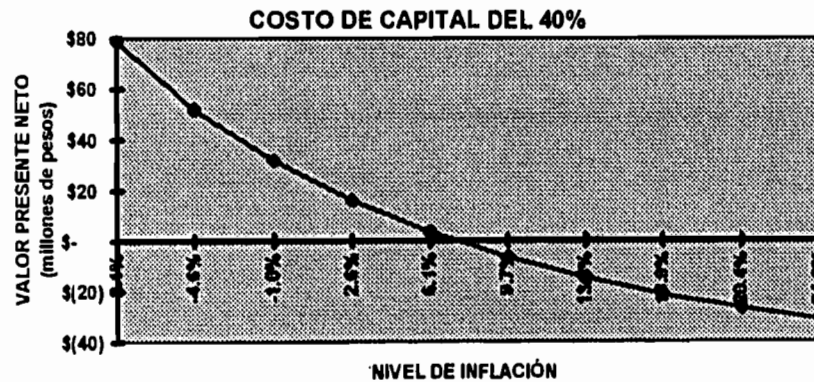
**VPN > 0, CON INFLACIÓN MENOR DE: 35.10%**



**VPN > 0, CON INFLACIÓN MENOR DE: 23.80%**



**VPN > 0, CON INFLACIÓN MENOR DE: 14.30%**



**VPN > 0, CON INFLACIÓN MENOR DE: 6.10%**

**YACIMIENTO LA ESCONDIDA, PLANTA DE 1500 T/d  
SENSIBILIDAD DE LA TIR Y EL VPN A LA INFLACIÓN, CON DIFERENTES  
NIVELES DE COSTOS DE CAPITAL**

**COSTO DE CAPITAL DEL 10%**

%VARIACION: INFLACION	-10%	-5%	0%	+5%	+10%	+15%	+20%	+25%	+30%	+35%
INFLACION	16.9%	21.5%	26.0%	30.5%	35.1%	39.6%	44.2%	48.7%	53.3%	57.8%
INTERES NOMINAL(IN)	28.6%	33.6%	38.6%	43.6%	48.6%	53.6%	58.6%	63.6%	68.6%	73.6%
COSTO DEL CAPITAL	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%
TIR	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%

**Millones de Pesos**

VALOR PRESENTE NETO	\$ 147	\$ 110	\$ 81.7	\$ 59	\$ 41.3	\$ 27	\$ 15	\$ 5	\$ (3)	\$ (10)
---------------------	--------	--------	---------	-------	---------	-------	-------	------	--------	---------

**COSTO DE CAPITAL DEL 20%**

% VARIACION: INFLACION	-10%	-5%	0%	+5%	+10%	+15%	+20%	+25%	+30%	+35%
INFLACION	7.2%	11.3%	15.5%	19.7%	23.8%	28.0%	32.2%	36.3%	40.5%	44.7%
INTERES NOMINAL	28.6%	33.6%	38.6%	43.6%	48.6%	53.6%	58.6%	63.6%	68.6%	73.6%
COSTO DEL CAPITAL	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
TIR	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%

**Millones de Pesos**

VALOR PRESENTE NETO	\$ 147	\$ 110	\$ 81.7	\$ 59	\$ 41	\$ 27	\$ 15	\$ 5	\$ (3)	\$ (10)
---------------------	--------	--------	---------	-------	-------	-------	-------	------	--------	---------

**COSTO DEL CAPITAL DEL 30%**

% VARIACION: INFLACION	-10%	-5%	0%	+5%	+10%	+15%	+20%	+25%	+30%	+35%
INFLACION	-1.1%	2.8%	6.6%	10.5%	14.3%	18.2%	22.0%	25.8%	29.7%	33.5%
INTERES NOMINAL	28.6%	33.6%	38.6%	43.6%	48.6%	53.6%	58.6%	63.6%	68.6%	73.6%
COSTO DEL CAPITAL	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%
TIR	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%

**Millones de Pesos**

VALOR PRESENTE NETO	\$ 147	\$ 110	\$ 81.7	\$ 59	\$ 41	\$ 27	\$ 15	\$ 5	\$ (3)	\$ (10)
---------------------	--------	--------	---------	-------	-------	-------	-------	------	--------	---------

**COSTO DE CAPITAL DEL 40%**

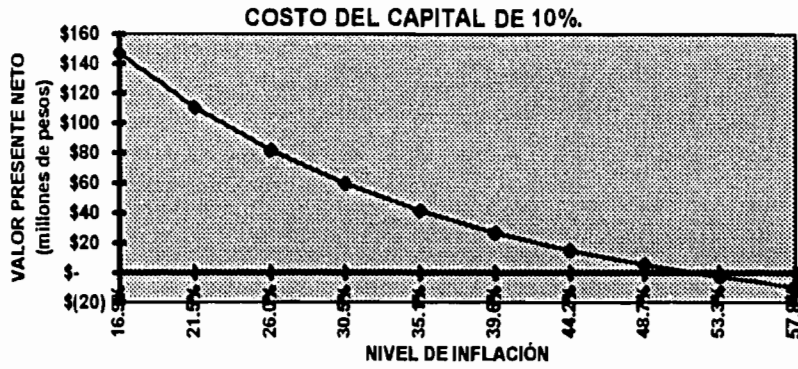
% VARIACION: INFLACION	-10%	-5%	0%	+5%	+10%	+15%	+20%	+25%	+30%	+35%
INFLACION	-8.1%	-4.6%	-1.0%	2.6%	6.1%	9.7%	13.3%	16.9%	20.4%	24.0%
INTERES NOMINAL	28.6%	33.6%	38.6%	43.6%	48.6%	53.6%	58.6%	63.6%	68.6%	73.6%
COSTO DEL CAPITAL	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%
TIR	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%	66.8%

**Millones de Pesos**

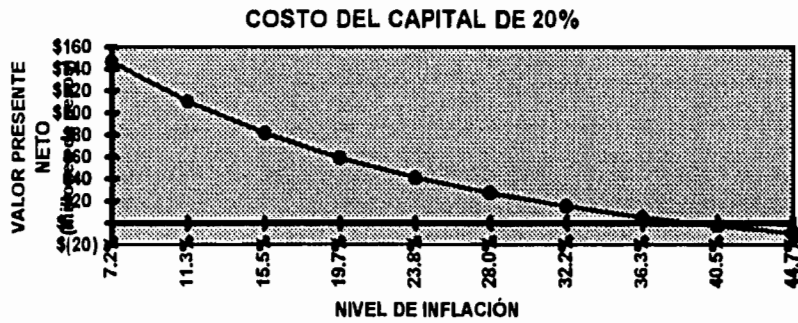
VALOR PRESENTE NETO	\$ 147	\$ 110	\$ 81.7	\$ 59	\$ 41	\$ 27	\$ 15	\$ 5	\$ (3)	\$ (10)
---------------------	--------	--------	---------	-------	-------	-------	-------	------	--------	---------

Escenarios que suponen que las inversiones, los costos de producción y las ventas se contratan en pesos, de a \$7.60 por dólar.

**PROYECTO LA ESCONDIDA, PLANTA DE 1500 T/d**  
**SENSIBILIDAD DEL VALOR PRESENTE NETO A LA INFLACIÓN PARA**  
**DIFERENTES NIVELES DEL COSTO DE CAPITAL**

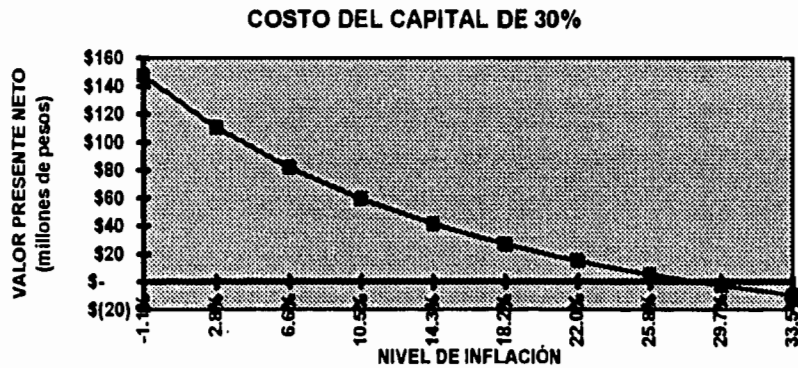


**VPN > 0, CON  
INFLACIÓN  
MENOR DE:  
49.00%**

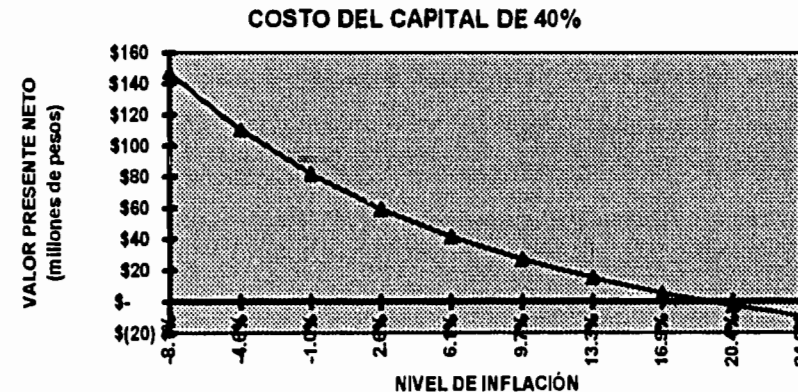


**VPN > 0, CON  
INFLACIÓN  
MENOR DE:  
36.30%**

LAMINA 41



**VPN > 0, CON  
INFLACIÓN  
MENOR DE:  
26.00%**



**VPN > 0, CON  
INFLACIÓN  
MENOR DE:  
20.00%**

**SENSIBILIDAD DE LAS PROYECCIONES FINANCIERAS, BAJO LAS  
CONDICIONES INFLACIONARIAS DE MÉXICO**

Con este apartado se pretende exponer la situación financiera de los proyectos bajo condiciones inflacionarias que en particular han impactado en la viabilidad de los proyectos. Si bien no están determinados para surtir efectos al Proyecto de IMI, ya que la aportación de los accionistas y el precio de venta se realizará en monedas fuertes, se exponen como una referencia comparativa para analizar la nobleza de la recuperación de las inversiones en escenarios de gran incertidumbre, de tal forma que se obtenga un VPN positivo.

Toda vía más, en el supuesto de una economía galopante como la prevaleciente en México en las últimas tres décadas, los costos de producción en moneda nacional siempre estarían por abajo de la cotización del dólar y poco o nada impactarían en el precio del producto final. En cambio, sí podemos reconocer que la compra de equipo y maquinaria de importación y la asesoría extranjera, serían los rubros que pudieran encarecer el precio de venta, en un margen relativamente bajo que ya fueron considerados a lo largo del contexto.

Las láminas: 38, 39, 40 y 41, describen variaciones de escenarios inflacionarios y sus resultados financieros, para el proyecto del yacimiento de El Hielo y La Escondida. Para el efecto, se asume: que con una capacidad de beneficio instaladas de 1500 T/d para cada proyecto, las inversiones, costos totales e ingresos por ventas se realizan en pesos de \$7.60 por dólar, los resultados se sintetizan en el siguiente cuadro:

**\*NIVELES DE INFLACIÓN VS. NIVELES DEL COSTO DE CAPITAL**

<b>PROYECTOS DE 1500 T/d</b>		
<b>COSTO DE CAPITAL</b>	<b>NIVEL MÁXIMO DE INFLACIÓN, CON INGRESOS Y EGRESOS EN PESOS</b>	
	<b>EL HIELO</b>	<b>LA ESCONDIDA</b>
10%	35.10%	48.7.0%
20%	23.80%	36.30%
30%	14.30%	25.8%
40%	6.1%	19.0%

\* Supuesto de: 7.60 pesos por dólar.

**SENSIBILIDAD DE LAS PROYECCIONES FINANCIERAS A LA VARIACIÓN  
EN EL PRECIO DE VENTA Y COSTOS DE PRODUCCIÓN**

La sensibilidad del **VPN** y **TIR**, con los cambios del precio unitario de venta y costos netos se ilustra a través de los cuadros y gráficas de las láminas: 42, 43, 44, 45, 46 y 47.; para el caso particular, de una planta con capacidad de 1500 T/d, El rango de variación seleccionado es de -30% a 60%, con respecto a los valores esperados.

**Variación de los Costos de producción**

En estas figuras, se aprecia que de arrancarse con una planta de 1500 T/d para cada yacimiento y con un costo de capital del 20%, se obtendría un **VPN** positivo si el promedio de los costos de producción durante la vida del proyecto no sobrepasan los incrementos:

- a). De 50%, si se arranca con dos plantas de 1500 T/d, una para cada yacimiento.
- b). De 30%, para una planta de 1500 T/d, en el yacimiento *el Hielo*.
- c). De hasta un 60%, para una planta de 1500 T/d, en el yacimiento *de La Escondida*.

**Variaciones en el Precio Unitario de Venta**

En las mismas figuras, se analiza la sensibilidad de los proyectos a las variaciones del precio de venta. Por ejemplo, se genera una **TIR** mayor del 42.0% y un **VPN** mayor a cero, si la suma de los precios unitarios de venta por tonelada de los concentrados de grafito cristalino y titanio(rutilo), no decrecen por debajo de:

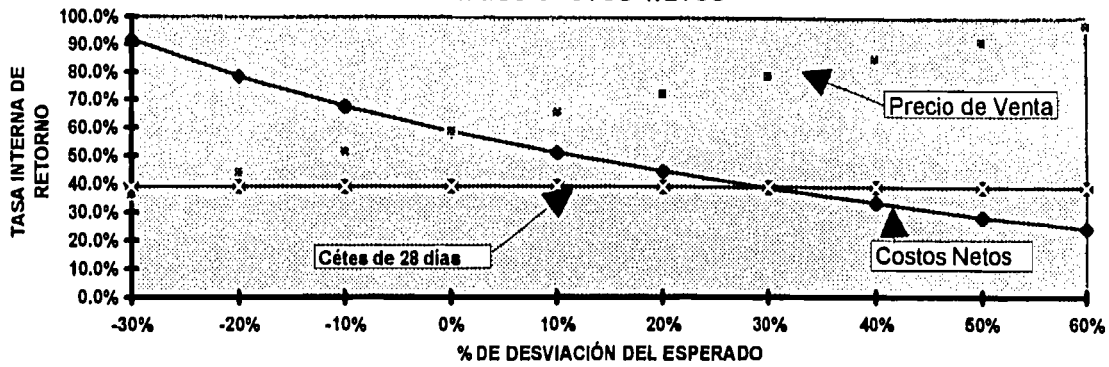
- a). Los \$2,400.0 dólares; o sea, 20% por debajo de los precios unitarios esperados, en el caso de la instalación de 2 plantas de 1500 T/d, una por yacimiento.
- b). Los \$2,700.0 dólares; o sea 10% por debajo de los precios unitarios esperados, para el yacimiento *de El Hielo*.
- c). Para el caso del yacimiento *de La Escondida* los precios no disminuyen de \$2,100 dólares, si el precio de venta por tonelada del grafito y del titanio es 30% inferior a los precios actuales.

En cuanto a la variación del precio de la tonelada de grafito cristalino sumada a la del titanio se observa que estos pueden decrecer hasta un 30% del precio esperados para cualquiera de las opciones y obtener un **VPN** positivo.

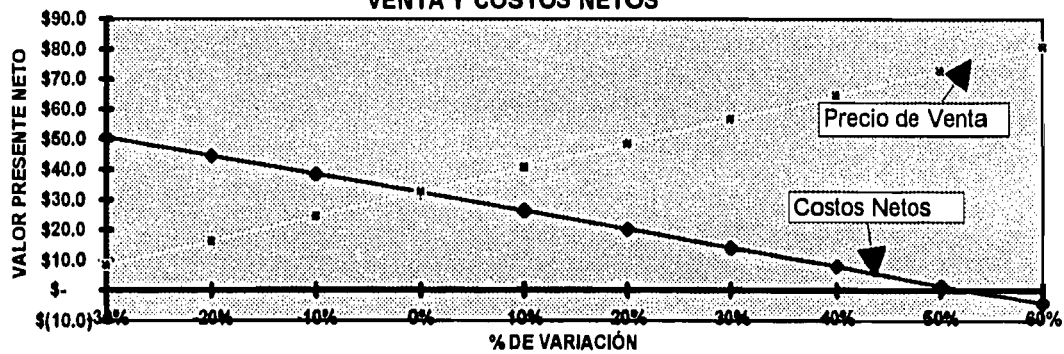


**PROYECTO CONJUNTO DE LOS YACIMIENTOS DE EL HIELO Y LA ESCONDIDA, OAXACA**

**SENSIBILIDAD DE LA TIR, A CAMBIOS EN EL PRECIO DE VENTA Y A CAMBIOS EN LOS COSTOS NETOS**



**SENSIBILIDAD DEL VALOR PRESENTE NETO, A VARIACIONES DE PRECIO DE VENTA Y COSTOS NETOS**



LAMINA 42

**VARIACIÓN DE COSTOS NETOS**

Variación: Costos	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
<b>TIR</b>	91.6%	78.4%	67.7%	58.7%	51.0%	44.4%	38.5%	33.3%	28.2%	24.4%
<b>VPN</b>	\$ 50.7	\$ 44.63	\$ 38.54	\$ 32.48	\$ 28.38	\$ 20.29	\$ 14.2	\$ 8.1	\$ 1.4	(\$4.0)

**VARIACIONES PRECIO DE LA TONELADA DE CONCENTRADO DE GRAFITO CRISTALINO Y TITANIO DOLARES**

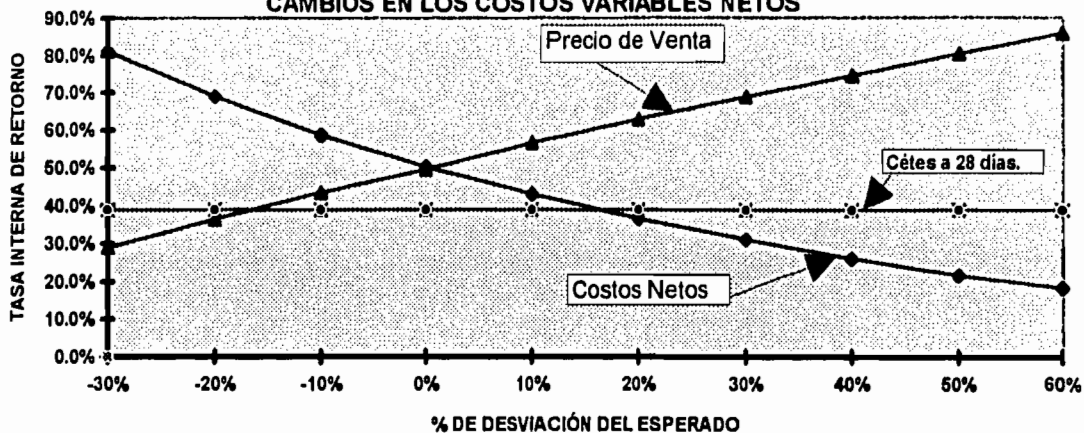
Variación: Precio	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
Tonelada: Grafito	\$ 1,260	\$ 1,440	\$ 1,620	\$ 1,800	\$ 1,980	\$ 2,160	\$ 2,340	\$ 2,520	\$ 2,700	\$ 2,880
Tonelada: Titanio	\$ 840	\$ 960	\$ 1,080	\$ 1,200	\$ 1,320	\$ 1,440	\$ 1,560	\$ 1,680	\$ 1,800	\$ 1,920
<b>Total en Dólares</b>	<b>\$ 2,100</b>	<b>\$ 2,400</b>	<b>\$ 2,700</b>	<b>\$ 3,000</b>	<b>\$ 3,300</b>	<b>\$ 3,600</b>	<b>\$ 3,900</b>	<b>\$ 4,200</b>	<b>\$ 4,500</b>	<b>\$ 27,600</b>

<b>TIR</b>	36.0%	43.9%	51.5%	58.7%	65.6%	72.3%	78.8%	85.1%	91.3%	97.4%
<b>VPN</b>	\$ 8.23	\$ 16.31	\$ 24.38	\$ 32.48	\$ 40.54	\$ 48.6	\$ 56.69	\$ 64.77	\$ 72.84	\$ 80.92

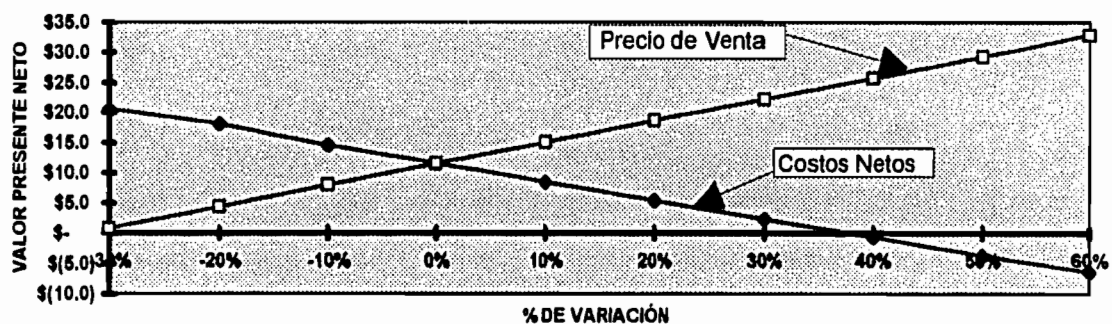
LAMINA 43

**PROYECTO DEL YACIMIENTOS DE EL HIELO, OAXACA**

**SENSIBILIDAD DE LA TIR, A CAMBIOS EN EL PRECIO DE VENTA Y A CAMBIOS EN LOS COSTOS VARIABLES NETOS**



**SENSIBILIDAD, DEL VPN A LA VARIACIÓN DEL PRECIO DE VENTAS Y A LOS COSTOS NETOS**



LAMINA 44

**VARIACIÓN DE COSTOS NETOS**

Variación Costos	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
<b>TIR</b>	81.1%	68.9%	58.6%	50.2%	42.9%	36.7%	31.1%	26.1%	21.6%	18.3%
<b>VPN</b>	\$ 20.6	\$ 18.08	\$ 14.53	\$ 11.49	\$ 8.45	\$ 5.41	\$ 2.36	\$ (0.68)	\$ (3.72)	\$ (8.4)

**VARIACIONES PRECIO DE LA TONELADA DE CONCENTRADO DE GRAFITO CRISTALINO Y TITANIO DOLARES**

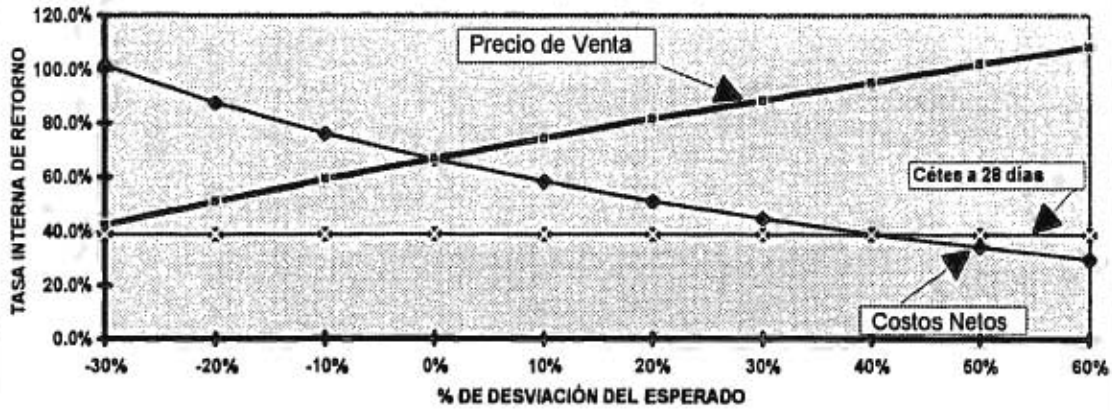
Variación: Precio	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
Tonelada: Grafito	\$ 1,260	\$ 1,440	\$ 1,620	\$ 1,800	\$ 1,980	\$ 2,160	\$ 2,340	\$ 2,520	\$ 2,700	\$ 2,880
Tonelada: Titanio	\$ 640	\$ 960	\$ 1,080	\$ 1,200	\$ 1,320	\$ 1,440	\$ 1,560	\$ 1,680	\$ 1,800	\$ 1,920
<b>Total en Dólares</b>	<b>\$ 2,100</b>	<b>\$ 2,400</b>	<b>\$ 2,700</b>	<b>\$ 3,000</b>	<b>\$ 3,300</b>	<b>\$ 3,600</b>	<b>\$ 3,900</b>	<b>\$ 4,200</b>	<b>\$ 4,500</b>	<b>\$ 27,600</b>

<b>TIR</b>	29.0%	36.5%	43.5%	49.5%	56.6%	62.8%	68.8%	74.6%	80.3%	85.9%
<b>VPN</b>	\$ 0.80	\$ 4.36	\$ 7.93	\$ 11.49	\$ 15.05	\$ 18.6	\$ 22.18	\$ 25.75	\$ 29.31	\$ 32.87

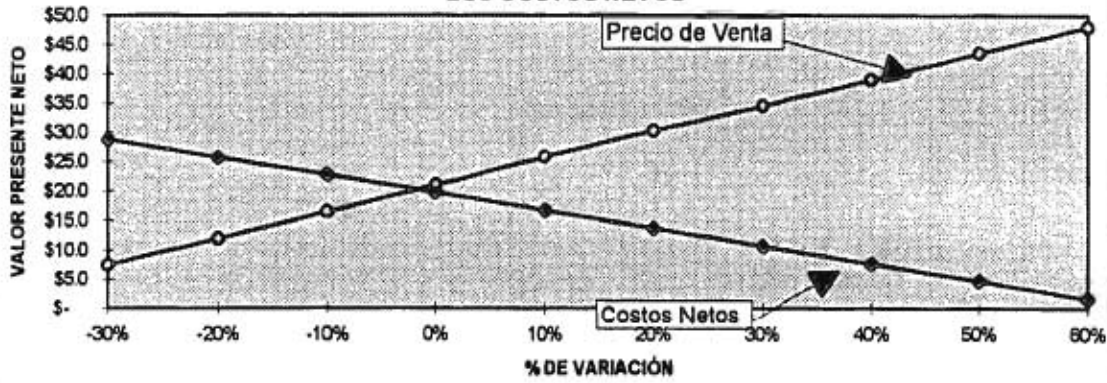
LAMINA 45

**PROYECTO DEL YACIMIENTOS DE LA ESCONDIDA, OAXACA**

**SENSIBILIDAD DE LA TIR, A CAMBIOS EN EL PRECIO DE VENTA Y A CAMBIOS EN LOS COSTOS NETOS**



**SENSIBILIDAD, DEL VPN A LAS VARIACIONES DE PRECIOS EN VENTAS Y A LOS COSTOS NETOS**



LAMINA 46

**VARIACIÓN DE COSTOS NETOS**

Variación Costos	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
<b>TIR</b>	101.5%	87.5%	78.0%	69.4%	58.2%	51.0%	44.8%	39.2%	34.2%	29.6%
<b>VPN</b>	\$ 28.7	\$ 25.73	\$ 22.73	\$ 19.72	\$ 16.71	\$ 13.70	\$ 10.69	\$ 7.69	\$ 4.7	\$ 1.67

**VARIACIONES PRECIO DE LA TONELADA DE CONCENTRADO DE GRAFITO CRISTALINO Y TITANIO DOLARES**

Variación: Precio	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
Tonelada: Grafito	\$ 1,260	\$ 1,440	\$ 1,620	\$ 1,800	\$ 1,980	\$ 2,160	\$ 2,340	\$ 2,520	\$ 2,700	\$ 2,880
Tonelada: Titanio	\$ 840	\$ 960	\$ 1,080	\$ 1,200	\$ 1,320	\$ 1,440	\$ 1,560	\$ 1,680	\$ 1,800	\$ 1,920
Total en Dólares	\$ 2,100	\$ 2,400	\$ 2,700	\$ 3,000	\$ 3,300	\$ 3,600	\$ 3,900	\$ 4,200	\$ 4,500	\$ 27,800

<b>TIR</b>	42.5%	51.0%	59.1%	66.8%	74.3%	81.5%	88.4%	95.2%	101.9%	108.4%
<b>VPN</b>	\$ 7.43	\$ 11.95	\$ 16.46	\$ 20.97	\$ 25.82	\$ 30.3	\$ 34.51	\$ 39.02	\$ 43.53	\$ 48.04

LAMINA 47

Por tanto, los proyectos se rechazan cuando los precios por tonelada de los concentrados del grafito y rutilo en el mercado, sean menores a estos niveles. Lo cual no acontecería, si la empresa conserva los estándares de calidad demandados. La recomendación anterior es válida si las estimaciones de los demás parámetros son correctos.

Por todo lo expuesto, se concluye que si los precios de venta esperada por tonelada de concentrados de mineral fueran menores, entonces la *TIR* y el *VPN* de los proyecto también decrece. La *TIR* y el *VPN* también disminuiría, si los costos variables directos por tonelada se incrementan. Por tanto, se recomienda que en el curso del desarrollo del proyecto seleccionado se analice la sensibilidad de estos parámetros a los cambios, de precio unitario de venta, costos variables directos y cambios en la ley media de grafito cristalino y titanio.

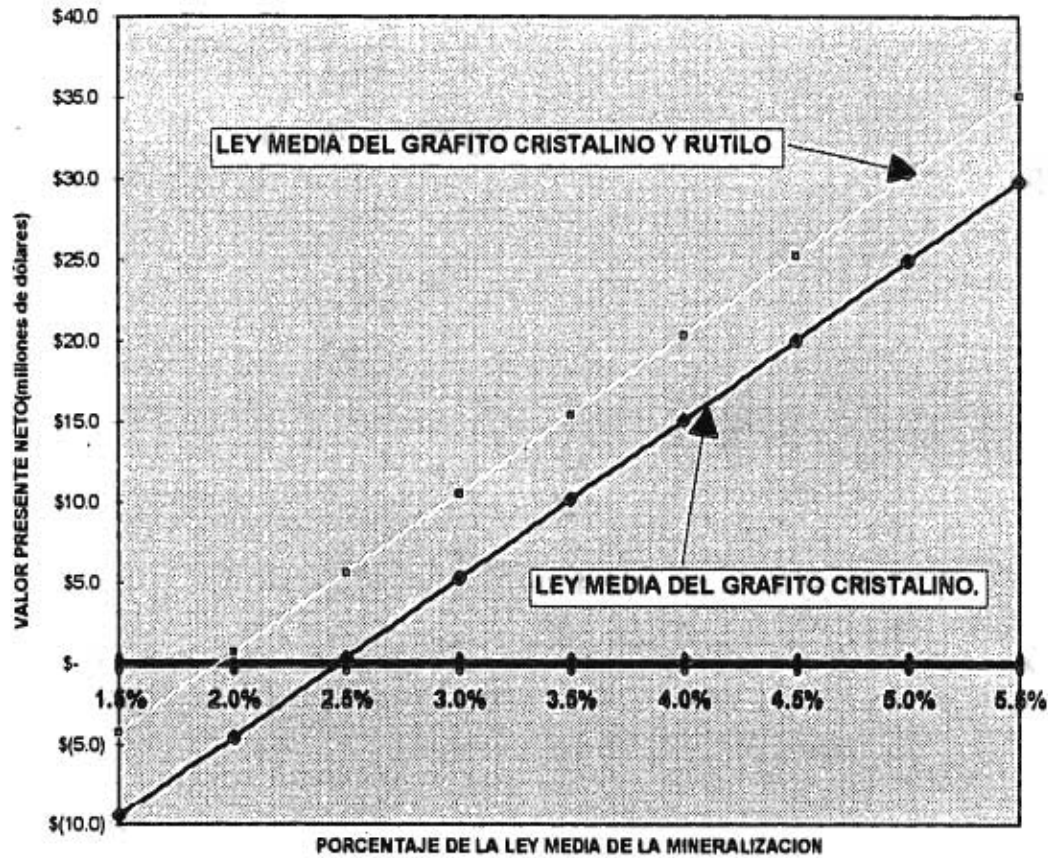
#### **SENSIBILIDAD DE LAS PROYECCIONES FINANCIERAS CON LA VARIACIÓN DE LA LEY MEDIA.**

Durante la fase de evaluación de las reservas, es importante considerar la cantidad de mineral aprovechable económicamente, con los valores intrínsecos de su explotación y demanda. La naturaleza física y las características de distribución del mineral, pueden ser el factor que limite o incrementan su aprovechamiento. En estas condiciones, el grafito cristalino diseminado en los paragneises precámbricos del Grupo *El Hielo* se extraerá como biproducto principal por estar asociado al titanio en forma de rutilo, lo que otorga a este tipo de yacimiento una mayor rentabilidad. El costo final en gran medida depende de la explotación del mineral principal, el grafito cristalino.

Para el análisis, podemos concluir que los factores que determinan las utilidades se pueden clasificar en aquellas variantes de naturaleza propias de los yacimientos, sobre todo porque se trata de la naturaleza de la materia prima que alimenta a las plantas minero-metalúrgicas. En efecto, las leyes de los yacimientos tiene un rango de variación, incluso a lo largo de cada cuerpo mineralizado, donde la recuperabilidad depende de la composición mineralógica y del grado de alteración supergenética, cuya extracción debe tender a ser homogénea en su contenido de valores y sostenida.

Por otra parte, la concentración de titanio en forma de rutilo no asumen este carácter; tienen una variación de concentración pequeña, incluso en zonas donde el grafito cristalino no aparece, el rutilo esta presente. Así pues, la ley de grafito cristalino es variable y la de titanio casi fija. La naturaleza determina un grado de variabilidad distinta en las concentraciones del grafito cristalino y titanio.

**SENSIBILIDAD DEL VALOR PRESENTE A LA VARIACIÓN DE LA LEY  
MEDIA DEL YACIMIENTO**



**PLANTA DE 1500 T/d**

Considera únicamente al grafito cristalino como producto.

Variación de la Ley Media del Grafito Cristalino	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%
Tasa Interna de Retorno	1.6%	16.3%	28.0%	38.3%	47.8%	56.7%	65.1%	73.3%	81.1%
Valor Presente Neto	\$ (9.4)	\$ (4.5)	\$ 0.4	\$ 5.3	\$ 10.2	\$ 15.1	\$ 20.0	\$ 24.8	\$ 29.8

Considera tanto al grafito cristalino como al rutilo como productos.

Variación de la Ley Media del Grafito Cristalino	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%
LEY MEDIA DEL RUTILO	0.8%	0.8%	0.6%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%
Tasa Interna de Retorno	17.2%	28.8%	39.0%	48.4%	57.2%	65.7%	73.8%	81.6%	89.2%
Valor Presente Neto	\$ (4.2)	\$ 0.7	\$ 5.6	\$ 10.5	\$ 15.4	\$ 20.3	\$ 25.2	\$ 30.1	\$ 35.0

Aún así, todos los depósitos minerales definidos como comerciales dependen del tonelaje de producción, naturaleza geológica, dimensión del yacimiento y su ley. Estas consideraciones limitan ó hacen relevantes las reservas de grafito cristalino aprovechable.

La lámina 48, ilustra la sensibilidad del VPN a cambios porcentuales de la ley media de las concentraciones para el grafito cristalino y titanio hacia un horizonte de planeación de 10 años, en condiciones de rentabilidad del 20%; a un precio promedio de 1800 Dlls/T de grafito cristalino y de \$1200 dólares para el rutilo, bajo una inflación esperada del 6%. Así podemos esperar que para una producción de 1500 T/d. la ley media mínima de explotación del grafito cristalino sería de 2.5% , sin considerar las concentraciones de titanio u otros subproductos asociados. Entre tanto, considerando una ley de 0.8% de rutilo, la ley mínima de explotación de los yacimientos de grafito cristalino y titanio podría ser de 2.0%, durante la fase de amortización del capital de inversión.

#### **ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO**

El objeto principal de clasificar los costos y gastos en fijos y variables, radica en calcular el punto de equilibrio, como singular indicador de la eficiencia en la generación de utilidades de los proyectos, para el horizonte de planeación previsto de 10 años.

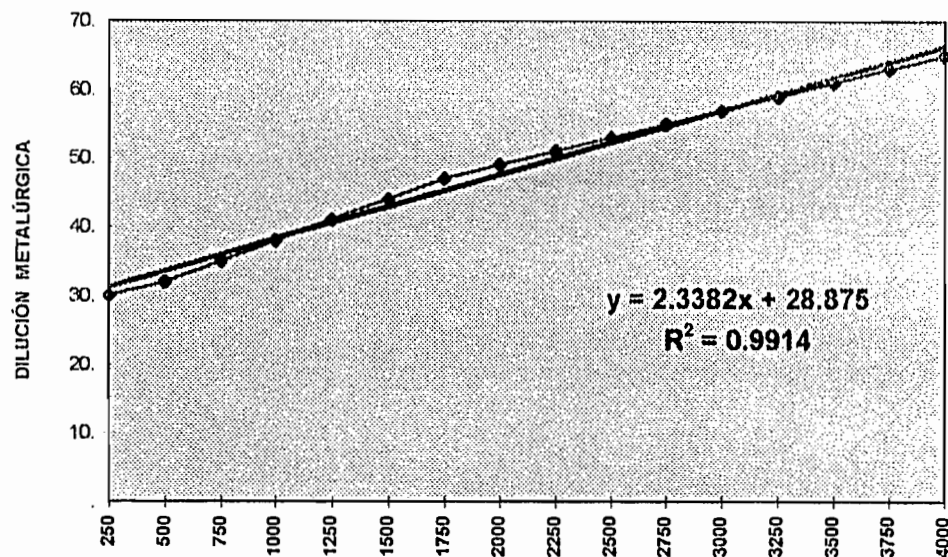
La definición de estos conceptos, depende de gran número de factores de índole topográfica, geológica, minera, metalúrgica, tecnológica y de capacitación, así como financiera y de la potencial demanda de los consumidores que debidamente se analizaron y discutieron debidamente a lo largo de este texto informativo. El balance de los costos de explotación y de las condiciones del mercado para obtener una relación de las ganancias redituables con la producción, tendrían un margen de error que oscilaría entre más o menos 5%, que impactaría en los tiempos críticos de importación; o de las líneas disponibles de financiamiento, requerido para la ejecución del proyecto.

No obstante, los análisis técnicos y financieros, involucrados en todo el proyecto nos permiten deducir un "Punto de Equilibrio" muy por abajo que del obtenido para otros proyectos similares del extranjero. Por ejemplo, datos financieros y de producción de firmas canadienses, publicados en condiciones de gran rentabilidad, estipulan un costo de producción de \$600 D/T. producida de grafito cristalino. Las evaluaciones productivas y financieras de IMI, entre los costos de inversión, capacidad productiva y financieras descritas en el **PROYECTO DE INVERSIONES TOTALES** (paginas 142, 143, 144 y 145) conjuntamente con las 41 tablas de costeabilidad financiera anexas al presente capítulo, rinden costos directos de explotación y de beneficio, un valor 300 D/T. (Lámina 22)

**RELACION CRITICA DE PRODUCCION Y LEY MEDIA PARA OBTENER UNA TONELADA DE GRAFITO CRISTALINO**

Capacidad de la planta	Ley Media Mínima % de C.	Contenido de mineral *	Dilución Metalúrgica	Recuperación Metalúrgica	Eficiencia Metalúrgica
250 T/d	3.83%	9.6 T	30 :1	8.3 T/d	87%
500 T/d	3.59%	18.0 T	32 :1	15.6 T/d	87%
750 T/d	3.28%	24.6 T	35 :1	21.4 T/d	87%
1000 T/d	3.03%	30.3 T	38 :1	26.3 T/d	87%
1250 T/d	2.80%	35.1 T	41 :1	30.5 T/d	87%
1500 T/d	2.61%	39.2 T	44 :1	34.1 T/d	87%
1750 T/d	2.45%	42.8 T	47 :1	37.2 T/d	87%
2000 T/d	2.35%	46.9 T	49 :1	40.8 T/d	87%
2250 T/d	2.25%	50.7 T	51 :1	44.1 T/d	87%
2500 T/d	2.17%	54.2 T	53 :1	47.2 T/d	87%
2750 T/d	2.09%	57.5 T	55 :1	50.0 T/d	87%
3000 T/d	2.02%	60.5 T	57 :1	52.6 T/d	87%
3250 T/d	1.95%	63.3 T	59 :1	55.1 T/d	87%
3500 T/d	1.87%	65.5 T	61 :1	57.4 T/d	88%
3750 T/d	1.82%	68.4 T	63 :1	59.5 T/d	87%
4000 T/d	1.77%	70.8 T	65 :1	61.5 T/d	87%

**CAPACIDAD DE LA PLANTA VS. DILUCIÓN METALÚRGICA**



**CAPACIDAD DE LA PLANTA, TONELADAS POR DÍA**

Contenido de mineral =(capacida de la planta)\*(la ley media de la mineralización)

Dilución Metalúrgica =Total Mineral Crudo Procesado / Tota de Mineral obtenido de la planta

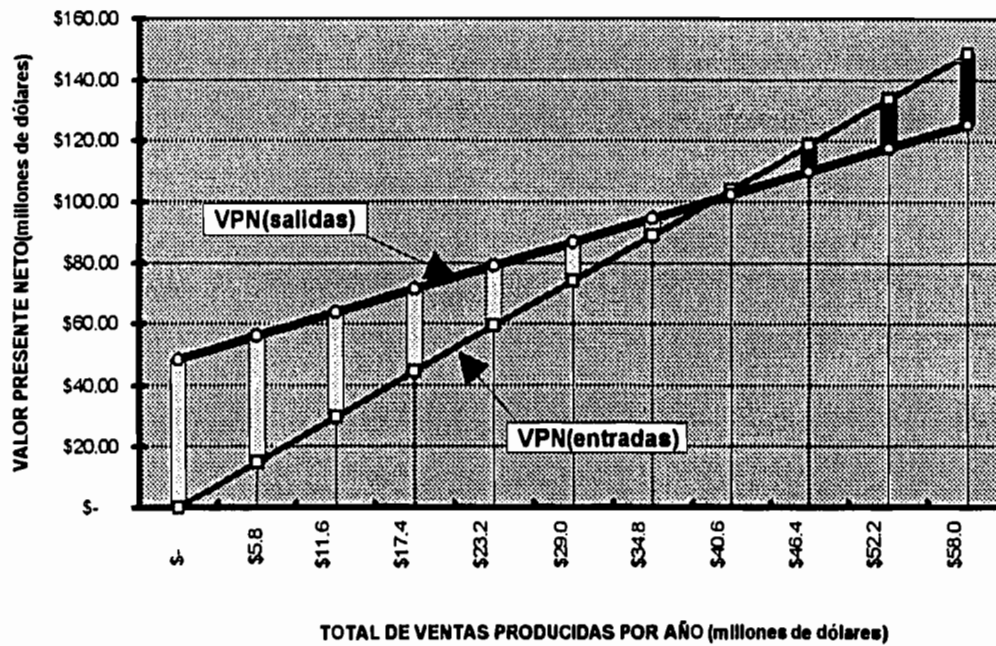
La eficiencia metalúrgica está determinado por el nivel de tecnología empleada.

**PUNTO DE EQUILIBRIO DEL PROYECTO,  
YACIMIENTO DE EL HIELO, PARA UNA PLANTA DE 3000T/d.**

VALORES ANUALES PROMEDIO											
VENTAS			AÑO 0	AÑO1	AÑO 2-10			AÑOS 0 -10			
%	Grafito	Titanio	Totales Anuales	INVERSIONES Y COSTOS	Costos Fijos	Costos Variables	VPN (Entradas)	VPN (IMPA)	VPN (Salidas)	VPN (FEN)	
0%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ -	\$ -	\$ (78.43)	\$ -48.30	\$ (48.30)
10%	\$ 5.0	\$ 0.9	\$ 6.80	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 1.0	\$ 14.85	\$ (70.71)	\$ -56.02	\$ (41.17)
20%	\$ 9.9	\$ 1.7	\$ 11.61	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 2.0	\$ 29.70	\$ (62.99)	\$ -63.75	\$ (34.05)
30%	\$ 14.9	\$ 2.6	\$ 17.41	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 3.1	\$ 44.55	\$ (55.27)	\$ -71.47	\$ (28.92)
40%	\$ 19.8	\$ 3.4	\$ 23.21	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 4.1	\$ 59.40	\$ (47.55)	\$ -79.19	\$ (19.79)
50%	\$ 24.8	\$ 4.3	\$ 29.02	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 5.1	\$ 74.25	\$ (39.82)	\$ -86.91	\$ (12.66)
60%	\$ 29.7	\$ 5.1	\$ 34.82	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 6.1	\$ 89.10	\$ (32.10)	\$ -94.63	\$ (5.53)
70%	\$ 34.7	\$ 6.0	\$ 40.63	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 7.1	\$ 103.95	\$ (24.38)	\$ -102.36	\$ 1.59
80%	\$ 39.6	\$ 6.8	\$ 46.43	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 8.1	\$ 118.80	\$ (16.66)	\$ -110.08	\$ 8.72
90%	\$ 44.6	\$ 7.7	\$ 52.23	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 9.2	\$ 133.65	\$ (8.94)	\$ -117.80	\$ 12.02
100%	\$ 49.5	\$ 8.5	\$ 58.04	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 10.2	\$ 148.50	\$ (1.21)	\$ -126.52	\$ 22.98

$VPN(FEN) = [VPN(ING) - VPN(CF) - VPN(CV) - VPN(DEP)](1 - IMP) + VPN(DEP) - VPN(INV)$   
 $VPN(FEN) = VPN(FE) - VPN(IMPA) = VPN(ING) - VPN(CV + CF + INV + IMP) = VPN(Entradas - Salidas)$   
 $VPN(Entradas) = VPN(ING); VPN(Salidas) = (CV + CF + INV + IMP); VPN(FE) = VPN(ING) - VPN(CF + CV + INV)$

**PUNTO DE EQUILIBRIO, DEL PROYECTO EL HIELO DE 3000T/d**



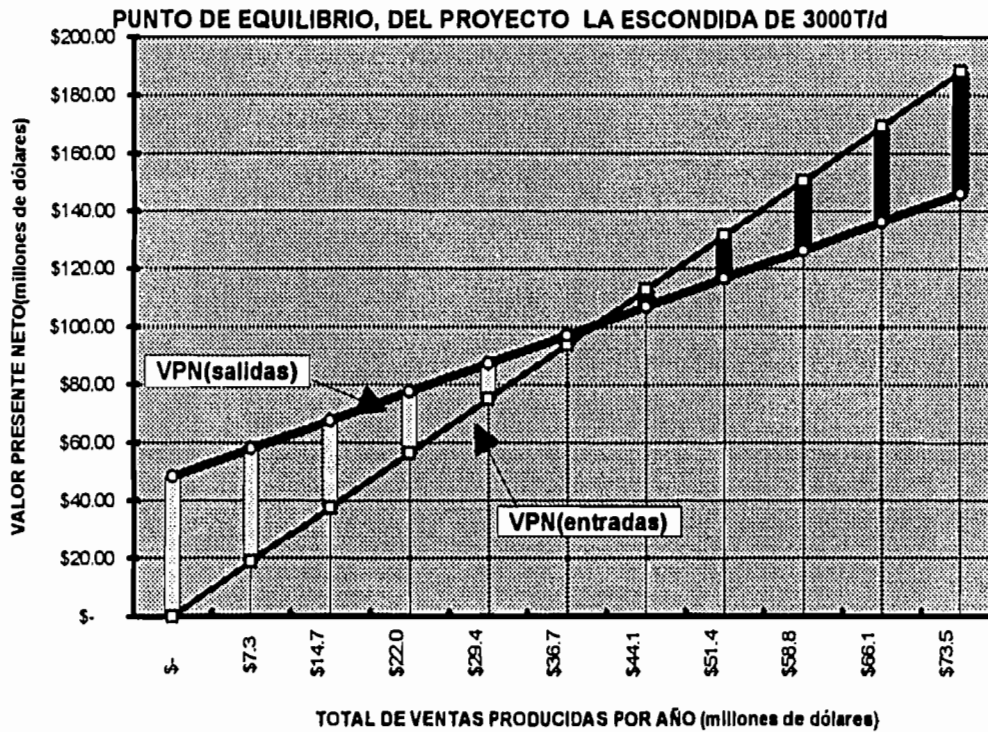
**El punto de equilibrio, se alcanza con un total de ventas anuales de \$ 35.3 millones de dólares, que representa el 67.8% de producción real con respecto a la capacidad instalada.**



**PUNTO DE EQUILIBRIO DEL PROYECTO,  
YACIMIENTO DE LA ESCONDIDA, PARA UNA PLANTA DE 3000T/d.**

VALORES ANUALES PROMEDIO											
VENTAS			AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2-10		AÑOS 0-10				
%	Grafito	Titanio	Totales Anuales	INVERSIONES Y COSTOS		Costos Fijos	Costos Variables	VPN (Entradas)	VPN (IMPA)	VPN (Salidas)	VPN (FEN)
0%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ -	\$ -	\$ (78.43)	\$ 48.30	\$ (48.30)
10%	\$ 6.39	\$ 0.96	\$ 7.35	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 1.0	\$ 18.80	\$ (68.66)	\$ 58.08	\$ (39.28)
20%	\$ 12.78	\$ 1.92	\$ 14.70	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 2.0	\$ 37.60	\$ (58.88)	\$ 67.85	\$ (30.25)
30%	\$ 19.17	\$ 2.88	\$ 22.04	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 3.1	\$ 56.40	\$ (49.11)	\$ 77.63	\$ (21.23)
40%	\$ 25.56	\$ 3.83	\$ 29.39	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 4.1	\$ 75.20	\$ (39.33)	\$ 87.41	\$ (12.20)
50%	\$ 31.95	\$ 4.79	\$ 36.74	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 5.1	\$ 94.00	\$ (29.55)	\$ 97.18	\$ (3.18)
60%	\$ 38.34	\$ 5.75	\$ 44.09	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 6.1	\$ 112.81	\$ (19.78)	\$ 106.96	\$ 5.85
70%	\$ 44.72	\$ 6.71	\$ 51.43	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 7.1	\$ 131.61	\$ (10.00)	\$ 116.74	\$ 14.87
80%	\$ 51.11	\$ 7.67	\$ 58.78	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 8.1	\$ 150.41	\$ (0.22)	\$ 126.51	\$ 23.89
90%	\$ 57.50	\$ 8.63	\$ 66.13	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 9.2	\$ 169.21	\$ 9.55	\$ 136.29	\$ 29.09
100%	\$ 63.89	\$ 9.58	\$ 73.48	\$ 18.3	\$ 56.6	\$ 11.6	\$ 10.2	\$ 188.01	\$ 19.33	\$ 146.07	\$ 41.94

$VPN(FEN) = [VPN(ING) - VPN(CF) - VPN(CV) - VPN(DEP)](1 - IMP) + VPN(DEP) - VPN(INV)$   
 $VPN(FEN) = VPN(FE) - VPN(IMPA) = VPN(ING) - VPN(CV + CF + INV + IMP) = VPN(Entradas - Salidas)$   
 $VPN(Entradas) = VPN(ING); VPN(Salidas) = (CV + CF + INV + IMP); VPN(FE) = VPN(ING) - VPN(CF + CV + INV)$



El punto de equilibrio, se alcanza con un total de ventas anuales de \$ 38.3 millones de dólares, que representa el 54% de producción real con respecto a la capacidad instalada.

Así pues, en términos generales, podemos concluir que el costo de producción para los concentrados de IMI no deben exceder de \$400 Dlls./tonelada, para efecto de cotizaciones internacionales. A lo anterior, debemos agregar que en estas apreciaciones no está incluida la producción de los concentrados de rutilo, en la forma de  $TiO_2$ , que impactaría en un incremento sustancial de las utilidades, estimadas al un rubro adicional hasta del 15%. (Láminas 13 y 14 )

La gran favorabilidad que implican los bajos costos de producción para los yacimientos de IMI, en cierta medida, se debe a los salarios baratos de la mano de obra en el país; sin embargo, se considera que el gran porcentaje de la reducción del costo de producción, se relaciona con las condiciones de exposición natural de los yacimientos, con mínimos de inversión, dadas las relaciones geológicas, topográficas y mineras que exhiben; conjuntamente con la gran infraestructura existente en la región, que en gran escala favorecen su explotación.

#### **SENSIBILIDAD DE LAS PROYECCIONES FINANCIERAS A VARIACIÓN EN LA EFICIENCIA PRODUCTIVA**

Para el efecto, debemos diferenciar la capacidad de producción de la planta con el nivel de actividad real. La capacidad de producción se relaciona con el nivel máximo que tiene el sistema de explotación-acarreo-beneficio-metalúrgico, para generar los diferentes concentrados de grafito cristalino y titanio bajo una calidad determinada (Lámina 49). En consecuencia el nivel de producción real, depende por el grado de aprovechamiento de la capacidad disponible. (Láminas 50 y 51)

La puesta en marcha de los proyectos, se produce cuando los equipos están en condiciones de operar de técnicamente al máximo de eficiencia; es decir, una vez que la "marcha en vacío" es correcta. Sin embargo, se debe prever que la eficiencia productiva no se alcanza al 100% en forma inmediata, como cuando se utiliza un automóvil nuevo por primera vez. Al no contar con un 100% de eficiencia productiva, repercute en alguna eficiencia de los tiempos, calidad y producción previstos; para finalmente impactar en los flujos de efectivo netos esperados para cada período. Aunado a todo esto, está latente la curva de aprendizaje. Esto obliga a prolongar los costos de instalación en un tiempo mayor, en los primeras etapas de la producción de la planta. (Láminas 17 y 19)

Las causas que alteran los niveles de producción o ventas son múltiples, por ejemplo, si el nivel de actividad productiva tuviera que reducirse por problemas de mercado, abastecimiento mineral, paros por mantenimiento y reparación, deficiencia productiva o financiamiento, la empresas procurará disminuir los costos variables (las jornadas de labor es imposible disminuir, de acuerdo a la Ley del Trabajo

del sindicato minero). Otro caso, sería para no sobrealimentar la planta, ni extender los tiempos de preparación, explotación y transformación metalúrgica más allá de lo requerido.

Independientemente de las causas que la producen surge, la pregunta de: ¿Cuál es nivel mínimo de producción que se puede tener para obtener condiciones de rentabilidad comercial?.

### **Eficiencia Productiva VS. Volumen de Ventas**

La variabilidad de ciertos factores van de acuerdo al nivel de la capacidad instalada predeterminado por el nivel del desarrollo tecnológico utilizado. En la **Lámina 49**, se describen los resultados preliminares de los estudios metalúrgicos, que determinan los niveles críticos (los valores mínimos) de producción, ley media y eficiencia metalúrgica. Por ejemplo, con el nivel de eficiencia metalúrgica mínima aceptable, de **87%** y una planta de **1500 T/d**, la ley mínima de mineral crudo es del orden de **2.61%**. Lo cuál, desde el punto de vista metalúrgico, significa que la dilución máxima aceptable es de **38:1**; o sea 1 tonelada de concentrado por **38** de mineral crudo, para producir **26.3 T/d** de concentrados.

En los cuadros, de las láminas 50 y 51, se describe la sensibilidad del **VPN** de cada proyecto a las variaciones porcentuales de producción de concentrados, conforme a los parámetros y tasas establecidas para los proyectos (**Lámina 16**). Bajo estas condiciones, con una eficiencia metalúrgica del **87%**, un costos de capital del **20%**, y un precio promedio de los concentrados de grafito cristalino y titanio de **\$1800** y **\$1200** dólares respectivamente, los proyectos son viables (**VPN** positivo), si la producción anual de concentrados para el yacimiento de *El Hielo* no es inferior a un **70%** de su capacidad instalada, esto es que no puede bajar del **30%**. Que es, un rango pequeño si se compara con el proyecto de La Escondida, que soporta una disminución en la producción mayor, de un **40%**.

Como se observa en las mismas tablas, para cada uno de estos escenarios, e independientemente del volumen de mineral procesado, los Costos Fijos permanecen, como tales; ante una capacidad de beneficio predeterminada, de **3000T/d**. Mientras tanto, los Costos Variables, sí están relacionados con los niveles reales de producción. (**Láminas 50 y 51**).

En estos mismos términos, es de gran utilidad plantear hasta que punto pueden caer las ventas antes que el proyecto comience a originar pérdidas. La determinación de este escenario se conoce como análisis del punto de equilibrio ó "punto muerto". En forma gráfica, el punto de equilibrio, se detecta al graficar el valor presente neto de los flujos

de efectivo netos de las entradas contra el de las salidas, según diferentes niveles de ventas (o producción).

En las figuras de las mismas láminas, la línea de *VPN(Entradas)* se cruza con la línea del *VPN(Salidas)* cuando las ventas anuales alcanzan **39.3 millones de dólares**. En el caso de el Proyecto de El Hielo representa el **67.8%** de la producción anual esperada. Para el caso de el Proyecto de La Escondida, éstas dos líneas se cruzan cuando las ventas anuales equivalen al **54%** de producción de la planta con respecto a su capacidad instalada;

Las ventajas de utilizar el *VPN* para el cálculo del *punto de equilibrio* de los proyectos de inversión es el de considerar todos los flujos de efectivo netos de los **10 años** del horizonte de planeación así como el valor real del dinero a través del tiempo. El desglose de las operaciones matemáticas utilizadas y los resultados obtenidos para su cálculo se sintetizan en los cuadros de las láminas 50 y 51.

Así pues, los referidos niveles de producción y/o ventas son los valores mínimos con las que es posible liquidar la inversión, los costos de operación y las utilidades de los accionistas. En la práctica, cuando el nivel de producción equivale al volumen de bienes vendidos se considera que la empresa cuenta con los mejores estándares de eficiencia en administración operatividad, conocida como "*cero inventario*".

### **ANÁLISIS DE ESCENARIOS**

Para el efecto de este análisis, enseguida se describen las bases de los tres escenarios relacionados con la *Planeación Financiera*.

El plan financiero de un escenario pesimista, sería aquel que estuviera fincado en desarrollar un sólo proyecto, de los dos que están programados y en vías de ejecución. En este caso, el Proyecto de La Escondida por sus reservas económicas, consistentes en leyes contenidas en el mineral con **4%** de carbono y de **0.9%** de óxido de titanio, lo definen como más favorable. Igualmente, la infraestructura existente, aunado a sus magnificas comunicaciones y ubicación, así como de sus estudios geológico-mineros y experiencias metalúrgicas, determinan una condición económica de amortización a corto plazo, aún para una planta de **1,500 T/d**, con producción anual de **36.7 M** de dólares (*Lámina 13*).

Bajo este contexto, en las notas precedentes se describieron las condiciones y características del Proyecto de La Escondida, conforme a los *Estudios de Viabilidad*. La posibilidad de que sólo un Proyecto se desarrolle, con el mínimo de producción por parte de *IMI*, obedecería al hecho de que se restringiera el mercado mundial, con el consecuente abatimiento de los precios cotizados, hacia la baja del "*punto de equilibrio*", ocasionando prolongar el tiempo para recuperar la inver-

sión financiera. Esta posibilidad podría proyectarse en el supuesto de un "dumping" comercial de los países altamente productivos como China, o de otro país productor que apareciera en el panorama mundial y con alta tecnología competitiva como la de Canadá, requerida por los países consumidores.

Si bien, esta posibilidad comercial se considera difícil de ocurrir, *IMI* tiene contemplado arrancar con un sólo proyecto, ante la eventualidad de un mercado incierto y competitivo, hasta que se consolide una demanda consistente a mediano plazo. Para esta eventualidad, *IMI* tiene considerado producir 16,000 T de concentrado de grafito cristalino, al precio de 28.8 M de dólares, y unas 3,500 T de óxido de titanio, al precio de 4.2 M de dólares con valor total de unos 33.0 M de dólares; de ventas anualmente.

Es de considerar que por cualquier camino comercial, la producción de *IMI* debe ser muy competitiva y de alto grado de calidad y caracterizada por altos niveles de pureza y lo mas diversificada posible. De lo contrario, se toparía con limitaciones para vender la producción de *IMI*, al quedar restringida a 10 ó 20 tipos específicos, de la amplia demanda y pureza requerida en el mercado mundial. Las limitantes económicas que podrían reducir las condiciones de favorabilidad del proyecto, se resumen en los siguientes puntos:

1. Se incrementaría al 10% el concepto de administración, en caso de desarrollar los dos proyectos simultáneamente.
2. Para un solo proyecto de 1500 T/d, la etapa de operación industrial decrecería en un 50% y se retrasaría la diversificación de la producción, a corto plazo.
3. El proceso de industrialización, basada en la refinación del grafito cristalino y el titanio, se retrasaría por la baja producción comercial con una planta de 1500 T/d.
4. Sería postergada la instalación de una planta de purificación, por falta de producción sostenida de concentrados, con pérdida económica de hasta un 50% por falta de valor agregado al producto., en la instalación de una planta de 1500 T/d.

La ejecución del escenario pesimista implicaría para la instalación de una sola planta de 1500 T/d que habría un 50% menos de utilidades globales; pero no obstante, su rentabilidad sería económicamente favorable y sostenida; no obstante, la amortización y liquidación del capital social tendría una durabilidad de unos 7 años, a partir del arranque de su instalación. La diferencia de utilidades entre El Hielo y La Escondida con la instalación de una planta c/u de 1500 T/d es de 5 M de dólares.

Conviene señalar que el Proyecto de La Escondida por sí sólo, sería reiterablemente amortizable en un plazo no mayor de 7 años. El hecho de arrancar un solo yacimiento, también daría lugar a planear y diversificar la producción futura de *IMI*, sobre bases sólidas y tendientes a industrializar su producción, ante una demanda abierta y en constante incremento sostenido, como lo pronostican varios investigadores del mercado.

Por lo que respecta a un escenario realista está enfocado al proyecto que literalmente aquí se traduce, con todo el texto expuesto en estos *Estudios de Evaluación Financiera*, sintetizados en los 40 cuadros de los anexos de este capítulo. En el mismo, se expresa el orden financiero con gastos y utilidades, referidos a la producción de los dos Proyectos de El Hielo y La Escondida, con plantas de 3000 T/d c/u que incluye además la instalación de una planta de purificación para refinar los concentrados de grafito cristalino y del titanio.

Por consecuencia, los resultados dentro de un escenario realista está integrado por todo el proyecto que incluye a la producción de los dos yacimientos de *El Hielo y La Escondida*, con las inversiones respectivas en terrenos, obras civiles, maquinaria y equipo; instalaciones, el mobiliario y equipo de ingenieros y transporte, así como otros activos diferidos en los diversos rubros descritos en los anexos 1 al 2, relacionados con el *Presupuesto de inversión del Proyecto*, de *Industria Minera Indio, S.A. de C.V.*

Una posibilidad más propicia para el desarrollo de los proyectos de *IMI*, eventualmente tendría lugar, ante la perspectiva de una gran demanda internacional, poder arrancar con el yacimiento de *La Escondida* instalando una planta productiva de 3000 T/d. Así, *contrario sensu* al plan pesimista, se tendría la posibilidad de un ahorro hasta de un 15% de la inversión total de los 75 M Dlls. requeridos; o sea, la inversión total, se limitaría a unos 62 M Dlls, significativamente menor a lo estipulado.

En cuanto a lo que se refiere a un cuadro de exposición optimista, en esencia sería aquel que rebasara las expectativas realistas antes referidas; es decir, que los requerimientos de la demanda del mercado mundial fuera aún mayor a la producción industrial de *IMI*. Esto implica que *IMI* escalaría la posibilidad de duplicar la producción en cada uno de sus Proyectos de El Hielo y La Escondida, instalando plantas de 3000 T/d en cada yacimiento con un sustancial ahorro en gastos de producción y de administración, incrementando utilidades del orden del más del 30%, al considerar una producción de 78,000 toneladas de concentrados y refinados, de las que unas 15,000 toneladas serían de óxido de titanio y 63000 toneladas el principal de grafito, con valor total de 131 M/Dlls. de ventas anualmente. (*Lámina 13*)

Hemos podido demostrar a lo largo del texto y los cuadros anexos la vaibilidad financiera, en orden a las respectivas inversiones subsecuentes de la *empresa Industria Minera Indio, S.A.*, debidamente deducidas de todo lo aquí expuesto. Sin embargo, es de hacer notar que aún en el escenario pesimista, quedaría amplio margen de utilidad, al desarrollar el proyecto con una sola planta de concentración para tratar el mineral del yacimiento *La Escondida*. Al ejecutar únicamente este proyecto, el plazo de amortización de la planta no excedería de los 7 años, cuando más, en relación a la vida útil de la planta que es de 10 años en promedio para estimaciones financieras.

No debe pasar por alto, que en cualquiera de los tres escenarios aquí esbozados, se tiene programada la instalación de las respectivas plantas en el término de dos años, incluyendo el desarrollo y preparación de los yacimientos para su explotación. Por tanto, las inversiones se amortizarían en el término de 7 años después de su instalación; o sea, durante los siete primeros años de su etapa productiva. Toda esta información técnica y financiera puede ser corroborada, al quedar conciliada con los estados financieros proyectados por la propia empresa **IMI**.

## CONCLUSIONES

Con la evaluación financiera de los proyectos de inversión, finaliza el proceso de investigación científica e industrial que pretende el conocimiento de los aspectos esenciales de todo proyecto. Esto es su identificación, formulación, mercado, viabilidad tecnológica y operación. Entre los objetivos de estas etapas está la de ponderar las magnitud de las variables y hechos significativos que determinan la viabilidad del proyecto. En términos generales, la evaluación financiera de yacimientos minerales es un proceso que se basa en varias disciplinas, que contemplan aspectos técnicos de carácter: Geológico, Minero, Metalúrgico, Mercadotécnico de Minerales, Industria, Planeación Administrativa; y de Control Contable y calidad para diversos proyectos, ya sea Minerales No Metálicos y Metálicos.

Durante la etapa de exploración, los hechos más significativos a determinar comprende la cantidad de mineral aprovechable económicamente, grado de su explotación y demanda comercial. La naturaleza física y las características de distribución del mineral, pueden ser el factor que limite su aprovechamiento. En otras condiciones, el grafito cristalino emplazado en los paragneises del Grupo *El Hielo* se extraerá como biproducto principal al estar asociado al rutilo y el Costo dependerá de la explotación del mineral principal. Aun así, todos los depósitos minerales definidos como comerciales dependen del tonelaje de producción, naturaleza geológica, dimensión del yacimiento y su Ley.

Dentro de este contexto, las constantes que sirvieron de base para la evaluación financiera de estos proyectos mineros consideró: el costo de rendimiento del capital del **20%**, impuestos del **52%**, una inflación anual del **6%** como promedio durante el horizonte de planeación de **10** años, igualmente un precio promedio del grafito cristalino de **1800 dólares/T** y del rutilo de **\$1200 dólares**. La Ley media de mineralización del yacimiento de *El Hielo* de **3.1%** y de rutilo de **0.80%** y para el yacimiento *La Escondida* una Ley media de **4%** de grafito cristalino y de rutilo de **0.90%**. El dólar a **7.60** pesos, y la tecnología que genera eficiencia metalúrgica del **87%** de recuperación; o sea de **29:1** y **37:1**, respectivamente para *La Escondida* y *El Hielo*, en relación a la dilución del mineral para el proceso.

Los flujos de efectivo durante los 10 años de planeación, a valor presente neto, determinan la viabilidad financiera para las **5 opciones** jerarquizadas de mayor a menor, como siguen: **1)** La construcción de una planta de **3000 T/d** en el yacimiento de *La Escondida*(VPN, **\$51.16 M Dlls.**), **2)** La Construcción de dos plantas de **1500 T/d**, una para cada yacimiento (VPN, **\$32.46 M Dlls.**), **3)** Construir una planta de **3000 T/d** para el yacimiento de *El Hielo*(VPN, **\$29.74 M Dlls.**), **4)** La construcción de una planta de beneficio de **1500 T/d** yacimiento la *Escondida*.



(VPN, 20.97 M Dlls.) y, 5). Construir una planta de 1500 T/d yacimiento de El Hielo (VPN, \$11.49 M Dlls.).

Las 5 opciones señaladas generan un VPN positivo, sin embargo al jerarquizarlos podemos concluir que la maximización de la riqueza de los accionistas, ocurre con la alternativa que contempla construir una planta de beneficio de 3000 T/d en el yacimiento de La Escondida.

En torno a esta información y con objeto de analizar un conjunto de escenarios, podemos determinar los valores máximos o mínimos críticos con respecto a las variaciones de: la inflación, costos de capital, precios de ventas y costos de producción, la Ley media de la mineralización, variaciones de la eficiencia productiva real de la plantas de beneficio y el Punto de Equilibrio que determina el monto de ventas anuales mínimas necesarias para obtener utilidades.

Para el Proyecto de El Hielo, los Costos Totales de operación podrían incrementarse hasta un 30% del valor esperado, para generar un VPN de \$2.36 M Dlls. y una TIR de 31.1%; de aumentar los costos de producción en un 40%, se genera un VPN negativo. En cuanto a la variación de los precios de venta de los concentrados en el mercado el proyecto soporta una disminución de hasta del 30%, esto es que el total del precio por tonelada para del grafito adicionada con la del titanio, no pueden ser menores a \$2100 dólares/T, para dar un VPN de 0.80 M de dólares y una TIR del 29.0%; Así pues, un decremento en los precios generaría pérdidas. El Punto de Equilibrio del proyecto, es de 39.3 M Dlls. anuales de ventas, que representa el 67.8% de la capacidad de producción anual.

Para el Proyecto de La Escondida, los costos totales de operación minera pueden aumentar hasta un 60%, con respecto al valor pronosticado obteniendo un VPN de \$1.67 M. de Dlls. y una TIR del 29.6%; un aumento mayor de los costos generaría pérdidas. En cuanto al decremento de precio de venta unitario del grafito cristalino y titanio el proyecto soporta sin problemas un decremento del 30% es decir un precio de \$2,100 Dlls/T. para obtener un VPN positivo de \$7.43 M. Dlls y una TIR del 42.5%. El Punto de Equilibrio es de 39.3 M Dlls anuales de ventas, que equivale al 54% de la producción anual esperada.

A fin de concretar la descripción, se resume que si se valora también el proyecto que contempla la instalación de dos plantas de beneficio de 1500 T/d, una para cada yacimiento, se concluye que los costos no deben ser mayores del 50%, con respecto a la media estimada y que aún con un decremento de 30% en los precios unitarios de venta se obtiene un VPN positivo, del orden de \$8.23 M de dólares.

Todavía más interesante resulta, es que independientemente de la capacidad de la planta que sea seleccionada para cada yacimiento, de 1500 T/d ó 3000 T/d, las técnicas del presupuesto de capital ratifican que el proyecto de La Escondida, maximiza la inversión de los accionistas, según las siguientes determinaciones:

Para el yacimiento el Hielo, el periodo de recuperación del capital es de 3.62 años, la Tasa de Rendimiento Contable sería del 200%, el Índice de Productividad es de 1.31 y la Tasa Interna de Retorno de 50.18%.

En esta forma, para el Proyecto La Escondida, el tiempo de recuperación de la inversión es de 2.4 años, la Tasa de Rendimiento Contable sería de 289%, El Índice de Productividad de 1.56, y la Tasa Interna de Retorno de 66.7%.

Por otra parte, resulta interesante resaltar que al aplicar el método del Valor Presente Neto con repetición infinita y de la anualidad equivalente, nuevamente se determina que el Proyecto La Escondida es mucho mejor, aún que se contemple la diferencias del tiempo de vida de los proyectos.

De esta simple comparación analógica, se podrá advertir la gran rentabilidad que se podrá alcanzar con la explotación de los yacimientos, al tratar de poner en la fase de producción sostenida una planta de 1500 T/d de molienda; o bien, una de 3000 T/d de flotación convencional, dentro de los términos que han sido analizados y discutidos en el texto. No obstante, es de considerar las dos premisas de vital importancia que se deben determinar para llegar a metas concluyentes, son: **PRIMERA.**- Conocer el costo total del producto por tonelada basada en su calidad específica, considerando todos los factores del proceso que intervienen en su obtención. **SEGUNDO.**- Establecer el precio de venta promedio por tonelada, incluyendo todas las variables y grados de calidad de grafito cristalino, como un todo, que se puede alcanzar en el mercado internacional.

Bajo estas referencias y de algunos datos sobre costos de producción y precios comparativos del mercado prevaleciente, podemos concluir que los precios del grafito cristalino en el mercado internacional, en el término de la última década a 1996, se han duplicado; es decir, los productos de calidad se incrementaron al 100% más o menos. En cambio, los costos de producción en términos generales, sólo sufrieron incrementos del orden del 6% anualmente, por razones inflacionarias.

Algunas factibles explicaciones del fuerte incremento alcanzado por el precio del grafito cristalino, se debe al hecho de que algunos países que acontecían como productores como India, Zimbabwe, Noruega, Madagascar al presente ya no están en condiciones de ser considerados

abastecedores. Por otra parte, la fuerte demanda mundial, se centra para ser abastecida por países de mano de obra barata del "Tercer Mundo", como son China, Brasil y México que en la actualidad mantienen restringidas exportaciones por el decaimiento de sus propias reservas y los fuertes consumos internos. Por consecuencia, la fuerte consumo y elevada calidad de pureza para su consumo que le otorgan los EUA, Japón y Alemania y otros países altamente industrializados, tienden a suponer que su precio en el mercado mundial se irá inexorablemente incrementando a los mismos niveles que han acontecido en la pasada década para abastecer el mismo mercado cautivo.

Las variaciones históricas de los precios en la pasada década estuvo regulado por el abastecimiento sostenido de la producción de China, a precios de "dumping" que era del orden promedio de \$750 Dlls/T. hacia 1986; o sea "todo uno" y a pié de planta como en la actualidad se vende. Al respecto, debemos de considerar que este precio promedio de producción, en las condiciones de igual calidad puede sufrir variaciones del 10, 20 y hasta 30% más, vendido en el mercado europeo, japonés y de América. Para 1989, el precio por tonelada promedio en condiciones de "todo uno" era del orden de 1010 Dlls/T en el mercado mundial. Hacia 1993, el precio promedio "todo uno" se incrementaba hasta 1530 Dlls/T y en las actuales condiciones prevalecientes, el precio por tonelada "todo uno" es de alrededor de \$1700 Dlls/T. Es de considerar que cuando se hacen ventas o exportaciones masivas de gran tonelaje, los precios pueden decrecer en un 5, 10 hasta 15% para un sólo consumidor o distribuidor internacional. Pero cuando se hacen ventas limitadas hasta de 10 toneladas o bien, de 10 a 50 toneladas y en ocasiones de 200 a 500 toneladas, existen variaciones substanciales que dependen directamente del arreglo entre el productor y el consumidor.

Los precios del rutilo en la forma de  $TiO_2$ , han sido fluctuantes a partir de 1950, variando de \$224 Dlls/T en 1954 para concentrados con 94% de  $TiO_2$ , hasta \$700 Dlls/T que alcanzo en 1975, con grados de pureza de 96%; sin embargo, el valor de este mismo concentrado descendió a \$450 Dlls/T hacia 1982. No obstante lo anterior, se inicia un fuerte consumo desde entonces para alcanzar precios de \$2400 Dlls./T para productos refinados con niveles mínimos del 98% de  $TiO_2$ , para pigmentos y en aleaciones metálicas de 99.3  $TiO_2$  de pureza en calidad metálica en forma de esponja. Como materia prima el concentrado de rutilo se exporta en concentrados de 60, 70, 80 y 90% variando su precio en la actualidad de \$600 a 1200 Dlls./T en concentrados primarios.

En tales condiciones, **IMI** proyecta concentrar un producto con aproximadamente 90% de  $TiO_2$ , a un precio del orden de \$1200 Dlls./T. Posteriormente el proceso metalúrgico de refinación y purificación, donde el rutilo es completamente oxidado, convertido a un cloruro y reducido con magnesio a esponja de titanio, en pureza de más de 99.3% de Ti, tendrá valores del orden de \$3200 Dlls/T.

Por consecuencia, con los precios actuales de mercado y una planta con capacidad de 1500 T/d y una reserva que garantice el abastecimiento de mineral a la planta por 10 años, todos los yacimientos de grafito cristalino emplazados en paragneises del Grupo *El Hielo* de la *Faja Estructural Oaxaqueña* con características análogas a las descritas para los yacimientos de *El Hielo* y *La Escondida*, son económicamente explotables con Leyes minerales del 2.5 % y sin considerar las concentraciones de titanio que en forma de rutilo, le da un mayor valor agregado a los yacimientos, lo cual ocurre cuando se explota como subproducto. En cuanto a la Ley mínima de explotación de los yacimientos de grafito cristalino es de 2.0% cuando considera una Ley media de rutilo del 0.80%, como subproducto.

Se debe hacer notar que en los conceptos anteriores se maneja el nivel crítico de eficiencia metalúrgica del 87%, y no se han considerado los posibles incrementos de producción por eficiencia metalúrgica al aplicar el proceso de "column cells" que se conoce como Columna de flotación Vertical, que podría alcanzar rendimientos mayores de hasta 90 al 95% y costos menores hasta en un 5%, de los que se obtienen en el proceso de flotación convencional. Otro aspecto, que no se adiciona al proyecto global, sería el incremento que se podría obtener con las elevadas producciones sometidas al enriquecimiento del grado químico por arriba del 98% de concentración de pureza, donde se pudiera incrementar las ganancias entre 15 al 20% del total.

Podemos asumir, en términos generales, que para el desarrollo de los proyectos de *El Hielo* y *La Escondida* la economía inflacionaria de México, poco impactan en los costos de inversión, porque su realización y su programa de ventas será en dólares hacia un mercado cautivo del extranjero. Sin embargo, en vías de los estudios de viabilidad, nos hemos ajustado a las condiciones inflacionarias del país para determinar su sensibilidad y, que no obstante, aún con el fuerte efecto de los mismos determinan condiciones favorables para su ejecución. Bajo estos términos, podemos concluir que bajo los niveles inflacionarios de México, con inversiones, costos y utilidades en pesos la viabilidad financiera del proyecto del yacimiento de *El Hielo* se da cuando la inflación no supera el 23.8%. En términos semejantes se concluye que el proyecto de *La Escondida* es financieramente viable si el nivel de inflación promedio durante el horizonte de planeación de 10 años no supera el 36.30%

Queda agregar que el encarecimiento de cualquier proyecto por desarrollar en el país, se debe al disparado incremento del interés real, causado por los mismos financieros de la banca de intermediación (35% a 40%) prevaletentes; situación que para el caso de estos proyectos se desvanece, porque las inversiones y los créditos que se obtienen serán directos en dólares del extranjero, a tasas fluctuantes entre 7% al 10% anual y debido a que se comercializará en la misma moneda.

**BIBLIOGRAFÍA**

- 
- Aargreaves and Fromson, S.(1985).- *Titanium(Ti) World Index of strategic Minerals Productions, Explotatione and Risk*, De. Facts on File, Inc., New York.
- Acle Tomasini Alfredo(1990).- *Planeación estratégica y control total de calidad, un caso real hecho en México*, serie economía y empresa, Ed. Grijalbo, 302 p.
- Aguirre Mora Octavio(1994).- *El Manual de Ingeniería Financiera*, Acuario impresiones y Ediciones, México, 397. p.
- Andersen, Lolhar(1989).-Senior Consultant c/o KHD Humboldt Wedag AG Report in flake graphite concentration processes.
- Baca Urbina G. (1993).- *Evaluación de Proyectos, análisis y administración del riesgo*, segunda edición, M/c Graw-Hill, 284 p.
- Bázan B., S.(1984).- *Litoestratigrafía y Rasgos Estructurales del Complejo Oaxaqueño, Mixteca Alta, Oaxaca*, Revista GEOMIMET, No. 129, p. 35-63.
- Bazán, Barrón S.(1985).-La secuencia basal del Complejo Oaxaqueño y sus implicaciones metalogenéticas y tectónicas, Sierra de Juarez-Istmo de Tehuantepec; Oaxaca, Revista GEOMIMET. No. 137, 94-146 p.
- Bazán-Perkins, S.(1990).- *Génesis y Evaluación del yacimiento de Grafito Cristalino de "El Hielo"*, Santa María Peñoles, Oaxaca. Facultad de Ingeniería UNAM. Tesis Profesional(Inédita), 149 p.
- Bazán-Perkins, S.(1992).- *Génesis del Grafito del Complejo Oaxaqueño y sus Facies Metamórficas*, XI, Conv. Geol. Nac., Resúmenes, p. 27-28.
- Bazán-Perkins, S.(1995).- *Notas del Análisis Financiero del Sector Minero*, Trabajo par la Materia de Análisis Financiero, DEPI, UNAM, Inédito, 30p.
- Beteta José Luis(1978).- *Breve historia Minera de México*, Revista GEOMIMET, No.91, 37-43 p.
- Brasil, Nacional de Graphite(1990).-The diversification Type Natural Crystalline Graphite.

- BreaLEY A. Richard y Myers C. Stewart(1994).- *Principios de Finanzas Corporativas*", España. Mc Graw-Hill.
- Cervantes Montes(1974).- *Cuatro Factores Económicos que intervienen en la Minería*, Revista GEOMIMET No. 68, 60-76 p.
- CESL(1987).- *Cominco Engineering Services LTD.- Main Advantages of column cell.*- Vancouver, Canadá, 4 p.
- China, *Export Products Catalogue(1986).*-*Category, Commodity and Specifications of Natural Crystalline Flake Graphite.*
- Copeland, Tom; Wueston, Fred(1988).- *Financial Theory and Corporate Policy*, New York, Addison-WesLey.
- Copeland, Tom; Weston, Fred(1994).- *Finanzas en Administración.* México, Mc Graw-Hill.
- Copeland Tom; Koller, Tim; Morrin, Jack(1988).- *Valuation, Measuring and Managing The Value of Company* ", New York. John Wiley & Sons.
- Coss Bu Raúl(1991).- *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*, México. Limusa, México.
- Cross Michael(1990).- *Estructura empresarial como adaptarla a los cambios*, Ed. fondo editorial Legis, 336 p.
- Cunningham/Aldag/Swift(1991).- *Introducción a la Administración*, Ed. Iberoamérica, 2a edición, 515 p.
- Drucker F. Peter(1994).- *Gerencia Efectiva*, ed. Hermes, 71 p.
- EL UNIVERSAL(1996).- *Aportaciones por sectores a la Balanza Comercial, en 1995*,. Sección Financiera, 2/3/96.
- Salvador Treviño(1990).- *Entrevista*, Revista GEOMIMET No 168, México, 39-45 p.
- Fernández Antonio José(1994).- *La tecnología de la información, factor estratégico en la segunda mitad de los 90.* España. Hravard DEUSTO, S.A. Business Review, 108 p.
- Frost Richard (1989).- *Bases de Datos y Sistemas Expertos*, Ingeniería del conocimiento, 2 ed., Ed. Díaz de Santos, 769 p.
- Garcia Mendoza, Alberto(1992).- *Ánálisis e Interpretación de Información Financiera Reexpresada.* México, Ed. CECSA.

-Grafito de México, S.A. de C.V.(1988).- Perfil Informativo de SERFIN.- División de Ingeniería Financiera, Inversión de Capital, Banca SERFIN, S.A.C.

-Grafito de México, S.A. de C.V.(1993).- Lista de Precios de Grafito, de los tipos "A", "B", "O" y 80/80, Telixtlahuaca, Oax.

-Greenbaum L.Thomas(1991).- Manual del Consultor, Guía completa para lograr el éxito como consultor, Ed. Díaz de Santos, S.A., 233 p.

-KHD Cabadá Inc.(1988).- World of Minerals, . Graphite pre-feasibility.- Industrial Minerals, 16-17 p.

-KHD Humboldt Wedag AG.(1990).- Preliminary Report on the Mineralogical Investigation of a Graphite Ore Sample from El Hielo, Oaxaca, México.

-Kowa Seiko(1993).- Result of Analysis by Kowa of 4 Graphite Concentrate of La Escondida, Oaxaca, México.

-La Minería en Prensa Nacional, Fomento Minero(1991).- Revista GEOMIMET No. 173, México, 46-66 p.

Lamb, Frank D. and Irving, Donald R.(1956).-Graphite, Minerals Facts and Problems, Bulletin 556, Bureau of Mines, 327-337 p.

-Langenscheidt Adolfo(1990).- Evaluación de la Minería Mexicana, Revista GEOMIMET No 168, 54-59 p.

-Lewis, Richard W.(1970).- Graphite(Natural), Mineral Facts and Problems, Bureau of Mines, 1025-1038 p.

-NAFIN, Diplomado en Evaluación de Proyectos., México.

-Meseta Howard(1974).- Evaluación de la Minería Mexicana, Revista GEOMIMET No. 71, 48-59 p.

-Morris Daniel y Brandon Joel(1994).- Reingeniería, cómo aplicarla con éxito en los negocios, ed. Mc Graw-Hill.

-Minería Cinco Siglos en México(1990), Revista GEOMIMET No. 168, 50-52 p.

-Ochoa Setzer, Guadalupe A.(1993).- Administración Financiera, Ed. Alhambra Mexicana, Mexico.

-Ross, Stephen A; Westerfield, Randolph W.; Jaffe, Jeffrey F.(1990).- Corporate Finance, Boston, IRWIR, .

-Salas P. Guillermo(1975).- *Minerales Industriales de México*, Revista GEOMIMET No. 74, 20-49 p.

-SECOFI(1994).- "*Tratado de Libre Comercio de América del Norte*", México, Tomo 1 y 2.

-Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología(1986).- *Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas, contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos y reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruido*; Serie: Normatividad ecológica No. 2, 3 y 4.

-Taylor, Jr. Harold A.(1984).- *Graphite*; Minerals Yearbook, 437-446 p.

-Taylor, Jr, Harold A.(1988).- *Preliminary Graphite(Natural) in 1987*, Mineral Industry Surveys.- Ment of the Interior Bureau of Mines Annual

-Teresa Franco, Jiménez Codinach y Correa Etchegaray(1973).- *Investigaciones Sobre Minería Prehispánica en Testimonios Históricos*, Revista GEOMIMET No. 62, México, 19-38.

-Terrones Longone(1990).- *La Minería Mexicana, Significado de las Importaciones Minero Metalúrgicas(1985-1988)*, Revista GEOMIMET, No. 167, México, 28-42 p.

-Vargas Aguilar(1972).- *Análisis de las Técnicas para la Evaluación de Proyectos*, Revista GEOMIMET No. 72, México, 10-15 p.

-VOEST ALPINE(1964).- *Quality Graphite, Result of Austrian Innovations*. Engineering and Mining Journal, V. 165, No. 10., 140 p.

-VOEST ALPINE(1986).- *Preliminary Flowsheet for the Concentration of Graphite El Hielo, Oaxaca, Mex.*

-William P. y Giovanni B.(1973).- *Estudio Financiero de la Explotación de un Cuerpo Mineralizado Empleándose el Sistema de Computadoras*, Revista GEOMIMET No. 64, México, p. 5-17.

-Zamora, M.S; Casarrubias, J.S.; Zárate, V. P. F; Ramírez, V.C. y Díaz, T.F. J.(1975).- *Geología de los yacimientos de grafito cristalino en el Estado de Oaxaca*. C.R.M., Departamento de Geología, México., 315-351.