

EVOLUCION DE LA PLANTA DE CONCENTRACION DE LA MINA DE ESTAÑO "EL CUBITO"

SALAMANCA.

M. Romero Alfaro (*)

A.S. Gracia Plaza (**)

(*) Interminas, S.A. Apto. 659. Salamanca

(**) Consejería de Industria, Energía y Trabajo. Junta de Castilla y León.



Resumen.

Durante los últimos diez años la mina de estaño "El Cubito", en la provincia de Salamanca, ha mantenido una producción regular e importante dentro del contexto español, pese a constituir un criadero de los habitualmente clasificados como "marginales" por su escasa ley media.

La utilización de los recursos técnicos disponibles, que ha conseguido el elevado grado de eficacia necesario para hacer rentable la explotación del yacimiento, ha estado basada en la experiencia como método y la simplificación de procesos como objetivos.

Abstract.

For the last ten years the tin mine "El Cubito", in the province of Salamanca, has kept a regular and important production, within the Spanish context, in spite of to belong to mineral deposits classified as "marginal" because of their short grade.

The use of the available technical means, which has made possible the high degree of efficacy needed to make profitable the exploitation, has been based on the experience as method and on a simplification of processes as objectives.

La explotación minera de estaño conocida como "El Cubito", aunque la denominación administrativa real sea "Grupo Minero Las Españas", se encuentra situada al SO de la ciudad de Salamanca, en el extremo NE de la " Fosa de Ciudad Rodrigo", en la confluencia de ésta con la gran " Cuenca Terciaria del Duero", siendo titular de la misma INTERMINAS, S.A.

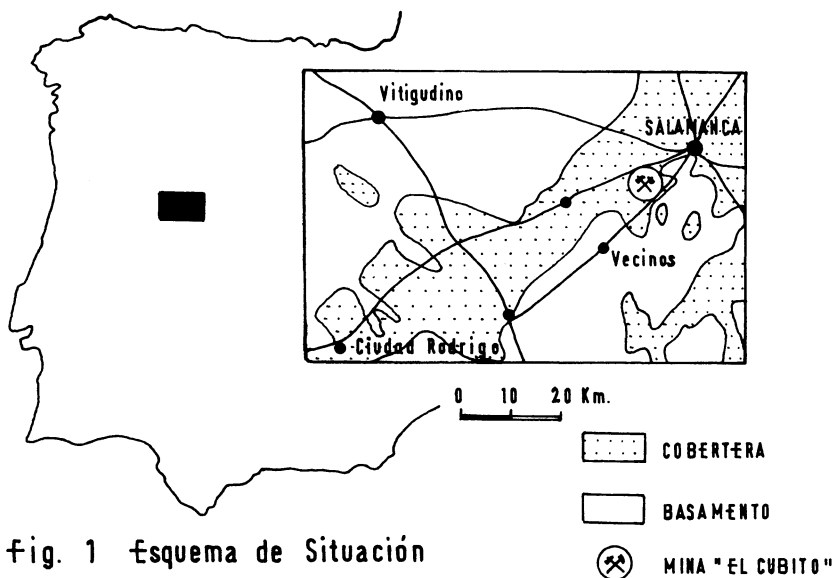


fig. 1 Esquema de Situación

Durante muchos años en la explotación se benefició exclusivamente Casiterita de coluviones fanglomeráticos miocenos aunque existen trabajos sobre filones encajados en el basamento paleozóico efectuados a comienzos de los años cuarenta, que llegan a alcanzar hasta 70 m. de profundidad.

El entorno geológico ha sido ya descrito en varios trabajos publicados con anterioridad: GRACIA PLAZA, A.S. y GARCIA MARCOS, J.M. (1.980); GRACIA PLAZA et al (1.981); GARCIA SANCHEZ, A. y GRACIA PLAZA, A.S. (1.981) y GARCIA SANCHEZ, A. et al (1.983).

Desde el punto de vista minero los datos más destacables son los siguientes : se han extraído cerca de 1.500 tm. de concentrados de casiterita a lo largo de su historia, de los cuales más de dos tercios lo han sido en los últimos diez años; la ley media del depósito detrítico explotado hasta hoy ha sido de aproximadamente 280 gr. de Sn/tm., con una proporción media de estéril movido/material tratado de 2:1. La capacidad de tratamiento es de 2.000 tm./día y el consumo de agua de 6 m³/tm., volumen del que se recicla un 80%. La recuperación media de la planta de concentración ha sido del 74-77%.

Como más adelante se describe, a partir de 1.984 la explotación ha alcanzado también a diferentes materiales del basamento: paquetes de filones y pegmoaplititas, cuyas reservas y leyes están aún en evaluación, aunque la posibilidad de tratar mineralizaciones primarias de estos materiales han

permitido así mismo, reconsiderar aspectos de la explotación hasta ahora desechados por la inexistencia de instalaciones para procesos de machaqueo y molienda, extendiendo las reservas beneficiables a parte de las escombreras acumuladas durante etapas mineras anteriores.

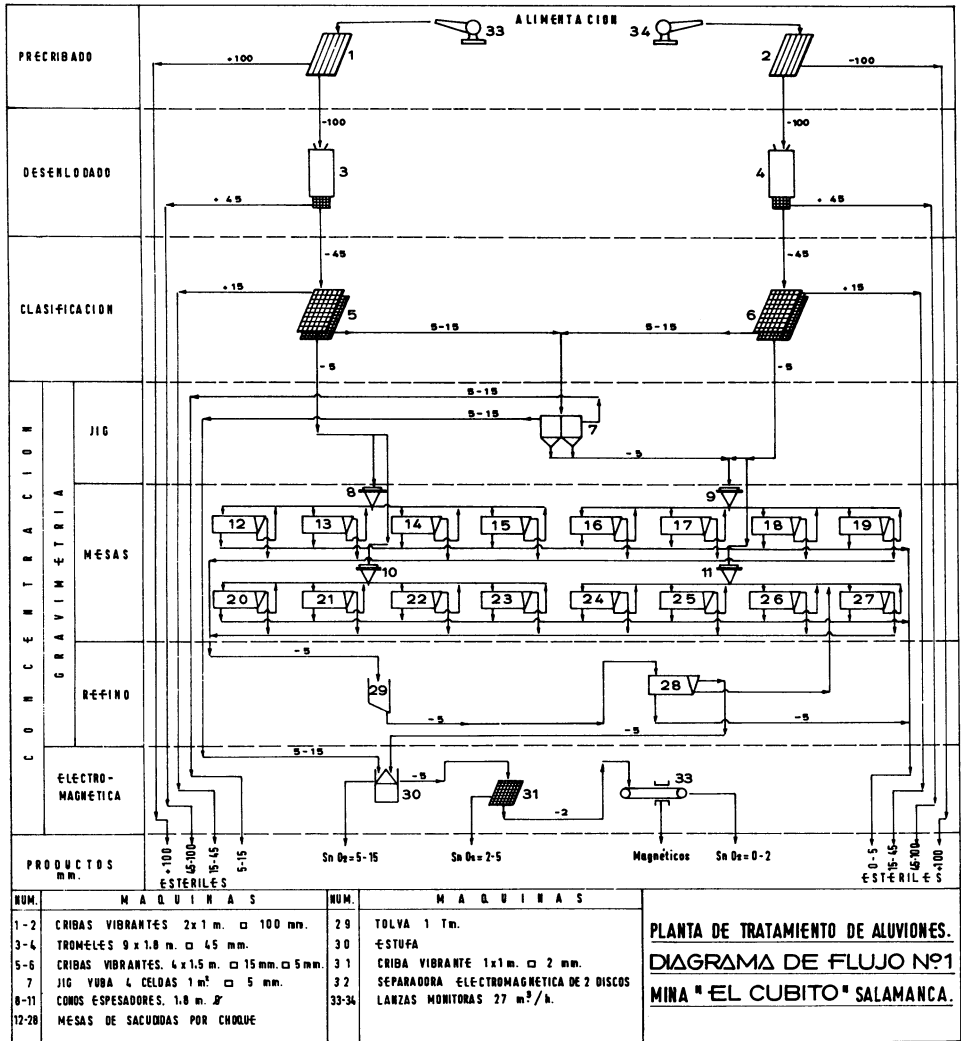
Las labores mineras sobre los diferentes tipos de yacimientos con mineralizaciones de casiterita tienen en la región ya casi medio siglo de historia, quedando su evolución suficientemente ilustrada por el desarrollo de las diferentes plantas de concentración empleadas a lo largo del tiempo, cuyas modificaciones han sido más el resultado de la experiencia cotidiana, que de la puesta en práctica de profundos estudios técnicos.

La evolución de los sistemas de explotación y concentración ha sido lógicamente un proceso paulatino, pero para mayor comodidad expositiva se han sistematizado los cambios efectuados en cinco etapas, la primera de las cuales (que no se representa gráficamente) no alcanzó mayor grado de tecnificación que la mera explotación de tipo artesanal, con escasos medios humanos y técnicos, y basada en el uso tan extendido, como en otras partes de la Península Ibérica, de la llamada "mesa gallega", alimentada manualmente en los primeros tiempos y mediante pala mecánica y un simple precibado posteriormente.

La primera planta de concentración que pudiera merecer tal denominación llegó a conformarse tras diversos estados de avance técnico gradual hacia 1.974 adquiriendo entonces la distribución expresada en el esquema nº 1.

En 1.978 ya con una producción regular consecuencia de importantes movimientos de tierra, se llegó a la configuración expuesta en el esquema nº 2, que difiere sustancialmente de la anterior por la introducción en el proceso de concentración, siempre gravimétrico, de máquinas de tipo jig.

La tercera de las plantas se sitúa en 1.982 (esquema nº 3) y con ella se concluye la etapa dedicada a la explotación exclusiva de materiales de tríticos, comenzando definitivamente a partir de 1.984 la explotación de paquetes filonianos y pegmoaplitas, que implican procesos de molienda (esquema nº 4), aunque durante algún tiempo coexistieron con el tratamiento de materiales procedentes de los coluviones tradicionalmente explotados, que se trataban en líneas paralelas dentro de la misma instalación, manteniéndose hoy día esta ambivalencia operacional.



Esquema núm. 1

El proceso consta esencialmente de dos partes:

a) Desenlodado del todo uno y clasificación.

b) Concentración por métodos gravimétricos y electromagnéticos del producto inferior a 15 mm.

a) Los materiales de tipo aluvionar son depositados por camiones en una tolva abierta inclinada, de donde fuertes chorros de agua a presión, mediante lanzas monitoras dirigidas por un operador, alimentan unas cribas vibrantes que eliminan los tamaños mayores de 100 mm. (entre el 17 y el 20 % del total) y produce un primer desenlodado.

Las cribas alimentan a sendos trómeles equipados con paletas dispuestas helicoidalmente en toda su longitud. A la salida hay un tamiz concéntrico que elimina todo lo mayor de 45 mm. (25-30%).

El material deslamado pasa a unas cribas vibrantes de doble paño que se para los tamaños mayores de 15 mm. y clasifica lo menor de 15 en 5-15 mm. y -5 mm.

b) El material menor de 15 así clasificado (35-40%), se somete a concentración en un doble circuito en paralelo: el tamaño 5-15 se trata de un jig yuba de 4 celdas (2 líneas de 2 celdas), provisto de rejilla de 5 mm. , sobre la que se depositan los materiales densos que son evacuados intermitentemente. El producto menor de 5 mm., junto con el agua introducida en el proceso, pasa a 4 conos espesadores-distribuidores que alimentan las baterías de mesas del tipo de sacudidas por choque.

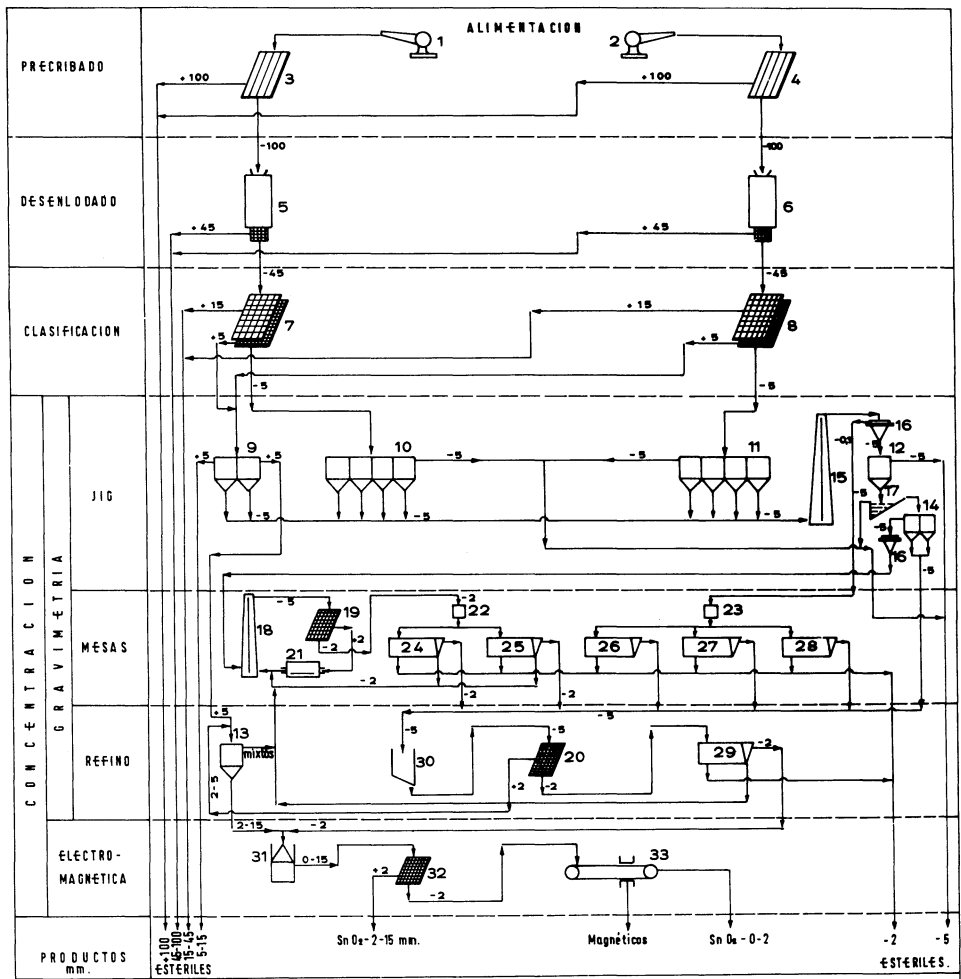
Los preconcentrados del orden del 60% de SnO_2 se consiguen mediante reciclado en la misma mesa de los materiales más densos evacuados por la zona final de riflado.

El refinado se realiza en mesa del mismo tipo para granulometrías inferiores a 5 mm. mientras que el 5-15, concentrado en jig se someta a tratamiento manual con el auxilio de un pequeño tamiz.

El concentrado así obtenido, una vez seco, se clasifica en +2 y -2 mm., siendo la fracción fina la que pasa por la separadora electro-magnética , consiguiendo para las distintas granulometrías un concentrado final con unos contenidos en Sn en torno al 70%.

Esquema núm. 2

Se modifica la sección de concentración para el producto 0-5 mm., elimi



NUM.	MAQUINAS	NUM.	MAQUINAS
1-2	LANZAS MONITORAS 27 m ³ /h.	22-23	DISTRIBUIDORES DE PULPA
3-4	CRIBAS VIBRANTES DE 2x1 m. □ 100 mm.	24-29	MESAS DE SACUDIDAS JAMES
5-6	TROMELES 9x1.8 m. □ 45 mm.	30	TOLVA DE 2 Tm.
7-8	CRIBAS VIBRANTES 4x1.5 m. □ 15 mm. □ 5 mm.	31	ESTUFA.
9	JIG YUBA 2 CELDAS DE 1 m. ² □ 5 mm.	32	CRIBA VIBRANTE 1x1 m. □ 2 mm.
10-11	JIGS YUBA 8 CELDAS DE 1 m. ² □ 5 mm.	33	SEPARADORA ELECTROMAGNETICA DE 3 DISCOS
12-13	JIGS YUBA 2 CELDAS DE 1 m. ² □ 5 mm.		
14	JIG TIPO YUBA 2 CELDAS DE 26"x26" □ 5 mm.		
15	ELEVADOR DE CANGILONES		
16	CANOS ESPESADORES DE PULPA. Ø 1.8 m.		
17	HIDROCLASIFICADOR TIPO DORR		
18	ELEVADOR DE CANGILONES		
19-20	CRIBAS VIBRANTES 1x0.5 m. □ 2 mm.		
21	MOLINO DE BARRAS. 120x0.9 m.		

PLANTA DE TRATAMIENTO DE ALUVIONES
DIAGRAMA DE FLUJO Nº 2
MINA "EL CUBITO" SALAMANCA.

nando las mesas de sacudidas por choque, por jigs yuba y mesas de sacudidas tipo James. El reciclado para obtener un preconcentrado rico en el esquema anterior se altera con la instalación escalonada de jigs , y sometiendo los materiales considerados estériles finales a un circuito de molienda y clasificación a menos 2 mm. para su tratamiento en mesas tipo James.

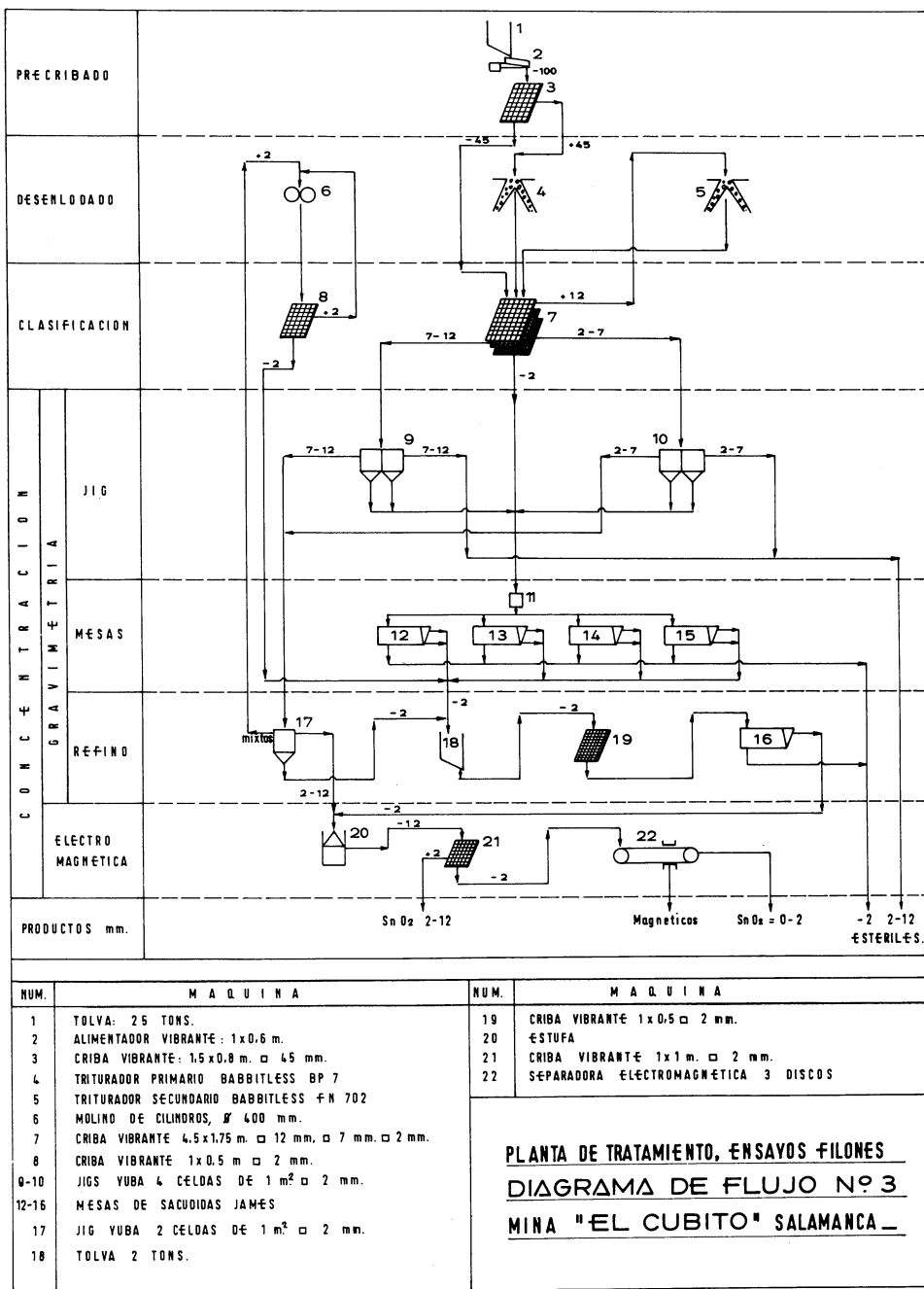
El producto 0-5 mm. de cada línea de tratamiento pasa a un jig de 8 celdas (4 líneas) provisto de tejido metálico de 5 mm. de luz de malla , sobre la que se deposita un lecho de granallas de densidad 4-4'5 . Los preconcentrados (entre el 20 y el 25% de Sn) que pasan a través de la rejilla se conducen mediante tubos colectores a un elevador de cangilones, que descarga en un cono espesador, para alimentar un jig yuba de 2 celdas (1 línea) equipado, así mismo, con el mismo tipo de rejilla y granalla anteriores. El concentrado obtenido tiene contenidos de Sn del 40 al 45%.

Los materiales filtrados son depositados para su escurrido en un hidroclasificador tipo Dorr, que a su vez alimenta otro jig tipo yuba de 2 celdas de 26" x 26" (1 línea), igualmente provista con tamiz de 5 mm. y lecho de granallas. El preconcentrado obtenido, del orden del 60 - 65% de Sn se deposita en la tolva de la sección de refinó. Los materiales no filtrados, previo espesamiento por medio de un cono, pasan por un elevador de cangilones a un circuito cerrado constituido por molino de barras y criba, reduciendo a menor de 2 mm., y posteriormente a tratamiento en 2 mesas tipo James, obteniéndose un preconcentrado que va a la tolva de la sección de refinó y unos mixtos que se integran en el circuito de molienda.

Los finos de rebose del cono de descarga del primer elevador se tratan en tres mesas tipo James.

La sección de refinó está constituida por la tolva ya mencionada, desde donde mediante chorro de agua se alimenta una criba vibrante, clasificando dos productos: uno menor de 2 mm. que pasa a una mesa tipo James, donde se obtiene un concentrado que va al secadero, y unos mixtos que se integran al circuito cerrado de molienda. La fracción 2-5 mm. se deposita, junto al preconcentrado del tamaño 5-15 mm. obtenido en el jig de 4 celdas, en un jig de 2 celdas (1 línea), resultando un concentrado apto para el secadero y unos mixtos que pasan a molienda.

Se mantiene la sección de separación electromagnética del esquema anterior.



Esquema núm. 3

Planta adicional instalada para estudio del yacimiento primario y adaptación de la planta para esta mineralización.

El esquema representa la disposición y proceso de la última fase de ensayos, que en cuanto a distribución granulométrica ha sido el adoptado en la transformación de la planta de concentración.

La alimentación se realiza con materiales filonianos, entre 15 y 100 mm., procedentes del tratamiento de un todo uno en el lavadero de aluviones, concentrándose en éste los tamaños inferiores a 15 mm.

La granulometría 15-100 mm. se deposita en una tolva y por medio de un alimentador vibrante pasa a una criba que separa dos productos: mayor y menor respectivamente de 45 mm. El más grueso alimenta el molino primario, y una vez triturado, junto al menor de 45 mm., se clasifica en una criba vibrante de tres paños, dando 4 productos: un mayor de 12 mm. que alimenta el molino secundario (en circuito cerrado con dicha criba) entre 12 y 7 mm. y entre 7-2 mm., que se tratan independientemente jigs yuba de 4 celdas (2 líneas), y por último el 2-0 mm. que pasa a 4 mesas tipo James.

Los preconcentrados de mesas y jig pasan a la sección de refino, reduciéndose los mixtos en un molino de cilindros instalado en circuito cerrado con una criba vibrante.

El proceso de refino y separación electro-magnética es el indicado en los esquemas anteriores.

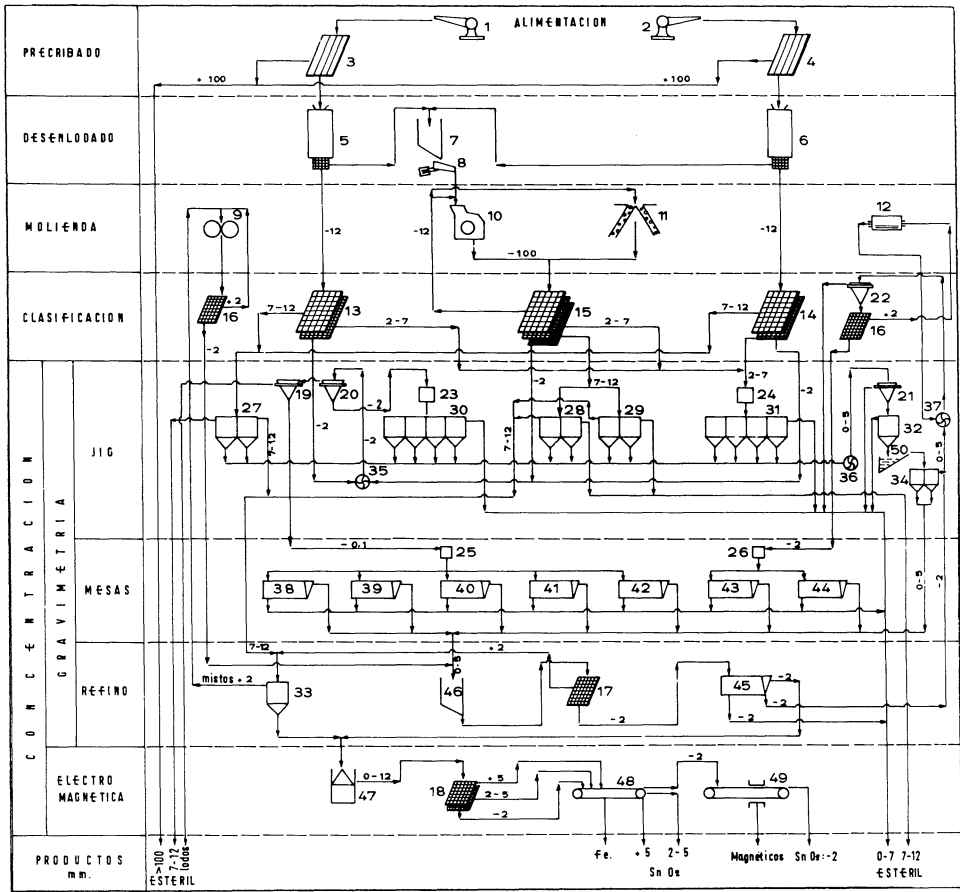
Esquema núm. 4

Representa la planta de concentración modificada para molienda, aunque si fuera necesario podría seguir igualmente con el tratamiento de aluviones, mejorada además por disponer en el proceso de concentración de tres cortes granulométricos en lugar de los dos anteriormente descritos, y por la eliminación de gran cantidad de agua turbia antes de iniciarse el tratamiento de granulometrías finas en jig.

Se mantienen las secciones de precribado y desenlodado anteriores, si bien, en los trómeles se ha dispuesto en la salida dos tamices concéntricos para eliminar los tamaños superiores a 12 mm. y otro entre 12 y 100 mm.

En molienda se sustituye el molino primario de cono por un triturador de impactos de mayor capacidad.

Recibe dicho triturador la alimentación dosificada por medio de un ali



NUM.	M A Q U I N A S
1-2	LANZAS MONTORAS: 27 m ³ /h.
3-4	CRIBAS VIBRANTES DE 25x1 m. □ 100 mm.
5-6	TROMEL 9x1,8 m. □ 45 mm. □ 12 mm.
7	TOLVA: 500 TM.
8	ALIMENTADOR VIBRANTE: 1x0,6 m.
9	MOLINO DE CILINDROS: 400 mm. Ø
10	TRITURADOR PRIMARIO DE IMPACTOS
11	TRITURADOR SECUNDARIO DE CONO
12	MOLINO DE BARRAS: 1,2x0,9 m.
13-14	CRIBAS VIBRANTES: 4,5x1,5 m. □ 7 mm, □ 2 mm.
15	CRIBA VIBRANTE: 4,5x1,75 m. □ 12 mm, □ 2 mm.
16-17	CRIBAS VIBRANTES: 1x0,5 m. □ 2 mm.
18	CRIBA VIBRANTE: 1x1 m. □ 5 mm, 2 □ mm.
19-20	CONOS ESPESADORES DE PULPA, Ø 3 m.
21-22	CONOS ESPESADORES DE PULPA, Ø 1,8 m.
23-26	DISTRIBUIDORES DE PULPA
27-29	JIGS YUBA: 4 CELDAS DE 1 m ² □ 5 mm.
30-31	JIGS YUBA: 8 CELDAS DE 1 m ² □ 5 mm.
32-33	JIGS YUBA: 2 CELDAS DE 1 m ² □ 5 mm. □ 2 mm.

NUM.	M A Q U I N A S
34	JIG YUBA: 2 CELDAS DE 26"x26" □ 5 mm.
35-37	BOMBAS SOLIDAS TIPO VERTICAL 6"; 4" 2"
38-45	MESAS DE SAUDIDAS TIPO JAMES
46	TOLVA 2 TM.
47	ESTUFA
48	TAMBOR MAGNETICO
49	SEPARADORA ELECTROMAGNETICA 3 DISCOS
50	HIDROCLASIFICADOR TIPO DORR

PLANTA DE TRATAMIENTO FILONES
 DIAGRAMA DE FLUJO Nº 4
 MINA "EL CUBITO" SALAMANCA

mentador vibrante instalado en una tolva-túnel a través de una cinta transportadora. Los tamaños evacuados mayores de 12 mm. son rechazados por una criba vibrante de tres paños, que en circuito cerrado pueden ser reutilizados indistintamente en el mismo triturador o en el molino de conos secundario.

La clasificación granulométrica de los materiales menores de 12 mm. se consigue en molienda con los dos paños restantes de la mencionada criba, y los procedentes de la corta, con las cribas existentes en las instalaciones, anteriormente descritas equipándolas con tamices de 7 y 2 mm.

El producto 7-12 mm. se trata en tres jigs yuba de 4 celdas (2 líneas) provistos de rejilla de 5 mm., sobre la que se deposita el mineral.

El 2-7 mm. alimenta un jig yuba de 8 celdas (4 líneas) con rejilla de 5 mm. y lecho de granalla. Los densos entre 5 y 7 mm. se depositan sobre la rejilla, siendo necesario evacuarlos periódicamente.

El 0-2 mm. junto con el agua aportada en las secciones anteriores se conduce a una bomba de sólidos que eleva a un cono espesador, provisto de inyección de agua por el fondo para eliminar, en parte, los tamaños inferiores a 0'1 mm. El material espesado se trata de un jig yuba de 8 celdas (4 líneas).

Los finos y el agua turbia pasan a un segundo cono de gran diámetro, tratando los finos espesados en 4 mesas tipo James.

Los preconcentrados de los jig 2-7 y 0-2 mm., así como los producidos en escasa cuantía en los jig 7-12 mm. por deficiencias de cribado se conducen a una bomba de sólidos que los eleva a un cono espesador para alimentar un jig de 2 celdas (1 línea), equipado con rejilla de 5 mm. y lecho de granallas.

Los materiales filtrantes continúan el proceso seguido en el esquema núm. 2, sustituyéndose el elevador de cangilones por una bomba de sólidos

Los mixtos mayores de 2 mm. se tratan en la sección de refinado previa reducción a menos 2 mm. en molino de cilindros, instalado en circuito cerrado con una criba vibrante.

En la concentración electro-magnética se incorpora un tambor magnético para eliminar el hierro metálico procedente de los desgastes originados en el arranque y planta de concentración.

El mantenimiento de una importante producción regular por tan largo

periodo de tiempo, siempre naturalmente dentro del contexto minero español, a pesar de su indudable clasificación como depósito marginal por su escaso contenido en mineral beneficiable, hacen de la explotación de esta mina un ejemplo cuyo análisis parece conveniente y provechoso, especialmente cuando la historia de la minería de estaño en nuestro entorno muestra una abundancia considerable de operaciones mineras frustradas, consecuencia inevitable de la pobreza de la inmensa mayoría de los depósitos conocidos, lo que sin embargo, no implica necesariamente su inexplorabilidad.

La primera y más importante consideración aleccionadora resultante del análisis de esta explotación atípica por su permanencia, es que la experiencia directa no puede ser sustituida por la extrapolación o trasplante de modelos, por bien elaborados que éstos estén.

Las peculiaridades de cada yacimiento, hecho por lo común habitualmente admitido en ámbitos profesionales, pero escasamente considerado en la práctica minera, adquieren tanta más importancia de cara a la explotabilidad del criadero, cuanto más próximo se está al umbral de la rentabilidad y por tanto menor es el margen de tolerancia admitido por el proyecto.

Cualquier aspecto confuso o incierto del proceso minero debe ser comprobado mediante ensayo experimental, buscando el equilibrio entre la perfección técnica deseable y las inversiones reales posibles, antes que asumir los dogmas al uso, que por lo general obedecen a razones de tipo comercial, y que no siempre se apoyan en argumentos técnicos suficientemente contrastados con la práctica.

Las características de la explotación hasta aquí comentada pueden complementarse con los siguientes aspectos de índole minera más general que, asimismo, han contribuido, a nuestro entender, a posibilitar su desarrollo:

- Las operaciones de arranque y transporte se han efectuado por lo general con equipos adecuados, de calidad suficientemente probada, dimensiones apropiadas, con planificación de itinerarios y tiempos operativos estudiados para optimizar sus costos.

- La eficacia de las instalaciones se apoya en tres factores: la sencillez de las mismas, su carácter dinámico y versátil, y un buen entrenamiento del personal que las atiende.

En relación con el primero de estos factores se ha conseguido minimizar el tiempo dedicado a reparaciones, manteniendo además con un pequeño número de operarios (cinco) el funcionamiento ininterrumpido de la instalación durante 24 horas diarias al máximo de su capacidad.

El segundo ha dado una gran flexibilidad y una gran capacidad de readaptación a las casi constantes modificaciones efectuadas, sin apenas afectar a la capacidad productiva.

El tercero de los aspectos antes enumerados, ha permitido la disminución de costos gracias a un importante grado de autosuficiencia en los trabajos de mantenimiento y reparación de las instalaciones, así como el mejor aprovechamiento de su capacidad, y lo que tiene aún mayor importancia : un funcionamiento regular de las mismas y unos bajos índices de accidentabilidad.

Por último la actitud general de no dar por sentado ningún hecho , ni por inamovible esquema alguno hasta su comprobación, ha generado un importante proceso dinámico de adaptación a cada circunstancia, siempre a la busca del mejor rendimiento al más bajo costo, que ha motivado los cambios de instalación que se han expuesto a lo largo del presente trabajo.

Cada uno de los pasos dados para modificar la planta ha sido siempre consecuencia de la experiencia directa, y así por ejemplo, además de que los jigs utilizados para sustituir los diferentes tipos de mesas de sacudidas han demostrado su mayor capacidad global, y sus menores costos de mantenimiento y consumo, como es generalmente admitido, se ha comprobado que con la adecuada alimentación y en el caso concreto de este criadero la distribución granulométrica de su mineralización permitía recuperaciones, hasta pre-concentrados próximos al 25% de Sn metal, superiores al 90%, lo que ha repercutido en el diseño del proceso industrial de concentración, remodelándolo para su mejor aprovechamiento; o , que una molienda producida por impactos no necesariamente provoca importantes pérdidas por producción de ultra-finos.

Muchos aspectos de los aquí expuestos sugieren sin duda amplias discusiones conceptuales y metodológicas, pero no se olvide en ningún caso como punto de partida que la explotación ininterrumpida de la mina durante ya más de diez años, es un hecho comprobable y no una hipótesis de trabajo.

Agradecimientos:

Los autores quieren expresar su agradecimiento a INTERMINAS, S.A. por las facilidades prestadas para la publicación de este trabajo.

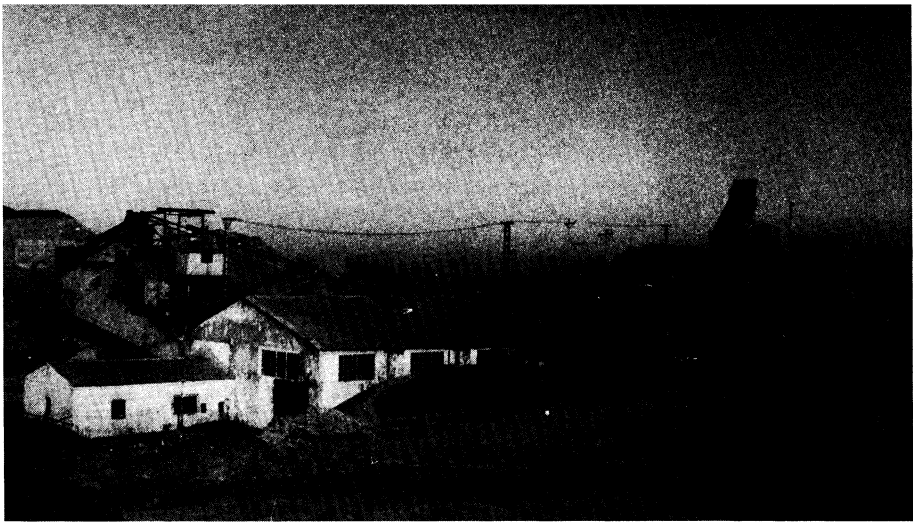
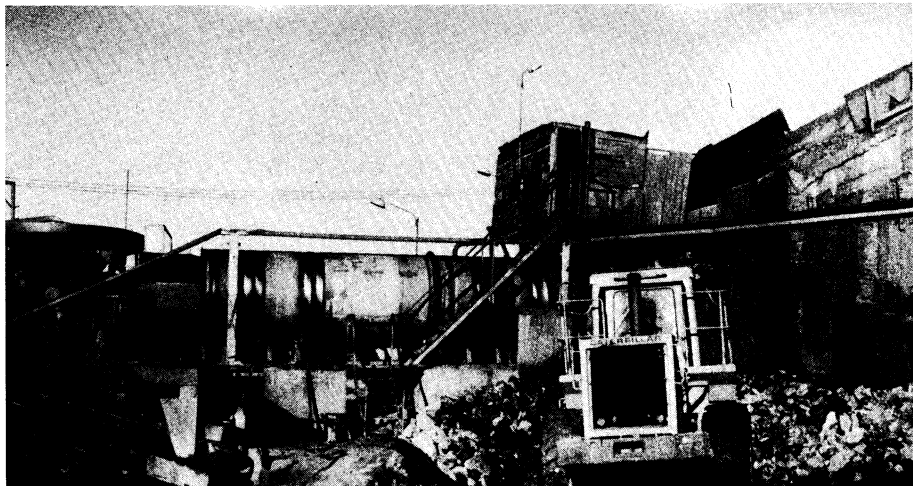


Foto n.º 1. Vista general de las instalaciones.



Foto n.º 2. Lanzas monitoras.

Foto n.º 3. Trómeles.



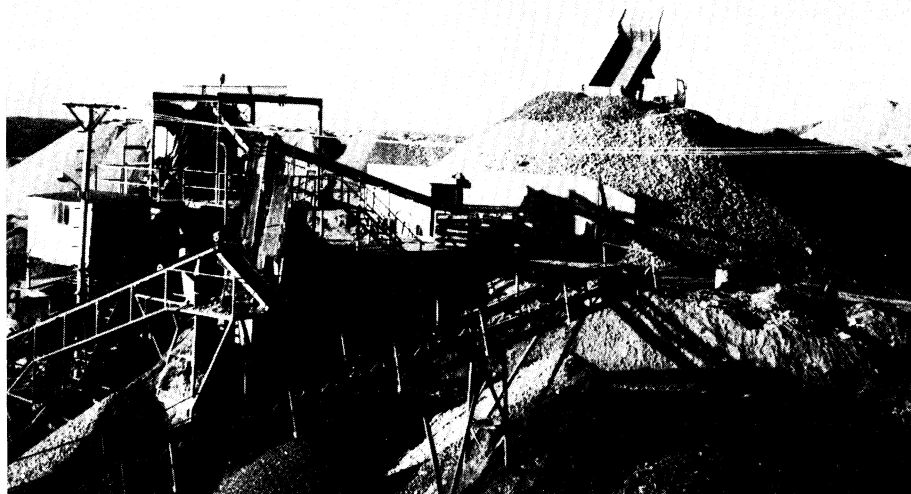


Foto n.º 4. Vista general de las instalaciones de molienda.

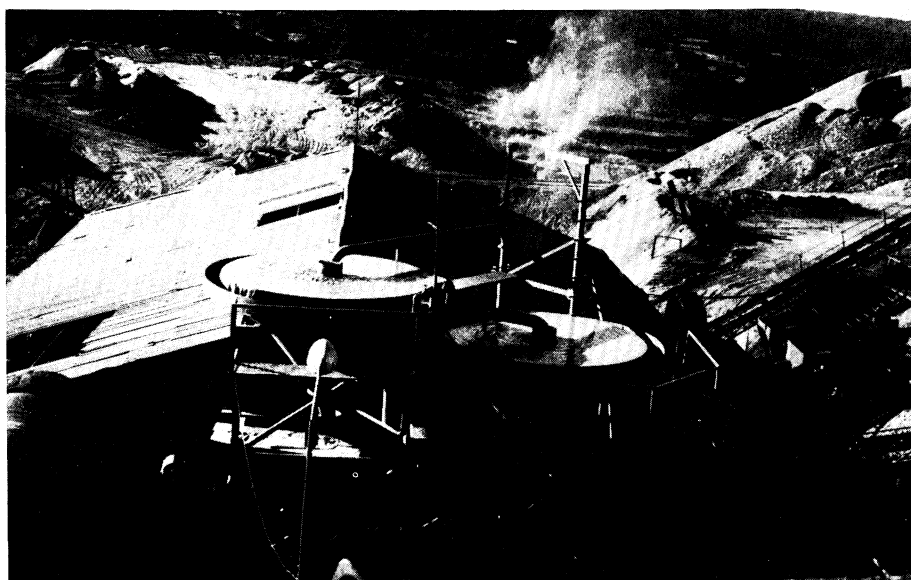
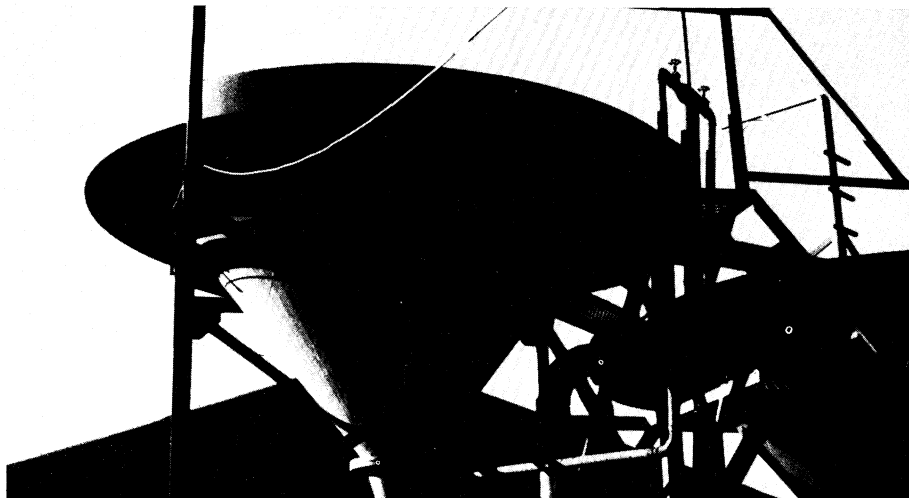


Foto n.º 5. Conos espesadores.

Foto n.º 6. Detalle de cono espesador.



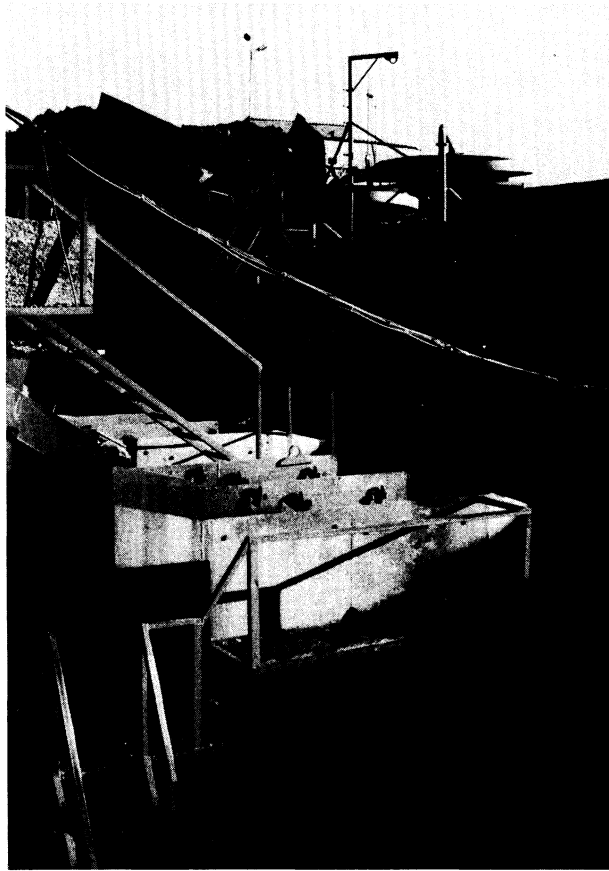


Foto n.º 7. Jigs Yuba. Cuatro celdas.

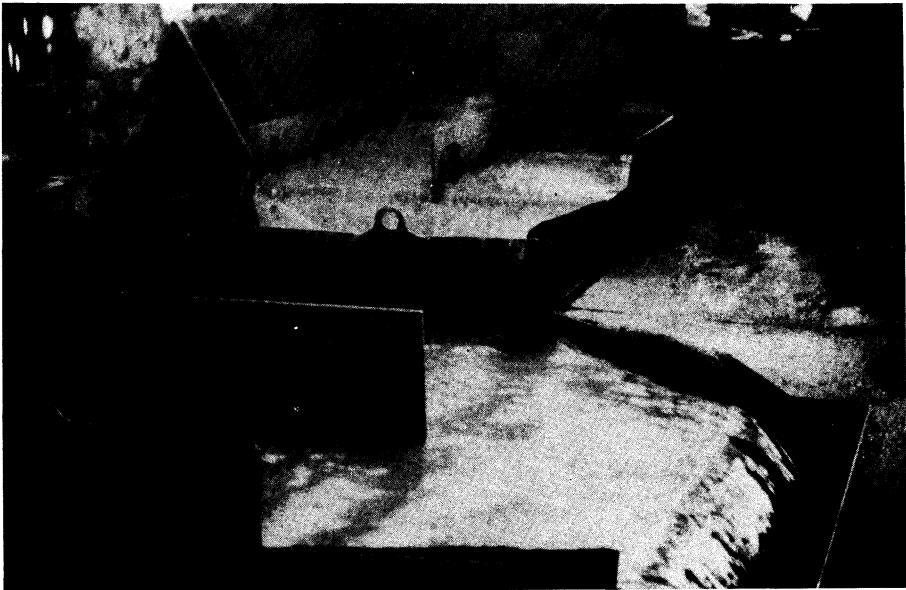


Foto n.º 8. Jigs Yuba. Ocho celdas.

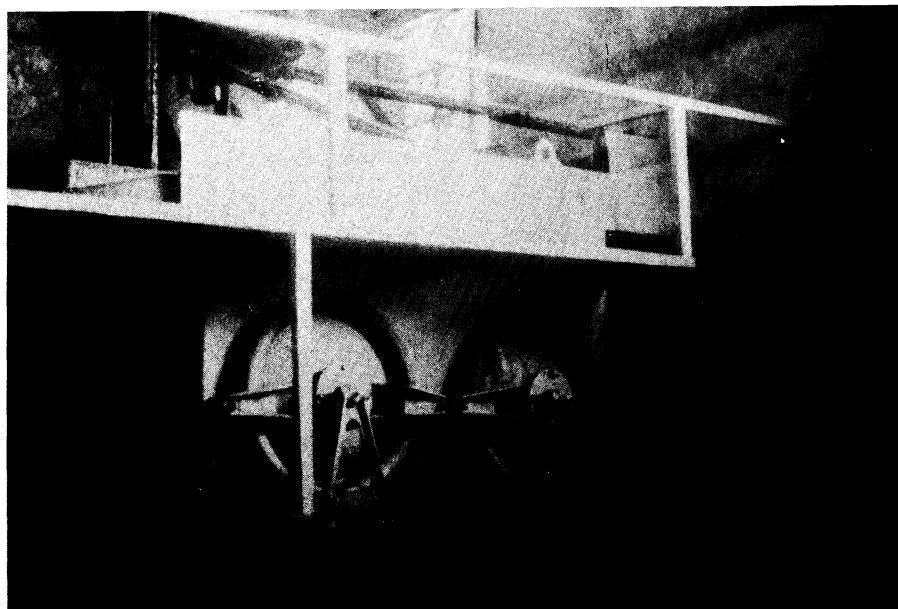


Foto n.º 9. Jigs Yuba. Vista lateral.

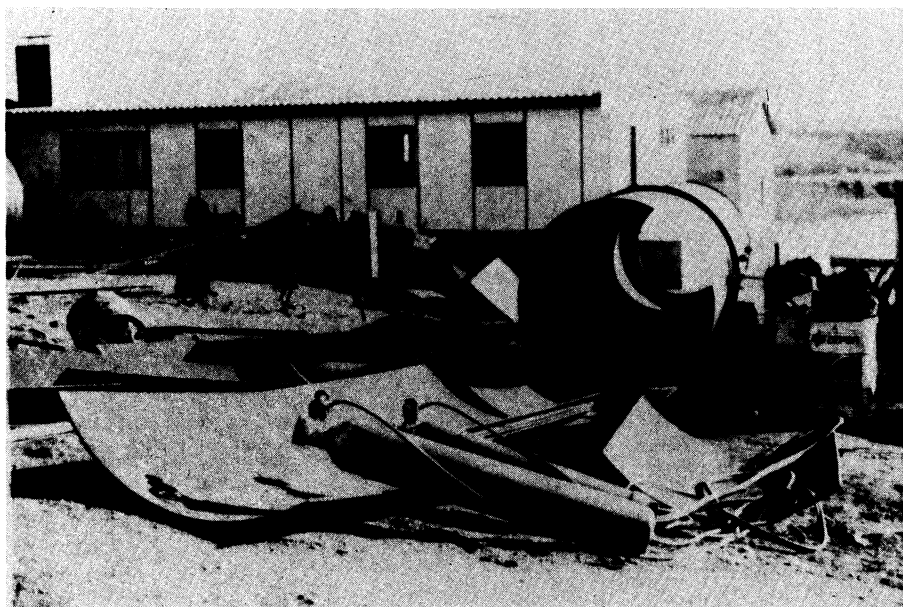


Foto n.º 10. Trabajos de reparación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- GRACIA PLAZA, A.S. y GARCIA MARCOS, J.M. (1.980): El yacimiento detrítico estannífero de "El Cubito". (Salamanca). Cuadernos de Laboratorio Geológico de Laxe, 1 (p. 279-281).
- 2.- GRACIA PLAZA, A.S., GARCIA MARCOS, J.M. y JIMENEZ FUENTES; E. (1.981): Las fallas de "El Cubito": Geometría, funcionamiento y sus implicaciones cronoestatigráficas en el Terciario de Salamanca. Boletín Geológico y Minero. T. XCII-IV (p. 267-273).
- 3.- GARCIA SANCHEZ, A. y GRACIA PLAZA, A.S. (1.981): Caracteres geoquímicos de los granitoides en el yacimiento estannífero de "El Cubito". (Salamanca). Anuario del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca. C.S.I.C. vol. VII (p. 195-203).
- 4.- GARCIA SANCHEZ, A.; SAAVEDRA ALONSO, J.; GRACIA PLAZA, A.S. y PELLITERO PASCUAL, P. (1.983): Sobre los recursos minerales de la provincia de Salamanca. Algunos yacimientos de interés. Temas de divulgación nº 9. Excma. Diputación Provincial de Salamanca - IOATO (41 p.)