

PROYECTO DE EXPLORACION MINERA SIERRA GRANDE

---

Por el Dr.Ing. ROLD DENKEWITZ

1952

C. J. S.

PROYECTO DE EXPLOTACION MINERA SIERRA GRANDE.

Dr. Ing. Rolf Denckwitz  
Palpalá (Jujuy)

Informe sobre el rendimiento minero del mineral de hierro de SIERRA GRANDE  
-diciembre de 1952-

El siguiente informe da un breve panorama sobre los estratos de mineral de hierro "Sierra Grande" considerando su hasta ahora conocida importancia económica y las posibilidades técnicas de explotación. Por ende de ello debe hacerse llegar al metalúrgico una característica del mineral, que previo tratamiento pueda emplearse en los altos hornos y que debe ser proporcionado por parte del minero.-

Es claramente comprensible que en un primer análisis de los depósitos se pueda en la presente exposición conocer solamente los principales aspectos.- Para lograr una comprensión unilateral y equilibrada de las distintas posibilidades técnicas es requisito la elaboración de un proyecto.- Recién del proyecto se pueden deducir cuáles son los trabajos previos de minería, las máquinas necesarias, los datos de las máquinas, el presupuesto para la instalación maquinaria y el cálculo del costo de obtención.-

Los cifras técnicas y económicas indicadas en el presente informe han sido calculadas aproximadamente en base a los datos que se tienen de la mina de LAJA (JUJUY).- Conjuntamente han sido utilizados datos de experiencia.- Las cifras dan así una base aproximada.- El valor final del total de costos de producción ha sido calculado tan cuidadosamente que no puede ser sobrepasado al efectuar un detallado cálculo del proyecto.- En la excursión a SIERRA GRANDE participaron los señores Ing. A. ALONSO e Inspector FOMCERRELL, de la Dirección FERROVIARIA S.A. ex-TRILSEN LANTAL S.A. Bs.As., y de la DIRECCION NACIONAL DE MINERIA, respectivamente.- A ambos señores agradece el suscripto por la colaboración recibida.-

Una introducción a las condiciones geológicas y de minería dió el señor Dr. H.A. VALVAND de la DIRECCION NACIONAL DE MINERIA.- Un examen rápido de los estratos de SIERRA GRANDE lo ha dado el Ing. R. ACQUENAGA (Doc. INDUSTRIAL ARGENTINO), así como el Dr. Ing. C. POPP de la DEMAG-AG BREMEN, en junio de 1952.-

LOS MINERALES.

Existencia de mineral de Fe y kilntas de mina y metalurgia.

La dimensión de la mina y el dimensionamiento del establecimiento metalúrgico ubicado en los estratos, está supeditado a la existencia de mineral de Fe.- Los trabajos de investigación geológica dan un buen informe sobre las cantidades "seguras" y "probables" de mineral en SIERRA GRANDE alcanzables por la superficie.- En la estimación del mineral "probable" difieren mucho las opiniones de los diversos especialistas.- La base para el cálculo de tal existencia de mineral forma la génesis de la capa.- Aquí se enfrentan entre otros:

H.A. VALVAND: la existencia de mineral de Fe en SIERRA GRANDE es un estrato sedimentario.- Los primitivos minerales existentes como hematita

ta, fueron transformados mediante una metamorfosis de contacto durante la aparición de una corriente de fusión granular en magnetita y cristales mayores de hematita.-

R. AZCUBENAGA: la existencia de mineral es una formación líquida-magnética-neumatolítica de un magma diorítico del tipo GRANÖSBERG (SUECIA).

siguiendo la teoría de H.A. VALVANO puede contarse con una mayor cantidad de mineral "probable".- Los estratos deberían extenderse tanto en la superficie como en la profundidad.- Una restricción del horizonte del estrato en el hasta ahora conocido campo, sería poco común para un estrato sedimentario, principalmente para esa concentración de mineral. J.A. VALVANO estima los estratos "probables" en 30 millones de toneladas como mínimo.- La suma de minerales "seguros" y "probables" (J.A. VALVANO usa una nomenclatura diferente empleada en U.S.A.) es indicada con 27,5 millones de toneladas.-

En base a la teoría de R. AZCUBENAGA se deduce que no existe un orden riguroso de los estratos.- De acuerdo a esto el mineral debe formar depósitos en forma de fajas y lentejas.- Probablemente, podría encontrarse en grietas.- Para el cálculo de las existencias "probables" desde el punto de vista minero faltan todavía las bases.- Del conocimiento general de existencias de mineral "semejante" al líquido-magnético igualmente se puede suponer que confirmando la teoría de R. AZCUBENAGA sobre la génesis del mineral de SIERRA GRANDE, existen otras cantidades de mineral en la profundidad y en la vecindad, como así también a considerable distancia del afloramiento.-

El redactor se adhiere íntegramente a la teoría de J.A. VALVANO sobre una transformación metamorfoseca de un depósito sedimentario. Una formación tan característica, como se puede observar bajo el microscopio, de partidas de mineral no o poco afectadas de metamorfosis, encuentra su explicación en la formación de cristales de soluciones de hierro, para formar una sustancia nuclear en condiciones electrofíticas especiales en agua de mar.-

Para la estimación del tamaño del establecimiento minero debe asegurarse el conocimiento de los estratos de mineral de hierro "probables" dado que éste es todavía muy reducido. Establecimientos especulativos que probablemente no se realicen, no son responsables de la inversión del capital para la explotación minera y de fundición. Sólo trabajos de investigación bondadosos (perforaciones, posiblemente también eléctricas, que aprovechan distintas mediciones geofísicas) dan a conocer si existen depósitos mayores que los hasta ahora hallados.-

Se fija la existencia de treinta millones de toneladas de mineral como base para la capacidad de la mina y del establecimiento metalúrgico.- Con semejante cantidad de mineral, no hay lugar a dudas para la explotación económica del depósito, como también desde el punto de vista de la calidad del mineral.- Sin querer adelantarse a los expertos de la metalurgia, se cuenta con pleno derecho económico a pesar de las conocidas dificultades en el suministro de energía y combustible, sobre el establecimiento en las proximidades de la mina.

Se aclara nuevamente que la cantidad de 30 millones de toneladas no es una cifra definitiva. El proyecto de la combinación mina más alto hoy no más taller de laminado, es sólo un primer esbozo de la construcción para un supuesto y seguro tiempo de producción, del establecimiento construido en los depósitos de SIERRA GRANDE, de 100 años, pueda preverse.

sólo una producción diaria de 500 toneladas de hierro bruto. En el planeamiento general del establecimiento debe preverse una futura ampliación, para elevar la producción, que en caso contrario significaría una inversión de elevado monto. En razón de que existe la tendencia de lograr una capacidad de horno de 1.000 t diarias, se propone que se intensifiquen los trabajos de perforación y efectuar algunas de aprox. de 500 m de profundidad hasta alcanzar los estratos, como así también horizontales bastante separadas. Para la explotación minera es siempre de ventaja una red densa de perforaciones; no es imprescindible si se conoce la dirección de los estratos, como en este caso. Trabajos de investigación en la SIERRA GRANDE no se pueden evitar, por cuanto la zona está sometida a movimientos tectónicos. Para el minero es sólo importante que conozca la continuación del mineral. Teniendo la ayuda de un geólogo estará casi siempre en condiciones de llevar los trabajos de investigación de manera de aprovecharlos para la extracción del mineral. De ahí sobran también los costos para un gran número de perforaciones profundas, próximas. Perforaciones exigen siempre mucho tiempo, si no se desea dejar para un futuro, la capacidad de 1000 t, deben elegirse "grosso modo" los puntos de perforación, aunque se corre el riesgo de que no se halle mineral en una perforación grande. Es de suponer que ya en 2-3 años, es decir en el período en que ya puede estar en construcción el alto horno, se tenga conocimiento de la extensión del depósito, para determinar el establecimiento metalúrgico en base a la producción, logrando probablemente una segunda etapa en la construcción.

La cifra de producción de la mina debe ser de 1000 t de mineral concentrado por día. La cantidad de mineral bruto es en un 12-20% mayor en la producción diaria (depende del método de extracción), en la extracción profunda 5-15% (depende del procedimiento de clasificación) mayor, dado que se debe contar con derrumbes (aclarado más adelante).

#### Substancias del depósito y materiales secundarios:

Se dispone de los informes de J.A. VALVANO y W. ZÖLLNER que dan una descripción geológica-mineralógica especial. Importante desde el punto de vista minero es un informe sobre el contenido de hierro y sobre toda clase de ganga. Cabe agregar en base a propias observaciones, informaciones obtenidas y a datos de análisis: el hasta ahora conocido depósito de SIERRA GRANDE está formado probablemente (?) de tres campos independientes (norte, sur, este). Los minerales afloran actualmente. Su inclinación varía de 30-70°; generalmente se encuentran inclinados los superficiales de 45-50°. La dirección de los hundimientos es hacia el oeste en algunos casos y hacia el este en otros y tienen su origen en un movimiento tectónico plegado. Estratos transversales interrumpen el desarrollo continuo de los estratos. En el depósito sur, son más típicas estas inclinaciones, son más extendidas, un arranque regular es de esperar. En el depósito norte, las inclinaciones son más intensas. Aquí deberán solucionarse las dificultades de arranque. Probablemente no se podrá contar con una centralización de los puntos de extracción, al tiempo del método de arranque general para la explotación en masa en la profundidad.

Para obtener un reducido costo de transporte en una instalación para explotación profunda, debe tenerse un exacto conocimiento de los probables desmoronamientos de algunas secciones como entre otros en el depósito sur. El asesoramiento de un geólogo es inevitable. Lamentablemente no se encuentra a disposición todavía el resumen del desarrollo de J.A. VALVANO, sobre todos los trabajos de investigación en SIERRA GRANDE. Recién al conocerse un trabajo de tal naturaleza, especialmente buenos perfiles geológicos, se abren las puertas para el exitoso planeamiento

de una instalación para explotación profunda. Para el arranque de estratos de mineral arrojante no se presentan inconvenientes dignos de mención, excepto deformaciones tectónicas e interrupciones del depósito.

El horizonte del mineral es interrumpido por 2-3 bancos de piedra y ganga. El espesor total de la capa crece de varios metros en algunos lados hasta 30 metros en otros. El banco principal posee un espesor de hasta 15 metros, en promedio tiene de 8-10 metros. Los secundarios sólo miden 0,8 m. Una extracción simultánea de los bancos principal y secundarios no es posible en caso de existir materiales intermedios dado que se obtiene una reducida concentración del mineral bruto, lo que recarga la elaboración.

En los límites del depósito se encuentran ariscas que en la superficie son quebradizas debido a su exposición a los agentes atmosféricos. Las muestras de las perforaciones dan a conocer que en la profundidad las capas de piedras están agrietadas, pero, sin embargo, son bastante resistentes. Las capas de recubrimiento pertenecen, desde el punto de vista técnico minero a los de dureza media y elevada. Galerías muy grandes no podrán construirse probablemente, dado que el agrietamiento produce ciertas dificultades.

El mineral aparece como magnetita y hematita. Mezclas de mineral en las más variadas formas de distribución de magnetita y hematita forman la regla. Se ha comprobado la existencia de magnetita y hematita pura en grandes complejos del depósito. La ganga es de acuerdo a las observaciones microscópicas (J.A. Valvano) clorita (tungustita-bidry silicato magnésico alúminico de hierro) y mica (muscovita). Cuarzo libre no se ha observado. Se encuentran algunas venas de varita formando finos hilos que atraviesan el mineral. También aparece pirita secundario en forma desordenada. Limonita aparece circunstancialmente y principalmente en las proximidades de la superficie del depósito.

Un intenso agrietamiento del mineral que se observa en las ranjas de arranque, no es de esperar en esta típica forma en la profundidad, razonando en base a las muestras obtenidas. En algunos dm y m de la superficie están rellenadas las grietas y las fisuras con materiales desintegrados en la superficie, por los agentes atmosféricos, como cuarzo, yeso, arterias calcáreas y toda clase de ganga. La proporción de material removido durante el arranque a cielo abierto es considerablemente mayor que en caso de explotaciones profundas, así como en trabajos de carga, separación de ganga y de depósitos intermedios.

El mineral es denso, duro y tiende a astillarse. La cantidad de mineral de granulometría menor que 12,5 mm no es muy elevada. En el mineral obtenido de minas, es calculado en un máximo del 10%. El contenido de hierro de los bancos de mineral es relativamente homogéneo. El análisis de las muestras obtenidas, a lo largo de todo el ancho del depósito, comprueba que el valor del hierro sólo experimenta variaciones insignificantes, cualquiera sea su posición.-

El análisis de 54,3% Fe, 7,7% SiO<sub>2</sub> (CaO -3-5%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 4,5-6%) calculado como término medio podría mantenerse teóricamente si se lograra separar completamente el material de derrumbe, durante la clasificación (sobre las posibilidades de este proceso, valores de análisis obtenibles en la práctica y las pérdidas se informará mas adelante). Por la elección del método de extracción y por el uso de varios puntos de extracción está en manos del minero, proporcionar al alto horn

una composición, previa clasificación influyendo en el resultado de los análisis con contenido de hierro constante.-

Muy interesante para el exporte en altas hornas es la aparición simultánea en hematita y magnetita, dado que ambos tipos requieren distintas condiciones de reducción. Cuales son las condiciones en que se puede obtener un mineral de hierro no muy variable, puede contestarse recién cuando se conozca el trabajo de J.A. Valverde. De acuerdo a las tablas de los análisis de las muestras de mineral extraído de las grietas, debe existir  $FeO$  y  $Fe_2O_3$ . Se ha dado con ello una transformación al análisis en hematita, magnetita y tartanita.-

Las muestras obtenidas de las zanjas de extracción no contienen pedregullo depositado en grietas y fisuras.- El mineral próximo a la superficie presenta un análisis inferior al comprobado por las muestras.- En las extracciones a cielo abierto ya más profundas y en la explotación de minas los análisis de las muestras coinciden con los del mineral ganado. Prácticamente no es posible obtener económicamente un mineral de Fe puro. Una purificación es inevitable. La cantidad extraída depende, durante la extracción de las minas, de la consolidación de la ganga y del método de extracción. Será explicado más adelante.-

#### Explotación de una mina.

Para razonar sobre la instalación para explotación de una mina se sigue la teoría del Dr. POPP (DINAG) y se supone que el establecimiento metalúrgico incluido el alto horno será instalado en PUERTO MARIEN. Una opinión propia es obvia. El redactor se une totalmente a los razonamientos del Dr. POPP.-

#### Arranque a cielo abierto.

La cantidad de mineral obtenida por arranque ha sido calculada en un millón de toneladas para el campo norte y 1,5 millones de toneladas para el campo sur. La relación entre mineral y escombros es de 1:3,0,6 m<sup>3</sup>. Esta cifra ha sido fijada demasiado baja. En general puede decirse, que la no fijación de tal relación, sino que sólo un exacto cálculo de los costos de explotación, dan informes sobre el alcance de una explotación minera, encuadrada en lo económico. El punto de partida para tal cálculo, es siempre el valor del mineral, a que está dispuesto abonar el establecimiento metalúrgico al productor. Aquí se tratará de colocar el mineral de Fe en relación al de igual valor importado, aunque para la ARGENTINA existe la ventaja del ahorro de divisas, pudiendo fijar sobre precios para los minerales locales. La diferencia entre el valor del mineral y el costo por tonelada, sin tener en cuenta los costos de extracción, permite recién entonces fijar una bondadosa relación entre mineral de Fe y condiciones de explotación. Puede llegarse a transformar la explotación de una mina en arranque a cielo abierto si se tiene esta última, en condiciones considerablemente avanzadas, aumentando progresivamente su costo, siempre que tal procedimiento sea aconsejable económicamente.- Cuando la relación mencionada importa 1:3 todavía puede asegurarse economía, en base a datos experimentales y calculados. Probablemente puede sobrepasarse esta cifra hasta 1:8. Las cifras para arranque a cielo abierto han sido estimadas en base a 1:8 (aprox. por falta de datos) y son las siguientes:

en el campo sur	4.000.000 t
en el campo norte	3.000.000 t

La vida útil de una explotación a cielo abierto alcanza, con una pro-

ducción de 1.000 t, teniendo en cuenta las pérdidas a 21-7,5 años, siempre que sea de razonable tamaño. El período de amortización para las máquinas especiales y las instalaciones mecánicas, referida toda al período de explotación, es normal. La amortización y el interés del capital recaerán en forma común la tonelada de mineral.-

Derriba en un estrato de mineral así como la morfología rica en ganga son para una instalación a cielo abierto relativamente inconvenientes, la incorporación de máquinas cargadoras como el transporte para clasificación. El frente de ataque puede ser en la dirección o normalmente a ella. Los dos esquemas (1 y 2) aclaran la situación. En el primer caso (fig. 1) debe, aparte de descubrir el estrato de mineral, preverse lugar para los medios de extracción y carga, en este caso pala excavadora. El trabajo de perforación y dinamitado corre paralelo en la misma capa. Pueden dinamitarse grandes masas de mineral para ser luego transportadas. Medios de obtención dentro de la capa de mineral pueden ganarse y transportarse separadamente. Una reducida pendiente (30 - 40°), requiere golpes dados que el mineral no cae por gravedad a la excavadora.-

La segunda posibilidad (fig. 2) de un volumen de desmoronamiento proporcional a la consistencia del mineral. La superficie de desmoronamiento es, para iguales cantidades de mina al librado, bajo condición de suficiente espesor de estrato, menor que en el primer caso. En caso de trabajar con pala excavadora debe trasladarse el trabajo de perforación y dinamitado a una segunda capa. Se presentan cuando el espesor de la capa es reducido.-

En la planificación para la incorporación de máquinas cargadoras debe verificarse si resulta más conveniente el empleo de cargadores BRAGLERS en vez de palas excavadoras. Se pasaría el límite de la presente exposición si se entrara a mayores detalles técnicos. Sin embargo este requisito, se acentúa nuevamente, que para una aparentemente fácil instalación de arranque a cielo abierto debe efectuarse un equilibrio de todas las posibilidades técnicas.

Esto se subraya todavía por el problema del alejamiento. El terreno en dudado probablemente no permite un desmante continuo (fig. 3). Por ello deberán preverse varios pisos de explotación. Transportes sobre rieles, no son convenientes por las diferencias de nivel que deben vencerse. Para los procedimientos de desmante mencionados sería conveniente la incorporación de camiones diesel de alta capacidad de carga. La necesidad de construcciones especiales quedan supeditadas a un futuro estudio. Otros medios de transporte quedan con la restricción, fuera de discusión pudiendo pensarse en el uso de un cable carril(?) por el traslado desde el lugar de extracción hasta la estación de carga del cable carril debe hacerse con camiones o mecánicamente.-

El trabajo de desmanta puede considerarse de alto rendimiento por cuanto la capacidad de carga de las palas es elevada. Queda por contestar la pregunta sobre la incorporación de máquinas cargadoras (pala excavadora BRAGLERS) y de los medios de transporte (mecánicas, camiones). Para el depósito de materiales es necesario en los primeros tiempos colocar una volcadora de mineral. Más adelante pueden volcarse las colinas en la superficie ya libre de mineral.-

Las siguientes cifras de rendimiento y costos de producción se estiman:  
rendimiento por hombre y turno 20 - 25 m<sup>3</sup> de roca  
(sin generalidades) compacta igual 30-37,5 m<sup>3</sup> de material removido.

costos de producción: \$ 10 - 12<sup>1/2</sup> roca compacta  
7,3-8,5 pesos/t mineral de Fe concentrado

clasificación incl. transporte: rendimiento por hombre y turno  
p/preparación (sin gen.) 30-35 t

costos de producción: 5-7 pesos/t mine-  
ral de Fe concentrado.-

Las máquinas serán equipadas con motores diesel en razón de no disponer se de energía eléctrica económica. Para la obtención de aire comprimido debe preverse un compresor accionado por motor eléctrico. La energía necesaria para el compresor está indicada más adelante incluyendo la cifra de KW de la central energética.-

Podría estudiarse también el arranque de mineral superficial por medio de una construcción de embudo. Condición para ello es un considerable espesor de capa y un desmoronamiento no muy plano. Queda restringido este procedimiento por una desfavorable relación entre mineral-desmorte (máx. 1:1) dado que para gran cantidad crece considerablemente el costo de extracción. Se ve claramente por la superficie por un conducto subterráneo y recién de ahí puedan llegar al volcador de desmorte. Se prescindir de las cifras de costo de producción y rendimiento. Durante el proyecto no se puede prescindir del cálculo de una construcción de embudo dado que su ventaja es el reducido valor de las máquinas necesarias y su desventaja el elevado costo de extracción y la elevada cantidad de obreros.-

#### Conductos subterráneos.

Los afloramientos del depósito norte distan aproximadamente 12 km del depósito sur. También si continuando los estudios geológicos de investigación se puede comprobar que los dos depósitos se aproximan en la superficie o forman capas continuas pudiéndose ganar solamente el material por galerías. Para una capacidad de extracción de 1.000 t diarias debe elegirse en las condiciones actuales de los depósitos un largo total de 4.000 hasta máx. 6.000 metros.

Una observación relacionada al lugar de extracción es lógicamente prematura. Condición básica para ello es el conocimiento del desarrollo y el límite del estrato. Una fasa de posición inconveniente resalta en la inversión del capital para la red independientemente de los costos de producción, dado que 1 metro de vía de un sentido para la extracción sin desmorte cuesta 300-400 pesos. En el campo sur puede simultáneamente abarcarse el campo este con una única instalación. En el caso ideal se coloca una mina principal en el medio del campo. No es conveniente la instalación de una mina inclinada en la caída de los estratos. La experiencia ha enseñado, que, en continua actividad, una mina inclinada resulta antieconómica. Economías que se obtienen por la supresión de largos cortes transversales ya se compensan con las inversiones para una mina oblicua. Los trabajos en la profundidad son más complicados; muchas veces se necesita de una mina complementaria. Los costos de elevación superan en un 20-50% al de una mina vertical. Se agrega la mayor distancia por inclinación. Los pesos propios de los recipientes de extracción, encaminados sobre rieles son extraordinariamente elevados. Para elevar igual carga útil, en el mismo tiempo que en una mina vertical, la exigencia a la maquinaria es mayor. Consumo de cables y reparaciones son otros factores que no recomiendan minas inclinadas. Los mínimos costos de elevación para los conductos transversales que comunican el foso con los estratos; se obtienen cuando el foso, para una determinada profundidad, corta por el medio de la longitud del foso los

estratos. Si se gana el mineral subterráneamente por caída, la elección de un método de extracción tan moderno es apropiado para el campo sur, no se puede cumplir la condición mencionada precedentemente. La mina debe en este caso girar hacia lo horizontal, para no entrar en la zona de influencia de los movimientos producidos por el desmoronamiento.

Además se encuentra otra restricción para la ubicación de la mina sujeta a las condiciones del terreno. Decisiva para SIERRA GRANDE es la posición de la preparación, que a su vez está sujeta a la construcción de la línea férrea a PUERTO MADRIN como así por el capital a la línea férrea a construir de SAN ANTONIO a PUERTO MADRIN.

De especial interés es seguramente la obtención de algunos datos sobre el procedimiento de extracción del mineral. La fijación de uno de esos procedimientos es un problema sumamente complicado desde el punto de vista técnico minero. No existe un procedimiento general. Minas de características semejantes, en lo referente a estratos y materiales adyacentes (gangas), usan métodos de extracción diferentes y obtienen con procedimientos iguales rendimientos y costos diferentes.

El problema de extracción para SIERRA GRANDE requiere un profundo estudio, dado que la potencia, la distinta inclinación de los estratos y el estado de desintegración de la ganga, parecen ofrecer dificultades.

El redactor puede dar sólo una somera información sobre los posibles procedimientos de extracción.

Los datos técnicos importantes para la extracción en el campo sur, son:

- mineral de Fe, duro pero desintegrado;
- 1-3 bancos de mineral de Fe, el banco primario en el medio de los estratos;
- potencia del banco primario 3-15 m;
- bancos anexos al primario horizontales y verticales;
- potencia de los mismos 0,5-1,8 m;
- incrustaciones de materiales anexos semiduros;
- potencia de las incrustaciones 0-4m;
- Inclinaciones variables de 30-70 grados; inclinación general 45-60°;
- materiales anexos horizontales y verticales semiduros hasta areniscos muy desintegrados.

Del procedimiento de extracción se requiere:

- alto rendimiento por hombre y turno en la obtención;
- peligro de accidentes, mínimo;
- seguridad para el mineral ante la desintegración involuntaria;
- reducidas pérdidas de mineral;
- obtención de mineral puro;
- capacidad de ampliarse al cambio de condiciones de la mina.

Las condiciones alto rendimiento, obtención de mineral puro con pocas pérdidas, se encuentran en cierta contraposición. La posibilidad de obtención de mineral puro involucra un trabajo de clasificación. Esto significa una elevada reducción en el rendimiento y requiere numerosos puntos de extracción. Clasificar y con ello descentralizar la explotación, es caro; el desarrollo de la técnica de desmoronamiento tiende generalmente a centralizar y a introducir métodos de extracción en masa. Se obtiene así una gran acumulación de material. La extracción en masa, a pesar de los trabajos de clasificación necesarios, resulta más econó-

nica que la explotación reducida de mineral puro.-

Dos métodos de extracción opuestos se pueden citar:

Extracción en terraplén (relleno de los fosos de extracción)

Extracción por desmoronamiento (derrumbe planificado de capas horizontales, después de extraídas partidas individuales.-

Para estratos con inclinación inferior a 45-48° no son utilizables los procedimientos de extracción empleados para estratos de inclinación mayor. Debe contarse por ello para el campo sur, con por lo menos dos métodos de extracción.-

#### Explotación para inclinación de estratos de más de 48° (Extracción con terraplén o relleno)

Trabajo de carga a mano significa bajo rendimiento y queda excluido en las siguientes consideraciones. El aprovechamiento de la fuerza de la gravedad y la incorporación de máquinas cargadoras, permiten alto rendimiento. Un procedimiento muy empleado es la explotación por testeros inclinados con relleno. La figura 4 informa sobre la técnica de explotación. La diferencia de nivel es de 35-50 m. La explotación se realiza de abajo hacia arriba. El mineral es dirigido hacia la galería inferior sobre rodillos que se elevan en el terraplén.-

Distantes en 50 m. se encuentran conductos, por los cuales se desliza el material de relleno obtenido de la galería superior. Transportadoras vaivén trasladan el material hasta el talud del terraplén. La mayor parte del material cae sobre la transportadora. Trabajo de clasificación es posible en la instalación de una transportadora vaivén en limitado perímetro. Para la extracción pueden emplearse varios hombres de manera que el número de puntos de extracción queda limitado. El terraplén puede correrse después de la extracción del mineral de una franja. Se evita así derrumbes de ganga. El rendimiento en la extracción puede suponerse de 6 t/hombre y turno. Este procedimiento está limitado por una inclinación mínima del mineral, de 50°. La cantidad de mineral de hierro dentro del mineral bruto, es con 5-7% reducido.

Una variación del método precedente muestra la fig. 5. La distancia entre rodillos ha sido fijada en 6-8 m. Otra posibilidad resulta de variar las distancias entre rodillo de 20-25 m. El rendimiento es de 7-8 t/hombre y turno.-

Confusa queda la posibilidad de empleo del método de explotación por testeros horizontales con aplicación de cubeta de arrastre, dado que los espacios libres son mayores que en el primer método y no se ha determinado para el mismo la resistencia del mineral y demás materiales. Bajo condiciones óptimas se pueden obtener 10-14 t/hombre y turno. En el proyecto de minería no se contemplará este procedimiento, a pesar de ser muy usado.- Debe mantenerse este procedimiento en la práctica, para después de reunida una especial experiencia introducir una adecuada modificación o por experiencias - lamentablemente muy costosas - introducir un nuevo procedimiento.-

Sea indicado brevemente, que cualquiera que sea el procedimiento empleado, siempre se hará sentir más la presión de las montañas a medida que se desciende. Ya a profundidades reducidas de 150-200 m puede peligrar la estabilidad de la galería superior y reducir de esa manera el rendimiento de extracción.-

Un método muy destacado y rendidor es empleado en ZAPLA (JUJUY) caracterizado por testeros inclinados entre galerías. También aquí al te-

terraplén es inevitable. Las condiciones de los estratos son distintas que en la SIERRA GRANDE, pero el reducido espesor de los mismos, de 0,5-3 m y por la inclinación de 55-60°, pero los decaes materiales están muy desintegrados, mientras que la arenisca cuarcítica extendida sobre SIERRA GRANDE es más compacta. El método debería poder usarse también en la SIERRA GRANDE. Sus ventajas son amplia continuidad de carga y fácil introducción del terraplén. Si se desea obtener una mayor reserva del lugar de extracción debe subdividirse el testero. En determinadas distancias debe colocarse refillos sobre el terraplén para permitir el desplazamiento del mismo en varios lugares y reducir el peligro de accidentes. Inconveniente es la reducida extracción.- Se estima que el rendimiento para SIERRA GRANDE es de 8-10 t/hombre y turno. El mineral bruto contiene de 8-13% puro.-

La magnitud de los trabajos previos en el campo sur no es grande. La cantidad de material de la instalación subterránea y de la clasificación no alcanza a cubrir el necesario para el terraplén. Se ve obligado a cubrir la necesidad con un molino instalado en la superficie. Los costos de explotación por el procedimiento con terraplén son recargados por la extracción.-

#### Procedimiento de extracción en un estrato de más de 45° de inclinación: explotación por derrumbe.-

Estos procedimientos economizan el costo del terraplén.- Se destacan por su gran rendimiento. Su inconveniente se traduce en alevadas pérdidas por explotación, que por una técnica especial del procedimiento pueden mantenerse en límites razonables- y en una más o menos pronunciada dilución, según las propiedades de l estrato.- Con el progreso de la explotación de arriba hacia abajo no influye o es muy despreciable la influencia de la presión de la sierra cuando los materiales son más o menos consistentes. El peligro de accidentes no es mayor que en el procedimiento con relleno.-

En primera línea debe considerarse por derrumbe en escalones (fig.8).- Puede emplearse sin dificultades en inclinaciones más suaves de 33-40° con espesores de estratos de 10-15 m. Desde una galería principal se establecen comunicaciones distantes en 8-12 m. El mineral derrumbado en la parte inferior de la galería debe hacerse llegar a la transportadora por medio de una cubeta de arrastre. Las masas de materiales que presionan, son sostenidas por pilares de mineral de hierro. El 60% de los pilares todavía pueden ganarse. Los rendimientos pueden suponerse de 12-15 t/ hombre y turno.-

Entre los demás procedimientos se mencionada la explotación por método de ensanche (fig.9). Está supeditado a inclinaciones mínimas de 35-40°. El porcentaje ganado varía según el tamaño del ensanche de 0 - 30%. Los rendimientos son, con 15 -20 t bastante elevados. Inconveniente es la alta pérdida de mineral de hierro.-

#### Método de explotación con inclinación de estratos de menos de 45°.

Favorables son las condiciones de explotación si el espesor del estrato no sobrepasa los 5 m. Deben colocarse cámaras desde las cuales el mineral cae a la galería por gravedad (33-40°) o sin trasladarlo con cubetas de arrastre. Las cavidades se rellenan generalmente para evitar desmoronamientos por la acción de la presión superior. De los pilares resultantes entre cámaras puede ganarse el 60-70%. El porcentaje de mineral ganado importa un máximo del 5% (mineral del pilar).-

Espesores mayores de 5 m. no permiten generalmente la construcción de cámaras, dado que el peligro de accidentes es demasiado grande, por la dificultosa eliminación de caballetas. Nos referiremos ahora a otros dos métodos cuyos principios se indican en las fig. 10 y 11.- En ambos se realizan en el mineral, los trabajos de perforación y de dinamitado. El trabajo de carga se hace por cubeta de arrastre. La introducción de terraplenes es solamente necesaria en caso de dificultades en el comportamiento de los materiales, que no es de esperarse en la SIERRA GRANDE. Los rendimientos de la explotación sobrepasan como en los casos anteriores las 10 t/hombre y turno.-

Los costos de explotación de explotación dependen directamente del método empleado. Cuanto más centralizada sea la explotación, tanto menor es el ataque a las capas vecinas de explotación a cielo abierto. Teniendo en cuenta los diversos métodos de explotación, no se pueden determinar lógicamente sin cálculo previo, los costos de explotación. Para tener una idea general de la magnitud de los costos debe conformarse primeramente con que los costos de explotación de mina incluso extracción se estiman en 18-25 \$/t. de mineral de hierro concentrado.-

Como caso particular para el campo sur se podrán explotar simultáneamente con el banco primario, bancos secundarios contiguos no muy potentes. Si la separación es muy grande, deben explotarse separadamente. El método de explotación es igual al del depósito principal. No debe confiarse en este caso a comportamientos favorables de la presión de las sierras.-

Clasificación:

La clasificación del mineral de hierro se encuentra favorecida, dado que no existen minerales pobres, no utilizables.- Es solamente necesaria la separación de mineral y ganga. La consistencia del mineral extraído no permite esperar una cantidad mayor de mineral de hierro puro. La ganga en la explotación profunda no tiende hacia la granulometría fina. Sin embargo, debe contarse con una considerable parte de material fino. Este es originado en la explotación a cielo abierto, por la desintegración del material de la superficie y del acumulado en las fisuras y en la explotación profunda del originado por los terraplenes. Si se quieren evitar pérdidas de mineral debe la operación de clasificación avocarse al problema de la separación del material fino.-

Los siguientes métodos de clasificación son posibles:

- a) Clasificación en seco y separación a mano.-
- b) Separación húmeda con cintas separadoras.-
- c) Procedimientos flotantes sumergido.-
- d) Separación magnética de la parte fina en combinación con el procedimiento b).-

En muchas minas se usa el procedimiento de lavado y decantación, pero es sustituido paulatinamente por métodos mejores y más económicos como el procedimiento indicado en c).-

La base para los siguientes razonamientos es un análisis promedio posible y teórico de 54,56 % Fe.-

A a) Para la clasificación en seco es dirigido el mineral bruto, sin pre-  
via tamizado, por encima de la masa separadora. Los minerales obteni-

dos por arranque a cielo abierto, deben ser desintegrados progresivamente. Un éxito de clasificación se obtiene, hasta una granulometría de 40 mm. Mineral menor de 40 mm no queda clasificado. Si se procede a un tamizado de 40 y 12 mm, pueden agregarse al mineral concentrado de hierro el útil de granulometría media 40-12 mm. Si los minerales finos son abundantes, se acumulan. Temporalmente podrá utilizarse el mineral fino de explotación a cielo abierto y explotación profunda.

En una instalación trituradora debe reducirse el mineral separado, a tamaño de incorporación en el establecimiento metalúrgico. Los costos de la instalación son reducidos. Sólo hacen falta una trituradora y un tamiz doble. Las grandes pérdidas de la clasificación requieren gran capacidad de depósitos.

Los siguientes valores del análisis pueden ser esperados:

<u>Mineral de hierro</u>	<u>granulometría</u>	<u>Fe %</u>	<u>Cantidad participante</u> <u>aproximada</u>
Mineral clasificado	mayor 40 mm	52	60 - 67 %
gránulos medianos no clasificados	40 - 12,5 mm	45 - 47	25 - 30 %
gránulos finos no clasificados (útil)	menor 12,5 mm	40 - 42	8 - 10 %

La separación húmeda requiere un tamizado previo. El mineral obtenido por arranque a cielo abierto debe reducirse a un máximo de 350 - 400 mm. Éxito en la clasificación se obtiene en caso favorable, hasta 25 mm de tamaño de grano. El mineral fino no se clasifica. En una instalación separada el mineral es triturado a tamaño para uso del establecimiento metalúrgico.

Los valores del análisis son estimados en:

<u>Mineral de hierro</u>	<u>granulometría</u>	<u>Fe %</u>	<u>Cantidad participante</u>
Mineral clasificado	mayor 40 mm	54	60 - 67 %
Mineral clasificado	40 - 25 mm	50 - 51	18 - 20 %
gránulos finos no clasificados (med.)	25-12,5 mm	45	7 - 10 %
gránulos finos no clasificados	menor 12,5 mm	40 - 42	8 - 10 %

A c)

El procedimiento flotante sumergido separa, en un líquido pesado (elemento pesado: **PERACILICIO FUERTEMENTE CORROSIVO**) por el peso específico en un límite de trabajo de 120 - 3 mm y de 30 - 2 (1) mm de tamaño de grano.

El mineral obtenido por arranque a cielo abierto y de la profundidad debe triturarse a tamaño conveniente para la incorporación al recipiente de separación. El mineral de hierro concentrado es tamizado, separándolo en fino y grueso, siendo necesario, se hará una trituración previa. Los valores de la instalación son inferiores en un 50% a los de una instalación de clasificación húmeda. Las pérdidas por clasificación son muy reducidas.

Los valores mínimos del análisis de la clasificación realizada por este método son:

Mineral de hierro	granulometría	Fe %	Cantidad participada
Mineral de Fe concentrado, mayor 10 mm		54,3 )	
" " " "	10- 6 mm	53,5 )	96,5-98 %
" " " "	6- 2 mm	50-51 )	

A d) Una instalación magnética en combinación con una instalación de separación es más cara que una instalación flotante-sumergida. El análisis de concentración puede ser estimado en 54% Fe teniendo en cuenta la posibilidad de separar granos de hasta aproximadamente 0,2 mm. Posiblemente después de un recuento se comprobará que el recargo financiero por toneladas obtenidas este procedimiento).

Sin realizar ensayos, que son efectuados por las firmas interesadas en fines compensación a los bajos costos de ensayo, no se puede planificar una instalación de clasificación. La muestra para el ensayo de clasificación debe ser recogida por un minero experto, dado que no se dispone de mineral extraído en SIERRA GRANDE.-

La muestra se extraerá de una cantera grande (que simultáneamente con la planificación de la instalación de explotación, da una idea sobre la magnitud de los trabajos de perforación y dinamitado y con ello entre otros una base para el dimensionamiento del compresor).-

Los costos de clasificación estimados importantes:

	Pesos	Análisis promedio	Pérdidas p/clasific.
Separación manual	3,5-4	49,3 % de Fe	10-12 %
Separación húmeda	4,5-5	51,8 % " Fe	8 %
Instalación flotante sumergida.	4,5-5	54 % " Fe	aprox. 3 %

#### Composición de la instalación de explotación.

Económicamente ventajosa es la ubicación de la planta de clasificación directamente al lado de la mina. Se evita así el transporte del mineral. La distante posición de los estratos sur y norte recomienda a primera vista la ubicación de la planta entre ambos. Si dentro de determinado tiempo los geólogos comprueban que el estrato sur se continúa en la profundidad, de manera de procurar a las instalaciones profundas una vida de por lo menos 25 años, con una producción diaria de 1.000 t, no existe duda para instalar una planta de clasificación en la zona sur.-

Debería siempre tratarse de explotar separadamente dos depósitos de tal magnitud. Una centralización de instalaciones demuestra siempre ventajas financieras.-

La explotación a cielo abierto sur, la explotación profunda sur y el campo este, forman una unidad de explotación.-

La extracción comienza funcionalmente por la explotación a cielo abierto del estrato sur. Agotado éste extraerá de la profundidad, por el hecho de utilizar las instalaciones existentes (central energética, compresoras, talleres). Sería erróneo, siempre considerando suficientes estratos, trasladar, agotados los de la superficie en el campo sur, las instalaciones para arranque a cielo abierto, al estrato norte o en general, llevar la instalación central a las inmediaciones de la localidad de SIERRA GRANDE.-

El recuento de los costos totales, indicará a la larga, que dos instalaciones independientes sur y norte, la mejor solución. Lógicamente no se construirán dos centrales energéticas y talleres principales. Instalación de compresores, instalaciones secundarias como talleres auxiliares (como herrería de mechas) y en general también la planta de clasificación.-

De acuerdo a un mapa topográfico podría dirigirse la vía de comunicación, para el transporte del mineral a PUERTO MADRYN, teniendo en cuenta que el punto más importante del estrato sur, que lo será por 5-6 décadas, está situado en el centro del conocido afloramiento del estrato sur, en dirección de PTA. PEREIDA.-

El estrato norte puede unirse con un desvío de 12-13 Km. de longitud. Solamente cuando se elija un método de clasificación costoso (instalación flotante-sumergida) podría pensarse en el transporte de mineral desde el norte por intermedio de un ferrocarril propio, para su clasificación. La planta de clasificación norte quedaría entonces eliminada. De un cálculo se deducirá que aparecerá un incremento de costo de toneladas, por el transporte de mineral concentrado hacia PUERTO MADRYN, desde las plantas de clasificación norte y sur. Si el costo de la planta de clasificación es reducido (separación manual) no queda duda de que deben instalarse plantas independientes en cada campo.-

En caso de que los altos hornos, contrariamente a lo supuesto por el P.L. later serían instalados en SIERRA GRANDE en vez de PUERTO MADRYN, las consideraciones precedentes no son válidas. En este caso sólo corresponde una planta de clasificación central.-

Proyecto de tiempo para la explotación de los estratos.

Si como se dijo, el punto principal para la explotación del mineral, después del agotamiento del estrato superficial sur debe trasladarse dentro del mismo campo para la explotación profunda, entonces se incorporará la extracción superficial norte. Es claro, que los capitales invertidos en las maquinarias para la explotación superficial no pueden quedar inactivos. El estrato superficial norte recibe el carácter de una explotación equilibrante. En caso de que se quiera elevar la producción a 2.000 t/día, podría suministrar el campo norte la mitad del total, si se incorpora la explotación profunda del mismo.-

a) Producción diaria: 1.000 t de mineral de Fe concentrado.

Año de producción	explotación a cielo abierto S	extracción	1.150 - 1250 t mineral Fe bruto 1.000 t mineral Fe concentrado.
1-11			

Años de vida calculados teniendo en cuenta pérdidas de extracción y clasificación inevitables ..... 11 años.

12-33	mina sud	extracción	550-700 t mineral de Fe bruto. 500-600 t mineral de Fe concentrado.
-------	----------	------------	--

	arranque a cielo abierto norte	años de vida? explotación	600-480 t mineral de Fe bruto 500-400 t mineral de Fe concentrado
		años de vida 15- 18 años (aprox.)	
(5 12 - 18,5	arranque a cielo abierto norte	extracción	1.150-1.250 t mine- ral de Fe bruto 1.000 t mineral de Fe concentrado.
		años de vida 7,5 años (aprox.)	
31 - ? (18,5-?)	mina sur	extracción	1.100-1.180 t mine- ral Fe bruto 1.000 t mineral de Fe concentrado.
		años de vida?	
B) <u>Producción diaria: 2.000 t mineral de Fe concentrado.</u> (Producción de alto horno 1.000 t de Fe bruto & 800 t de Fe bra- to y 1.000 t de mineral para SAN NICOLAS (?).--			
año de producción 1-11	arranque a cielo abierto sur	explotación	1.150-1.250 t mine- ral de Fe bruto 1.000 t mineral de Fe concentrado.
		años de vida 11	
		extracción	1.100-1.180 t mine- ral de Fe bruto 1.000 t mineral de Fe concentrado.
		años de vida?	
Año de Producción 12-18,5	arranque a cielo a abierto sur	extracción	1.100-1.180 t mine- ral de Fe bruto 1.000 t mineral de Fe concentrado.
		años de vida?	
	extracción a ciel abierto norte	extracción	1.150-1.250 t mine- ral de Fe bruto 1.000 t mineral de Fe concentrado.
		años vida 7,5	
18,5-?	mina sur	extracción	1.000 t mineral de Fe concentrado

nina norte

extracción

1.000 t mineral de Fe concentrado.

Otras cifras de producción importantes:

Los siguientes datos estadísticos dan una idea sobre la aproximada ordenación de algunos datos de producción aún no mencionados:

	1.000 t mineral/día máx.	2.000 t min./día máx.
Necesidad de agua en una instalación de arranque a cielo abierto con clasificación húmeda	20 m <sup>3</sup> /hora	35 m <sup>3</sup> /hora
Necesidad de agua para la instalación de una mina con clasificación húmeda	30 m <sup>3</sup> /hora	55 m <sup>3</sup> /hora
Central energética instalación cielo abierto sud con clasificación húmeda	700 Kw	
Con clasificación seca	550 Kw	
Central energética sud con clasificación húmeda	1.200 Kw	
Con clasificación seca	1.050 Kw	
Necesidad de cuadrillas: arranque a cielo abierto con clasificación húmeda	180-200 obr.	
Necesidad de cuadrillas: mina	550-600 obr.	
Costos propios estimados por tonelada de mineral incluso clasificación, trabajo en taller, generalidades de mina, pero sin costos de dirección general hasta la estación de carga en el ferrocarril:		
Arranque a cielo abierto mina	35 pesos/t mineral de Fe concentrado	50 \$/t mineral de Fe concentrado
Generalidades de dirección general	35 \$/t mineral de Fe concentrado	
Flete de PUERTO BARRIN	15 \$/t mineral de Fe concentrado	
Valor del mineral	135 \$/t.	

Para comparación, minerales de Fe de calidad superior con 51,5% de Fe igual 9-9,5 U.S./t.-

RESUMEN.

Las reservas de mineral de Fe seguras y probables de SIERRA GRANDE, permiten solamente una capacidad de 500 t/vía de Fe bruto para el alto

haya proyectado. Las perforaciones deben intensificarse si se desea ampliar la producción a 1.000 t de Fe bruto en un período previsible.

Distintas opiniones sobre los depósitos, han determinado que, desde el punto de vista técnico-económico-minero de posibilidades, el mineral de Fe de SIERRA GRANDE pertenece a los de buena calidad, es económicamente explotable y clasificable sin presentar dificultades especiales.

En la explotación a cielo abierto puede esperarse con seguridad una relación mineral-desagaste de 1:1. La longevidad de los estratos superficiales norte y sur, permite una amortización normal de las instalaciones. Se indican los métodos de extracción, como la incorporación de máquinas para la extracción a cielo abierto.-

Una instalación de explotación profunda con una producción de 1.000 toneladas/día puede extenderse a un largo total de 4-5 Km. En la elección de la ubicación deben respetarse los factores descritos en la presente exposición. Se hace referencia a los métodos de explotación posibles.

Sobre la clasificación del mineral, se hace referencia a los distintos procedimientos indicados en cada caso en el análisis de mineral de Fe con contrato. El punto principal de extracción para 1.000 t/día estará situado durante los primeros 50 años en los campos sur y norte.- Las instalaciones para seranque a cielo abierto deben colocarse en ese campo.

Se agrega el proyecto de tiempo para la explotación de estratos superficiales.-

Se estiman finalmente algunas cifras importantes.-

ES COPIA FIEL DE LA TRANSCRIPCIÓN DEL ALFABET  
del Señor P. S. MONTAÑO (12.4.57)

---

ORGANIZACIÓN