

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1973

05.73.07

RS. 49/121

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

ANALISIS TECNICO ECONOMICO PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO
DE UN SISTEMA DE VENTILACION PRINCIPAL EN EL YACIMIENTO
" DON OTTO " DE LA PROVINCIA DE SALTA

Ing. Elías Palacios - Sr. Oscar Melone.

Buenos Aires - Argentina
Diciembre 1973

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

ANALISIS TECNICO ECONOMICO PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO
DE UN SISTEMA DE VENTILACION PRINCIPAL EN EL YACIMIENTO
" DON OTTO " DE LA PROVINCIA DE SALTA

Ing. Elías Palacios - Sr. Oscar Melone.

Buenos Aires - Argentina
Diciembre 1973

1. INTRODUCCION.

El presente trabajo tiene por objeto estudiar la puesta en funcionamiento de un eficaz sistema de ventilación principal en un yacimiento de uranio y su incidencia en el costo final del mineral.

2. ELECCION DEL YACIMIENTO.

Las dosis anuales recibidas por los trabajadores mineros de la CNEA (1), se mantiene por debajo de los valores máximos permisibles indicados por las Normas Básicas de Seguridad (2). (Ver figura N° 1). No obstante, tanto los yacimientos de la División Noroeste como los de la División Cuyo requieren un eficaz sistema de ventilación que reduzca las concentraciones de Rn en aire a valores tan bajos como sea practicable.

Debido a que en los yacimientos de la Delegación Noroeste se encuentran los niveles más altos de Rn en aire, se consideró prioritario empezar con el estudio de ventilación en las minas de esta Delegación y particularmente en "Don Otto", actualmente en plena explotación.

El yacimiento "Don Otto" se encuentra ubicado en el valle del Tonco, en el Departamento San Carlos de la Provincia de Salta. Se divide en cinco sectores:

Sector Sur
Sector Central
Sector Norte
Tapón Sur
Tapón Norte.

La explotación se ha encarado únicamente sobre el nivel 0 y en la actualidad su estado de explotación es el que se muestra en la figura N° 2.

El tiempo de puesta en funcionamiento del sistema de ventilación se estima para los meses de Mayo-Junio de 1974. Para esta fecha el sector central ya se encontrará totalmente explotado.

En el sector sur restarán sin explotar unos paños chicos de ley apreciable y en el sector norte 3 paños, de los cuales uno, contiene las instalaciones del guinche para el manejo del skip que baja por el pique.

Las zonas del tapón son las que se encontrarán en plena explotación en los próximos años al igual que los niveles inferiores de todo el yacimiento, cuando se acondicionen los métodos de tratamiento.

Por razones geográficas, el tapón norte deberá ventilarse en forma independiente del resto del yacimiento. Además, dado las características del mineral de este sector que difiere con el resto del yacimiento, su explotación se encuentra condicionada a los resultados experimentales actualmente en curso.

Por razones que se desprenden de lo dicho anteriormente, este estudio de ventilación irá dirigido a los sectores Norte y Tapón Sur e independientemente el Tapón Norte. Las inversiones para la compra de equipos para el Tapón Norte quedarán supeditadas a la decisión final sobre su explotación.

Las zonas del yacimiento por debajo del nivel 0 no serán explotadas por el momento, debido a que su mineral, denominado mineral "negro", no es aceptado por la Planta de Lixiviación actualmente instalada en Don Otto.

3. DATOS DE EXPLOTACION.

3.1. Personal.

A los fines del presente trabajo, del efectivo perteneciente al yacimiento Don Otto sólo interesa considerar aquellas personas que trabajan en el interior de la mina y por consiguiente, expuestas a la contaminación interna.

La explotación se realiza en tres grupos de siete horas de trabajo; compuestos cada uno de ellos por aproximadamente 15 personas según el siguiente detalle:

- 4 Perforistas
- 4 Ayudantes de Perforista
- 1 Control Geológico
- 2 Maderistas
- 3 Broceros
- 1 Cañista

De la nómina anterior, aproximadamente 11 personas permanecen el 100% de tiempo útil del turno en el frente de trabajo. El resto, broceros y cañistas, si bien muy raramente se encuentran en el frente de trabajo, permanecen la mayor parte del turno en zonas mineralizadas (galerías, chimenea, etc.).

3.2. Capacidad de explotación.

El plan de explotación anual del yacimiento Don Otto se desarrolla durante 11 meses de trabajo de aproximadamente 20/22 días por mes.

La cantidad de mineral explotado es de alrededor de 30.000 toneladas anuales.

La explotación se realiza en tres frentes de trabajo simultáneamente.

3.3. Tiempo de explotación.

Considerando los paños por encima del nivel 0 y excluyendo la zona del Tapón Norte, las reservas de mineral de uranio cubiertas es del orden de 83.000 ton. Manteniendo el ritmo actual equivalen a algo menos de 3 años de explotación.

El Tapón Norte por su parte, tiene cubiertos aproximadamente 160.000 toneladas de mineral cuya explotación está sujeta a los resultados de las experiencias actualmente en curso para su tratamiento por lixiviación. Superada esta etapa, el tiempo de explotación del yacimiento se elevaría a 8 años.

Resta por considerar el mineral negro, ubicado en los niveles inferiores desde del sector sur hasta la zona del Tapón Sur. El mineral de esta zona posee una ley media mayor que la del resto del yacimiento; no obstante, su explotación se ve relegada hasta tanto se cuente con una Planta de Trata-

miento convencional (este mineral no admite un tratamiento por lixiviación). El mineral cubicado, en estas zonas es de aproximadamente 235.000 toneladas.

4. DISPONIBILIDAD EN EL YACIMIENTO.

4.1. Energía.

El yacimiento cuenta con una usina y dos grupos electrógenos que sumados generan una potencia eléctrica de 450 Kw/h.

El consumo total del yacimiento no supera en la actualidad 180 Kw/h. Se prevee instalar próximamente, una estación motocompresora con un consumo aproximado de 150 Kw/h.

La disponibilidad de energía eléctrica deducida de lo anterior es de aproximadamente 120 Kw/h valor que a priori, parece más que suficiente.

4.2. Equipos.

Se dispone de tres ventiladores axiales, de accionamiento neumático, del tipo utilizado para ventilación secundaria, con tuberías de alimentación para su ubicación en cualquier lugar del yacimiento.

Además se dispone de cinco juegos de puertas oscilantes para conducción del aire en el interior de la mina, provistas por la Gerencia de Protección Radiológica y Seguridad el año anterior.

5. CALCULO DEL SISTEMA DE VENTILACION PRINCIPAL.

5.1. Criterios de cálculo.

El cálculo de ventilación de un yacimiento de uranio consiste en encontrar los medios para suministrar los caudales mínimos necesarios en cada uno de los lugares de trabajo

que reduzcan las concentraciones de Rn en aire a valores tan bajos como resulten practicable. Cumplido este primer punto las concentraciones de CO, oxígeno, etc., se verán mejoradas en igual proporción como mínimo.

En nuestro caso, donde aún no se cuenta con un sistema de ventilación principal, el problema se reduce a determinar las características del ventilador a instalar y de las resistencias de las galerías, chimenea, realce, etc., tomando como base ciertos caudales impuestos en las principales zonas de trabajo dentro del yacimiento.

Para resolver estos problemas, se cuenta con los dos tipos de métodos que se exponen a continuación:

- a. Método por cálculo. Se plantea un sistema de ecuaciones que satisfaga el problema y se resuelve numéricamente, ya sea manualmente o por computadora.
- b. Método analógico. Se representa el funcionamiento de la ventilación del yacimiento mediante un modelo eléctrico y las soluciones buscadas resultan de la medición de los parámetros físicos en juego.

En el presente trabajo se ha seguido el primero de los métodos enunciados. El cálculo se basa en la teoría de redes de mallas (3), (4), (5), y los resultados se han representado en la figura N° 3. Dada la similitud del Tapón Norte con el resto del yacimiento, sus requerimientos de ventilación serán del mismo orden que para el Sector Norte-Tapón Sur.

Para el cálculo de ventilación se han seguido los siguientes criterios:

- * El aire que atraviesa una labor minera sale del yacimiento sin volver a pasar por ninguna otra zona de trabajo.
- * Las bocas de entrada y salida de aire concurren a un nudo común (la atmósfera).

- * Se considera para este estudio en particular, que el régimen en todo el yacimiento es turbulento.
- * Se desprecia el aire proveniente de los equipos neumáticos, motores a explosión, ventilación natural, etc.

5.2. Distribución de caudales.

El caudal de ventilación necesario, va a depender de las características del yacimiento y de la concentración máxima de Rn que se desee mantener en el interior de la mina.

A los fines de poder evaluar la inversión inicial, para la puesta en funcionamiento del sistema de ventilación, se determinó un caudal para las zonas de trabajo que asegure la concentración de Rn equivalente por debajo del límite operativo actual (300 pCi/l).

El diagrama simplificado que se muestra en la figura N° 3, es representativo del circuito de ventilación para cualquier área del yacimiento Don Otto y solo sirve para determinar las características del ventilador.

En la figura N° 4 se representa la concentración de Rn equivalente en función del caudal de ventilación, para el yacimiento Don Otto.

La resistencia en galerías y chimeneas fueron calculadas por la fórmula (7):

$$R = 15,6 \cdot \lambda \cdot \frac{B \cdot L}{S^3}$$

donde:

- R: Resistencia del elemento en kilo-murgues(8)
- λ : Coeficiente de frotamiento, = 0,13.
- B: Perímetro de la sección transversal en m.
- L: Longitud del elemento en m.
- S: Sección transversal en m².

Las resistencias especiales (puertas, SAS, etc.) fueron tomadas de las publicaciones (7) y (8).

6. INVERSIONES.

Los montos de inversiones y costos de funcionamiento son expresados en pesos argentinos (10 pesos = 1 dólar USA).

6.1. Inversión inicial.

En este rubro se consideraron los precios actuales de materiales y equipos puestos en la ciudad de Salta. No se tuvo en cuenta el precio del transporte entre la ciudad de Salta y el yacimiento por realizarse en camiones de la C.N.E.A. que efectúan este trayecto rutinariamente.

6.1.1. Equipos.

1 Ventilador para el sector Norte-Tapón Sur con motor de 15 CV.	\$ 19.100
1 Ventilador para el Tapón Norte con motor de 15 CV.	\$ 19.100
<u>TOTAL EQUIPOS</u>	<u>\$ 38.200</u>

6.1.2. Materiales.

100 Tablones de madera según especificaciones técnicas, para la preparación de los circuitos de ventilación.	\$ 9.000
600 metros de cable trifásico con neutro según especificaciones técnicas, para la alimentación de los ventiladores.	\$ 7.500
100 metros de conducto de film de PVC de Ø 800mm.	\$ 900
<u>TOTAL MATERIALES</u>	<u>\$ 17.400</u>

6.1.3. Mano de obra.

600 horas-hombre para trabajos de instalación, tendido de cables, etc.	<u>\$ 9.000</u>
--	-----------------

<u>Equipos</u>	\$38.200,00
<u>Materiales</u>	"17.400,00
<u>Mano de obra</u>	" 9.000,00

TOTAL INVERSION <u>INICIAL</u>	<u>\$64.600,00</u>
--------------------------------------	--------------------

6.2. Costo de funcionamiento.

La usina existente en el yacimiento, tal como se describe en el párrafo 4.1., suministra un exceso de energía eléctrica superior a la consumida por los ventiladores.

No obstante, y a los efectos de obtener un costo de ventilación lo más próximo a la realidad, se tomará como costo del Kw, el cobrado por la compañía SEGBA.

Costo de energía eléctrica = $101.640 \text{ Kw/año} \times \$0,45/\text{Kw} =$
 $\$45.738/\text{año}.$

6.3. Costo de mantenimiento.

En este rubro se consideraron las operaciones de mantenimiento en los motores y ventiladores, reposición de materiales y la mano de obra respectiva.

Se estimó un gasto anual medio para este rubro de \$3.500,-

Costo de funcionamiento = $\$45.738 + \$3.500 = \$49.238 / \text{año}.$

7. INCIDENCIA DE LA VENTILACION EN EL COSTO FINAL DEL MINERAL

Se consideró como tiempo de vida útil de la instalación 8 años de servicio continuo.

La amortización de la inversión inicial, dados los fines del presente trabajo, se considerará lineal durante todo el tiempo de servicio despreciando el valor residual de equipos y materiales.

AMORTIZACION ANUAL =

$$\frac{\text{Total inversión inicial}}{8 \text{ años}} = \frac{\$ 64.000}{8 \text{ años}} = \$8.075/\text{año}$$

$$\text{Costo de funcionamiento} = \$ 49.238/\text{año} = \$49.238/\text{año}$$

COSTO TOTAL

\$57.313/año

Considerando el ritmo actual de producción de 30.000 toneladas por año y una ley media de 1/oo, el costo de ventilación resulta:

$$\frac{\text{COSTO DE VENTILACION}}{30.000 \text{ Tn/año}} = \frac{\$57.313 / \text{año}}{30.000 \text{ Tn/año}} = \$1,90 / \text{tn.}$$

Se tomó como costo final del mineral el correspondiente al precio internacional del $U_3 O_8$ (u\$s 10/libra de $U_3 O_8$).

Incidencia de la ventilación en el costo final:

$$\frac{\text{Costo de ventilación}}{\text{Costo de } U_3 O_8} = \frac{\$1,90/\text{Kg}}{\$220/\text{Kg}} \cdot 100 = 0,8\%$$

8. OPERABILIDAD DEL SISTEMA.

A los efectos de mantener vigente el sistema de ventilación del yacimiento, es necesario contar con un mecanismo que permita ir modificando las condiciones de caudal y depresión de las diferentes ramas, con la misma velocidad con que se modifican las zonas de explotación. A continuación se describe un mecanismo con posibilidades de satisfacer estas necesidades:

El Departamento de Ingeniería de Protección recibirá la notificación de cada cambio de la zona de explotación con 30 días de anticipación. Luego procesará los datos correspondientes al nuevo diagrama y determinará las variantes a in-

Introducir en el circuito de ventilación.

Un agente de la Gerencia de Protección Radiológica y Seguridad con asiento en el yacimiento ejecutará las modificaciones recibidas, valiéndose de la ayuda de personal minero cuando se trate de modificaciones importantes en la resistencia de alguna parte del circuito.

Además, será tarea de dicho agente resolver los problemas "in-situ" de ventilación secundaria, la toma de muestras de Rn, medición de los parámetros de ventilación y todas las tareas relacionadas con la radioprotección del yacimiento.

9. CONCLUSIONES.

Las características de la explotación del yacimiento Don Otto, con galerías y chimeneas realizadas sobre bancos mineralizados, imposibilita la optimización de una eficaz ventilación en los frentes de trabajo. Además, el almacenamiento del mineral removido en el realce hace que las concentraciones de Rn en esas zonas sean muy superiores al que correspondería si el mineral se evacuara en forma continua.

Lamentablemente, estos inconvenientes difícilmente podrán ser mejorados debido a que el yacimiento se encuentra totalmente preparado para este tipo de explotación.

Sin embargo, es necesario que se tenga muy en cuenta estas dificultades en las futuras labores mineras y se planifique su explotación sin descuidar los principios básicos de ventilación para yacimientos uraníferos.

Las secciones de galerías y chimeneas que presenta el yacimiento son demasiado pequeñas haciendo que la potencia consumida para la ventilación resulte excesiva.

Realizando una ventilación principal, es ventajoso desde un punto de vista económico, trabajar con secciones de galerías próximas a 4m^2 en lugar de $2,6\text{m}^2$ actuales. De esta forma la incidencia del costo de la ventilación sobre el costo total de la explotación se reduce considerablemente.

$$P = \frac{RQ^3}{\eta}$$

y reemplazando R por su valor en 5.2.

$$P = \frac{15,6 \cdot \lambda \cdot BL}{S^3 \cdot \eta} Q^3$$

donde:

P	=	Potencia consumida por el ventilador en CV.
Q	=	Caudal de aire en m ³ /seg.
d	=	Diámetro de la labor minera.
η	=	Rendimiento del ventilador.

Como se deduce de la fórmula anterior, la potencia consumida disminuye con d⁵.

Para disminuir la cantidad de polvo en aire hasta con mantener el suelo de las galerías principales con un grado de humedad superior al 15%. Esta tarea no requiere gastos mayores y no presenta inconveniente alguno para la explotación.

La incidencia del costo de ventilación sobre el costo total del mineral se encuentra muy por debajo de los valores normales alcanzados en otros yacimientos similares. (9), (10).

Para llevar a cabo el sistema de ventilación estudiado en el presente trabajo y mantenerlo vigente durante todo el tiempo que dure la explotación, es estrictamente necesario crear un mecanismo como el descrito en el párrafo 8 con un responsable de la ventilación con asiento en el yacimiento.

La puesta en funcionamiento de todo el sistema demandará aproximadamente un año según se detalla en el cronograma de la figura N° 5.

B I B L I O G R A F I A

- (1) INFORME RADIOSANITARIO, RS.IR.22, Gerencia de Protección Radiológica y Seguridad, CNEA 1972.
- (2) NORMAS BASICAS DE SEGURIDAD RADIOLOGICA Y NUCLEAR, C.N.E.A. 1966.
- (3) RESOLUTION A LA REGLE A CALCUL DES PROBLEMES DES RESEAUX D'AERAGE, L. Chaineaux et C. Bertard, Publicación CERCHAR N°1259.
- (4) APPLICATION DE LA THEORIE DES RESEAUX MAILLES AUX PROBLEMES D'AERAGE MINIER, J.L. Soulé, Annales de Mines, JUNIO 1960.
- (5) METHODE DE MESURE ET D'ETUDE DES RESEAUX D'AERAGE DANS LES TRAVAUX DU FOND, L. Chaineaux y D. Seclemann, Capítulo 3°, CERCHAR.
- (6) L'AERAGE DANS LES MINES D'URANIUM DU C.E.A., C.E.A., DP/SDUN, M.A.C., Limoges, Servicio de Seguridad 1967.
- (7) COMMENT ESTIMER A PARTIR DE LEURS DIMENSIONS GEOMETRIQUES LA RESISTANCE A L'AERAGE DES OUVRAGES MINIER, C. Bertard, Publicación CERCHAR N° 1217, 1962.
- (8) CALCUL DES RESEAUX D'AERAGE SUR ORDINATEUR GAMMA 10, C. Le Polles y M. Dumas, C.E.A., Limoges.
- (9) THE CONTROL OF RADIATION HAZARDS IN CANADIAN URANIUM MINES AND MILLES WITH SPECIFIC REFERENCES TO THE BEAVERLODGE OPERATION OF EL DORADO MINING AND REFINING LTD., C.F. Smith, Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclear Materials, Vol. I, IAEA, 1963.
- (10) MESURES PRISES DANS LES MINES D'URANIUM DE FRANCE POUR ASSURER LA PROTECTION DU PERSONNEL CONTRE LES DANGERS DE LA RADIOACTIVITE, R. Avril, Ch. Berger, F. Duhamel y J. Pradel, Informe C.E.A. N° 1030, 1958.

GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS										
A R E A	GRUPO	% Del máximo permisible anual								
		Irradiación externa				Incorporación				
		Organo crítico	Promedio	Máximo	Mínimo	Organo Crítico	Promedio	Máximo	Mínimo	
60. Planta Córdoba	A					Riñón	1,5	11,0	0	
61. Planta "Malargue" Mendoza	A					Riñón	3,8	29,1	0	
62. Yacimiento "Huemul" Mendoza.	A					Riñón Pulmón	0 21,4	0 32,9	0 1,5	
63. Est.Lixiviación "Don Otto" Salta	A					Riñón	2,4	11,9	0	
64. Yacimiento "Don Otto" Salta	A					Riñón Pulmón	0 23,4	0 36,1	0 3,3	

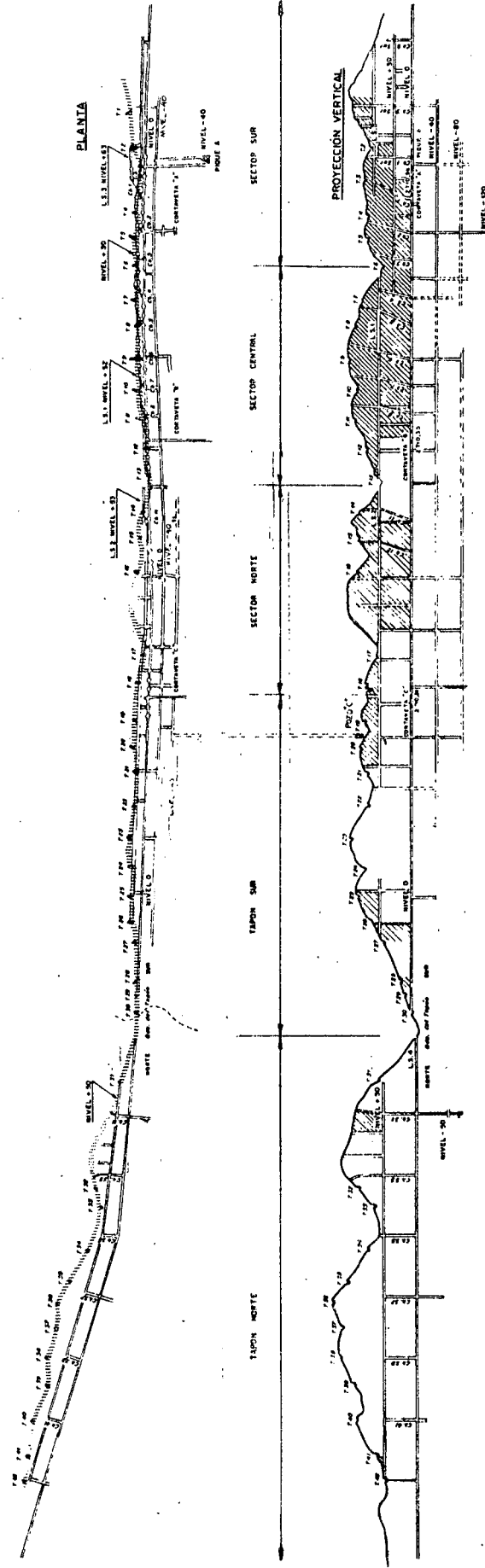
Figura N° 1.

MINA NUCLEAR "DON OTTO"

SAN CARLOS - PROVINCIA DE SALTA

ESTADO DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN, PREPARACIÓN Y EXPLOTACIÓN

SEPTIEMBRE 1973



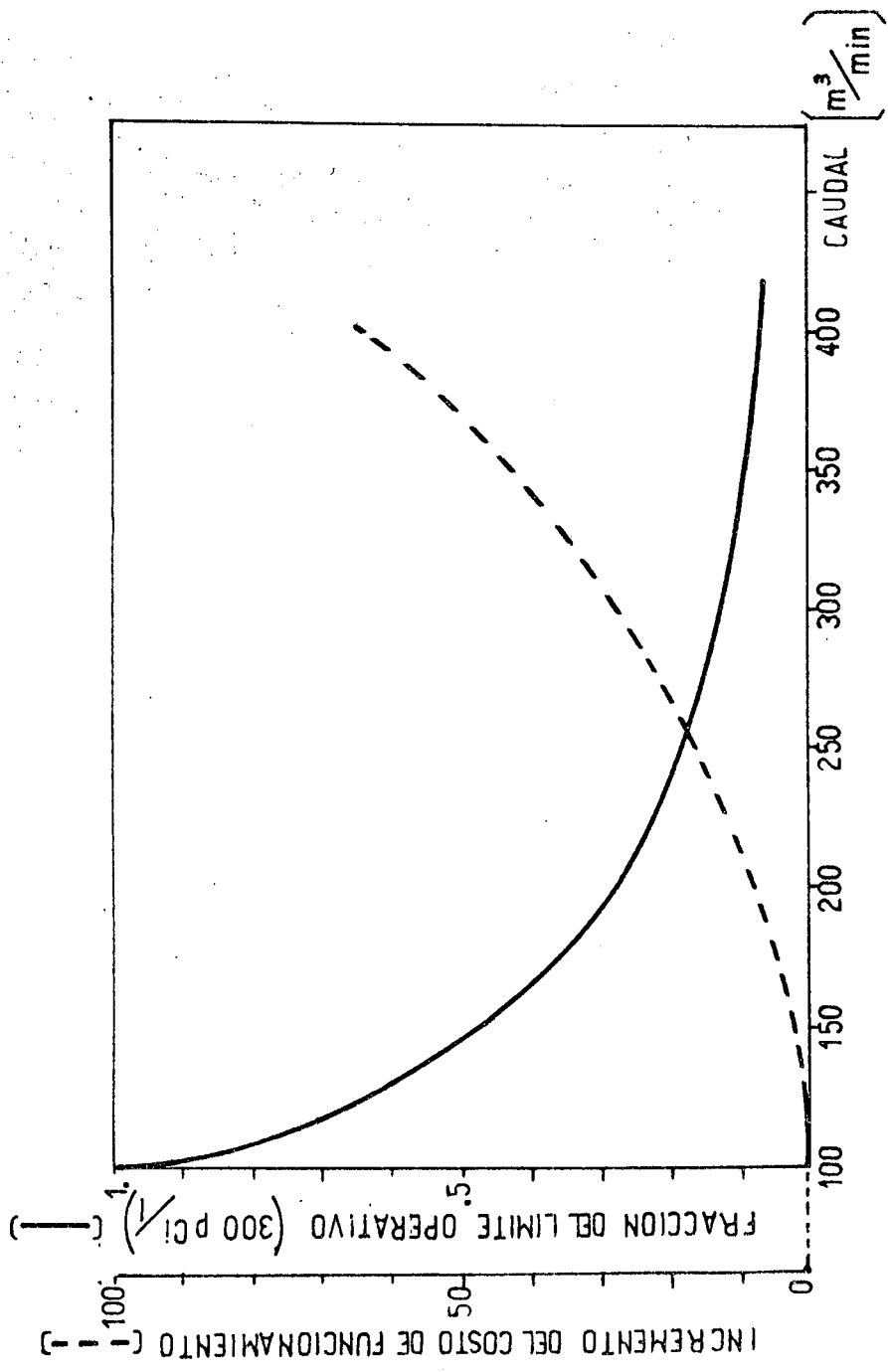
REFERENCIAS

- 7 Tronchero
- Ch Chimeneas
- /// Afloramiento bituminoso mineralizado
- /// Zona explotada

Fig. 2

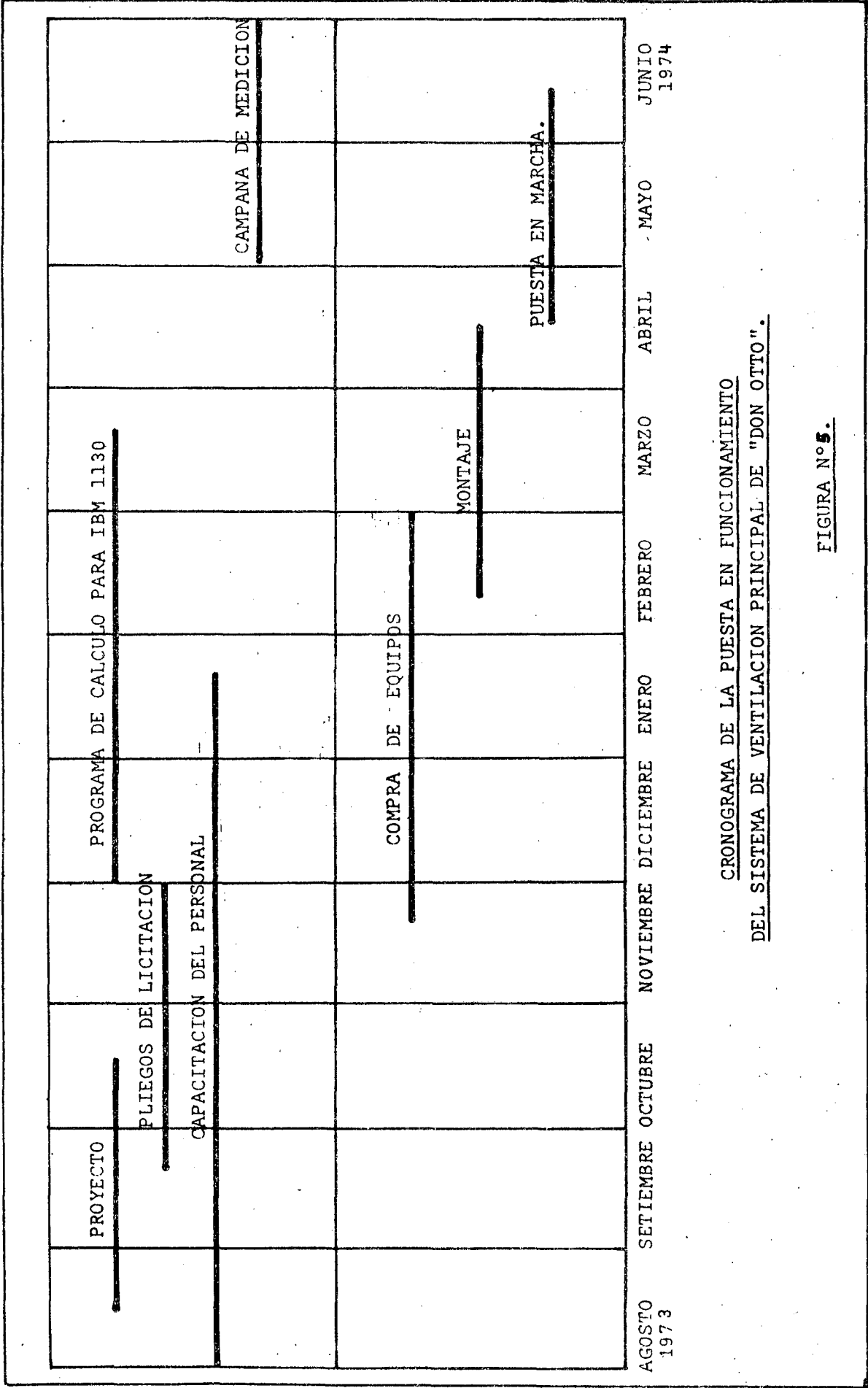
ESCALA 1:5,000

M 1680



REDUCCION DE LA CONCENTRACION DE R_n EQUIVALENTE CON EL CAUDAL DE VENTILACION Y SU INCIDENCIA EN EL COSTO DE FUNCIONAMIENTO.

FIGURA 4



CRONOGRAMA DE LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO
DEL SISTEMA DE VENTILACION PRINCIPAL DE "DON OTTO".

FIGURA N° 5.