



**Escuela Superior Politécnica
del Litoral**

T
622-3381
GON

**DEPARTAMENTO DE
GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO**

**"Perforación de un Pozo
Exploratorio en los Límites de un
Yacimiento Estructural Fallado"**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO DE PETROLEO

Presentada por:

Atilio O. González Zambrano

Guayaquil - Ecuador

1977



**DEPARTAMENTO DE
GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS**

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

BIBLIOTECA



"PERFORACION DE UN POZO EXPLORATORIO EN LOS LIMITES
DE UN YACIMIENTO ESTRUCTURAL FALLADO"

FACULTAD GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEO



DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO DE PETROLEO

POR:

ATILIO GONZALEZ ZAMBRANO

GUAYAQUIL-ECUADOR

OCTUBRE, 1.977

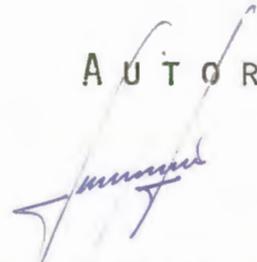
"PERFORACION DE UN POZO EXPLORATORIO EN LOS LIMITES
DE UN YACIMIENTO ESTRUCTURAL FALLADO"

DIRECTOR DE TESIS

AUTOR



ING. BOLIVAR MIRANDA A.



ATILIO GONZALEZ ZAMBRANO

BIBLIOTECA



FACULTAD GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEO

DECLARACION EXPRESA:

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas ex
puestos en esta tesis son de mi exclusiva
responsabilidad y que el patrimonio inte-
lectual de la misma corresponde a la ESCUELA
LA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesio-
nales de la ESPOL).



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

AGRADECIMIENTO

A la ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL



DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

Al ING. BOLIVAR MIRANDA, Director
de Tesis, por su acertada di-
rección en la culminación de es
te trabajo.



A la Empresa LLANOVEN, por
las facilidades prestadas
durante mi permanencia en
Venezuela, que hicieron po
sible la elaboración de es
te tema.

DEDICATORIA

A mis Padres:

WITHBERTO GONZALEZ T.

ELSA ZAMBRANO DE GONZALEZ

A mi Esposa e hijo:

GUILLERMINA J. DE GONZALEZ

DAVID GONZALEZ JARAMILLO



A mis hermanos

BIBLIOTECA FIL
ESPOI

"PERFORACION DE UN POZO EXPLORATORIO EN LOS LIMITES DE UN YACIMIENTO ESTRUCTURAL FALLADO"

CONTENIDO

	Pág.
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCION	2
III. RESEÑA HISTORICA	4
IV. CONSIDERACIONES TEORICAS	6
4.1. Equipo de Perforación	6
4.2. Fluído de Perforación	20
4.3. Tubería de revestimiento y cementación	24
4.4. Registro de pozo	32
4.5. Equipo de seguridad	36
V. APLICACION PRACTICA	43
5.1. Introducción	43
5.2. Programa original de perforación	46
5.3. Descripción de operaciones	52
5.4. Cálculos y gráficos	82
5.4.1. Tasa de penetración	82
5.4.2. Barrenas y jets	142
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
6.1. Conclusiones	
6.2. Recomendaciones	176
VII. APENDICES	179
VIII. NOMENCLATURA	195
IX. REFERENCIAS	198



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

I. RESUMEN

Se presenta en este trabajo el proceso que conlleva la perforación de un pozo de carácter exploratorio en los límites de un yacimiento estructural fallado.

Para el efecto se han desarrollado los siguientes puntos: programa de perforación; diseño de tubería de revestimiento y mechas; y control del pozo durante la operación.

En el caso de diseño de revestimiento se han utilizado las tablas de la compañía Airmco. En los diseños de mechas se aplicaron los métodos de Power Law y Scott, considerándose para los mismos como más confiables los resultados obtenidos por el primero de los nombrados.

Finalmente se describen los pasos llevados a cabo en el control y supervisión del pozo.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

II. INTRODUCCION

La perforación de un pozo de petróleo o gas en áreas nuevas se la lleva a cabo cuando los estudios geológicos y geofísicos dan un cierto margen de probabilidad de la existencia del hidrocarburo buscado.

El pozo XY-6 de nuestro análisis fue en un comienzo considerado como pozo de avanzada en un yacimiento descubierto por el pozo XY-4. Los estudios posteriores en base a los registros eléctricos tomados y a la configuración de los mapas isópacos-estructurales demostraron que el pozo XY-6 se encontraba muy lejos de pertenecer al yacimiento descubierto por el pozo XY-4 pues entre los dos existe una gran falla lo que motiva que el XY-6 haya descubierto un nuevo yacimiento y por lo tanto su denominación inicial fue cambiada a la de "pozo exploratorio".

Durante el desarrollo del tema expuesto nos podremos dar una idea de lo que en sí consiste la perforación de un pozo exploratorio. Es necesario tomar muy en cuenta - todas las graficaciones y cálculos que en la perforación de este pozo se han realizado.

En los trabajos de perforación los riesgos son muchos, tanto en lo económico como en lo humano, es por esto que



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

el personal técnico debe tener experiencia para evitarlos.

· El tema desarrollado en esta tesis lo realicé gracias a la oportunidad que la ESPOL y PETROVEN me brindaron para llevar a cabo una pasantía de un año en la Cía. LLANOVEN, la cual es una subsidiaria de PETROVEN.



BIBLIOTECA FICTICIA
ESPOL

III. RESEÑA HISTORICA

La perforación de pozos remonta al año 256 AC en que los Chinos usaban medios rudimentarios con el fin de encontrar a gua.

La perforación en búsqueda de petróleo se inicia en 1859, cuando el Coronel Edwin L. Drake hace una perforación y penetra 69 pies de grava mediante el sistema de percusión; al gún tiempo después se llegó hasta los 1000' con una barra de hierro suspendida de un cable. (3)

En el año 1853, George Bissel se interesó en el crudo de Titusville y organiza una compañía para producirlo. Encarga a Benjamín Silliman, un químico de la Universidad de Yale, el análisis del crudo. Del análisis se obtuvo aceite para iluminación, lubricantes, gas para iluminación y un líquido claro y volátil que algún día sería llamado gasolina.

Drake fué contratado para realizar los trabajos de producción del "aceite de roca"; cavó un pozo que se inundó con agua y empezó a derrumbarse; en este punto Drake tuvo la inspiración de proteger el pozo con tubería de hierro para impedir la penetración del agua al pozo. Este fué el primer empleo del revestimiento en petróleo. (3)



BIBLIOTECA FICTICIA
ESPOL

En años actuales el sistema rotatorio de perforación ha sufrido cambios radicales. Se han diseñado mejores barrenas y excelentes tuberías de perforación. Las máquinas eléctricas y de combustión interna, han desplazado a las operadas con vapor. Con los sistemas modernos de perforación se han llegado hasta profundidades de casi 25000 pies con una rata de penetración de casi 1500 metros en 24 horas.

La turboperforación, que hace uso de una turbina instalada en la tubería y accionada por la fuerza hidráulica del fluido; la perforación con gas y aire como medios de circulación y, el desarrollo de la metalurgia que interviene en el mejoramiento de la calidad de los componentes como cables, barras, collares, etc., hacen de la actual perforación un proceso rápido y económico.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

IV. CONSIDERACIONES TEORICAS

4.1. EQUIPO DE PERFORACION:

Las operaciones fundamentales en una perforación rotatoria son:

- a) El movimiento rotatorio de la tubería de perforación y la barrena.
- b) La profundización de la broca a medida que se extraen los ripios del fondo del pozo.

Perforación por Percusión:

Este es un método que puede ser comparado al usado por un cortador de rocas para hacer un hoyo a través de una baldosa de rocas. Por la percusión que resulta de golpear un cincel con un martillo, el cortador va cincelando el hueco del pozo. La barrena que tiene forma de cincel es conducida a través de la roca por el vástago y los percusores del equipo de cable para llegar a la formación deseada.

El equipo más antiguo de percusión es el que dispone de un balancín, barras compensadoras y una unidad motriz. El equipo de percusión portátil puede utilizarse para llegar hasta 800' o más, o usado también para limpiar pozos perforados.

Perforación Rotatoria:

Es un método utilizado por vez primera en Corsicana, Texas en 1890, siendo suministrada la fuerza de rotación de la barrena por un caballo. Diez años más tarde se empleó un equipo rotatorio que constaba de: mesa rotatoria, bombas, sistema de lodos, poleas de corona y viajera, máquina motriz, montacarga,



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

barrena del tipo "cola de pescado", tubería de perforación, etc.

Torres y Mástiles:

Una torre de perforación puede llegar a soportar una carga de casi medio millón de kilogramos, y puede mantener su verticalidad contra vientos de 150 Km/hora.

La torre tiene la función de proporcionar soporte a la corona y al bloque viajero, los que a su vez, sostienen, suben y bajan la columna de perforación. Puede tener una altura de hasta 50 metros; suministra espacio para sacar parejas de tubería de perforación de una longitud de 30 metros y, para arrumar hasta 150 de ellas en orientación vertical.

Tipos de torres:

Hay 2 tipos principales de torres de perforación:

- 1.- El tipo convencional
- 2.- El mástil, o cabria plegadiza



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Debido a la facilidad de traslado, desarme y armado, la torre plegadiza se emplea actualmente en casi todos los pozos perforados.

TORRE DE PERFORACION

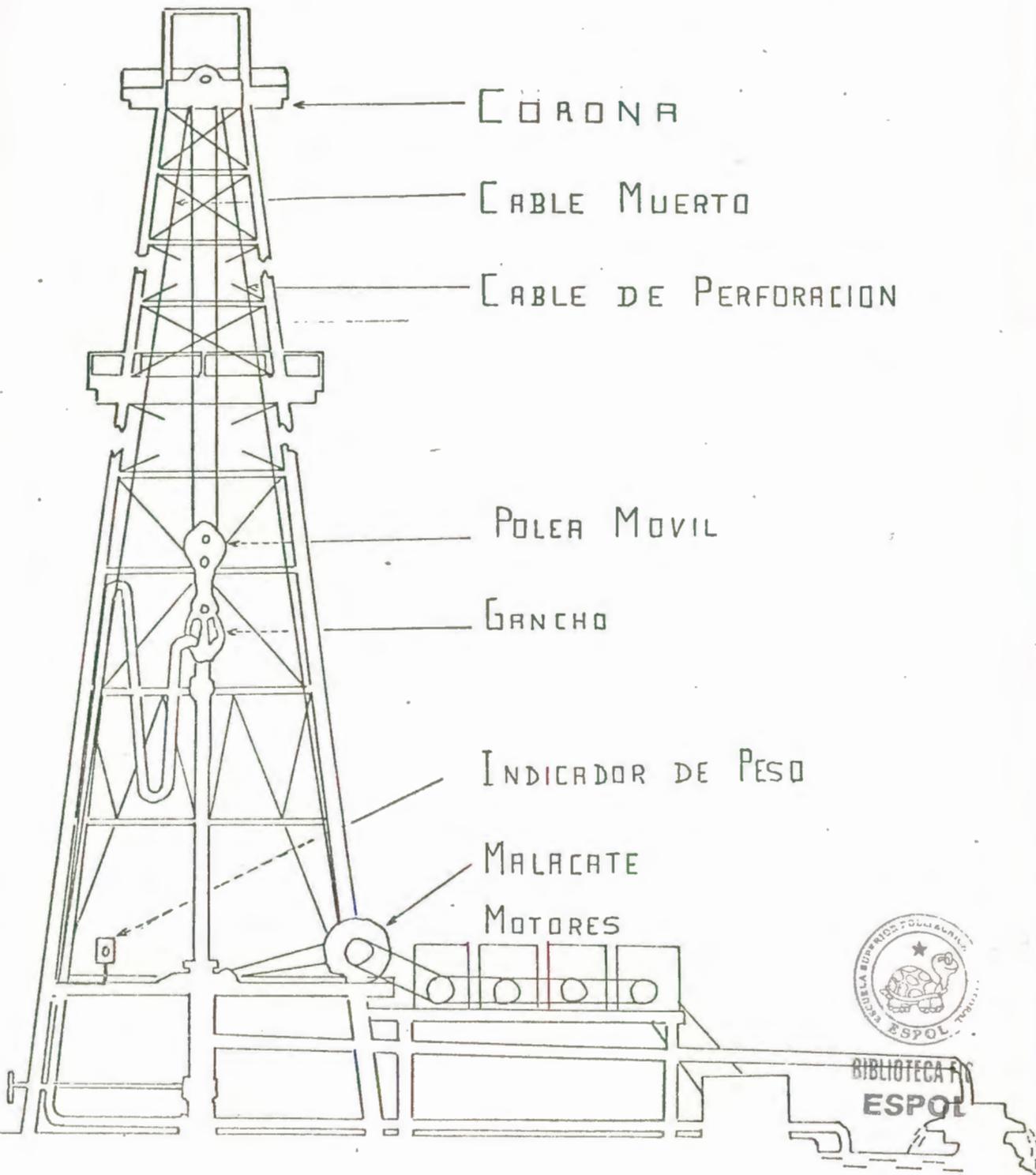


FIGURA 1.

Subestructuras

La función de ellas es la de soportar la Torre, el piso de la torre y los componentes del equipo de perforación a una elevación de varios metros sobre la superficie del terreno. Esta forma de montaje proporciona espacio bajo el piso para instalar el preventor de reventón y cualquier otro equipo de control del pozo.

Cálculo de esfuerzos en una Torre

El equipo que opera mientras se levanta o se introduce tubería en el hoyo podría ser: Torre de perforación, el cable de perforación, la polea fija en el tope de la torre, la polea móvil que sube y baja durante la operación, el malacate, el tambor de cable nuevo, cuñas, elevadores, indicadores de peso, etc.

Si W_h representa el peso que se está manejando y n el número de cables guarnidos entre poleas fija y móvil, la tensión en cada cable será W_h/n y esta tensión se transmitirá tanto a la línea del malacate como al cable muerto. Suponiendo que no existe fricción entre el cable y las roldanas de las poleas; esto quiere decir que, para elevar un peso W_h , el malacate efectúa un esfuerzo de W_h/n y como ventaja mecánica, la relación entre el peso levantado y el esfuerzo realizado para levantarlo, será:

$$VM = \frac{W_h}{W_h/n} = n$$



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Esto indica que la "ventaja mecánica" es igual al número de cables que existen entre poleas. Cuando el malacate se acciona para levantar el peso W_h a una distancia l , es necesario enrollar en el tambor del malacate una longitud igual a $n \times l$; esto indica que la velocidad de la línea al malacate sea n veces mayor que la velocidad de la polea móvil.

$$\text{Velocidad de la polea} = V_h = \frac{l}{t}$$

$$\text{Velocidad de la línea al malacate} = V_{LM} = n \frac{l}{t}$$

El trabajo que realiza el cable para alzar W_h una distancia l , será:

$$T = W_h \times l \quad (\text{libras-pie})$$

y si esa distancia la levanta en t segundos, se tendrá que la potencia es:

$$\text{Potencia} = \frac{W_h \times l}{t} \quad \frac{\text{lb-pie}}{\text{seg.}}$$

y siendo un caballo de fuerza (HP) igual a $550 \frac{\text{Lb-pie}}{\text{seg}}$ se tendrá:

$$HP_h = \frac{W_h \times l}{550 t} = \frac{W_h \times V_h}{550}$$

y para el malacate será: $HP_m = \frac{\frac{W_h}{n} \times n l}{550 t} = \frac{W_h \times V_h}{550}$



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Se puede ver que la potencia desarrollada en el gancho que está colgando de la polea móvil, es igual a la Potencia que desarrolla el Malacate; éste se cumple solamente si se desprecia la fricción originada entre el cable y las roldanas de las poleas.

A medida que el cable se enrolla en el tambor del Malacate, el diámetro equivalente del tambor aumenta, debido a la acumulación de cable; el momento de torsión en el Malacate aumenta y éste deberá hacer un esfuerzo mayor.

$$\text{Tensión} = Wh/n$$

$$\text{Momento de Torsión} = \text{Torque} = \gamma T = \gamma \frac{Wh}{n}$$

Cuando se está levantando un peso Wh , la tensión del cable será $\frac{Wh}{n}$ siendo n el número de cables entre las poleas, pero esta tensión se transmite igual para el cable muerto y para el cable del Malacate, por consiguiente la torre estará soportando un peso debido a Wh , e igual a $\frac{Wh}{n}$, o sea que:

$$\text{Peso total sobre la torre} = F_{TT} = \left(\frac{n+2}{n} \right) Wh$$

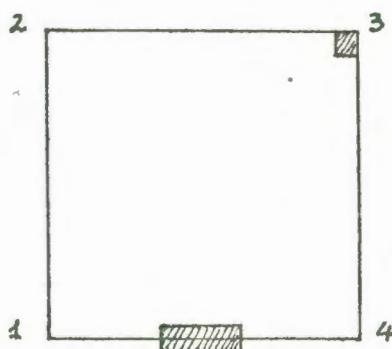
Como puede verse, la Torre soporta un peso mayor que el peso que está levantando.

El peso que levanta una Torre de perforación no de-



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

be ser mayor que la capacidad segura de la misma. El objetivo ahora es como aprovechar mejor la capacidad segura - recomendada por los fabricantes; este aprovechamiento dependerá del número de cables entre polea fija y móvil y de la colocación del Malacate y la "Línea muerta". El presente ejemplo es ilustrativo del problema. Supongo $n = 6$, que el cable muerto está anclado en el soporte 3 y el Malacate colocado entre 1 y 4; ahora se estudiará como se reparten las diferentes cargas.



Para la carga central se tiene que:

$$\text{Tensión en cada cable} = T = \frac{Wh}{6} \therefore Wh = 6 T$$

Distribución de Cargas

	1	2	3	4	
Carga central = $6 T$	$1.5T$	$1.5T$	$1.5T$	$1.5T$	Se repite igual para cada soporte.
Línea al Malacate = $1T$	$0.5T$			$0.5T$	Se reparte igual entre <u>1</u> y <u>4</u>
Línea muerta = $1 T$			$1.0T$		Todo se aplicará en <u>3</u> .
Carga Total = $8 T$	$2 T$	$1.5T$	$2.5T$	$2 T$	

La carga de la torre debido a Wh que se distribuye en los 4 soportes de ella, ha quedado así, el soporte 1 siente el efecto de 2 tensiones, el soporte 2 de 1.5 tensiones



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

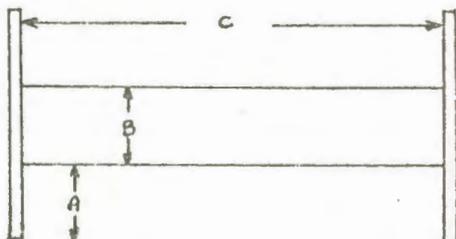
el soporte 3 de 2.5 y el soporte 4 de 2 tensiones. Esto indica que el soporte 3 sería el punto crítico de la Torre y las tensiones que él soporta, se tomará como la mínima para los 4 soportes, por consiguiente la máxima carga equivalente será: $MCE = 2.5 T \times 4 = 10 T$ y, se llama factor de eficiencia de la torre la relación entre la carga real y la máxima carga equivalente.

$$FET = \frac{\text{Carga real}}{MCE} \times 100 = \frac{8 T}{10 T} \times 100 = 80\%$$

Esto significa que de la capacidad segura de la Torre, solo el 80% se está aprovechando. La única manera de aprovechar el 100%, sería colocando la "línea muerta" entre 2 y 3, sin embargo por razones operacionales ésto no puede hacerse.

Como se dijo anteriormente, en el tambor del Malacate, se está enrollando cable a medida que Wh se eleva De acuerdo con la Figura sgte.; la longitud de cable que se puede enrollar en el tambor será:

$$L_T = \frac{AC(A + B)}{3.819 d^2}$$



L_T = longitud total en pies

A = profundidad del tambor en Pulg.

B = diámetro original del tambor en Pulg.

C = ancho del tambor en pulgadas.

d = diámetro del cable en pulgadas.

r = radio en pulgadas



BIBLIOTECA FIC.
ESPOL

A medida que se enrolla cable, el diámetro efectivo al torque va aumentando y estará dado por la siguiente expresión:

$$\text{Diámetro equivalente} = D_{eq} = B + (2m-1)d$$

m = número de camadas enrolladas en el tambor.

Si se desea conocer el torque cuando hay un número m de camadas.

$$\text{Torque} = T \times r = \left(\frac{Wh}{n}\right) \left(\frac{B + (2m-1)d}{2}\right) \quad (4)$$

Columna de Perforación

Barras de Perforación

Son huecas y de paredes gruesas que se las emplea para suministrar peso encima de la barrena y así aumentar su capacidad para cortar la formación. La longitud de las barras utilizadas llega hasta 30 pies, y el número empleado por pozo alcanza a veces hasta 40. El número y la dimensión de los collares y, la velocidad de rotación requerida para ellos, variará para cada área en particular. El uso de muchas barras impone un límite en la velocidad de rotación de la columna, ya que ésta demuestra una tendencia a partirse a causa del efecto centrífugo de la combinación de gran peso y rotación rápida.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

La flexibilidad de las barras de perforación o collares es factible en longitud desde 600' a 1200' como se emplea en perforación. El grado de doblamiento depende del diámetro de la barrena y en consecuencia del diámetro del hoyo.

Tubería de Perforación

Es la columna de tuberías que se conecta a los collares y se extiende hasta la superficie. Son tubos de acero de aleación de longitud promedio de 30'.

Juntas o Uniones

Las tuberías van unidas por uniones dobles que constituyen el sello de fluido de perforación mediante el ajuste estrecho de las superficies pulidas de los hombros de las 2 piezas de la junta. Las roscas se diseñan para resistir la presión del fluido, la cual a veces asciende a 3000 Lpc.

Las superficies de los hombros deben estar en perfecto estado para evitar la pérdida del sello entre las barras y tiras.

Cuadrante o Kelly

Va instalado en el extremo superior de la columna de perforación. Es un vástago hueco cuya superficie externa es cuadrada o hexagonal y tiene 3 funciones principales:



1. Suspende la columna de perforación.
2. Hace que la columna gire
3. Conduce el fluido de perforación dentro de la columna.

Puede ser de 40 a 60 pies de longitud.

Entre el cuadrante y la unión giratoria, se coloca una válvula de seguridad de media vuelta, la cual puede cerrarse para evitar que el fluido de perforación se devuelva como resultado de presión alta en el pozo.

Unión Giratoria o Swivel

Esta realiza 3 funciones principales que son:

1. Suspender la junta Kelly y la tubería de perforación.
2. Permitir la rotación libre de la junta Kelly y de la tubería de perforación.
3. Proporcionar una conexión para la manguera rotatoria y, a través de ella, un pasaje para el fluido de perforación a la parte superior de la unión y de allí a la tubería.

Está suspendida de sus asas del gancho del bloque móvil. La entrada en la parte superior de la junta está constituida por una tubería curva llamada "cuello de ganso", la cual proporciona una conexión hacia abajo para la manguera de lodo. El conducto de flujo en el interior del "swivel" es



de 3" a 4" de diámetro, de manera que no hay restricción al paso del lodo.

Cables

El cable utilizado en perforación se encuentra guarnido en las poleas y es construido de acero de $1\frac{1}{4}$ " a $1\frac{1}{2}$ " de diámetro y de 2000' a 4000' de largo. De 4 a 8 cables se extienden de la corona a través de las poleas del bloque viajero. El cable rápido se extiende al tambor del malacate y el cable muerto desciende de la corona para terminar en la polea del indicador de peso.

El cable más utilizado en operaciones de perforaciones petroleras es descrito como "Trama Seale". Es construido de acero de arado (PS) o de acero de arado perfeccionado (IPS). Los cables más populares son preformados y tienen la construcción retorcida o trama a la derecha. Generalmente tienen un núcleo independiente de cable (IWRC).

Para disminuir la fricción y el desgaste de alambre en las roldanas de las poleas, es necesario cubrir cada alambre con una película de lubricante (aceite de alta calidad).

Las roldanas por las que pasan los cables deben ser de tal medición que el cable no sufra daños irreparables. Cada roldana debe ser apropiada para un tamaño dado de cable.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Puntos de Desgaste

En primer lugar, el punto de mayor importancia en los desgastes de un cable es el tambor del malacate (bridas) cuando el cable es enrollado en él y completa una vuelta o hilera rozando contra la brida al extremo del tambor cuando el cable empieza a enrollarse para la segunda hilera. Otro sitio de desgaste es en los puntos de contacto con las roldanas cuando se aplica la carga al cable. Estos desgastes del cable ha motivado la adopción de programas del "lascar y cortar". Cuando un cable muestra indicios de desgaste en los puntos mencionados, se saca el extremo del cable del tambor, (se lasca) un número de pies por el bloque corona, se cortan y se descartan de tal manera el cable quedará como nuevo para cualquier propósito práctico.

Tabla de Longitud y Servicio de Cable (4)



BIBLIOTECA EIC
ESPOL

La tabla indica un servicio de toneladas-millas por pie, del largo total de un cable de 1 1/4" aparejado 8 veces en una cabria de 136' de altura. La tabla se basa en un devanado de 1000' y en cortes a razón de 20 toneladas-millas por cada pie manipulado.

<u>Long. cable en pies</u>	<u>Ton. millas servicio</u>	<u>Lascados cortados</u>	<u>Ton-Millas pié máx.</u>
2100	12000	600	5.7
3000	30000	1.500	10.00
4500	60000	3.000	13.33

Relación del Guarne del Cable a la Magnitud de la Carga

Cuando la carga aumenta es necesario aumentar el número de líneas en el sistema. Si el bloque viajero tiene 4 poleas en uso, decimos que se encuentra con 8 cables o líneas guarnidas y la ventaja es en la proporción de 8:1; es decir, que podemos alzar 8 veces el peso que sería capaz de levantar un cable con este arreglo. Si la carga total es de 200.000 lbs. en 8 cables tendidos, la tensión en cada uno en contacto con el bloque corona es 25000 lbs. Si se tienden 2 cables más, la ventaja que se obtiene es de acuerdo con la proporción 10:1, y la misma carga solo producirá una tensión de 20000 lbs. en cada parte.

La tensión en el "cable muerto" es igual a la tensión de cualquiera de los otros cables, ya que todas las líneas tienen igual tensión, pero la carga está solo dividida por el número de líneas que pasan por el bloque viajero.

La Barrena

Puede decirse que la barrena (mecha, taladro o trenpa), es la única herramienta del equipo cuyo servicio avanza el trabajo de perforación ya que, es el elemento cortante que va profundizando el pozo mientras se efectúa la perforación.

Programa de Barrenas

En la perforación de un pozo es necesario planear un programa de barrenas usando todo recurso disponible para el efecto. Una vez realizado el plan, debe controlárselo diariamente para realizar cambios en caso de ser necesarios.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Las dimensiones de las barrenas deben estar coordinadas con el programa de revestimiento, o serán determinadas por la dimensión del casing que se dispone.

Cuando se perfora un área nueva, es necesario conocer las especificaciones de las barrenas y las condiciones geológicas de la región, para llegar al tipo de barrena apropiada para las operaciones. En pozos nuevos es necesario diseñar el tipo de barrena a ser utilizada, es decir, tener conocimiento de la tubería revestidora para determinar el diámetro de las barrenas y a su vez calcular los diámetros de los orificios por los cuales saldrá el fluido de perforación. Los diámetros de estos orificios son llamados JET.

4.2. FLUIDOS DE PERFORACION

En una perforación rotatoria es sumamente importante el uso de algún fluido para realizarla. El fluido principal es el agua, aunque por lo general siempre se mezcla con otras sustancias (arcilla, etc.) Cabe mencionar sin embargo dos fluidos muy significativos que son: lodo de petróleo con aditivos y gas natural o aire comprimido.

Funciones:

1. Eliminar los rípios del pozo a medida que la barrena va penetrando la formación.
2. Suprimir cualquier flujo de gas o de agua que se pueda originar en una formación penetrada por la barrena.
3. Es el encargado de trasladar la fuerza hidráulica de las bombas a la barrena.
4. Lubricar y enfriar la barrena.
5. Reducir la fricción contra la pared del pozo lubricando la sarta de perforación.

Lodos (Tabla 1)

La clasificación de los lodos utilizados en la perforación de un pozo se la puede realizar en base a su conte



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

TIPOS DE LODOS

COMPOSICION

U S O S

VENTAJAS

Lodos Naturales

Se forman al disolver se los ripios en el agua.

En perforaciones superficiales y en perforaciones rápidas.

Agua (agua sucia)

Agua con barro

En formaciones impermeables que no puedan producir barro.

Gran rata de penetración.

Quebracho Cáustico (alto P.H.)

Quebracho y soda cáustica, variando en el % de mezcla

A temperaturas elevadas y en formaciones que no formen mucho barro.

Es flexible, estable y resistente a la contaminación.

Quebracho Cáustico (alto P.H.)

Quebracho y soda cáustica, a veces bentonita.

A temperaturas elevadas y en formaciones que no formen mucho barro.

Es flexible, estable y resistente a la contaminación.

Lodos tratados con calcio

Agua dulce con calcio

En zonas de altas presiones.

Resistente a la contaminación. Es estable y de bajo costo de mantenimiento.

BIBLIOTECA FICI
ESPOL



TIPOS DE LODOS

COMPOSICION

U S O S

VENTAJAS

Lodos de bajo contenido de Cal

Agua dulce con calcio (bajo % de calcio)

Para evitar la solificación y para perforar lutitas.

Lodos de Agua Salada.

Se encuentran casi saturados de sal.

Para perforar lechos de sal.

Lodos con emulsión de petróleo

En una mezcla de arcilla, agua y petróleo

En terminaciones de pozos.

Lodos base petróleo.

- a. Petróleo crudo
- b. Petróleo convencional.
- c. Lodos base emulsión de petróleo.

En terminaciones de pozos y relacionados.

Petróleo

Petróleo

En terminaciones de pozos. En sitios donde se asientan columnas para agua sobre las zonas productoras.

Facilidad de preparación.

BIBLIOTECA IIC
ESPOL



TIPOS DE LODOS

COMPOSICION

U S O S

VENTAJAS

Aire y Gas

Se usó gas comprimido para evitar que el agua dañara el rendimiento de la zona productora.

Gran penetración y menos tiempo de limpieza.

No se contamina la arena productora.

Permite probar las zonas de baja presión.

Reduce el número de brocas usadas en un 75%.

Invermul

Es un lodo de agua en emulsión de petróleo. Lo constituyen: agua, petróleo y emulsificador.

En arenas sensibles al agua. Para eliminar el pegamiento de la tubería en zonas de presiones diferenciales.

En zonas no consolidadas.

En zonas con minerales que contaminan al barro.

En muestreos y en altas temperaturas. En terminaciones de pozos.

BIBLIOTECA FIC
ESPOL



T A B L A I b

(Aditivos del lodo)

TIPOS

E M P L E O

Barita	Para acumular el peso del lodo.
Bentonita	Para control de la viscosidad y
Arcilla	para evitar derrumbes
Diluyentes o Agentes Dispersadores	Para la viscosidad, control de la resistencia gel y pérdida de fluido usado como emulsificante.
Polifosfatos	Dispersan y mejoran la fracción de arcilla en un lodo puro. Disminu- ye la pérdida de agua y baja el <u>con-</u> <u>tenido</u> de arena.
Bicarbonato	Para eliminar contaminación causada por el cemento.
Carbonato de Bario	Para eliminar contaminación causada por la anhidrita.
Almidón (CMC)	Para anular contaminación de la sal.

BIBLIOTECA FIC
ESPOL



nido de arcilla o de aditivos.

4.3. TUBERIA DE REVESTIMIENTO Y CEMENTACION (Casing)

TIPOS DE COLUMNAS DE CASING

Tubería Conductora

Es una tubería de revestimiento especial usada en ciertas zonas para empezar el pozo en una dirección vertical, y para evitar derrumbes en que hay exceso de material de superficie o agua. El cemento debe hacerse circular al asentar la sarta conductora, aunque este procedimiento no se sigue siempre. También se usa este proceso cuando hay posibilidad de encontrar arenas poco profundas "cargadas" de modo que se pueda tener suficiente equipo preventor de reventones instalado cuando se perforen.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Casing de Superficie

Evita la contaminación de las fuentes de agua dulce y forma también una ancla sólida para el equipo preventor de reventones durante la perforación y para el cabezal del casing cuando el pozo está en producción. La tubería de superficie evita los derrumbes del pozo, y en ciertas regiones donde hay depósitos de minerales comerciales, sirve para protegerlos cuando se perfora a través de ellos. El factor más importante en el uso de la tubería de superficie durante la perforación a través de depósitos minerales, es el de tener seguridad adicional para evitar la mi-

gración de fluidos de las formaciones productoras de petróleo y gas hacia estos depósitos minerales que se minan o se minarán.

El cemento a más de proteger las fuentes de agua dulce evitando su contaminación por la migración de fluidos, protege también la tubería de superficie contra la corrosión exterior. A su vez, el cemento sirve de soporte durante la perforación; esto se refiere especialmente a la zapata de la tubería que puede desenroscarse por el efecto de la rotación de la barrena y la columna de perforación.

Casing Intermedio

La función principal de ella es la de proteger el pozo, evitando que la pared del pozo se derrumbe, y así evitar problemas en perforar a mayor profundidad. La cementación de ella se la realiza para sellar formaciones como las zonas de agua a alta presión o aquellas en que ha habido pérdida de lodo de circulación y en las que no puede perforar se económicamente usando aditivos de lodo. A veces es usado para sellar zonas con fluidos corrosivos, en las que no es posible sellar la formación con cemento por el método de etapas múltiples de la columna de producción. Además se la usa para taponar zonas antiguas de producción en las que se perforan nuevos pozos a mayor profundidad.



BIBLIOTECA NACIONAL
ESPOL

Casing de Producción

Es el más importante en un pozo de petróleo o gas. Aisla el contenido de la formación: petróleo o condensado, - de los fluidos indeseables, como agua o exceso de gas, que pueden aparecer en la formación productora adyacente. En zonas productoras múltiples, es necesario aislar todas las arenas productoras. El casing de producción es la cubierta protectora de la tubería, y antes del uso de lo que en inglés se llama "permanent completion", había sido el único modo de llegar a formaciones productoras para efectuar reparaciones.

En formaciones blandas, es necesario asentar el casing de producción antes de que pueda hacerse la prueba de formación.

Diseño del Programa de Casing

La columna de casing más económica es la más ligera de peso, que pueda resistir los varios esfuerzos que resultan de la presión de compresión lateral, tensión y acción interna que se ejerce sobre ella. Bajo condiciones normales, los gastos del casing se pueden reducir sin disminuir el margen de seguridad; ésto se logra usando los factores de seguridad moderados y con la sustitución de grados y pesos ligeros de tubería en las porciones intermedias del pozo.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Las fuerzas tensionales del revestimiento usado resultan de la profundidad de asentamiento. Las fuerzas externas (compresión lateral) son debidas a zonas de presión muy altas, o a movimientos diastróficos de las formaciones causadas por terremotos o plegamientos, y en donde las secciones salinas penetradas parecen estar bajo un flujo plástico constante.

Tamaño de Tubería

Es un factor importante cuando se espera completar el pozo de tipo dual o triple. El tamaño de la columna de producción puede ser controlado por el tipo de medios artificiales exigidos para hacer subir el crudo.

Resistencias Especiales

Las presiones creadas por acidificación, detonaciones con explosivos, disparos con cañón perforador, cementación forzada, cargas de choque al meter la tubería, esfuerzo al estirar la tubería de revestimiento, el movimiento durante de la tubería durante la cementación, etc. Son ejemplos de resistencias que el ingeniero diseñador debe tomar en cuenta en el diseño.

El Instituto Americano de Petróleo ha normalizado las propiedades físicas de los tubos, lo mismo que sus tamaños y longitudes. El API reconoce los siguientes grados y



BIBLIOTECA
ESPOL

símbolos de casing: F-25, H-40, J-55, N-80, P-110.

También el Instituto estandarizó los tamaños, pesos y roscas, lo mismo que los materiales usados; todos se designan por el diámetro exterior, peso por pie y grado del acero.

Juntas o Uniones

Los tubos por lo general tienen roscas exteriores que pueden acoplarse a cualquier otro de diferente marca. Cada tubo se embarca con un cuello de cople y un protector del cople en un extremo y un protector de rosca en el otro extremo comunmente llamado extremo de rosca, y se lo define como el extremo del tubo opuesto al extremo del cople.

Las uniones están diseñadas casi tan fuertes como el tubo al juntarse adecuadamente. (La resistencia en ellos es del 65% al 95% de la resistencia del tubo). Para lograr esta resistencia bastante alta es necesario que la rosca en las uniones o juntas sea manufacturada en forma calibrada y que el acoplamiento entre ella y el tubo sea perfecta.



Cuando una junta o unión va a ser utilizada durante la perforación de un pozo es necesario ir revizando una a una, pues cualquier desperfecto en ella es suficiente para su eliminación.

Cementación

Función del Cemento en los Pozos

1. En las operaciones de completación de pozos, los cementos son usados para llenar el espacio anular entre el hueco abierto y el casing.
2. Las dos funciones principales en la cementación son:
 - a) Para restringir el movimiento del fluido entre formaciones; y
 - b) Servir de soporte al casing.

Los materiales de cementación tienen permeabilidades menores que 0,1 md y grandes fuerzas compresivas de 300 a 500 psi. son soportadas satisfactoriamente.

3. Los componentes del cemento pueden ser ampliamente clasificados como puros (limpios) o tratados (confeccionados). Las propiedades del cemento puro son relativamente inflexibles, y las de los confeccionados son mucho más convenientes para reducir el costo de las operaciones de cementación y para mejorar la capacidad de cementación.



Manufactura y Composición del Cemento

Los cementos son hechos a partir de calizas (o de otros materiales con mucho CO_3C_a) y arcilla o lutita.

Algunos metales y óxidos de aluminio pueden ser añadidos si no aparecen en suficiente cantidad en la arcilla o lutita. Estos materiales son finalmente mezclados y calentados a 2600 - 2800°F en hornos rotatorios.

Todos los cementos son manufacturados casi con los mismos ingredientes, pero en diferentes proporciones. Cementos de rápido endurecimiento tienen un gran área superficial. Cementos retardadores tienen áreas pequeñas, y los cemento Portland tienen áreas de acción un poco mayores que los retardadores.

Cemento Pozmix: consiste de cemento Portland, un material puzolánico y 2% de bentonita. Por definición un puzolánico es un material silicio, el cual reacciona con la cal y agua para formar silicatos cálcicos con propiedades de cemento. La composición Pozmix es menos costosa que otros materiales básicos de cementación.



Selección de Cemento para Aplicaciones Específicas en Pozos

BIBLIOTECA NACIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
ESPOL

La clasificación API de los cementos en base a la profundidad y T. estática de varios pozos, se muestra en la Tabla siguiente:

T A B L A II

API Clases	Mezcla de Agua (Galones/Saco)	Peso de Lecha (lbs/Gal.)	Prof. Pozo (Pies)	Temp. Es- tática (°F)
A (Portland)	5.2	15.6	0 - 6000'	80 - 170
B (Portland)	5.2	15.6	0 - 6000	80 - 170
C (High Tarly)	6.3	14.8	0 - 6000	80 - 170
D (Retardado)	4.5	16.2	6 - 1200	170 - 290
E (Retardado)	4.5	16.2	6 - 14000	170 - 290
F (Retardado)	4.5	16.2	10 - 16000	230 - 320
G	5.0	15.8	0 - 8000	80 - 200
H	4.5	16.2	0 - 8000	80 - 200

El tiempo de espesamiento de una composición particular de cemento, depende principalmente de la T. a profundidad.

El API estandariza ésto de la manera siguiente:

Prof. del Pozo (Pies)	Temp. Estática (°F)	Temp. Circulación al fondo del Pozo	
		Casing	(°F) Squeeze
2000	110	91	98
4000	140	103	116
6000	170	113	136
8000	100	125	159
10000	230	144	186
12000	260	172	213
14000	290	206	242
16000	320	248	291
18000	350	300	301
20000	380	340	



BIBLIOTECA FIC:
ESPO

4.4. REGISTROS DE POZO

Descripción

Los registros de pozo son determinados por medio de dispositivos que se corren con la finalidad de encontrar la posibilidad de producción de un pozo en particular.

Son los registros continuos de las resistividades o de sus recíprocas (conductividades) de las formaciones del subsuelo y de los autopotenciales o potenciales espontáneos (SP) generados en el hoyo del pozo.

También existen los registros radioactivos que, como su nombre lo señala, registran la radioactividad natural de las formaciones (G. R., otros) y los efectos secundarios a causa del bombardeo de neutrones contra la formación (Neutrón).

La resistencia de una roca al flujo eléctrico se mide en ohmios.. La intensidad de la corriente en amperios y la resistividad en ohmios-metros.

Mediante el uso de registros eléctricos, radioactivos y sónicos, los parámetros son medidos por las sondas que se bajan al hoyo y de los cuales se obtienen un registro continuo en la superficie.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Los registros eléctricos y acústicos (sónicos) solo se usan en la medición de pozos sin tubería de revestimiento, pero que contengan lodos conductivos como los de base de agua. Los registros radioactivos se corren en pozos en tubados.

Los datos obtenidos de los registros eléctricos o de radioactividad se pueden complementar al mismo tiempo con muestras (núcleos) sacadas de las formaciones de la pared del hoyo o con el uso de otros métodos tales como levantamiento de desviación, estudios de temperaturas, pruebas de formación, etc.

Datos que se obtienen por Registros de Pozo

1. Distinción entre lutitas y estratos permeables.
2. Definición de delimitaciones entre lechos y correlación. Con estos datos se puede obtener la delineación de distintivos estructurales y determinar la extensión lateral de yacimientos potenciales.
3. Manera de determinar ciertos parámetros necesarios para los cálculos volumétricos.
4. Muchas veces estos registros nos proporcionan la definición cualitativa entre los lechos de petróleo o gas y los de agua y sus espesores netos, como las ubicacio-



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

nes de contacto petróleo-agua y en condiciones favorables, evaluación de porosidad y saturación de agua.

Los registros de pozos son de gran importancia para seleccionar exactamente los intervalos que habrán de someterse a pruebas de producción y también para cálculos de reservas petrolíferas, y ayudan en la computación de la productividad del pozo.

Clasificación de los Métodos de Resistividad

Estos se dividen en 2 grupos dependiendo de si las medidas implican volúmenes grandes o pequeños, o sea "el radio de investigación".

A. El registro de Inducción que investiga grandes volúmenes de material alrededor del pozo, y son usados para definir la formación, correlaciones, análisis cualitativos y cuantitativos de los yacimientos en términos de saturación de fluido y porosidad.

B. Estos permiten investigar pequeños volúmenes de material entre el dispositivo y la pared del pozo. Eliminan el efecto que la columna de lodo tiene sobre la medición. Dan delineaciones más exactas y detalladas que los anteriores; aquí se incluyen el Micro registro y el Registro de Resistividad Microenfocante.



BIBLIOTECA DE
ESPOL

Fundamentos de la Interpretación Cuantitativa de Perfiles

Mediante la interpretación cuantitativa de registros podemos obtener ciertos parámetros físicos necesarios para evaluar un reservorio; los principales son los siguientes: porosidad, saturación de hidrocarburos, espesor permeable de la capa, y permeabilidad; parámetros los cuales pueden ser evaluados a partir de perfiles eléctricos, nucleares o acústicos.

De los parámetros de la formación obtenidos directamente de los perfiles, el de resistividad es de particular importancia para la determinación de saturaciones.

Para la determinación de la porosidad se usan los registros sónicos, de Densidad de la formación y Neutrónicos. La combinación de 2 o 3 perfiles da un mejor conocimiento de la porosidad, litología y geometría; así mismo con frecuencia, se puede distinguir con ellos petróleo de gas.

La permeabilidad solo puede ser estimada mediante relaciones empíricas.



4.5. EQUIPO DE SEGURIDAD

Reventones y Prevención

Reventón es definido como "un flujo incontrolado de los fluidos del pozo y/o de los fluidos de la formación del pozo, que sale a la atmósfera". Un reventón puede producirse en la perforación de un pozo, en un trabajo de reparación y limpieza, o si se daña el árbol de Navidad.

Debido a que el reventón se origina por una gran presión en la formación, puede evitárselo aplicando una contrapresión mayor a la existente en la formación. El reventón continuará hasta que la presión de la formación se controle por medio de un derrumbe, puente, o hasta que una contrapresión mayor se aplique (quizá llenando el pozo con cemento).

Reducción de Presión Por Efecto de Achique al Sacar la Tubería: Cuando se realiza un viaje de tubería, la efectiva del fluido de perforación tenderá a reducirse por este efecto y aparecerá gas al final de la línea de flujo (gas en viaje) al terminar el viaje, generalmente cuando los primeros ripios llegan a la superficie.

A medida que la barrena pasa a través de un estado poroso con gas, el gas contenido en los ripios contaminará el lodo y subirá a la superficie. Si el fluido de perforación



BIBLIOTECA DE
ESPO

es suficientemente pesado para este trabajo, la zona se sellará a medida que se perfora y el gas desaparecerá.

Para cerciorarse de la existencia de un reventón, es necesario ver si el lodo regresa más rápido del que se bombea dentro del pozo. La prueba será el cambio de nivel en la fosa o tanque de succión. Por lo general, el reventón no se produce sin que esta señal sea evidente.

Consecuencias de un Reventón: El reventón en sí reviste muchos problemas de carácter económico y humano. La ocurrencia de un accidente de esta naturaleza involucra pérdidas de muchos miles de sucres a la Cía. Todo reventón debe necesariamente ser controlado sin importar el costo de la operación. Generalmente en la actualidad se lo hace perforando pozos de alivio y taponando el reventado. Debe evitarse la contaminación de todas las arenas que contengan agua dulce y la disipación de la presión del yacimiento, si es que implica un yacimiento petrolífero.



BIBLIOTECA FIA
ESPOI

Entre las consecuencias inmediatas producidas por un reventón, tenemos:

1. Pérdida del tiempo en la perforación.
2. Pérdidas del lodo de perforación.
3. Daño a la propiedad ajena (humanos y materiales)
4. Costo de matar el pozo y taponarlo

5. Daño al prestigio de la Compañía Operadora

Una contrapresión excesiva del lodo de perforación puede ser causa de un fracturamiento en una formación débil, lo que permite que el fluido de perforación se escape del pozo, causando un atascamiento en la tubería y que, sin presión hidrostática sobre la zona de presión, se aumente la reacción del pozo.

Muchas veces la tubería puede atascarse en el pozo cuando un reventón es detenido antes de quedar fuera de control y particularmente en formaciones blandas. Esto sucede por:

1. Necesidad de cerrar uno o más preventores, lo que limita el esfuerzo del perforador para mover la tubería.
2. Introducción del fluido de formación dentro del pozo tiende a diluir el lodo y a reducir su eficacia como fluido de perforación.
3. La pared del pozo será arrancada debido a la invasión del fluido de la formación, lo que causa que las arcillas de la formación se derrumben en el pozo alrededor de la tubería.
4. El derrumbe de la costra de la pared en las formaciones de arena crea una situación perfecta para que la presión



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

diferencial haga que la tubería de perforación se pegue.

Esta situación es típica después que la altura hidrostática se ha nivelado y la presión de la formación se ha contrarrestado. Generalmente el pozo se pierde, pues es más económico perforar uno nuevo, que despegar la tubería.

Presión hidrostática: (Clave de los Reventones) :Esta es la presión que existe en el pozo causada por el peso de la columna de fluido de perforación y que expresa en lpc. Ciertas observaciones relacionadas con ella en un fluido de perforación de un pozo, son:

1. En un punto dado del pozo, la magnitud de la presión hidrostática depende exclusivamente de 2 factores:
 - a) La densidad del fluido de perforación.
 - b) Altura de la columna de lodo encima de un punto dado.
2. La fuerza de la presión hidrostática se ejerce contra la pared y el fondo del pozo con la misma magnitud. Cualquier diferencia entre las dos se debe sólo a la diferencia de profundidad.
3. La presión hidrostática no varía con los cambios de diámetro del pozo.
4. El agua dulce es el líquido normal usado para determinar



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

el equilibrio normal del lodo y debe ser de 433 lpc por 1000 pies de profundidad.

Gradiente de Presión de Fluidos del Yacimiento: Esto se refiere a que la presión original tiende a ser proporcional a la profundidad del yacimiento. La presión original, es llamada: Presión de roca, presión de la formación, presión de los fluidos del depósito, etc.

Para calcular el gradiente de presión existe una regla empírica usada en perforación que dice: "La presión normal de la formación en cualquier yacimiento a una profundidad dada, es aproximadamente igual a la presión hidrostática de una columna de 1.0% agua salada, cuyo peso sea igual a la profundidad del yacimiento." Lo anterior es aplicado a la llamada "presión normal de la formación". Pocos son los yacimientos que alcanzan a registrar tal exactitud de la presión de la formación; la mayoría tienen presiones de la formación que están cerca de este valor, es decir, 465 lps por 1000 pies de profundidad, ó 46.5 lpc. por 100 pies de profundidad. (3)



Esto es casi igual a la presión hidrostática de un lodo de perforación con una densidad de 9 lbs/gal. Sin embargo, algunas áreas tienen presiones muy por encima de la normal, lo que explica la razón del uso en algunas regiones de lodos de mayor densidad.

Las fugas en la tubería de revestimiento y la cementación inadecuada han hecho que el gas a alta presión suba a las arenas menos profundas, y estas presiones altas en formaciones superficiales pueden clasificarse como "imprevisitas", y pueden acarrear problemas.

Presión Hidrostática Baja: Mientras la presión hidrostática del fluido de perforación sea mayor que la presión de cualquier formación comunicada con el pozo, no puede haber un reventón. Esto sin embargo presenta falsas apariencias, ya que los problemas de reventón siguen latentes.

Causas :

1. La densidad del lodo es baja
2. El nivel del lodo en el pozo es bajo

La acción de sacar tubería o "efecto de achique" ^{baja} la presión hidrostática momentáneamente en cualquier ^{baja} dado en el pozo. Si hay embolamiento de la barrena, el efecto de achique puede ser desastroso, y puede aún ser peor cuando la consistencia gel del lodo es muy alta.

Control del Peso del Lodo: Cualquier flujo de los fluidos de la formación en un pozo debe prevenirse y controlarse por medio del lodo de perforación. Los factores importantes que afectan esta función son los siguientes:



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

1. El peso o densidad del lodo.
2. La consistencia gel del lodo y la cantidad de reducción de presión causadas por la extracción de la tubería de perforación.
3. Los preventores de reventones adecuadamente seleccionados, instalados y manejados.

Equipo Preventor de Reventones: Este equipo a pesar de su nombre, no impide los reventones; su función es la de proporcionar un medio de control cuando se produce el reventón. La presión hidrostática creada por la columna, es la que impide que ocurra el reventón. Se lo define como sigue: El preventor de reventón es un dispositivo que se conecta a la tubería de revestimiento o a algún equipo del cabezal del pozo instalado en la revestidora. Controla las presiones en el espacio anular, entre la tubería de revestimiento y alguna sarta de tubería interna, durante operaciones de perforación, terminación y/o reparación del pozo.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Los regímenes de presión en las bridas ordinariamente determinan los regímenes de presión del preventor; éstos por lo general tienen una capacidad de 3000 lpc. de presión máxima de funcionamiento, aunque modernos preventores disponen de 10000 a 15000 lpc. como presión máxima de trabajo. La misma norma es aplicable a los tamaños de anillos de cierre usados por lo general entre estas bridas.

V. APLICACION PRACTICA

5.1. INTRODUCCION

Con el objeto de realizar la perforación de un pozo nuevo, la Compañía deberá solicitar al Organismo correspondiente, la autorización para llevarla a cabo. Para ello deberá indicar la localización exacta del pozo, así como las condiciones geológicas estructurales de la zona en que va a ser perforado.

El pozo en mención que, para nuestro caso llamaremos XY-6, se encuentra en un bloque de falla inexplorable. El objeto geológico principal de esta localización es la de probar el bloque de falla (sin pozos) inmediatamente al Sur del que probó el pozo XY-4, así mismo extenderá la producción a través del alto estructural, el cual se cree productivo por todo su largo y, el objetivo geológico secundario es la exploración de nuevas arenas prospectivas desde la formación Guayaquil hasta la formación Quito.

Datos Geológicos y de Producción

El alto estructural y fallamiento delineado por el levantamiento sísmico de 1975 fué explicado exitosamente por el pozo XY-4, el cual descubrió dos yacimientos nuevos en arenas de la Formación Quito, arrojando las siguientes pruebas de completación:



(Fig. 2)

BIBLIOTECA FIG
ESPOL

ARENA	REDUCTOR ($\frac{1}{64}$ ")	PRESION (kg/cm^2)	BPD	REP (PCN/Bd.)	S y A (%)	API°	FECHA
P	48	925	425	10922	2.6	40.9	
M	40	340	768	827	0.8	34.7	

Los pozos de XY se han ido rápidamente en agua o gas su-
giriendo yacimientos de poco volumen; sin embargo, hay po-
cos pozos en el área y, muchas arenas que aparentan ser -
productoras seguras en los registros eléctricos han proba-
do agua. La explicación de estas pruebas de agua se en-
cuentran en los análisis de núcleo hechos en el pozo ZA-55
y en la completación del XY-4. Las arenas de la Formación
Quito sufren daño permanente de taponamiento de poros al
ser alcanzadas por agua de los fluidos de perforación, de
completación y de cementación. La completación libre de a-
gua hecha en el XY-4 fué exitosa debido al uso de "INVERMUL"
y fluidos de completación que no contienen agua.



La localización XY-6 probará el bloque de falla (BIBLIOTECA FIC) (zoz) inmediatamente al sur del que probó XY-4. Más impor-
tante aún, extenderá la producción a través del alto estruc-
tural, el cual se cree sea productivo por todo su largo.

La producción acumulada del área es de 3.6 MM de barriles de petróleo, de los cuales 0.5 MM de barriles son de propiedad de la Compañía unificada A.

Se estima que la localización XY-6 tendría unos 215' de

arena petrolífera totalizando todas sus áreas productivas.

RESERVAS

El área productiva de la estructura operada por la Cía. sería de unos 500 acres. Se estiman las reservas máximas recuperables en la siguiente forma: (pozo XY-6)

<u>FORMACION</u>	<u>ANP</u>	<u>Acre-Pies</u>	<u>Bls/Acre-Pie</u>	<u>MM Bls. Recuperables</u>
Guayaquil	65'	32500	300	9.75
Quito	150'	75000	150	<u>11.25</u>
TOTAL:				21.00

Los mapas isópacos de las arenas productoras en el área y las pruebas de producción del pozo XY-4 indican como el caso más probable lo siguiente para el pozo XY-6 :

<u>FORMACION</u>	<u>ANP</u>	<u>Acre, pies</u>	<u>Bls./Acre Pie</u>	<u>MM Bls. Recuperables</u>
Guayaquil	50'	25000	300	7.5
Quito	25'	12500	30	0.375
Quito	75'	37500	90	<u>3.375</u>
TOTAL:				11.250



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Para un estimado de las mínimas reservas recuperables esperadas, se supone una producción similar a la del XY-4

<u>ARENA</u>	<u>ANP</u>	<u>Acre pie</u>	<u>Bls./Acre Pie</u>	<u>MM Bls. Recuperables</u>
P	30'	15000	30	0.45
M	40'	20000	100	<u>2.00</u>
TOTAL:				2.45

En resumen, el pronóstico para las reservas recuperables estimadas se presentan de la siguiente manera:

<u>ARENA</u>	<u>Máximo MM Bls.</u>	<u>Probable MM Bls.</u>	<u>Mínimo MM Bls.</u>
Guayaquil	9.75	7.5	0.0
Quito	11.25	3.75	2.45
Total:	21.00	11.25	2.45

5.2. PROGRAMA ORIGINAL DE PERFORACION

1. Huecos y Programas de Revestimiento y Cementaciones:

1.1. Hueco de Superficie:

Perfore hueco de 15' hasta 2500'. Corra revestidor de superficie de 10 ³/₄" de acuerdo con el diseño siguiente:

Intervalo	Descripción	Longitud Requerida
2500' - 0'	45.5 lbs/pie, J-55 ST 8C	2500'

Este revestimiento debe estar provisto de:

- Zapata flotadora colocada en la punta del primer tubo.
- Cuello flotador colocado en el tope del primer tubo.
- Cinco (5) centralizadores dispuestos en el siguiente orden: uno encima del cuello flotador, otro a + 1850', otro a + 1300', otro a + 650' y el otro en el penúltimo tubo.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Cementación del Revestimiento de Superficie (10 ³/₄"

- a) Establezca circulación a través del equipo de flotación.
- b) Mezcle y bombee 900 sacos de cemento de construcción con 4% de gel y 10 lbs/saco de kolite (peso de la mezcla 13.7 lbs/gal.)
- c) Mezcle y bombee 300 sacos de cemento de construcción con 3% de cloruro de calcio (CaCl_2) (peso de la mezcla 16 lbs/gal).
- d) Desplace el cemento y asiente tapón con 1500 lpc. Quite tapón y observe si el equipo de flotación trabaja. Si falla deje presión retenida por 4 horas.

1.2. Hueco de Producción:

Perfore cemento, equipo flotador y unos 5' de hueco de 9 ⁵/₈". Pruebe la cementación con 200 lpc. (+ 11.6 lbs/gal. equivalente). Continúe perforando hueco de 9 ⁵/₈" hasta 11850'. Corra revestimiento de producción de 7" de la siguiente manera:

Intervalo	Descripción	Long. Requerida
11850' - 10750'	32 lb/pie, N-80, LT&C	1100'
10750' - 5850'	29 lb/pie, N-80, LT&C	4900'
5850' - 3000'	26 lb/pie, N-80, LT&C	2850'
3000' - 1500'	23 lb/pie, N-80, LT&C	1500'
1500' - 0'	23 lb/pie, N-80, BNTT	1500'



Este revestimiento debe estar provisto de:

- a) Zapata flotadora colocada en la punta del primer tubo.
- b) Cuello de llenado diferencial colocado en el tope del primer tubo.
- c) Cuello de cementación por etapas, si el mismo es requerido después de correr registro.

Cementación del Revestimiento de Producción:

El programa de cementación de este revestimiento será dado después de tener los resultados de los registros eléctricos.

2. Programa de Barro

2.1. Hueco de Superficie

Perfore hueco de 15" con barro a base de agua bentonita y cal con las siguientes propiedades:

Densidad: 8.6 - 9.2 lbs/gal.

Viscosidad: La necesaria para asegurar una buena limpieza del pozo.

2.2. Hueco de Fondo: Perfore hueco de 9 5/8" con barro ligero sulfonato con las propiedades siguientes:

	2500'	-	10000'
Densidad, lbs/gal.	9.8		10



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

	<u>2500'</u>	-	<u>10000'</u>
Viscosidad, seg.	45		60
Filtrado, cc/30 min.			6 o menos
Viscosidad plástica, cps.	18		25
Punto de cedencia, lbs/100 pie ²	15		20
Sólidos, %	Más bajo posible		
Petróleo, %			6
P N	9.5		
Gel (0/10 min.) lbs/100 pie ²			

A la profundidad de 10000' hacer el cambio de barro lig
nosulfonato a barro tipo Invermul, el cual debe tener
las siguientes propiedades:

	<u>10000'</u>	-	<u>11850'</u>
Densidad, lbs/gal.	9.8		10.0
Viscosidad, seg.	45		50
Viscosidad plástica, cps.	10		20
Punto cedente, lbs/100 pie ²	10		16
Filtrado HT-HP, cc/30 min.	4		6
Relación Petróleo-Agua			80/20
Contenido de Cl ₂ , ppm.			350.000
Estabilidad Eléctrica, volts.			> 400
Sólidos, %	6		10

3. Desviaciones Permitidas:

La desviación del pozo se deberá mantener dentro de los



límites siguientes:

<u>Intervalo</u>	<u>Desviación Máxima</u>
0' - 1500'	1°
1500' - 5500'	3°
5500' - 11850'	5°

Aunque se esté dentro de los límites de desviación máxima no se debe tener desviaciones mayores de 1°/1000'. En el hueco de superficie deberán correrse registros cada 500'.

4. Evaluaciones Requeridas

Se requieren los siguientes registros eléctricos y otros datos para esta localización:

<u>Evaluación</u>	<u>Intervalo</u>
GR/IEL	PF hasta la superficie
GR/FDC/CNL/CAL	PF hasta la zapata de superf.
BHP/SONICO/TTI/CAL	PF hasta la zapata de superf.
Registro Continuo de Barro (Mod Log)	PF hasta 5000'
Registro de desviación	PF hasta la zapata de superf.
Tiros de chequeo CBL	PF hasta la superficie
Núcleos Convencionales de Diamante	A juicio del geólogo del pozo
Núcleos de pared	A juicio del geólogo del pozo

Luego de utilizar correlaciones geológicas con pozos ve

PF = Profundidad Final



BIBLIOTECA Y ARCHIVO NACIONAL DEL ECUADOR
ESPOL

cinos, se deduce las siguientes características:

Completación Esperada: 1200 B/D (doble, 800-11000 RGP, 35 - 40° API

Topes Estimados: Formación Cuenca	2160 (-1330)
Formación Guayaquil	4940 (-4110)
Formación Quito	11020 (-10190)
Arena P	11140 (-10310)
Arena N	11430 (-10600)
Arena M	11500 (-10670)
Profundidad Final	11850 (-11020)

Costo Directo Estimado: \$ 32'000,000 (\$ 1.200,000)

5.3. DESCRIPCION DE OPERACIONES

Para iniciar la perforación del XY-6 se necesitó autorización de la Oficina gubernamental correspondiente.



La perforación, cementación y corridas de registros se llevó a cabo en el tiempo de 44 días y 7 1/2 horas, distribuidos de la siguiente manera:

Descripción del Trabajo: Se terminó de arreglar equipo y se perfora "huevo de ratón" a las 6.00 a.m.

1500' - 1500' - 9.7 - 40. (Prof. - Pies/día - dens. -viscosidad)

0-22-1/2 HRS.

FORMACION: Arenosa

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Comenzó a perforar a las 7:30 el 27. 7.76 Ahora perforado a 1500' a las 6:00 a.m.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 19 Hrs. Perforando

2 " Totco
1-1/2" Comida

2530' - 1030' - 9.8 - 47

2 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 2530'.
Viaje corto. Circuló 1-1/2 horas. Corrió totco. S.T. Montó
equipo de Schlumberger. Ellos no pudieron pasar de 230'.
MT. con mecha y circuló a 2530'. ST a las 6:00 a.m.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 13 Hrs. perforando

2-1/2 " ST
2 " MT
2-1/2 " Circ.
1-1/2 " Registros
1-1/2 " Totco
1 " Comida



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

2530' - 9.9 - 63.0

2-22 $\frac{1}{2}$ Hrs. - 24.7.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Terminó de ST. Schlumberger bajó
Gamma-Ray. Inducción 2 veces hasta 633' sin éxito. MT. Cir
culó y preparó el barro. ST con cadena. Se corrió registro
gamma-ray. Inducción desde el fondo 2531' hasta 20' South
American corrió casing de 10-3/4", 66 tubos, 45.5 #/pie, J-55,

ST&C. Quedando la zapata a 2496', el cuello 2457'. Dowell montó su equipo, circuló 1/2 hr. Mezcló y bombeó 900 sacos de cemento de construcción con 4% Gel, 10 lbs./saco de koolite (peso de la mezcla 13.7 lbs/gal). Rata de bombeo: 8 BPM seguidos de 300 sacos de construcción con 3% de cloruro de calcio. Se desplazó con 237 Bbls y asentó tapón con 1500 Lpc. Terminó la operación a 5:30 a.m. Hubo 100% de retorno.

DISTRIBUCION DE TIEMPO:	3	Hrs.	ST
	3-1/2	"	MT
	4	"	Circ.
	5	"	Schlumberger
	6	"	South American
	1	"	Cementando
	1-1/2"		Comida



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

2530'

3-22 1/2 Hrs. 25.7.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Esperó por fraguado, e instaló BOP a las 6:00 a.m. soldando línea de quemador con BOP. En locación 600 Bls. de invermul 9.5.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO:	2	Hrs.	ST. cabezal
	8	"	Esperando fraguado
	12	"	Inst. BOP
	1	"	Soldando L.Q. con HOP
	1	"	Comida

Prof.	Pies día	ρ barro	μ march	μ plástico filtrado	punto cedente	Pérdi das	rebo que	sólidos
2700'	- 170'	- 9.5	- 43	- 18	- 8	- 4.4	- 1/32	- 8
aceite	agua	trazas arena	Calcio	Cl ₂ Ca				
90	- 10	- Tr	- 26	- 350000				

4-22-1/2 HRS. - 26.7.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Terminó de hacer conexiones a BOP. Probó con 2000 Lpc. OK.MT con mecha N^o 2 a 2495'. Probó válvula con 2000 Lpc. OK Bombeó 30 bbls de gas-oil. Desplazó el agua con Invermul. Perforó zapata y 10' de hueco. Probó con 250 lpc. OK. Continuó perforando hasta 2700'a las 6:00 a.m.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO:

4	Hrs.	Perforando
1	"	MT
4	"	Circ.
2-1/2"		Probando válvula
4-1/2"		Arreglando bandejas
7	"	Cambió BHA
1	"	Comida



4270' - 1570' - 9.6 - 51 - 20 - 18 - 3 - 5/10 - 9 - 74% - Tr - 340000

5-22 1/2

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continuó perforando hasta 3250'. Tiró Totco 1/4°. Perforó hasta 3788. Tiró Totco 1/2°. Ahora perforando a 4270'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 20 HRS. Perforando

2	"	Registros (Totco)
---	---	-------------------

1-1/2 Hrs. Destapando canal

1/2 " Comida

5159' - 889' - 9.6 - 54 - 20 0 20 - 4 - 11/14 - 12 - 84 - 16 - 74 - Tr.
350000 - 1100.

6 - 22-1/2

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Perforó hasta 4292'. Tiró Totco. ST.
MT con mecha N^o 3 (cambiando collares de 6 1/4" por 7"). Aho-
ra perforando a 5159'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 11-1/2 Hrs. Perforando

2 " ST

2 " MT

1-1/2 " Circ.

1 " Registros

5 " Cambió BHA

1 " Comida

5782' - 623 - 9.8 - 48 - 19 - 12 - 3.8 - 6/8 - 10 - 67 - Tr. 360000 - 1100



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

7 - 22-1/2

FORMACION: -

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 5262'. Cir-
culó. Tiró Totco. ST (Totco 3/4°). MT con mecha N^o 4. Perfo-
ró hasta 5780'. ST.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 13-1/2 Hrs. Perforando

4 " ST

2-1/2 " MT

1-1/2	Hrs.	Circ.
1	"	Totco
1/2	"	Limp. y Rimando
1	"	Comida

6234' - 452 - 9.9 - 52 - 22 - 14 - 4.4 - 5/9 - 11 - - 74 - Tr - 350000 -
1100 -

8 - 22-1/2

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Terminó de sacar tubería (Totco a 5782' 1 $\frac{1}{4}$ Gr.). MT con mecha N^o 5 Perforó hasta 6095'. Circu-
ló. Corrió totco. ST. Totco 3 $\frac{1}{2}$ Gr. MT con mecha N^o 6. Aho-
ra perforando a 6234'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 12-1/2 Hrs. Perforando

2 - 1/2 " ST

5 " MT

1/2 " Circ.

1/2 " Totco

1-1/2 " Limp. y Rimando

1-1/2 " Cambió BHA



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

6752' - 518 - 10.0 - 50 - 22 - 17 - 4.2 - 5/7 - 11 - - 74 - Tr. 360000 -
1100 -

FORMACION : Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continuó perforando hasta 6497'. Ti-
ró totco. ST. MT. con mecha N^o 7. Repasó 3 tubos. Ahora per-
forando a 6752'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 14 Hrs. Perforando
 3 " ST
 4-1/2 " MT
 1/2 " Circ.
 1/2 " Totco
 1 " Limp. y Rimando
 1/2 " Comida

7089' - 337 - 9.8 0 47 - 21 - 12 - 4.4 - 4/9 - 11 - - 79 - Tr. 350000 -
 1100

10 - 22 1/2. 01.08.76.

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continuo perforando 6752' hasta 6767'.
 Circulo, corrió Totco. ST. MT. con barrena #8, repasó 2 tu-
 bos. Perforó desde 6767' hasta 7089'. 6:00 a.m. perforando.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 15 Hrs. Perforando
 2-1/2 " ST
 3 " MT
 1/2 " Circ.
 1/2 " Totco
 1 " Limp. y Rimando
 1 " Cortando guaya
 1/2 " Comida



BIBLIOTECA Fil.
 ESPOL

7389' - 300 - 10.0 - 50 - 19 - 14 - 4.5 - 8/14 - 12 - - 77 - Tr. 350000-
 20 lbs/bbl.

11 - 22 1/2. 02.08.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Cont. perforando hasta 7163'. Circul6 totco. ST (Totco 1 Gr.) MT con mecha N^o 9. Repas6 2 tu bos. Ahora perforando a 7389'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 15 Hrs. Perforando

3	"	ST
2-1/2"		MT
1/2 "		Circ.
1/2 "		Totco
1	"	Limp. y Rimando
1/2 "		Serv. Taladro
1/2 "		Comida

7651' - 272 - 10.0 - 45 - 20 - 13 - 4.4 - 5/9 - 12 - - 76 - Tr. 335000 -
18.5 -

13 días

FORMACION: Lutita



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta ~~7499~~ Cir cul6. Tir6 totco ST (Totco 1/4 Gr.) MT. con mecha N^o 10 Rim6 50'. Ahora perforando a 7651'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 14 hrs. perforando

4	"	ST
3-1/2 "		MT
1/2 "		Circ.
1/2 "		Totco
1/2 "		Limpieza y Rimando
1	"	Comida

7900' - 249' - 10.1 - 53 - 25 - 16 - 4.5 - 8/14 - 13 - - 75 - Tr. 350000-
21 -

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Perforó hasta 7827'. Circuló. Tiró
Totco. ST. MT con mecha N^o 11. Repasó desde 7765' hasta 7827'.
Ahora perforando a 7900'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 15 Hrs. Perforando

3-1/2" ST

3 " MT

1 " Circ.

1/2 " Totco

1/2 " Limp. y Rimando

1/2 " Comida

8227' - 327 - 10.1 - 47 - 24 - 15 - 4.4 - 5/9 - 11 - - 79 - Tr. 340000-
18 -

15 días



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

FORMACION: -

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Perforó hasta 8227'. Circuló. Tiró
totco. ST. Ahora listo para empezar a MT con mecha N^o 12.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 20 Hrs. Perforando

2-1/2 " ST

1 " Circ.

1/2 " Comida

8534' - 307 - 10.2 - 48 - 23 - 17 - 4.7 - 8/15 - 14 - - 73-Tr. 380000 -
216.

16 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: MT con mecha N° 12. Rimó desde 8167' hasta 8227'. Ahora perforando a 8534'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 19 Hrs. Perforando

1/2	"	SF
3	"	MT
1	"	Limpiando y Rimando
1/2	"	Serv. Taladro

8709' - 175 - 10.2 - 54 - 31 - 14 - 4.8 - 7/14 - 15 - - 72-Tr. 340000-18 lb/bbl.

17 días. 0.7.8.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 8650'. Circuló. Tiró Totco. ST. MT con mecha N° 13. Rimó 2 tubos. Ahora perforando a 8709'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 12 1/2 Hrs. Perforando

4	"	ST
3	"	MT
1-1/2	"	Circ.
1/2	"	Totco
1	"	Limp. y Rimando
1/2	"	Serv. Taladro
1/2	"	Comida
1/2	"	Reparación

9038' - 329 - 10.2 - 47 - 21 - 13 - 5.5-7/14-16 - - 73 - Tr.- 350000-16.5 -

18 días. 08.8.76



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 9038'..
Circuló. Corrió totco. Ahora ST.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 21 Hrs. Perforando

1-1/2 "	ST
1 "	Circ.
1/2 "	Totco

9254' - 216 - 10.2-47-21-12 - 4.8 - 7/13014- - 74- Tr. 355000 - 19.7-

19 días. 09.8.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Terminó de ST. MT con mecha N^o 14.
Rimó 70'. Ahora perforando a 9254'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 18 Hrs. Perforando

2 "	ST
3 "	MT
1/2 "	Limp. y Rimando
1/2 "	Serv. Taladro



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

9354' - 100 - 10.1-47-21 - 12- 4.4 - 4/7 - 14 - - 76-Tr. 365000 - 23-

20 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Se continuó perforando hasta 9301'.
Circuló. Tiró totco. ST. MT con mecha N^o 15. Rimó 2 tubos.
Ahora perforando a 9354'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 13-1/2 Hrs. Perforando

3-1/2 "	ST
4-1/2 "	MT

1	Hr.	Circ.
1/2	"	Totco
1/2	"	Limp. y Rimando
1/2	"	Serv. Taladro

9535' - 181 - 10.1 - 44 - 23 - 11 - 5- 6/10-13 - - 77- Tr. 350000 - 16.8

21 días.

FORMACION: -

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Se perforó hasta 9463'. Se reciprocó la tubería. Ahora perforando a 7535'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 23 -1/2 Hrs. Perforando
1/2 " Circ.

9717' - 182 - 10.1 - 43-26 - 10 - 4.8 - 7/10 - 15 - - 76- 4-390000- 19 -

22 días

FORMACION: Lutita y arena

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 9619'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 horas



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

9839' - 122 - 10.2 - 44- 24 - 11 - 4.2 - 5/9-14 - - 78- Tr.- 380000 -
17.5 -

22 1/2 Hrs.

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando desde 9717' hasta 9839'. Circuló. Corrió totco ST. MT con mecha N° 16 a las 6:00 a.m.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 14 1/2 Hrs. Perforando

3	"	ST
3-1/2	"	MT

1-1/2	Hrs.	Circ.
1/2	"	Serv. Taladro
1/2	"	Comida
1/2	"	Totco

10009' - 170' - 10.2 - 46-29 - 11 - 4.3 - 7/12 - 14 - - 77-. 3-360000-
17.8-

23 - 22 1/2. 14.8. 76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Se repararon 2 tubos (44') empezó a perforar desde 9839' hasta 10.009' a las 6:00 a.m.

10.200' - 191' - 10.2 - 46 - 29 - 14 - 4.2 - 7/13 - 16 - - 73 - 1/2 -
350000 - 18.5 -

25 días. 15.8.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continúo perforando hasta 10.200'

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 hrs. perforando



10.355' - 155 - 10.2 - 47- 30 - 16 - 4.2 - 7/11 - 14 - - - 1/4 - 360000-
20 -

26 días. 16.8.76

FORMACION: -

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Se continuó perforando hasta 10.355'.
Circuló. Tiró Totco. Ahora ST.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 22 1/2 Hrs. Perforando

1	"	Circ.
1/2	"	Totco

10.445' - 90 - 10.3 - 48 - 26 - 15 - 4 - 9/14- 16- - 72 - 3.340000 - 18-

27 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué ST. MT con mecha N^o 17. Empezó a perforar a las 3:30 p,m. Ahora perforando

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 14.5 Hrs. Perforando

4.5 " ST

4 " MT

1/2 " Rimando y Limp.

1/2 " Serv. Taladro

10.625' - 180 - 10.2 - 48 - 24 - 14- 4.0 - 9/13 - 15 - - 74 - 0.3.370000-

21 lb/b

28 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando desde 10.445' hasta 10.625'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 Hrs. perforando



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

10757' - 132- 10.2 - 47 - 25 - 15 - 3.6 - 9/14 - 16 - - 72 - 0.3-350000-

20 lb/Bb.

29 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 10.631'. Hizo viaje corto de 10 parejas. Ahora perforando a 10.757'.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 22 1/2 Hrs. Perforando

1 " Viaje corto

1/2 " Serv. Taladro

10.896' - 139 - 10.2 - 47 - 24 - 16 - 3.8 - 7/13-15 - - 72- 0.3-340.000-
22 lb/b.

30 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Perforando 24 horas hasta 10.896' a
las 06:00.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 Hrs. perforando

10930'-34 - 10.4-55-27 - 16-3.6-9/14-17 - - 72 - 0.3-340000-18 lb/bb.

31 días. 21.8.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 10901'. Hizo
viaje corto de 5 parejas. Perforó hasta 10911', corrió totco.
ST. Servicio y cortó línea de perforación. MT con mecha N^o
18. Repasó 2 tubos. Ahora perforando a 10930'. Rata de pene-
tración ahora 6'/hora.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 12 Hrs. Perforando

4-1/2 " ST

4 " MT

1 " Circ.

1/2 " Totco

1/2 " Limp. y Rimando

1/2 " Serv. Taladro

1 " Serv. Lin. Perf.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

11068'-138 - 10.2-47- 25 - 14- 3.2 - 8/12 - 17- - 72- 0.3 - 340000 -20
lb/Bb.

32 días. 22.8.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 11068'.
Rata de penetración ahora 8'/hora.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 horas perforando

11231'-163- 10.2 - 49-26 - 14- 3.4- 6/11-16 - - 72- Tr. 350000 - 22
Lbs/Bb.

33 días. 23.8.76

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 11156'.
Hizo viaje corto 4 parejas. Perforando a 11231' a las 6:00
horas.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 23-1/2 Hrs. Perforando
1/2 " Viaje corto

11375' - 134 - 10.2- 46- 24- 14- 3.6- 9/13- 16 - - 73 - 0.5- 3650000-

1100 - 34 días.

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta
a las 6:00

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 horas perforando

11408' - 43 - 10.2 - 47-25-15- 3.6 - 6/11-15- - 74- 0.5-3750000-23 -

35 días.

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 11379'.
Circuló. Tiró Totco. ST. MT. con mecha N^o 19, repasó 2 tubos.
Perforó hasta 11408' a las 6:00 a.m.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 12 1/2 Hrs. Perforando

4	"	ST
4 1/2	"	MT
1/2	"	Circ.
1/2	"	Totco
1/2	"	Limp. y Rimando
1/2	"	Serv. Taladro
1	"	Comida

11500' - 92 - 10.2 - 45- 22- 13- 3.6 - 7/14 - 15- - 72- 3/4-330.000 -
20 lb/Bbl.

36 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 11500'
a las 6:00 a.m.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 horas perforando

11627' - 127' - 10.2 - 48 - 23 - 14- 3.6 - 6/11 - 17 - 71 - 3/4-
350000 - 22 -

37 días

FORMACION: Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 11627'.
Ahora perforando.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 horas perforando.

11652' - 25' - 10.3 - 49 - 26- 13- 3.2 - 8/13- 16- - 72- 0.6- 340000 -21

38 días. 28.8.76

FORMACION: Lutita



DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 11629' hizo viaje corto, perforó hasta 11645' circuló, corrió totco ST. MT con mecha N° 20. repasó 2 tubos perforando a 11652' a las 6 a.m.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 11 1/2 Hrs. Perforando

4 1/2	"	ST
4 1/2	"	MT
1/2	"	Circ.
1/2	"	Viaje corto
1	"	Limp. y Rimando
1/2	"	Cambió BHA
1/2	"	Comida
1/2	"	Totco

11736' - 84' - 10.2-46-24 - 14- 3.2- 6/13- 19 - - 70- 0.6-340000- 20
lb/Bb.

39 días. 29.8.76

FORMACION: Arena - Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 11736'a las 6:00 a.m.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 horas perforando

11875' - 89 - 10.2 - 46-24-13 - 3.0 - 7/13- 17 - - 73- 0.7-345000- 19
lb/bb.

40 días. 30.8.76

FORMACION: Arena - Lutita

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué perforando hasta 11825' a las 6:00

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 24 horas perforando.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

11850' - 11854' - 25 - 10.2 - 46 - 22 - 15- 3.6- 6/13- 16- - 74- 0.5-
345000-19 lb/Bb.

41 días

FORMACION: Limolítica

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continuó perforando hasta 11850'.
Hizo viaje corto. Bajó y circuló 2 1/2 horas. Corrió totco.
ST Schlumberger. Corrió GR/IEL tocó fondo a 11854'. Bajó por
segunda vez registro con GR/FDC/CNL/CAL a las 6:00.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 6 Hrs. Perforando

4-1/2 " ST
1 " Viaje corto
2-1/2 " Circulando
9-1/2 " Schlumberger
1/2 " Totco

11854' - 0 - 10.1 48-22- 13- 3.9 - 8/13-16- - 75- 0.5- 370000 - 22-

42 días

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Schlumberger continuó, corrió GR/
FDC/CNL/CAL, BHP/SONICO/TTI/CAL, núcleos de pared. Terminó
a las 19:00. MT con mecha. Circuló. Ahora ST quemando a -
las 6:00

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 2 Hrs. ST

6 Hrs. MT
3 " Circ.
13 " Registros



BIBLIOTECA

ESPOL

11.854'

43 días

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Terminó ST quebrando. Montó equipo para correr la tubería de 7", cortó línea de perforación. Empezó a correr casing de 7" a las 22:30. Ahora 145 tubos con el pozo.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO: 12 Hrs. ST. Quebrando

1-1/2 "	Montó equipo
8 "	Corró revest.
1 "	Serv. Lin. Perf.
1-1/4 "	Comida

11854' - -

44 días

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Terminó de MT. Revestimiento de 7" (29 tubos N-80 32 lbs. LT&C, 62 tubos N-80 29 lbs. LT&C, 77 tubos N-80 26 lbs. LT&C, 42 tubos N-80 23 lbs. LT&C, 70 tubos 29 lbs. LT&C, 21 tubos 23 lbs. Buttress). Quedando la zapata a 11.854' y el cuello a 11.823'. Pacemaker montó equipo. Circuló 1 1/2 hora. Mezcló y bombeó 650 sc clase "A"; cemento con 35% Sílica flour, 1% R-11, y 0.6% D-31 de 14.5 lbs/gal. 8 BPM. Desplazó con 446 Bbls. de agua, asentó tapón con 2250 lpc. Hubo 100% de retorno. Trabajando arriba y abajo la tubería hasta cemento, pasó afuera la zapata. Trabajando en VS a las 6:00 a.m.

DISTRIBUCION DEL TIEMPO; 9 Hrs. MT. Revestimiento

1-1/2 " Circ.



BIBLIOTECA FIC

ESPOL

2-1/2 Hrs. Cementando

10 " VS.

1 " Comida

11854'

44 días. 7 1/2 horas. 04.9.76

DESCRIPCION DEL TRABAJO: Continué trabajando en VS. Halé re vestimiento y puso las cuñas, quedando asentado con 190.000 lbs. Cortó revestimiento, quitó VS. e instaló arbolito a las 14:00. Terminó tiempo de la compañía 14:00 horas 3.9.76. Aho ra mudando.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

DISEÑO DE SARTA

Ejemplo: (Fig. 3)

$\phi = 7''$ (pulgadas)	$F_C = 1.125$
Prof. = 12000' (pies)	$F_B = 1.25$
lodo = 10.5 lbs/gal.	$F_T = 2.00$

1. Calcular presión de fondo

$$P_F = 0.052 \times \rho_{\text{lodo}} \times \text{Prof.}$$

$$P_F = 0.052 \times 10.5 \times 12000 = 6552 \text{ Lpc.}$$

2. Presión de fondo con factor de seguridad al colapso.

$$P_{FS} = 6552 \times 1.125 = 7371 \text{ Lpc.} \rightarrow \text{(Presión hidrostática)}$$

3. Con el $\phi = 7''$ se busca en las "Tablas de Colapso" la tubería que resista esa presión o más.

Se encontró la tubería de: 7", 32 lbs/Pié, N-80, que resiste una $P_C = 7640$. Esa es la tubería que va abajo.

4. La tubería que le sigue en orden de peso es la de 7", 29 lbs/pie, N-80, la cual resiste 6450 Lpc al colapso - (Collapse and Internal Yield Pressure Performance Properties). ¿A que profundidad va?

$$\text{Prof.} = \frac{P. \text{ colapso (Tabla)}}{F_C \times \rho_{\text{lodo}} \times 0.052} = \frac{6450}{1.125 \times 10.5 \times 0.052} = 10500' \text{ (pies)}$$



5. Restamos a la profundidad total la profundidad obtenida y se tiene la longitud de tubería que va abajo, ésto se multiplica por su peso y nos da la carga que soportará la tubería de encima.

NOTA: a) Si la profundidad calculada < que la asumida, entonces se baja la asumida.

b) Si la profundidad calculada > que la asumida, entonces se aumenta la asumida.

$$(12000' - 10500') \times 32 \text{ \#/pie} = 48000' \text{ lbs.}$$

6. Entramos a las Tablas de "Effect de Tensile Loading on Casing Collapse" de las tablas A-60^(*), y calculamos la resistencia efectiva al colapso con esta carga. Con la tubería 7", 29 #, N-80.

0 lbs. 6450 Lpc

223 Lpc

Se interpola para 48000 Lbs.

50000 - 223

48000 - X

$$X = \frac{48000 \times 223}{50000} = 214$$

$$6450 - 214 = 6236$$



BIBLIOTECA FIC

ESPOL

7. Con esta nueva resistencia al colapso (6236 Lpc) se calcula nuevamente la profundidad y, si es igual o parecida a la asumida, entonces esa es la profundidad o longitud de

* Las tablas señaladas anteriormente pertenecen a la Compañía Armco.

la tubería de abajo.

$$\text{Prof.} = \frac{6236}{1.125 \times 0.052 \times 10.5} = 10152 \text{ (pies)}$$

$$10152 \neq 10500 \text{ (pies)}$$

8. Asumimos una profundidad de 9900' (pies)

$$(12000' - 9900') \times 32 \text{ } 1/\text{pie} = 67200 \text{ lbs.}$$

De las tablas A-60 en adelante encontramos lo siguiente:

50000 lbs. 6227 Lpc

Se interpola para 67200 Lbs.

100000 lbs. 5983 lpc

244 Lpc

$$50000 - 244 \quad ; \quad X = \frac{17200 \times 244}{50000} = 8394$$

17200 - X

$$6227 - 83.94 = 6143 \text{ Lpc}$$

$$\text{Prof} = \frac{6143}{1.125 \times 0.052 \times 10.5} = 10001' \text{ (pies)}$$

$$10001 \neq 9900 \text{ (pies)}$$

9. Asumimos una profundidad de 10025' (pies)

$$(12000 - 10025) \times 32 = 63200 \text{ lbs.}$$

De la tabla encuentro lo siguiente:

50000 lbs - 6227 Lpc

100000 lbs - 5983 Lpc

244 Lpc

Se interpola para 63200 Lbs.



**BIBLIOTECA FIC
ESPOL**

$$50000 - 244 \quad ; \quad X = \frac{13200 \times 244}{50000} = 64.41$$

$$13200 - X$$

$$\text{Prof} = \frac{6162.6}{1.125 \times 0.052 \times 10.5} = 10032'$$

10032 \neq 10025 (pies)

La profundidad se puede aproximar a 10000'

Entonces la tubería de: 7", 32#, N-80 se correrá desde 10000' a 12 de allí hacia arriba se empezará a correr tubería de 29#, N-80.

10. La tubería que sigue en orden es de 26#, N-80. Se busca en la Tabla su resistencia al colapso, ésta es 5240 Lpc.

$$\text{Prof.} = \frac{5240}{1.125 \times 0.052 \times 10.5} = 8534' \text{ (pies)}$$

Asumimos una profundidad menor 8000' (pies)

$$W = (12000 - 10000) \times 32 + (10000 - 8000) \times 29 = 122000 \text{ lbs.}$$

De la tabla: "Effect of Tensile Loading on Casing Collapse" para tubería de 7", 26#, N-80, obtenemos lo siguiente:

100000	4811	Lpc.
150000	<u>4564</u>	Lpc.
	247	Lpc.

Se interpola 122000 lbs.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

$$\begin{array}{r} 50000 - 247 \\ 22000 - X \end{array} ; \quad X = \frac{22000 \times 247}{50000} = 108.68$$

$$4811 - 108.7 = 4702 \text{ Lpc.}$$

$$\text{Prof.} = \frac{4702}{1.125 \times 0.052 \times 10.5} = 7658' \text{ (pies)}$$

$$7658' \neq 8000' \text{ (pies)}$$

11. Asumimos una profundidad de 75000' (pies)

$$W = (12000 - 10000) \times 32 + (10000 - 7500) \times 29 = 136500 \text{ Lbs.}$$

$$100000 \text{ lbs} - 4811 \text{ Lpc}$$

$$150000 \text{ lbs} - \frac{4564}{247} \text{ Lpc}$$

$$247 \text{ Lpc}$$

Se interpola para 136500

$$\begin{array}{r} 50000 - 247 \\ 36500 - X \end{array} ; \quad X = \frac{36500 \times 247}{50000} = 180.3$$

$$\text{Prof} = \frac{4631}{1.125 \times 0.052 \times 10.5} = 7542' \text{ (pies)}$$

$$7542' \neq 7500' \text{ (pies)}$$

Solución: 7650' de tubería 7", 26#, N-80

12. La tubería que sigue es de 7", 23#, N-80

En la tabla A-16 obtengo: 4070 Lpc.

$$\text{Prof.} = \frac{4070}{1.125 \times 0.052 \times 10.5} = 6629' \text{ (pies)}$$



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

13. Asumimos una profundidad menor 5500' (pies)

$$W = (12000 - 10000) \times 32 + (10000 - 7550) \times 29 + (7350 - 5500) \times 26 = 188.350 \text{ Lbs.}$$

$$150000 - 3463$$

$$200000 - \frac{3216}{247}$$

Interpolar a 188350 lbs.

$$\begin{array}{r} 50000 - 247 \\ 38350 - X \end{array} ; \quad x = \frac{38350 \times 247}{50000} = 189.5$$

$$3463 - 189.5 = 3273.5 \text{ (3274)}$$

$$\text{Prof} = \frac{3274}{1.125 \times 0.052 \times 10.5} = 5330' \text{ (pies)}$$

$$5330 \neq 5500 \text{ (pies)}$$

14. Asumimos una Prof. = X, se efectúan los mismos pasos y se obtiene la siguiente solución:

5250' de 7", 23 lbs, N-80

15. De aquí en adelante no se calcula más por colapso pues la tubería es más segura al colapso, y entonces ahora se empieza a calcular por Tensión.

$$F_T = 2.0$$



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

$$16. W = (12000 - 10000) \times 32 + (10000 - 7550) \times 29 + (7550 - 5250) \times 26 = 194850 \text{ lbs.}$$

Se calcula el factor de seguridad por Tensión

$$F_{TS} = \text{Carga debajo de la tubería} \times F_T$$

$$F_{TS} = 194850 \times 2.0 = 389700 \text{ lbs.}$$

Esta carga de 389700 lbs .se compara con la que resiste la tubería de 7", 23#, N-80 en la Tabla (Joint Tensile Strength Performance Properties) 442000 lbs.

Se calcula lo que puede soportar esa tubería (7", 23#) hasta el tope y se compara con lo que soporta según la Tabla.

$$W_F = \text{Carga Total hasta el Tope}$$

$$W_F = 389700 + (5250 \times 23 \times 2.0) = 631200 \text{ lbs.}$$

$$631200 \text{ lbs} > 442000 \text{ lbs} \quad \text{No soporta}$$

Se calcula el valor máximo de carga que puede soportar la tubería 23#

$$= \frac{\text{Carga dada en la Tabla}}{F_r} = \frac{442000}{2} = 221000 \text{ lbs.}$$

A la cantidad de 221000 lbs. se le resta la carga que está soportando de las demás tuberías; el resto se divide entre el peso de ella (lbs/pie) (23#) y nos da la longitud de la tubería de 23# que podemos utilizar.

$$\frac{221000 - 194850}{23} = 1137' \quad 1100' \text{ (pies)}$$

Se utilizará 1100' de tubería de: 7", 23#, N-80 LTC

17. La tubería que le sigue es la más pesada en el orden, es decir: 7", 26#, N-80.

$$W = 194850 + (1100 \times 23) + (5250 - 1100) \times 26 \times 2 = 65100 \text{ lbs.}$$

Vamos a las Tablas de "Joint Tensile Strenght Perfoman^(*)ce Properties" y observamos cuanto soporta y comparamos:

Según la Tabla, la tubería de 7", 26#, N-80 soporta - 519000 lbs.

656100 lbs > 519000 lbs. No soporta

$$\frac{519000}{2} = 259500 \text{ lbs.}$$

$$259500 - 194850 - (1100 \times 23) = 39350 \text{ lbs.}$$

$$\frac{39350}{26 \text{ \#/pie}} = 1513' \quad 1500' \text{ (pies)}$$

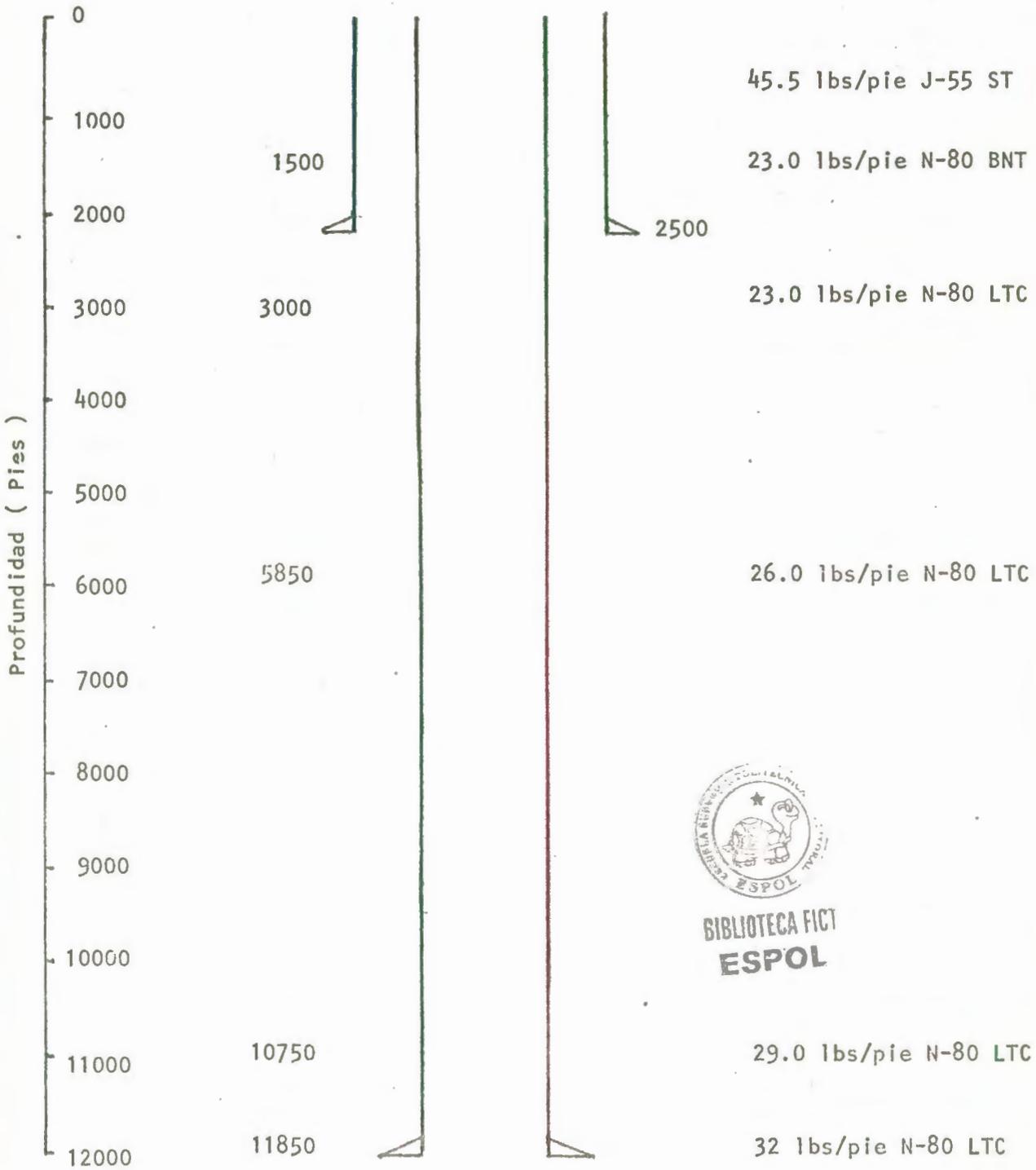
Entonces se usarán 1500' de tubería de 7" N-80.

18. Se busca la más pesada en orden 29# y se continúa el mismo procedimiento hasta la superficie.

* Tablas de la Compañía Akmc.



BIBLIOTECA EIC
ESPOL



DISEÑO DEL REVESTIMIENTO
(Fig. 3)

<u>Número de Mecha:</u>	2	<u>Condiciones:</u>	<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
<u>Tipo de Mecha:</u>	S-33-S	<u>Horas:</u>	3	6	0
<u>Prof. de Entrada:</u>	2530 (pies)	<u>Costo de Mecha:</u>	28	1/2	
<u>Prof. de Salida:</u>	4292 (pies)	<u>Costo de Cabria:</u>	4200		
<u>Pies Perforados:</u>	1762	<u>Costo/hora</u>	1500		
		<u>Tiempo de Viaje:</u>	4	horas	

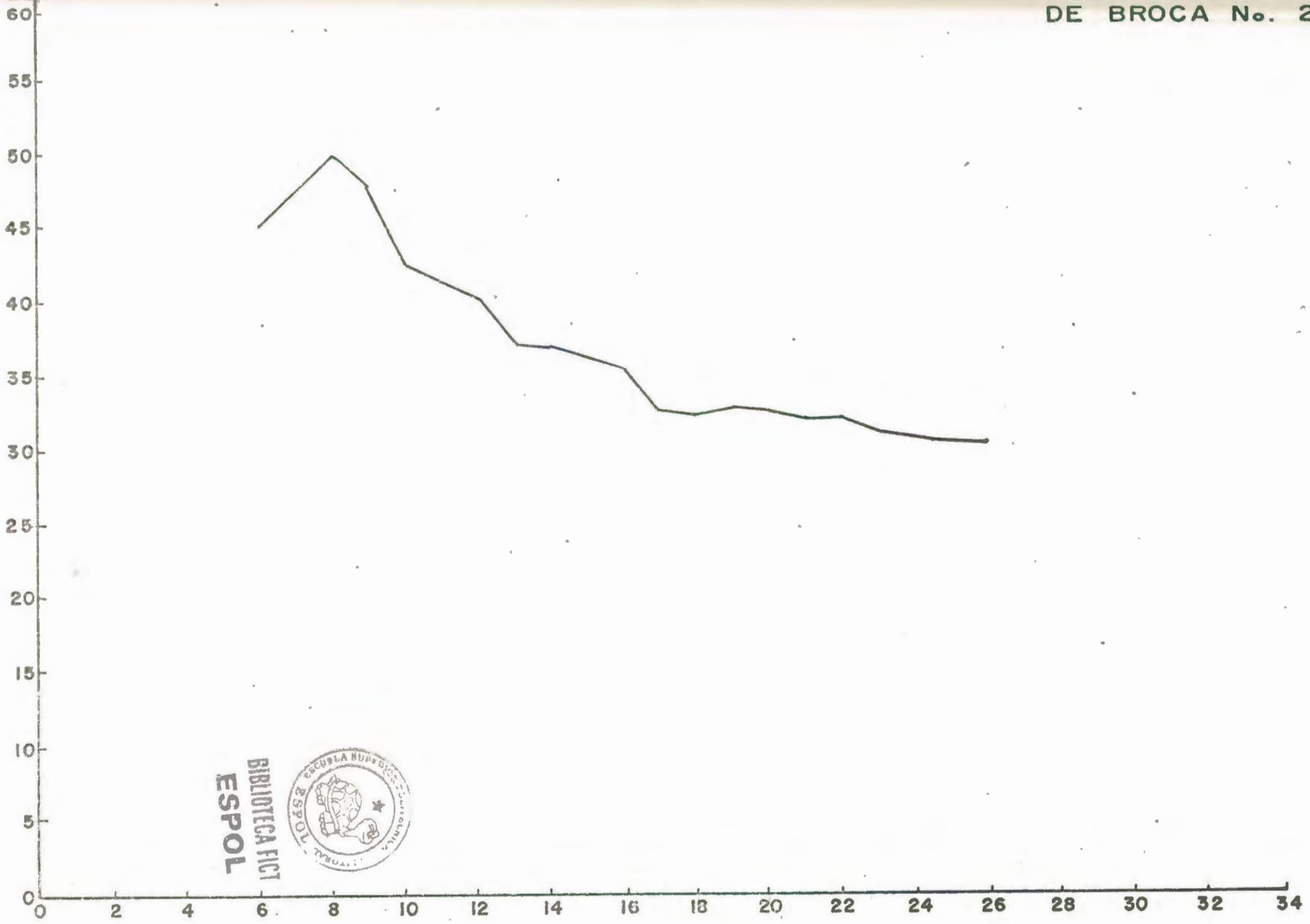
HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	10200			22	43200	1312	32.9
1	11700			23	44700	1387	32.2
2	13200			24	46200	1458	31.9
3	14700			25	47700	1540	31
4	16200			26	49200	1606	30.6
5	17700			27	50700	1676	30.2
6	19200			28	52200	1740	30
7	20700			29	53700	1762	
8	22200	492	45.1	30	55200		
9	23700	499	47.5				
10	25200	510	49.4				
11	26700	566	47.2				
12	28200	650	43.4				
13	29700	722	41.1				
14	31200	779	40.0				
15	32700	868	37.7				
16	34200	928	36.9				
17	35700	997	35.8				
18	37200	1055	35.3				
19	38700	1166	33.2				
20	40200	1228	32.7				
21	41700	1258	33.1				



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

COSTO / PIE

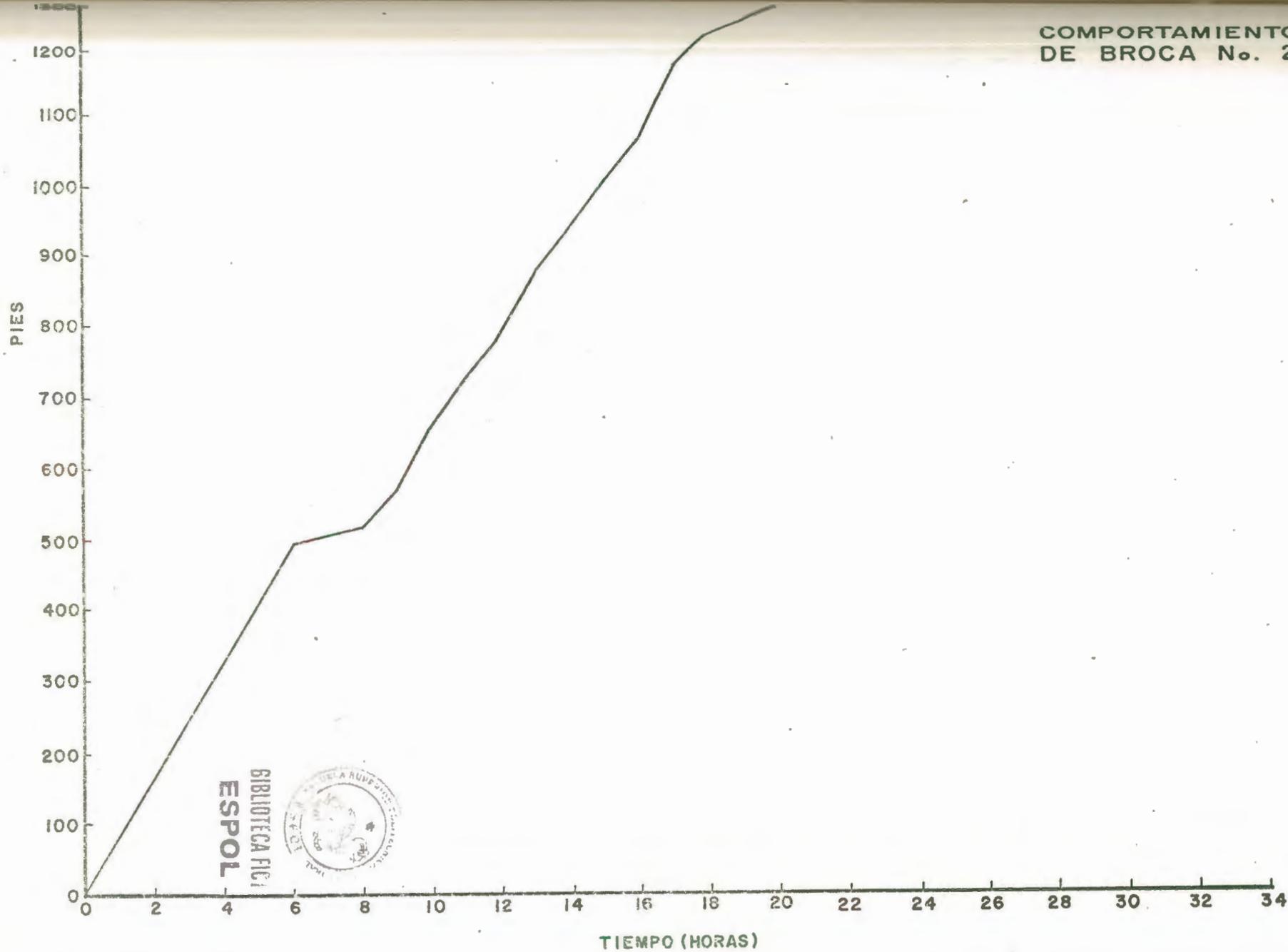
TIEMPO (HORAS)



BIBLIOTECA FIC I
ESPOL



COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 2



BIBLIOTECA FIC1
ESPOL



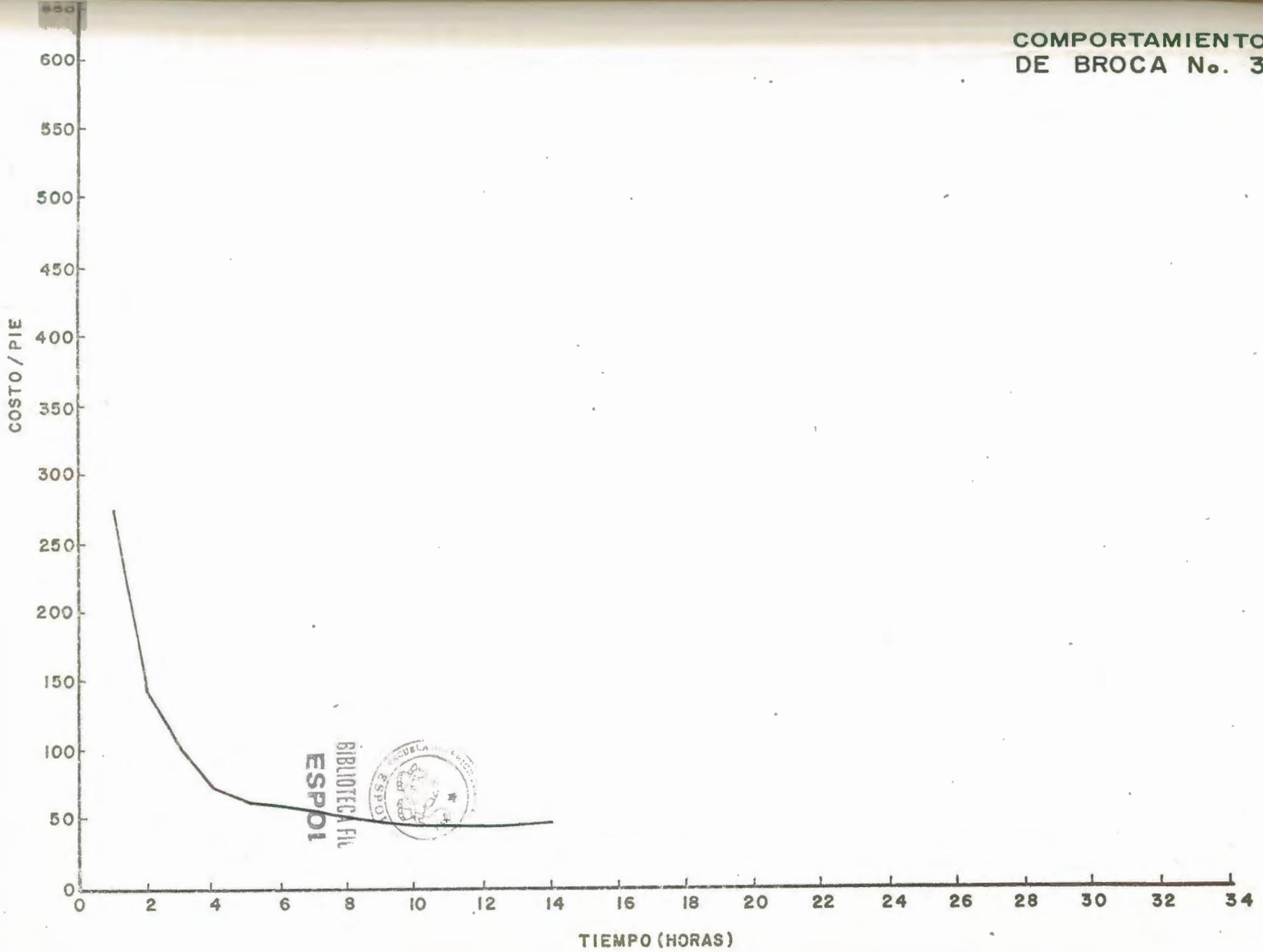
<u>Número de Mecha:</u>	3	<u>Condiciones:</u>	<u>T</u> 8	<u>B</u> 4	<u>G</u> 3/4
<u>Tipo de Mecha:</u>	S-33-S	<u>Horas:</u>	15		
<u>Prof. de Entrada:</u>	4292 (pies)	<u>Costo de Mecha:</u>	4200		
<u>Prof. de Salida:</u>	5262 (pies)	<u>Costo de Cabria:</u>	1500	<u>Costo/pie</u>	
<u>Pies Perforados:</u>	970	<u>Tiempo de Viaje:</u>	12	horas	

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	22200						
1	23700	87	272.4				
2	25200	175	144				
3	26700	269	99				
4	28200	387	73				
5	29700	486	61				
6	31200	537	58				
7	32700	599	54.6				
8	34200	694	49				
9	35700	756	47				
10	37200	818	45.5				
11	38700	867	44.6				
12	40200	911	44.1				
13	41700	930	44.8				
14	43200	948	45.5				



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

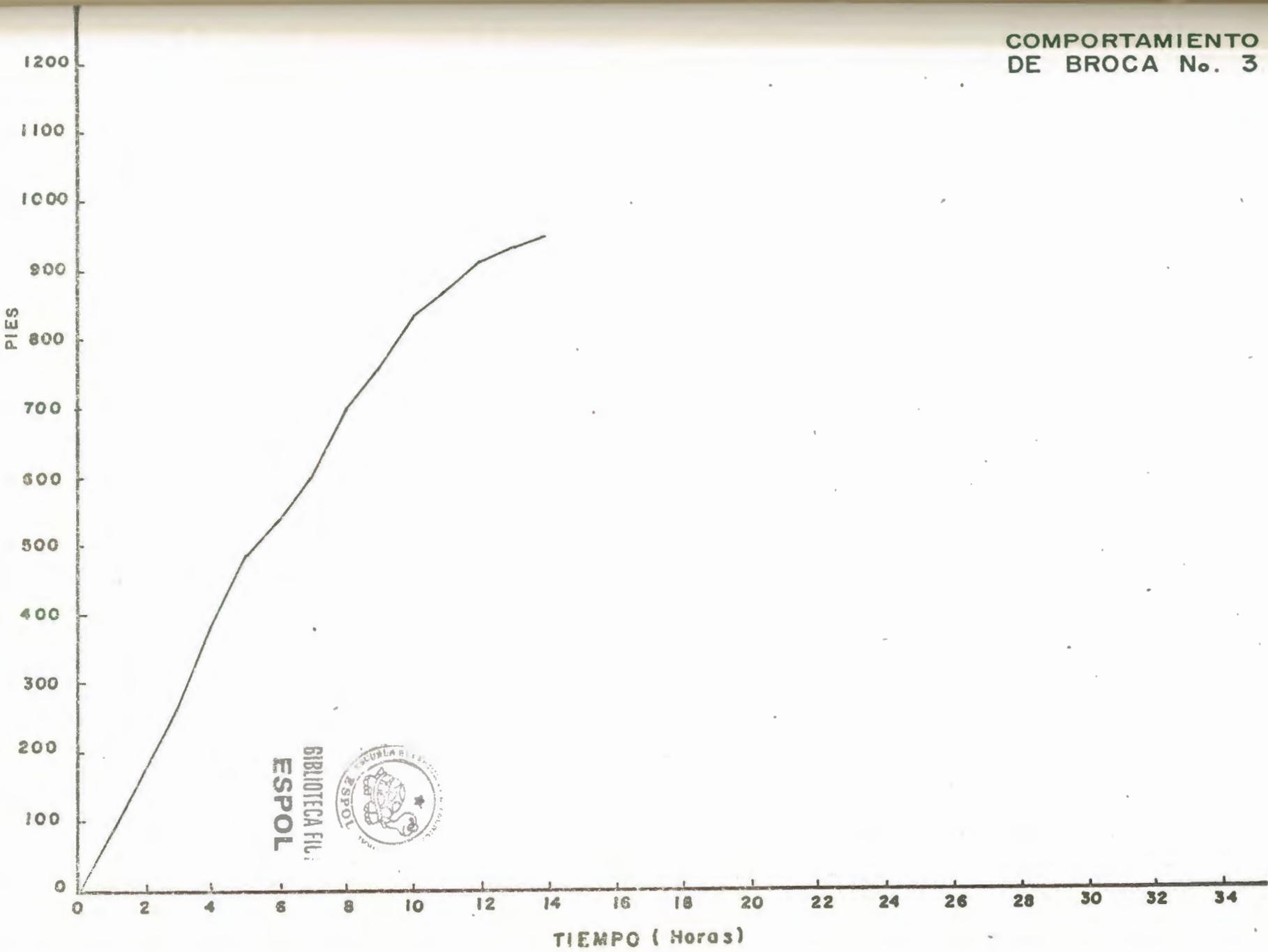
COMPORTAMIENTO
DE BROCA N.º 3



BIBLIOTECA FIL
ESP01



COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 3



BIBLIOTECA FILIAL
ESPOL



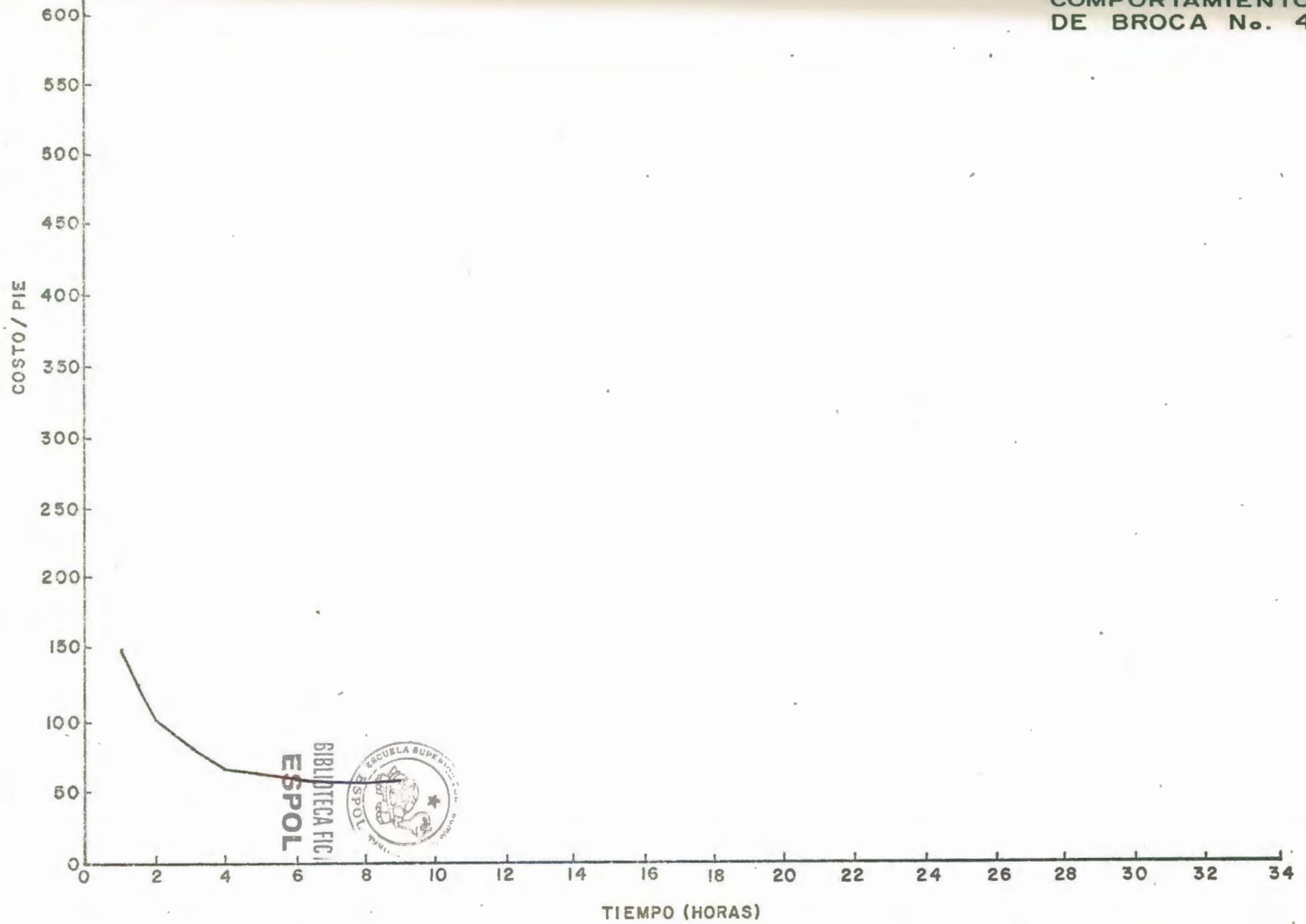
TIEMPO (Horas)

<u>Número de Mecha:</u>	4	Condiciones:	<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
Tipo de Mecha:	S-33-S	Horas:	9 1/2		
Prof. de Entrada:	5262 (pies)	Costo de Mecha:	4200		
Prof. de Salida:	5782 (pies)	Costo de Cabria:	1500 Costo/Pie		
Pies Perforados:	520	Tiempo de Viaje:	8 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	16200						
1	17700	118	150				
2	19200	191	100.5				
3	20700	262	79				
4	22200	338	65.7				
5	23700	381	62.2				
6	25200	423	59.6				
7	26700	473	56.4				
8	28200	503	56.1				
9	29700	520	57.2				
10	31200						



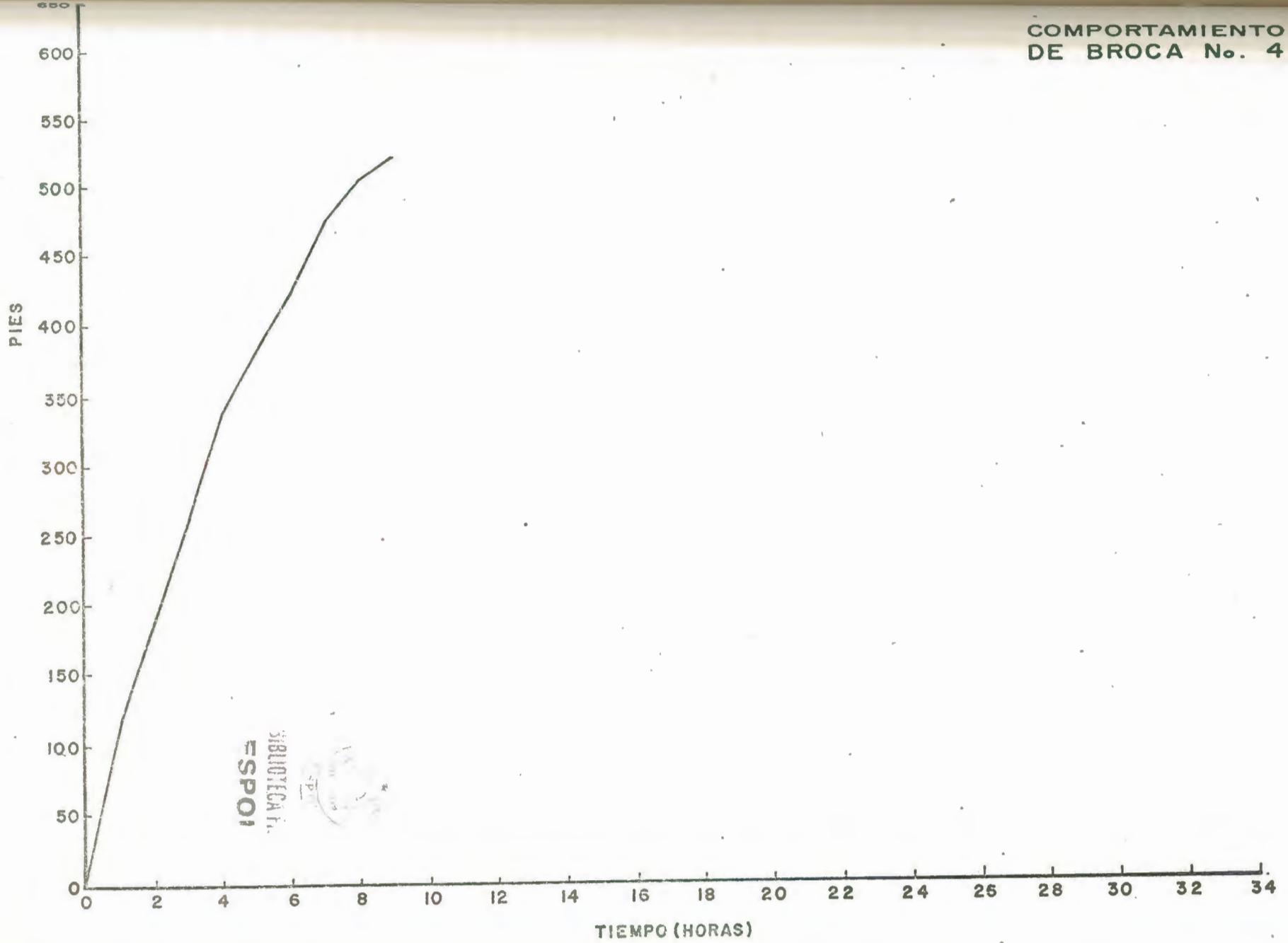
BIBLIOTECA FICT
ESPOL



BIBLIOTECA FIC
ESPOL



COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 4

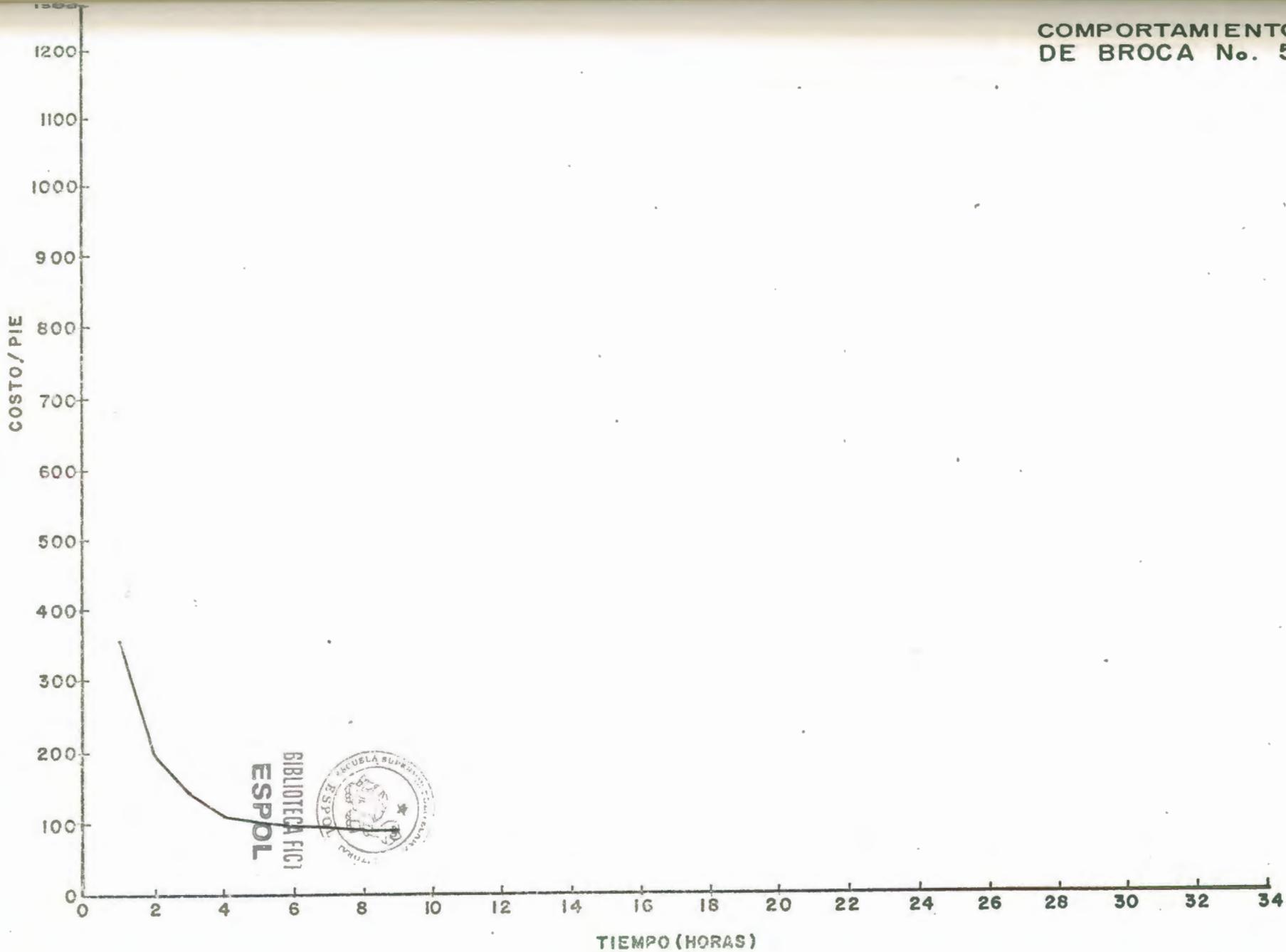


<u>Número de Mecha:</u>	5	<u>Condiciones:</u>	<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
<u>Tipo de Mecha:</u>	S-33-S	<u>Horas:</u>	7	8	1/4
<u>Prof. de Entrada:</u>	5782 (pies)	<u>Costo de Mecha:</u>	9		
<u>Prof. de Salida:</u>	6095 (pies)	<u>Costo de Cabria:</u>	1500	<u>Costo/pie</u>	
<u>Pies Perforados:</u>	313 (pies)	<u>Tiempo de Viaje:</u>	6 1/2	<u>horas</u>	

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	13950						
1	15450	43	359				
2	16950	88	192				
3	18450	128	144				
4	19950	185	107				
5	21450	216	99				
6	22950	245	93.6				
7	74450	272	90				
8	25950	296	87.7				
9	27450	313	87.7				



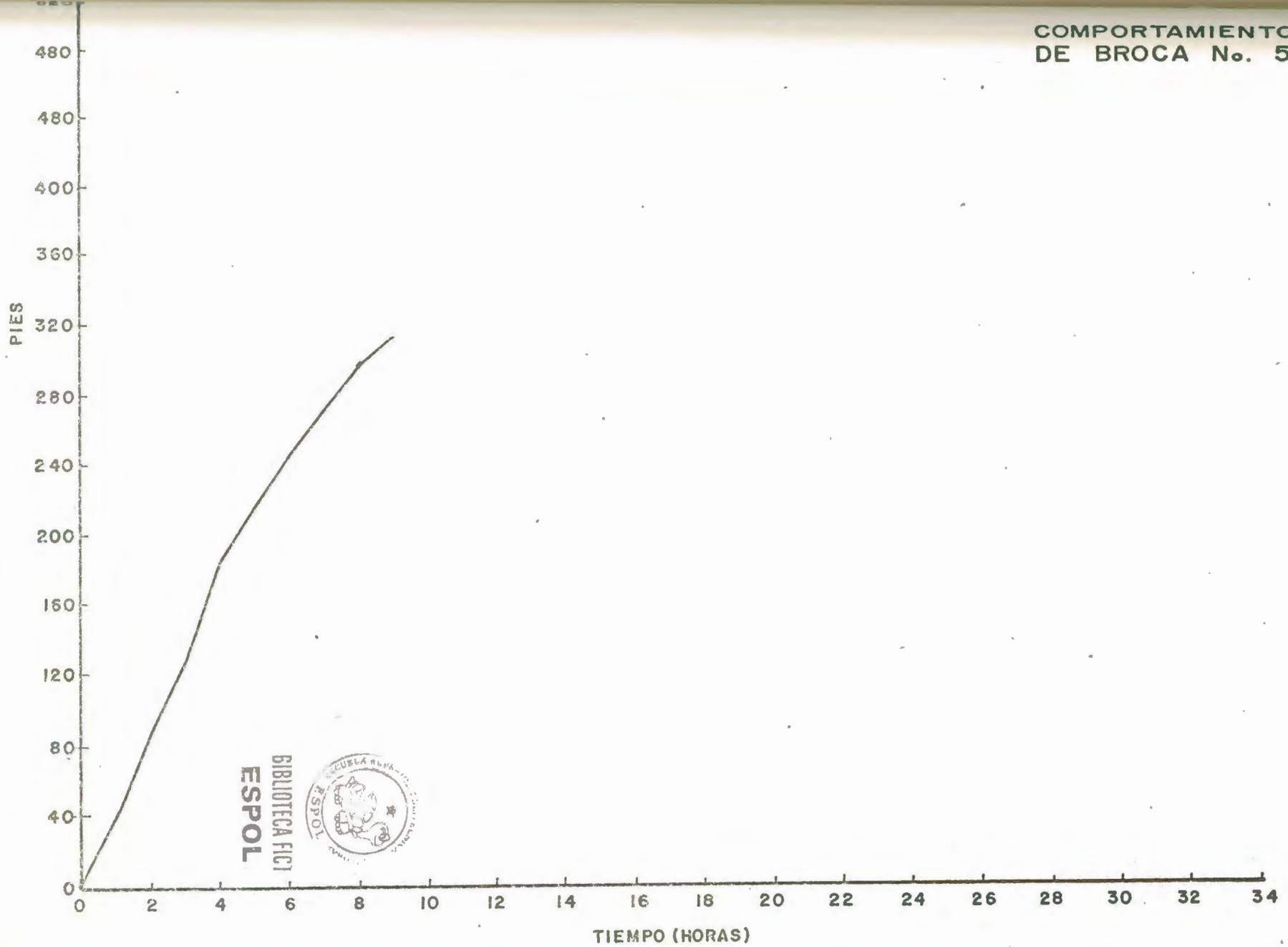
**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**



BIBLIOTECA FIC1
ESPOL



COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 5



BIBLIOTECA FICJ
ESPOL



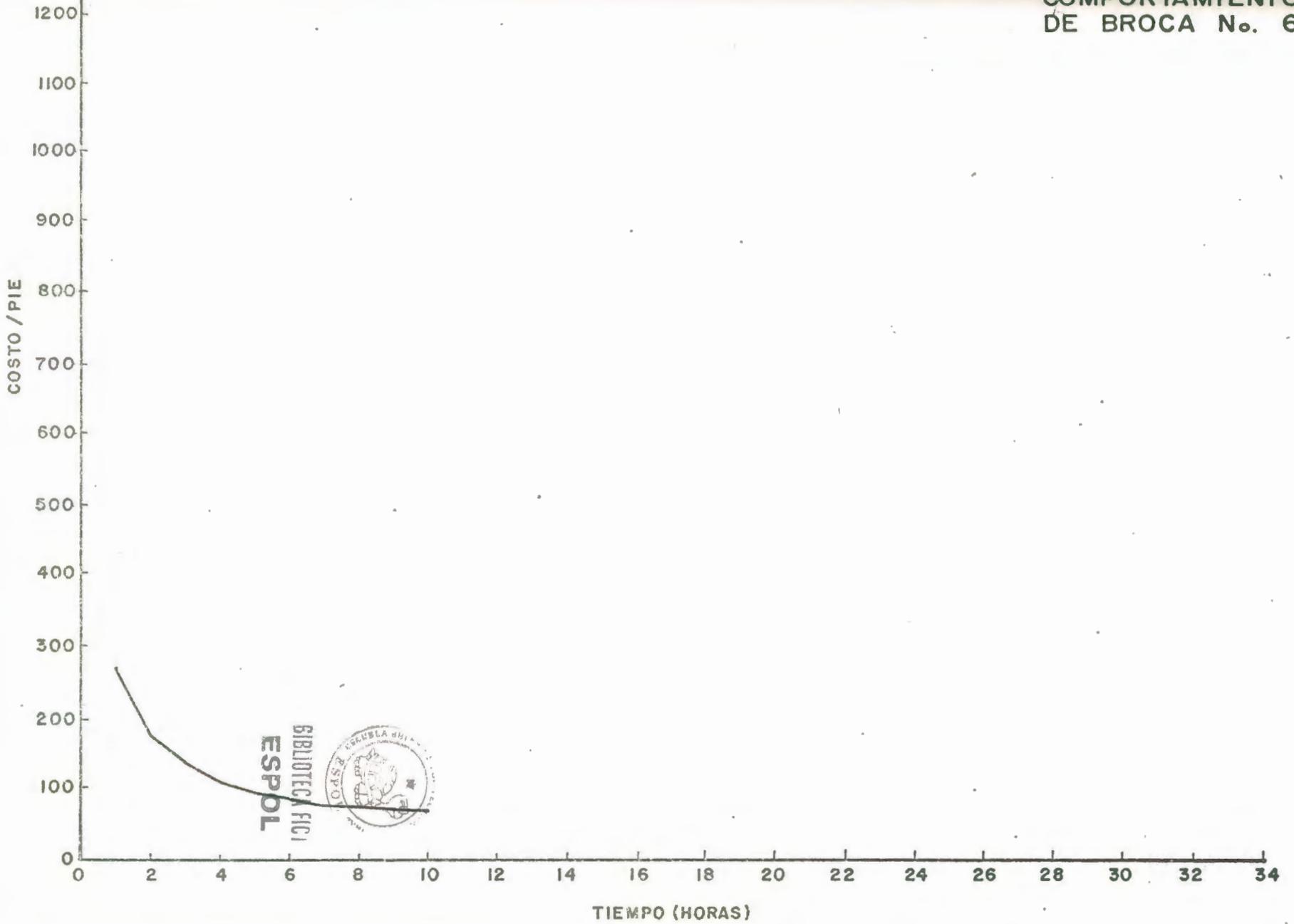
<u>Número de Mecha:</u>	6	<u>Condiciones:</u>	<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
<u>Tipo de Mecha:</u>	S-44	<u>Horas:</u>	6	8	1/4
<u>Prof. de Entrada:</u>	6095 (pies)	<u>Costo de Mecha:</u>	4200		
<u>Prof. de Salida:</u>	6497 (pies)	<u>Costo de Cabria:</u>	1500	<u>Costo/hora</u>	
<u>Pies Perforados:</u>	402	<u>Tiempo de viaje:</u>	7 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	14700						
1	16200	60	270				
2	17700	100	177				
3	19200	142	135				
4	20700	190	109				
5	22200	245	91				
6	23700	291	81				
7	25200	329	76.6				
8	26700	368	72.6				
9	28200	395	71.4				
10	29700	402	72				

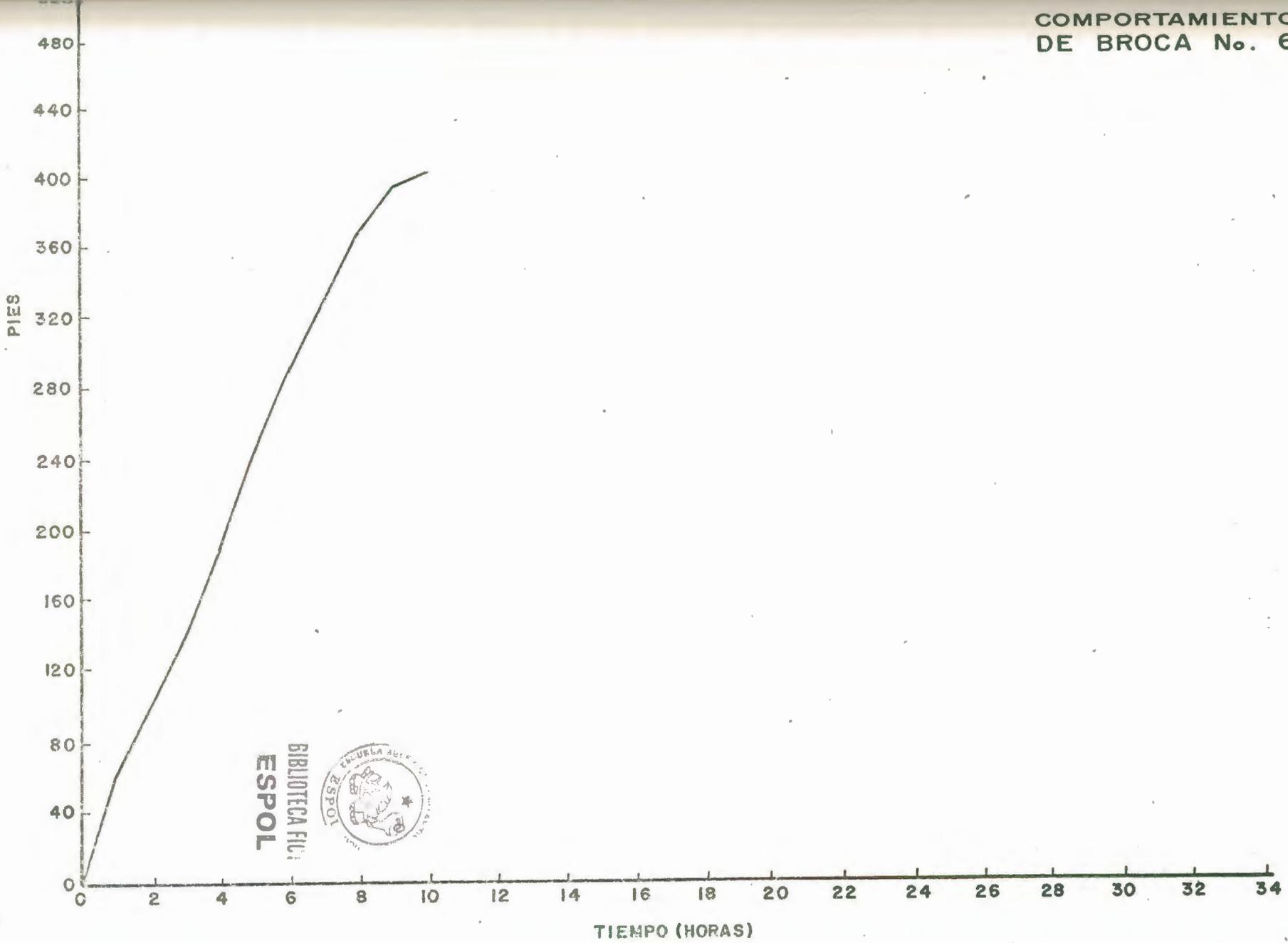


BIBLIOTECA FIC.
ESPOL

COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 6



COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 6



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

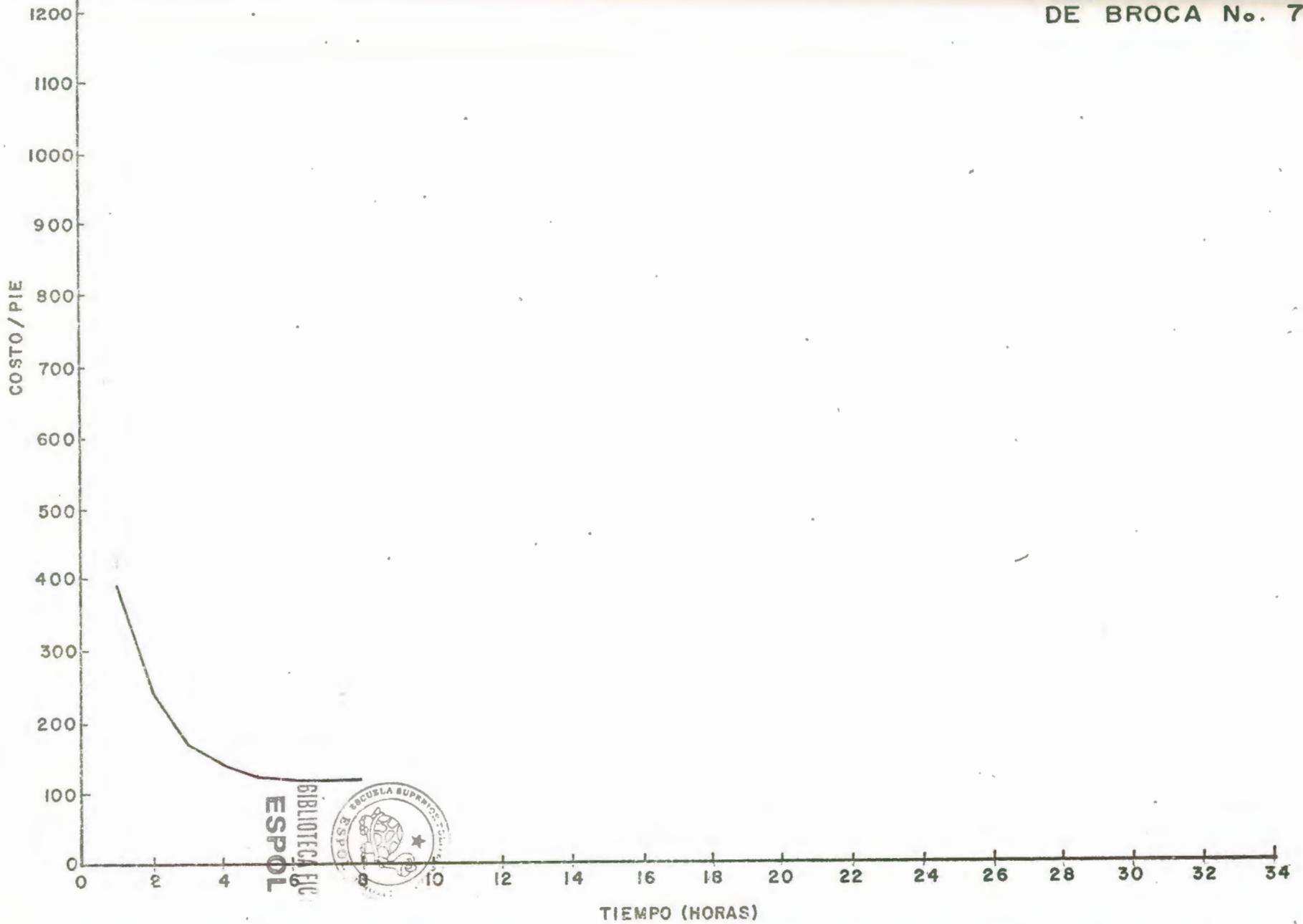


		<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
<u>Número de Mecha:</u>	7	6	6	1/8
Tipo de Mecha:	S-44	Horas: 8 1/2		
Prof. de Entrada:	6497 (pies)	Costo de Mecha: 4200		
Prof. de Salida:	6767 (pies)	Costo de Cabria: 1500 Costo/hora		
Pies Perforados:	270	Tiempo de viaje: 10 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	19200						
1	20700	53	391				
2	22200	93	239				
3	23700	138	171				
4	25200	178	142				
5	26700	212	126				
6	28200	239	118				
7	29700	255	116				
8	31200	269	116				
9	32700	270					

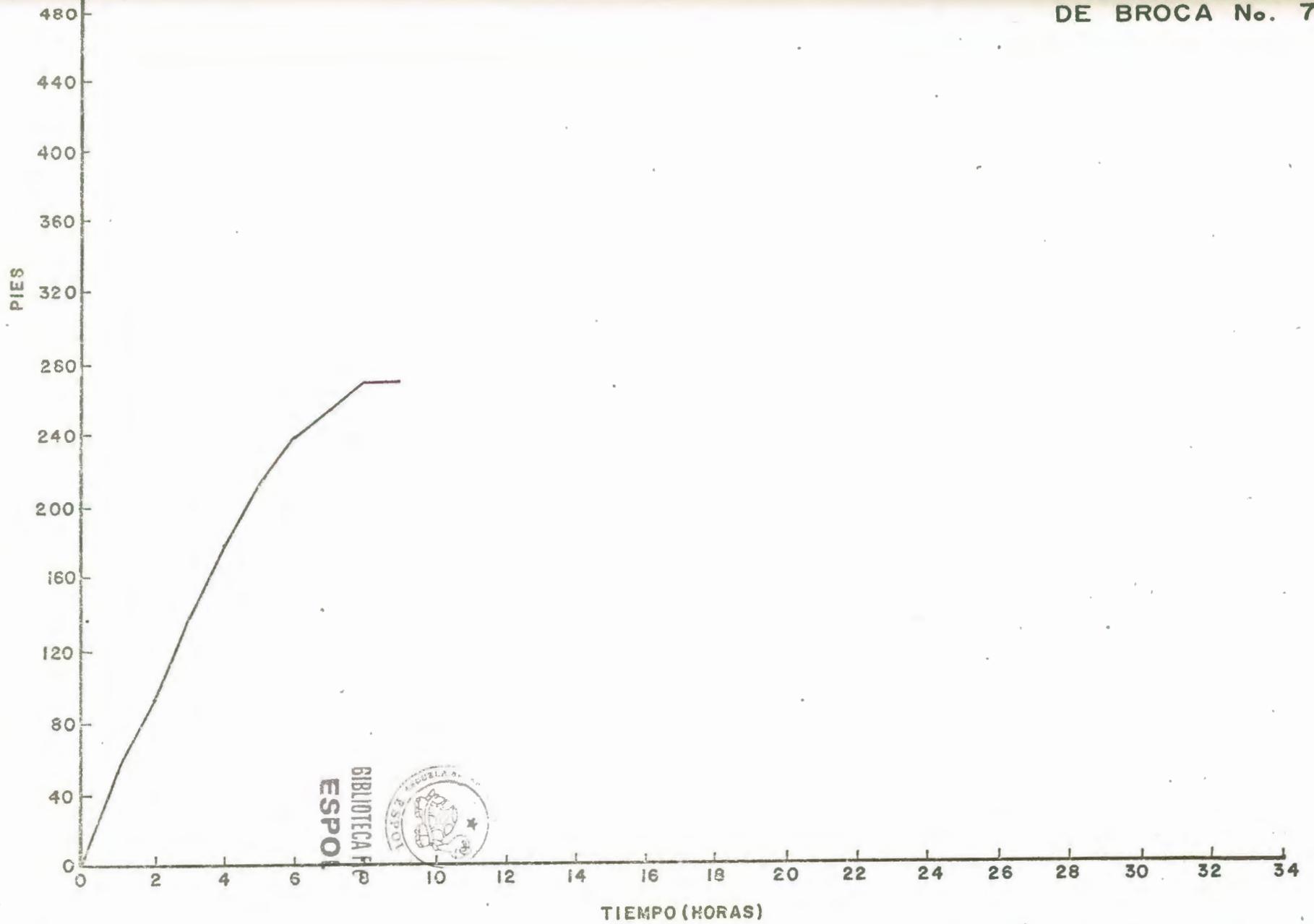


**BIBLIOTECA FIL
ESPOL**



BIBLIOTECA EIC
ESPOL





BIBLIOTECA F.
ESPOL.



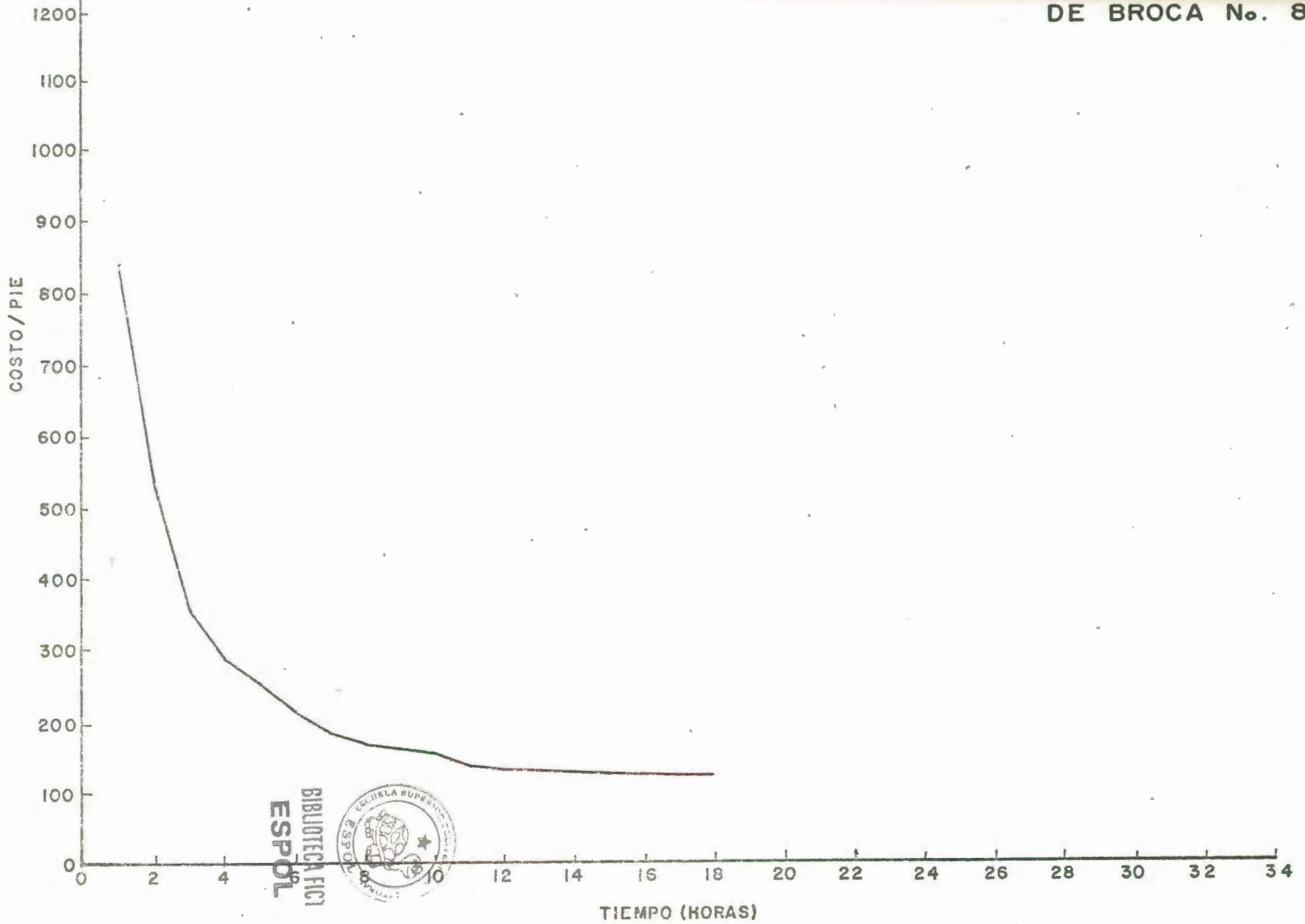
		<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
<u>Número de Mecha:</u>	8	4	8	0
<u>Tipo de Mecha:</u>	M-4NGJ			
<u>Prof. de Entrada:</u>	6767 (pies)			
<u>Prof. de Salida:</u>	7163 (pies)			
<u>Pies Perforados:</u>	396 (pies)			
<u>Condiciones:</u>		4	8	0
<u>Horas:</u>		18		
<u>Costo de Mecha:</u>		6000		
<u>Costo de Cabria:</u>		1500		Costo/pie
<u>Tiempo de Viaje:</u>		9		horas

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	19500			15	42000	340	123.5
1	21000	25	840	16	43500	357	121.8
2	22500	42	536	17	45000	373	120.6
3	24000	68	353	18	46500	392	118.6
4	25500	90	283	19	48000	396	
5	27000	108	250				
6	28500	135	211				
7	30000	164	183				
8	31500	191	165				
9	33000	206	160				
10	34500	225	153				
11	36000	266	135				
12	37500	284	132				
13	39000	307	127				
14	40500	322	125.8				



**BIBLIOTECA FIC
ESPOL**

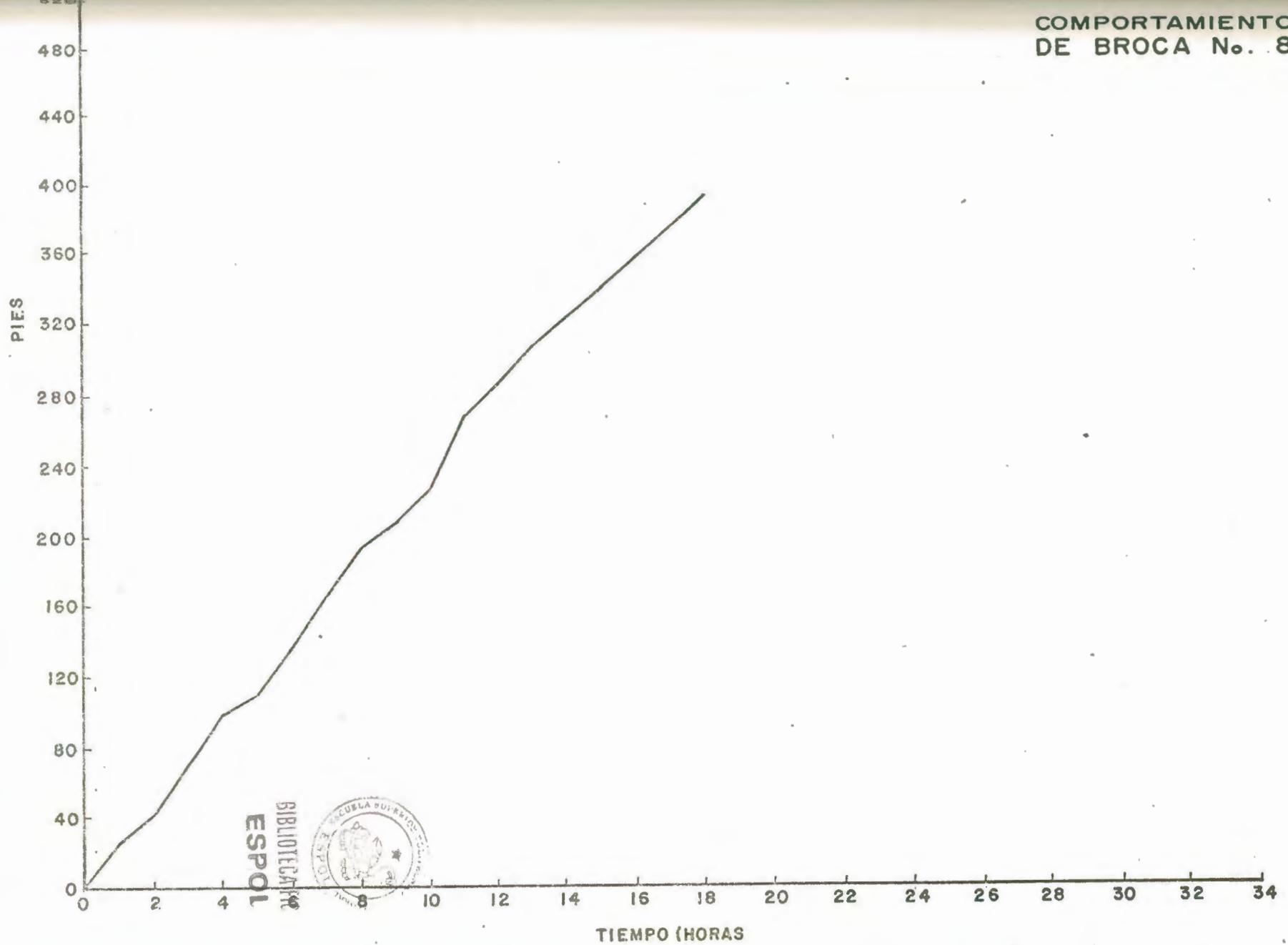
COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 8



BIBLIOTECA FIC1
ESPOL



COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 8



BIBLIOTECA
ESPOL

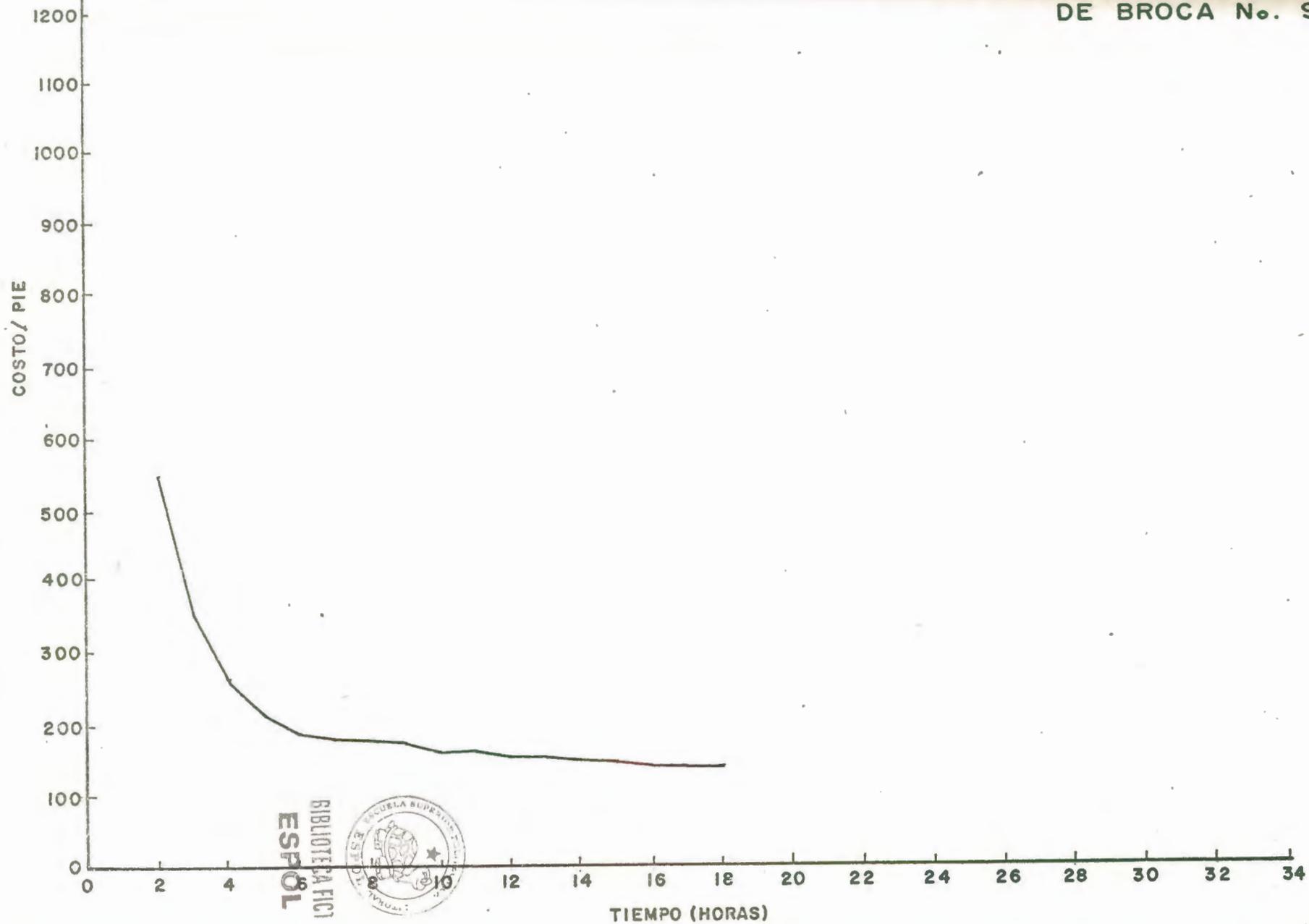


		<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
<u>Número de Mecha:</u>	9	4	4	1/8
<u>Tipo de Mecha:</u>	XV	Horas: 18		
<u>Prof. de Entrada:</u>	7163 (pies)	Costo de Mecha: 6000		
<u>Prof. de Salida:</u>	7492 (pies)	Costo de Cabria: 1500 Costo/hora		
<u>Pies Perforados:</u>	329 (pies)	Tiempo de Viaje: 9 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	19500			15	42000	295	142.3
1	21000	11	1909	16	43500	310	140
2	22500	41	549	17	45000	322	139.7
3	24000	68	353	18	46500	329	141.3
4	25500	97	263				
5	27000	127	212				
6	28500	145	197				
7	30000	162	185				
8	31500	178	177				
9	33000	192	172				
10	34500	216	160				
11	36000	226	159				
12	37500	242	155				
13	39000	261	149				
14	40500	280	144.6				

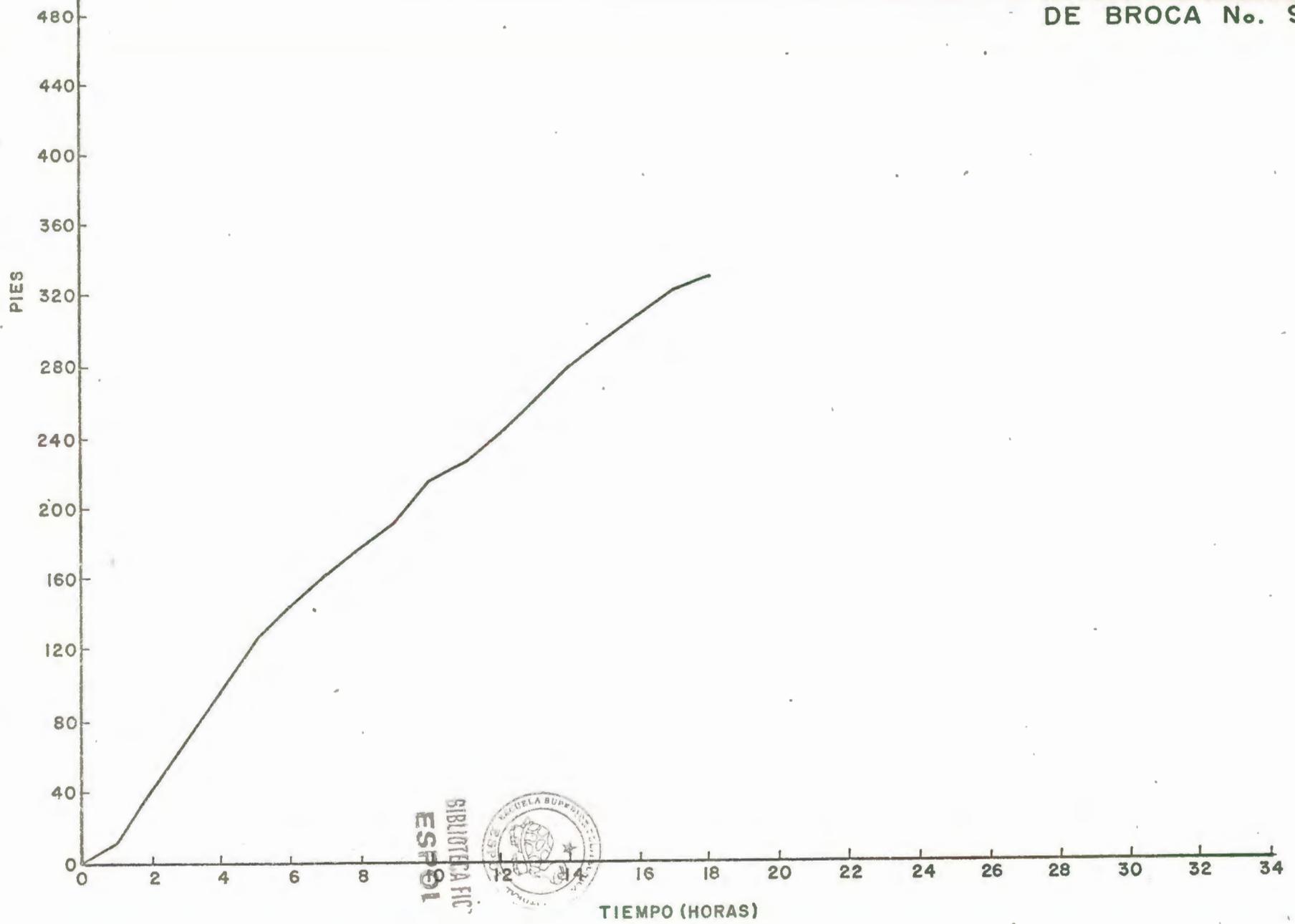


BIBLIOTECA FIC
ESPOL



BIBLIOTECA
ESPOL





BIBLIOTECA
ESPOL

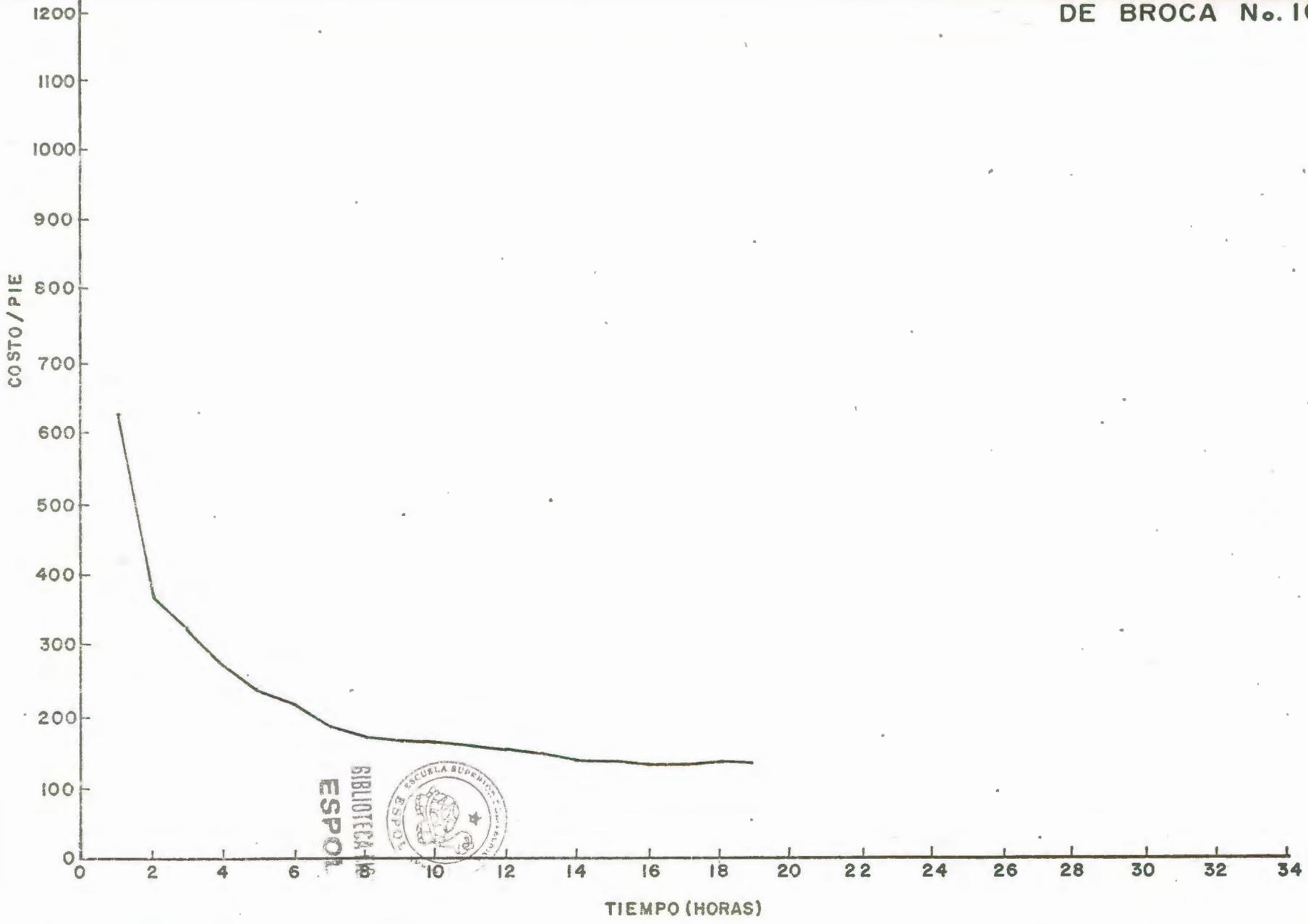


		<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
<u>Número de Mecha:</u>	10	2	3	1/16
<u>Tipo de Mecha:</u>	XV	Horas: 19 1/2		
<u>Prof. de Entrada:</u>	7492 (pies)	Costo de Mecha: 3500		
<u>Prof. de Salida:</u>	7827 (pies)	Costo de Cabria: 1500 Costo/hora		
<u>Pies Perforados:</u>	335	Tiempo de Viaje: 8 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	15500			15	38000	281	135
1	17000	27	629	16	39500	302	130
2	18500	50	370	17	41000	316	
3	20000	62	322	18	42500	326	
4	21500	79	272	19	44000	335	
5	23000	97	237				
6	24500	115	213				
7	26000	138	188				
8	27500	159	172				
9	29000	176	164				
10	30500	190	160				
11	32000	205	156				
12	33500	219	152				
13	35000	238	148				
14	36500	260	140				

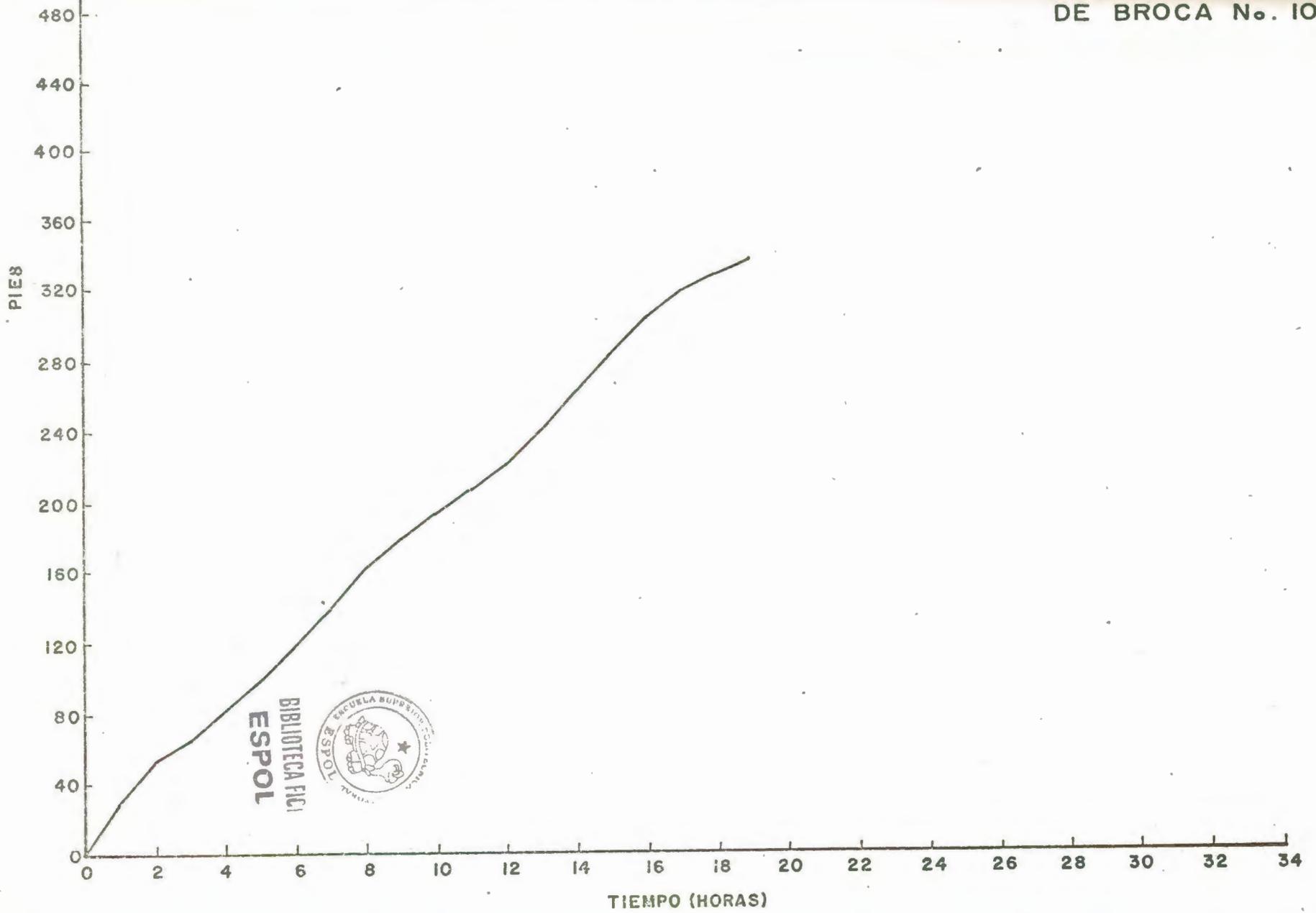


BIBLIOTECA FIC
ESPOI



BIBLIOTECA
ESPOL





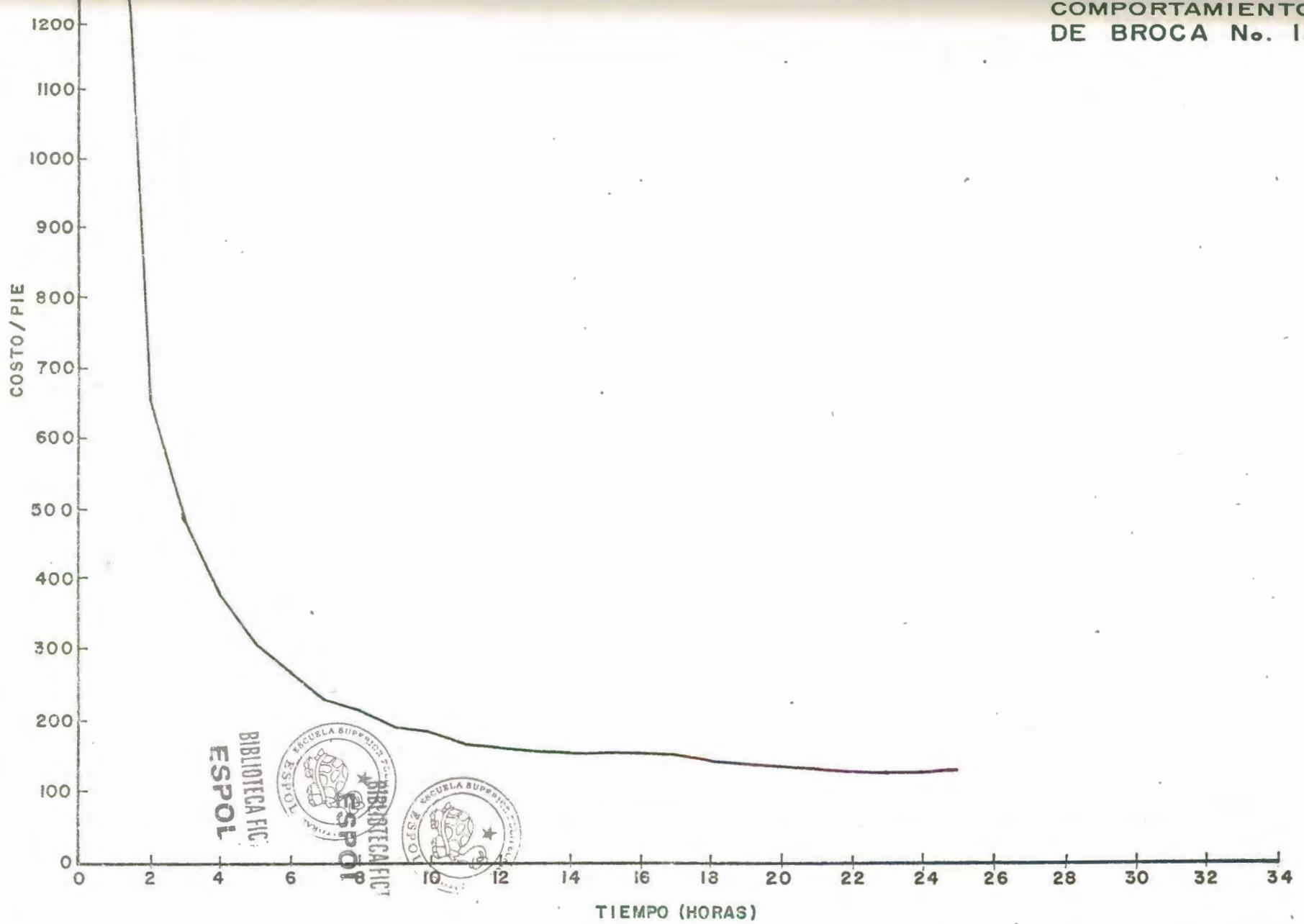
BIBLIOTECA FIC
ESPOL



Número de Mecha:	11	Condiciones:	<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
Tipo de Mecha:	XV	Horas:	4	3	1/4
Prof. de Entrada:	7827 (pies)	Costo de Mecha:	25	3500	
Prof. de Salida:	8227 (pies)	Costo de Cabria:	1500	Costo/hora	
Pies Perforados:	400	Tiempo de Viaje:	8	horas	

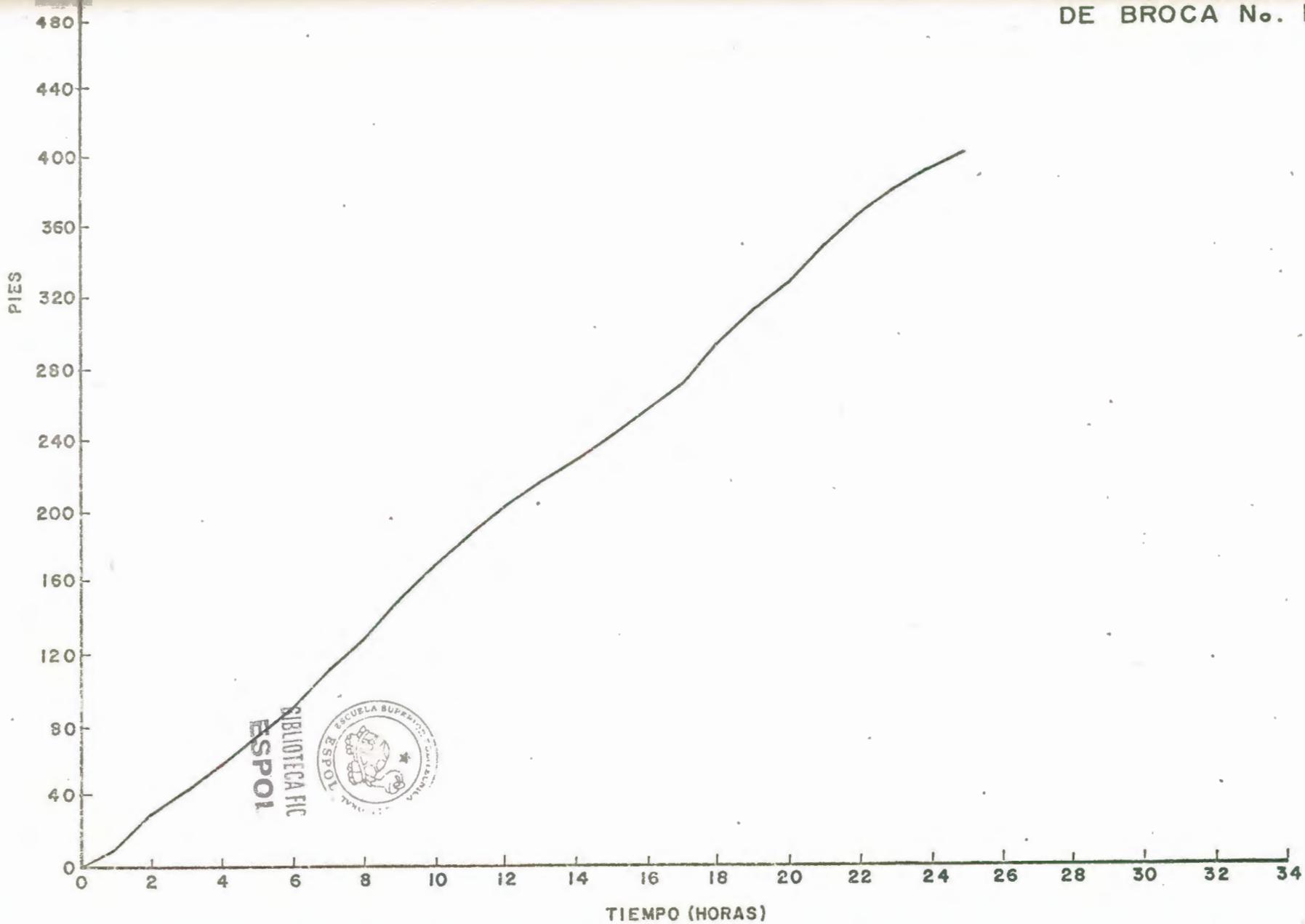
HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	15500			16	39500	256	154.3
1	17000	10	1700	17	41000	270	151.8
2	18500	28	660.7	18	42500	293	145
3	20000	41	487.8	19	44000	311	141.4
4	21500	56	383.9	20	45500	327	139.1
5	23000	73	315	21	47000	348	135
6	24500	89	275	22	48500	365	132.8
7	26000	110	236	23	50000	378	132.2
8	27500	127	216	24	51500	391	131.7
9	29000	149	194.6	25	53000	399	132.8
10	30500	168	181.5				
11	32000	186	172				
12	33500	202	165.8				
13	35000	216	162				
14	36500	228	160				
15	38000	241	157.6				





BIBLIOTECA FIC:
ESPOL

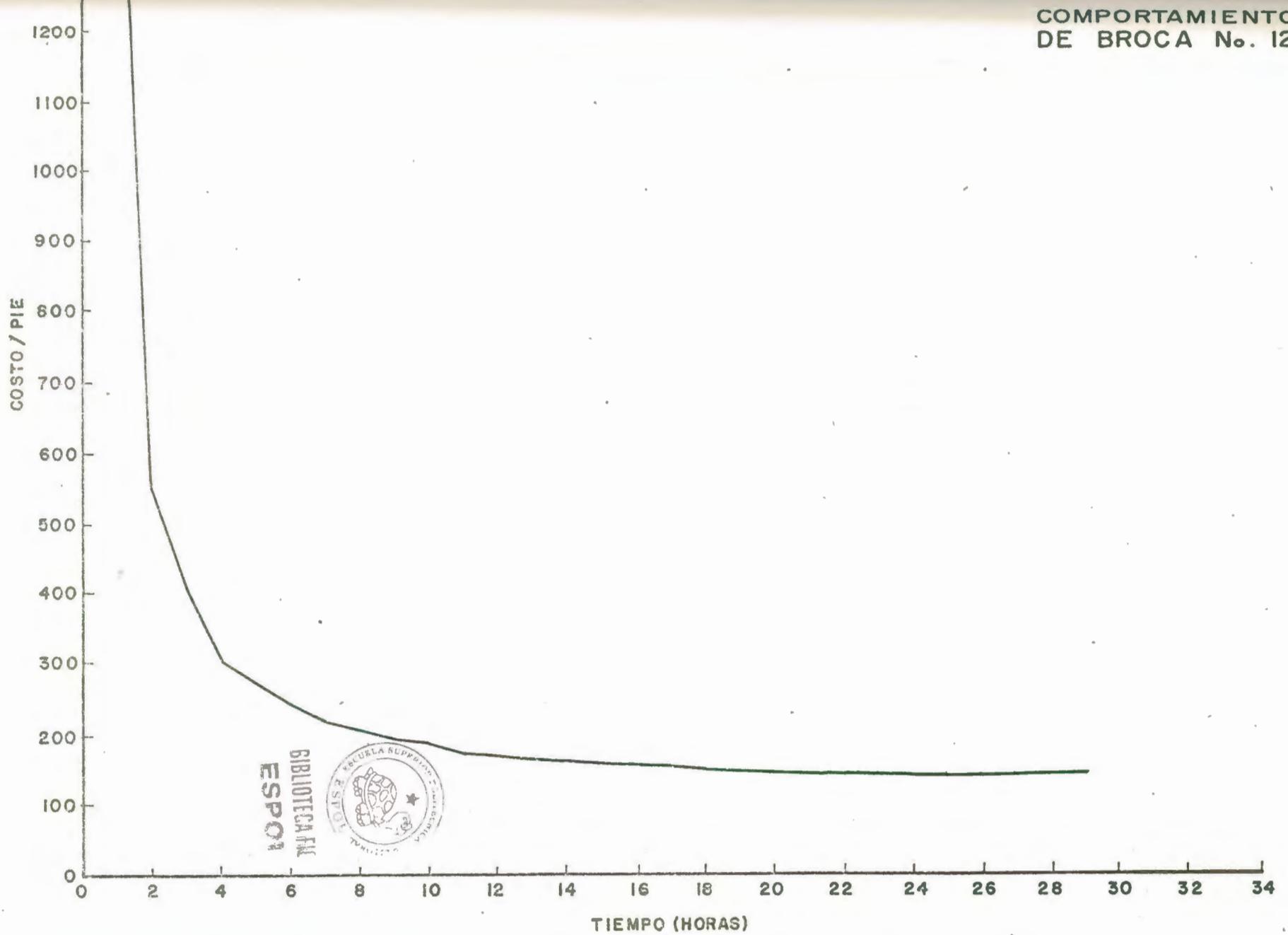




Número de Mecha:	12	Condiciones:	<u>T</u> 6	<u>B</u> 8	<u>G</u> 1/4
Tipo de Mecha:	XV	Horas:	28 1/2		
Prof. de Entrada:	8227 (pies)	Costo de Mecha:	3800		
Prof. de Salida:	8650 (pies)	Costo de Cabria:	1500 Costo/hora		
Pies Perforados:	423	Tiempo de Viaje:	9 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	17300			16	41300	263	157
1	18800	11	1709	17	42800	282	152
2	20300	37	549	18	44300	294	150.6
3	21800	54	404	19	45800	307	149
4	23300	76	307	20	47300	320	148
5	24800	92	270	21	48800	332	146.9
6	26300	109	241	22	50300	351	143.3
7	27800	128	217	23	51800	363	142.6
8	29300	145	202	24	53300	376	141.8
9	30800	160	193	25	54800	387	141.6
10	32300	173	187	26	56300	399	141.1
11	33800	193	175	27	57800	410	141
12	35300	209	169	28	59300	421	140.9
13	36800	223	165	29	60800	423	
14	38300	236	162	30	62300		
15	39800	250	159				

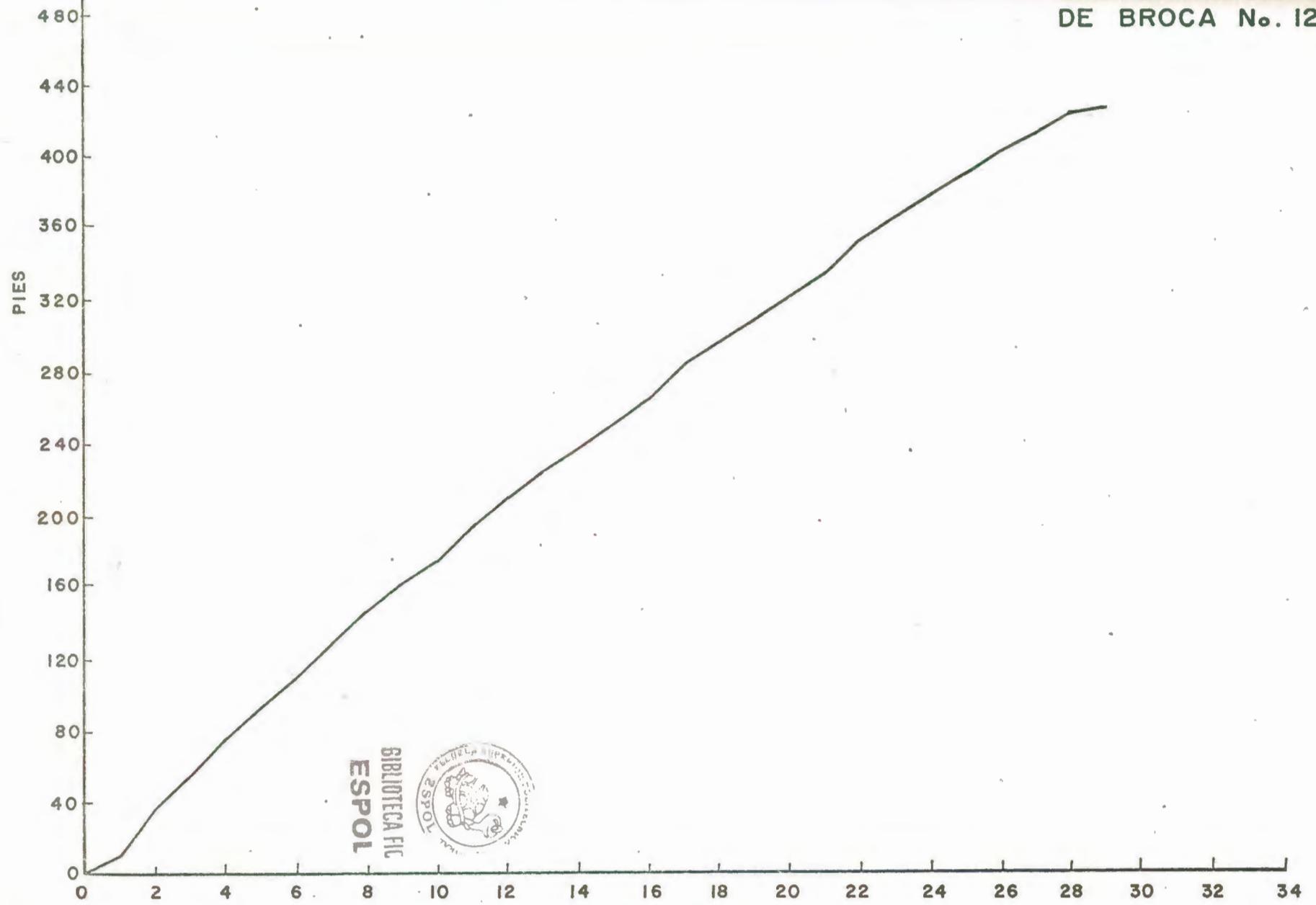




BIBLIOTECA
ESPOL



COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 12



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

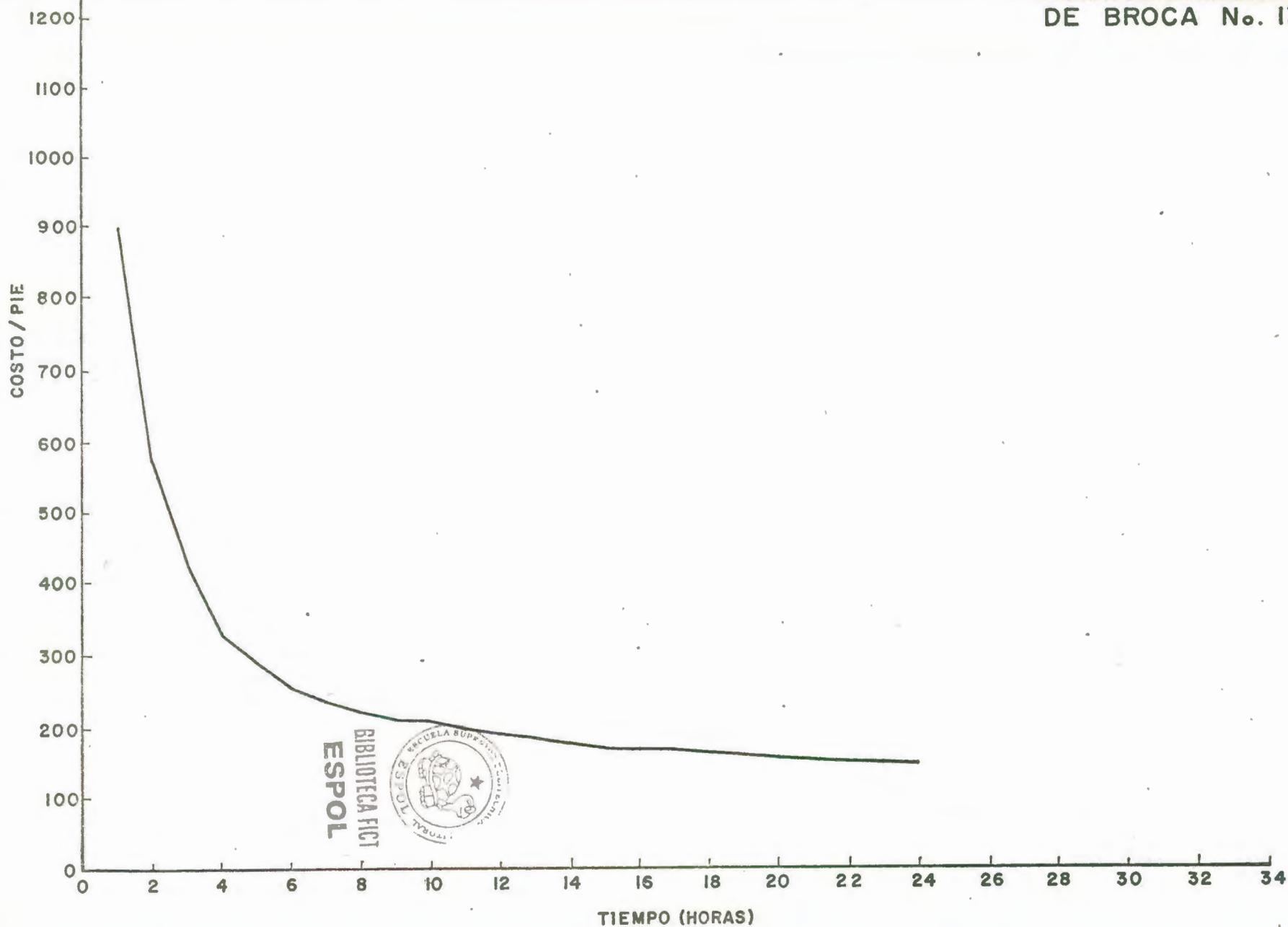


Número de Mecha:	13	Condiciones:	<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
Tipo de Mecha:	XV	Horas:	6	8	1/4
Prof. de Entrada:	8650 (pies)	Costo de Mecha:	3800		
Prof. de Salida:	9038 (pies)	Costo de Cabria:	1500 Costo/hora		
Pies Perforados:	388	Tiempo de Viaje:	11 1/2 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	21050			16	45050	269	167
1	22550	25	902	17	46550	279	166.8
2	24050	42	573	18	48050	297	162
3	25550	59	433	19	49550	311	159
4	27050	81	334	20	51050	329	155
5	28550	98	291	21	52550	345	
6	30050	117	257	22	54050	360	
7	31550	134	235	23	55550	374	148.8
8	33050	151	219	24	57050	387	147.4
9	34550	165	209				
10	36050	175	206				
11	37550	191	197				
12	39050	207	189				
13	40550	222	183				
14	42050	239	176				
15	43550	255	171				

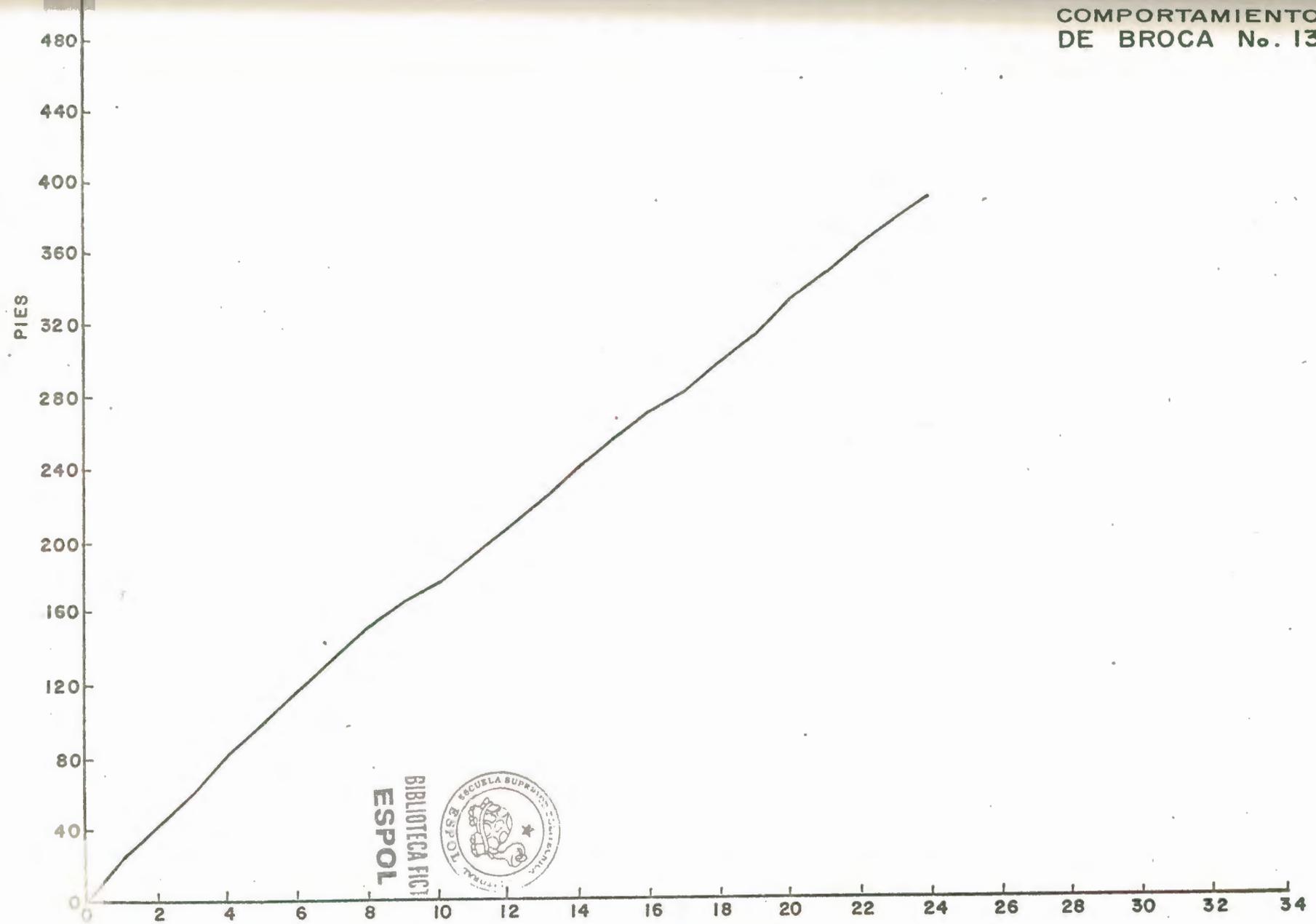


BIBLIOTECA FICT
ESPOL



BIBLIOTECA FICT
ESPOL





BIBLIOTECA FIC
ESPOL

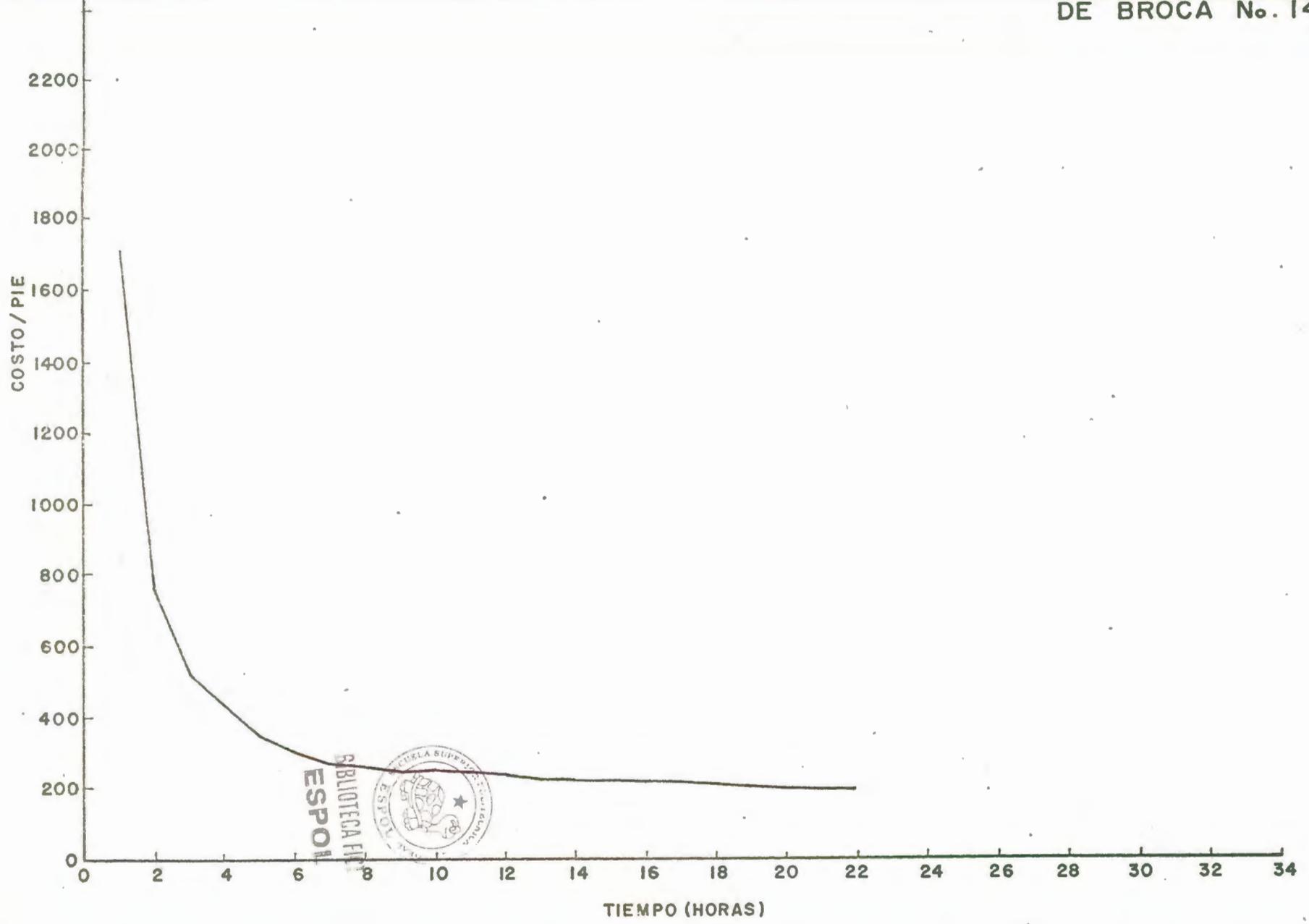


Número de Mecha:	14	Condiciones:	<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
Tipo de Mecha:	XV	Horas:	5	6	1/16
Prof. de Entrada:	9038 (pies)	Costo de Mecha:	3800		
Prof. de Salida:	9301 (pies)	Costo de Cabria:	1500 Costo/hora		
Pies Perforados:	263	Tiempo de Viaje:	9 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	17300			16	41300	196	211
1	18800	11	1709	17	42800	205	208.7
2	20300	27	752	18	44300	217	204
3	21800	42	519	19	45800	228	200
4	23300	55	424	20	47300	240	197
5	24800	72	344	21	48800	251	194
6	26300	90.5	291	22	50300	263	191
7	27800	105	265	23	51800		
8	29300	114	257	24	53300		
9	30800	125	246	25	54800		
10	32300	134	241				
11	33800	143	236				
12	35300	153	231				
13	36800	168	219				
14	38300	177	216				
15	39800	185	215				

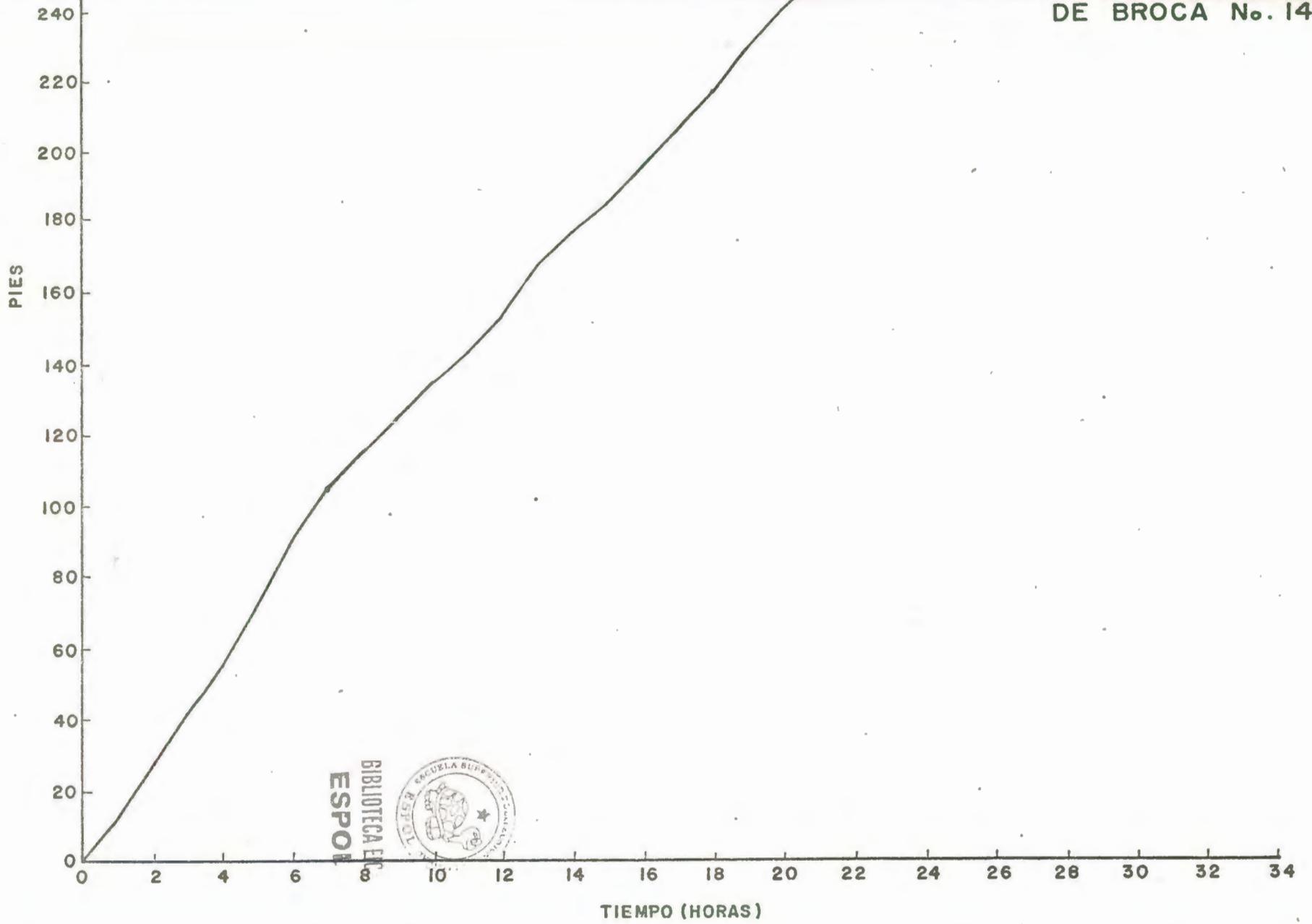


BIBLIOTECA FIC
ESPOL



ESPO
BIBLIOTECA FI
ESTAD





BIBLIOTECA EJC
ESPOL

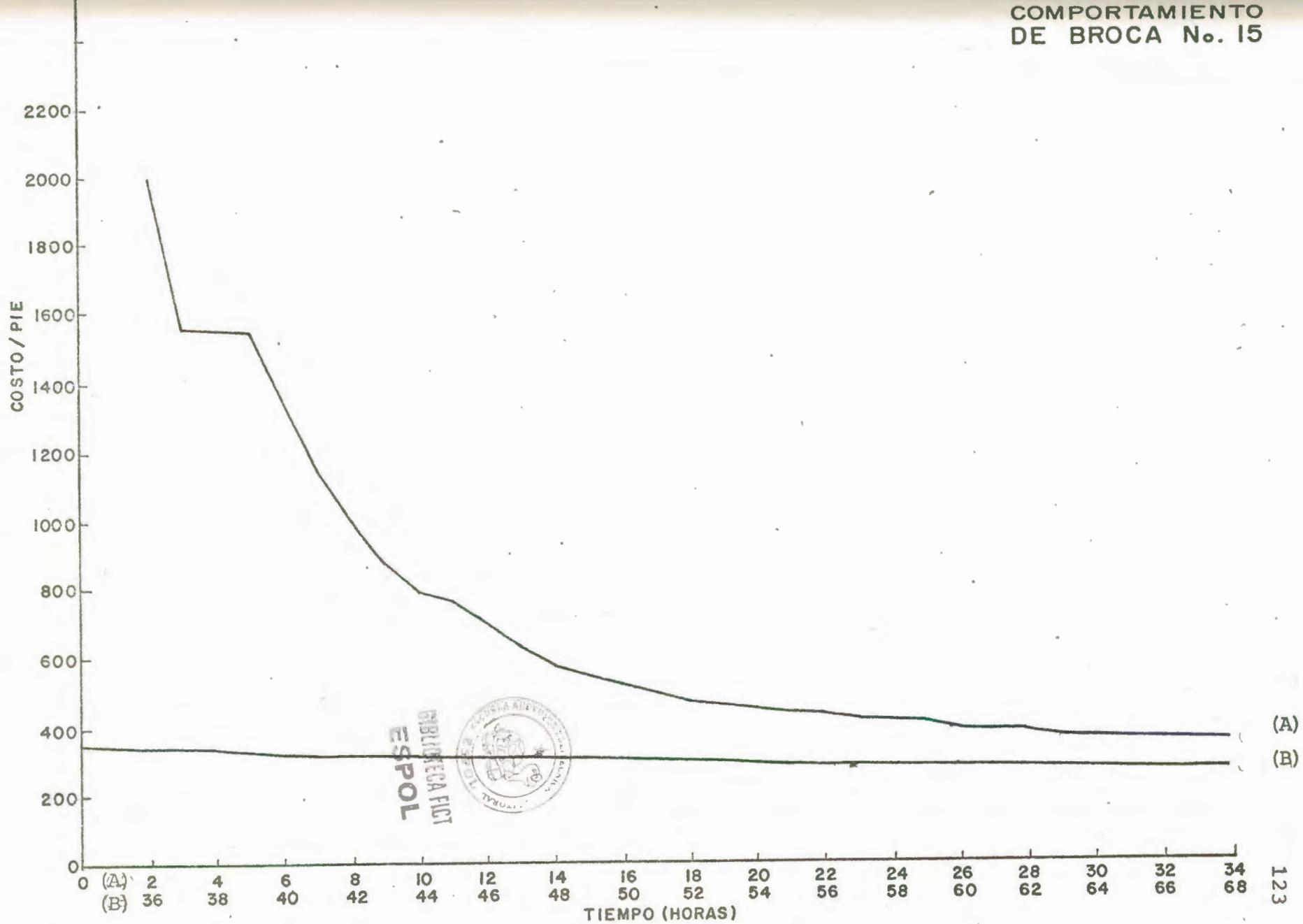


Número de Mecha: 15
 Tipo de Mecha: F-3
 Prof. de Entrada: 9301 (pies)
 Prof. de Salida: 9839 (pies)
 Pies Perforados: 538

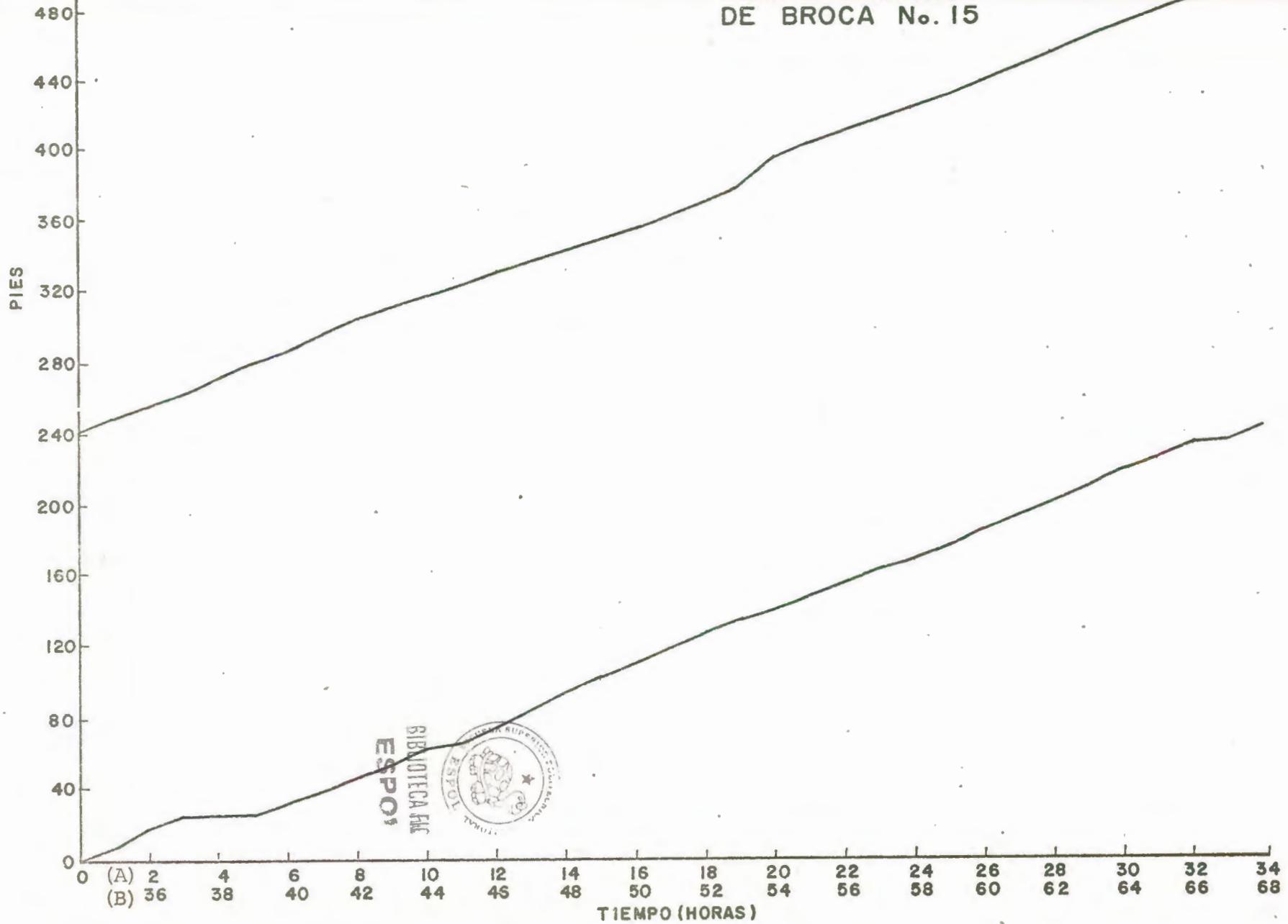
Condiciones: $\frac{T}{4}$ $\frac{B}{3}$ $\frac{G}{1/8}$
 Horas: 71 1/2
 Costo de Mecha: 17000
 Costo de Cabria: 1500 Costo/hora
 Tiempo de Viaje: 10 1/2 horas

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	32750			38	89750	270	332
1	34250	7	4893	39	91250	279	327
2	35750	18	1986	40	92750	286	324
3	37250	24	1552	41	94250	295	319
4	38750	25	1550	42	95750	303	316
5	40250	26	1548	43	97250	312	312
6	41750	31	1347	44	98750	317	311.5
7	43250	38	1138	45	100250	323	310.3
8	44750	45	994	46	101750	331	307
9	46250	53	873	47	103250	337	306
10	47750	61	783	48	104750	344	305
11	49250	65	758	49	106250	349	304
12	50750	73	695	50	107750	355	303
13	52250	83	630	51	109250	362	302
14	53750	93	578	52	110750	369	300
15	55250	101	547	53	112250	378	297
16	56750	109	521	54	113750	395	288
17	58250	118	494	55	115250	403	286
18	59750	127	470	56	116750	409	285
19	61250	133	461	57	118250	416	284
20	62750	140	448	58	119750	422	283.7
21	64250	147	437	59	121250	430	281.9
22	65750	154	427	60	122750	437	280.8
23	67250	162	415	61	124250	444	279.8
24	68750	167	412	62	125750	453	277.6
25	70250	175	401	63	127250	461	276
26	71750	187	384	64	128750	470	272
27	73250	194	377	65	130250	478	271.6
28	74750	199	376	66	131750	485	270
29	76250	208	367	67	133250	493	269.5
30	77750	218	357	68	134750	500	268.7
31	79250	224	354	69	136250	507	267.5
32	80750	232	348	70	137750	515	266.8
33	82250	234	351	71	139250	522	
34	83750	241	347.5				
35	85250	248	343.7				
36	86750	255	340.2				
37	88250	262	337				





COMPORTAMIENTO DE BROCA No. 15



BIBLIOTECA FIC
ESPOS



(B)

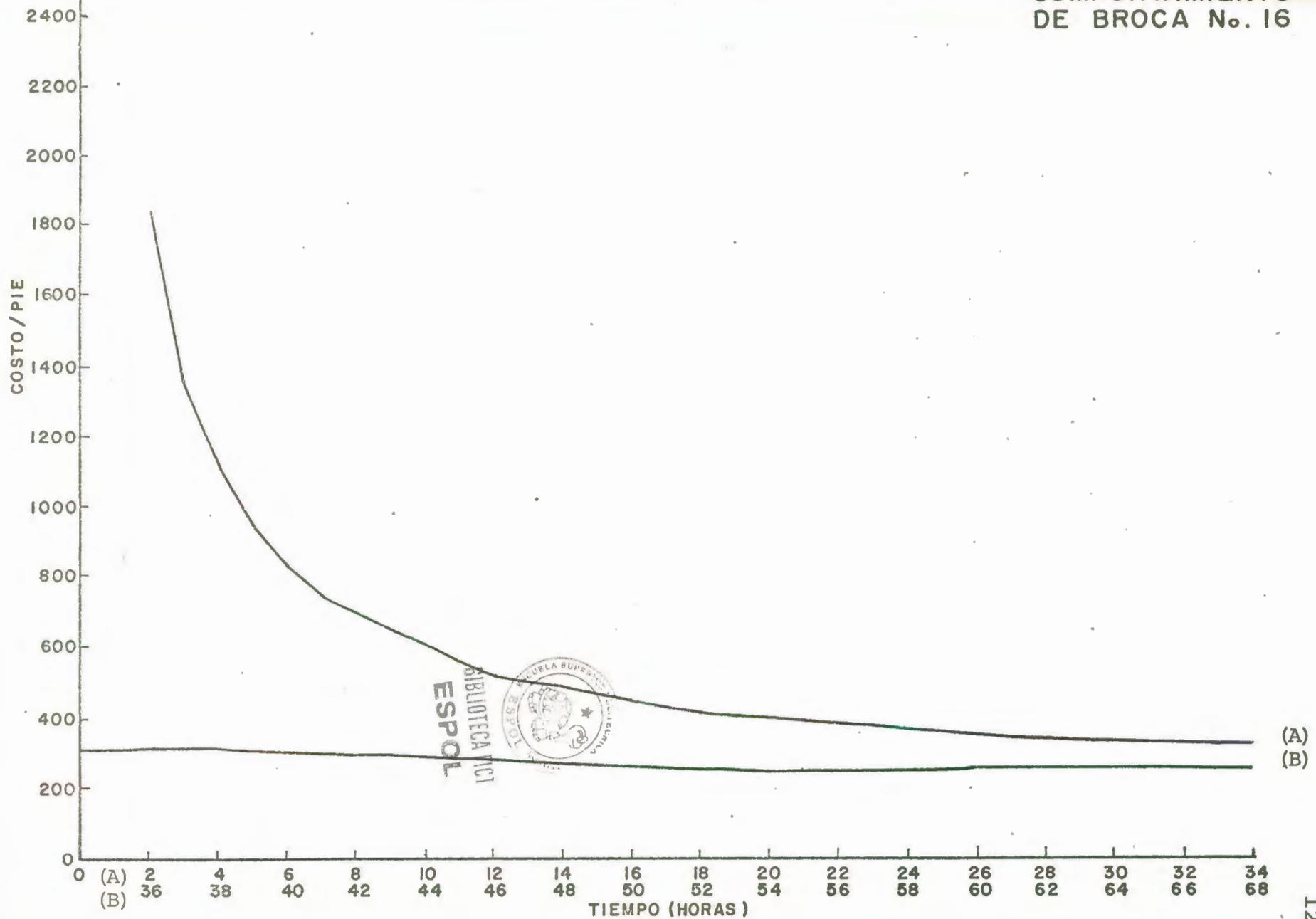
Número de Mecha: 16
 Tipo de Mecha: F-3
 Prof. de Entrada: 9839 (pies)
 Prof. de Salida: 10355 (pies)
 Pies Perforados: 516

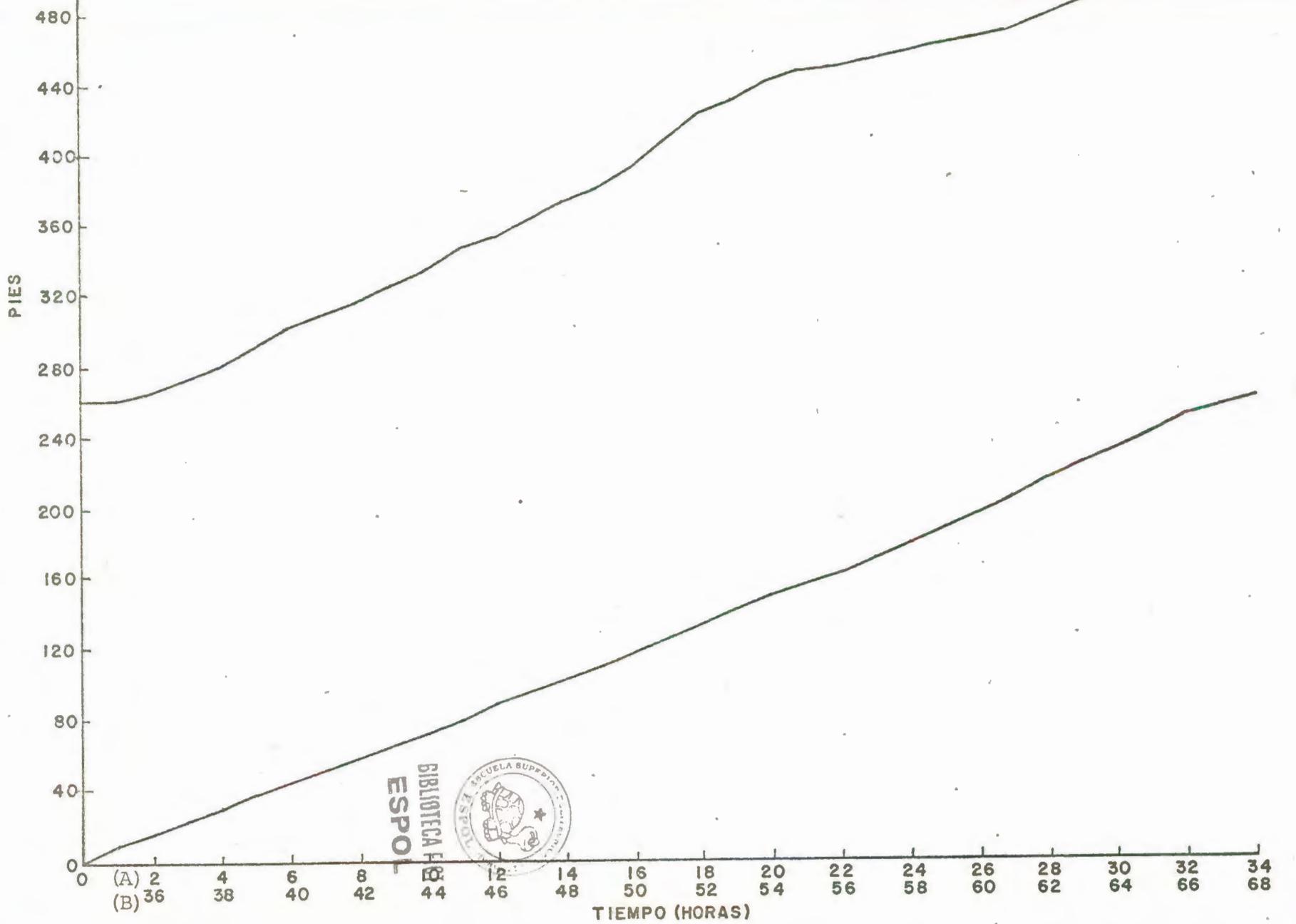
Condiciones: T 3 B 2 G 1/8
 Horas: 70
 Costo de Mecha: 17000
 Costo de Cabria: 1500 Costo/hora
 Tiempo de Viaje: 7 1/2 horas

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	28250			35	80750	262	308
1	29750	10	2975	36	82250	264	312
2	31250	17	1838	37	83750	272	308
3	32750	24	1365	38	85250	280	304
4	34250	31	1105	39	86750	289	300
5	35750	38	941	40	88250	299	295
6	37250	45	828	41	89750	308	291
7	38750	52	745	42	91250	316	289
8	40250	58	694	43	92750	325	285
9	41750	65	642	44	94250	333	283
10	43250	71	609	45	95750	345	278
11	44750	80	559	46	97250	351	277
12	46250	89	520	47	98750	361	274
13	47750	96	497	48	100250	372	269
14	49250	102	489	49	101750	379	268
15	50750	109	466	50	103250	390	265
16	52250	118	443	51	104705	406	258
17	53750	126	427	52	106250	420	253
18	55250	135	409	53	107750	428	252
19	53750	142	400	54	109250	439	250
20	58250	149	391	55	110750	445	249
21	59750	157	381	56	112250	447	251
22	61250	162	378	57	113750	451	251
23	62750	170	369	58	115250	455	253
24	64250	178	361	59	116750	460	254
25	65750	187	352	60	118250	462	259
26	67250	195	345	61	119750	467	256
27	68750	204	337	62	121250	474	256
28	70250	214	328	63	122750	484	254
29	71750	223	322	64	124250	491	253
30	73250	230	318	65	125750	498	252
31	74750	239	313	66	127250	507	251
32	76250	249	306	67	128750	511	252
33	77750	256	304	68	130250	514	253
34	79250	260	305	69	131780	516	255
				70	133250	5	



COMPORTAMIENTO DE BROCA No. 16





BIBLIOTECA
ESPOL



(B)

171

		<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
Número de Mecha:	17	3	2	1/8
Tipo de Mecha:	F-3	89		
Prof. de Entrada:	10355 (pies)	Costo de Mecha:	17000	
Prof. de Salida:	10911 (pies)	Costo de Cabria:	1500 Costo/hora	
Pies Perforados:	556	Tiempo de Viaje:	9 horas	

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	30500			36	84500	253	334
1	32000	6	5333	37	86000	263	327
2	33500	9	3722	38	87500	270	324
3	35000	13	2692	39	89000	275	323.6
4	36500	15	2433	40	90500	275	329
5	38000	21	1809	41	92000	277	332
6	39500	27	1463	42	93500	280	334
7	41000	37	1108	43	95000	286	332
8	42500	45	944	44	96500	292	330
9	44000	54	815	45	98000	299	328
10	45500	63	722	46	99500	306	325
11	47000	72	653	47	101000	314	322
12	48500	78	622	48	102500	322	318
13	50000	87	575	49	104000	328	317
14	51800	92	530	50	105500	333	316.8
15	53000	99	535	51	107000	337	317.5
16	54500	107	509	52	108500	344	315
17	56000	109	514	53	110000	351	313
18	57500	116	496	54	111500	358	311
19	59000	125	472	55	113000	365	310
20	60500	132	458	56	114500	371	309
21	62000	139	446	57	116000	376	309
22	63500	146	435	58	117500	382	308
23	65000	151	430	59	119000	387	307
24	66500	157	424	60	120500	392	307
25	68000	163	417	61	122000	398	
26	69500	170	409	62	123500	402	307.2
27	71000	177	401	63	125000	406	307.8
28	72500	189	384	64	126500	411	107.7
29	74000	199	372	65	128000	418	306.2
30	75500	208	363	66	129500	425	304.7
31	77000	217	355	67	131000	430	304.7
32	78500	224	350	68	132500	436	303.9
33	80000	233	343	69	134000	442	303
34	81500	241	338	70	135500	453	289
35	83000	247	336	71	137000	460	298



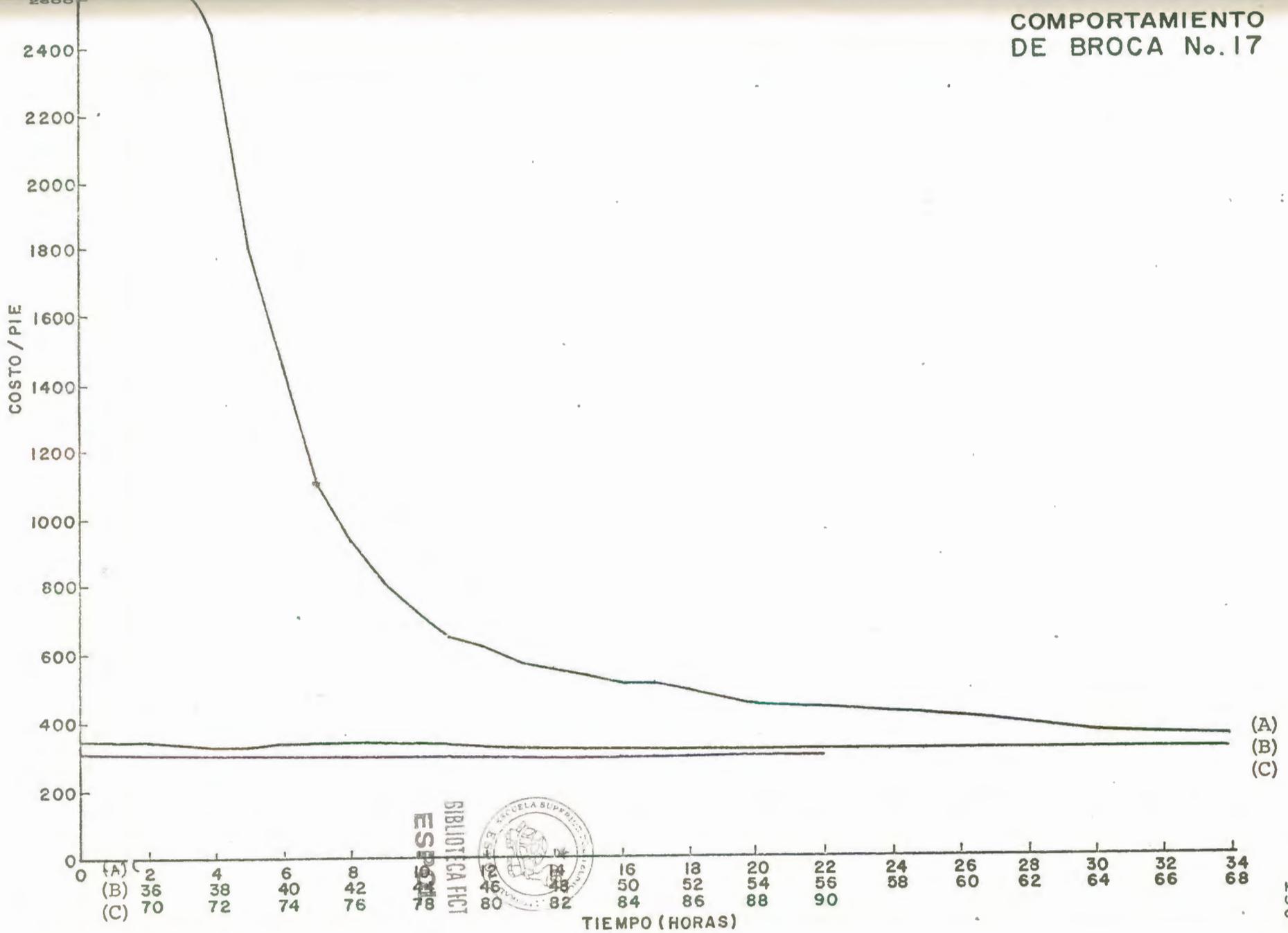
BIBLIOTECA FICT
ESPOL

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
72	138500	464	298
73	140000	470	297.8
74	141500	478	296
75	143000	484	295
76	144500	491	294
77	146000	496	294
78	147500	502	293.8
79	149000	507	293.9
80	150500	513	293
81	152000	519	292.8
82	153500	525	292
83	155000	531	291.9
84	156500	536	291
85	158000	539	293
86	159500	544	293
87	161000	546	295
88	162500	549	296
89	164000	551	298
90	165500	556	297



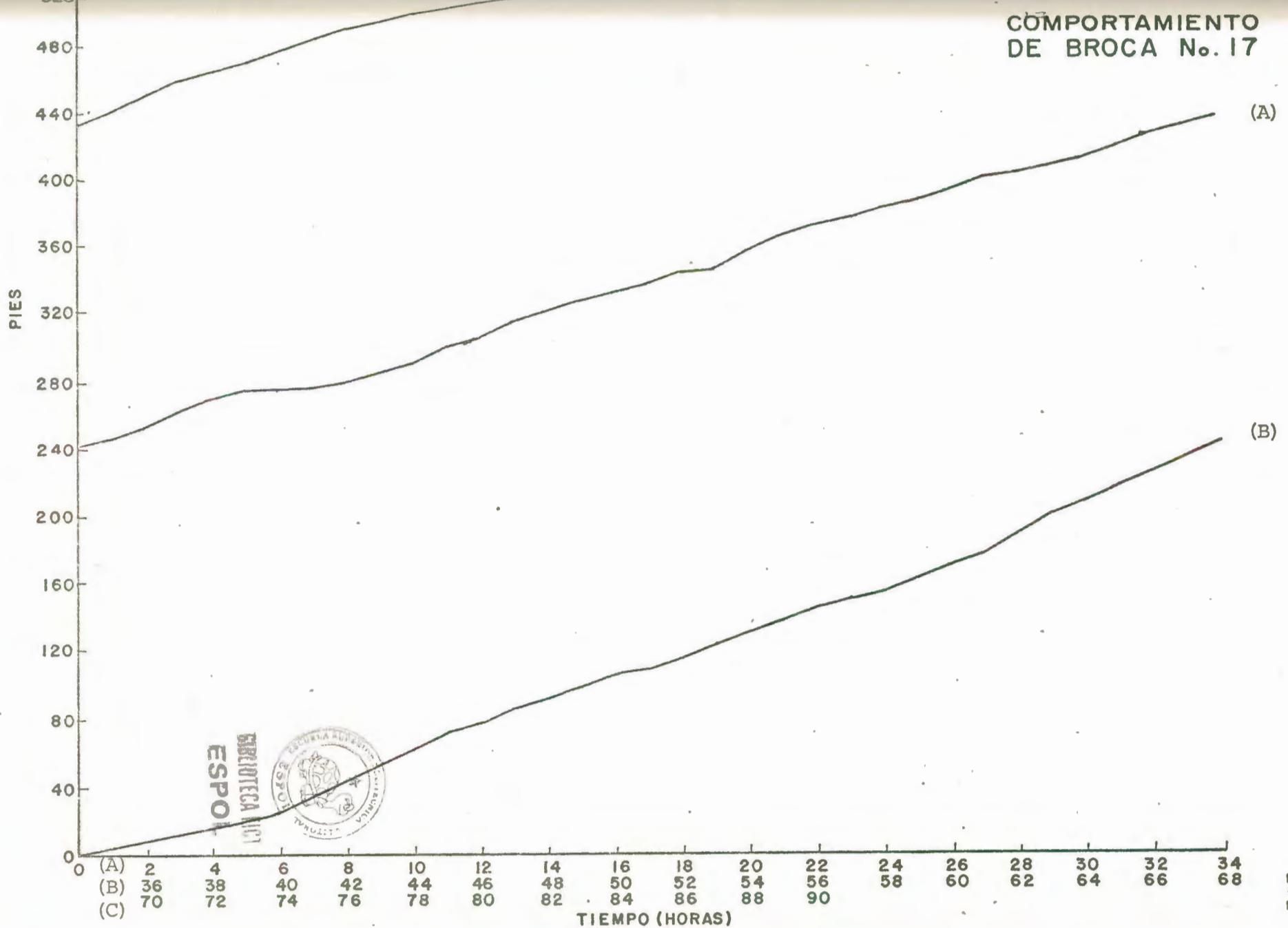
**BIBLIOTECA FIC1
ESPOL**

COMPORTAMIENTO
DE BROCA No. 17



BIBLIOTECA FIC
ESPAÑA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA

CÓMPORTAMIENTO DE BROCA No. 17



Número de Mecha:	18	Condiciones:	<u>T</u> 2	<u>B</u> 2	<u>G</u> I
Tipo de Mecha:	F-3	Horas:	83		
Prof. de Entrada:	10911 (pies)	Costo de Mecha:	17000		
Prof. de Salida:	11380 (pies)	Costo de Cabria:	1500	Costo/hora	
Pies Perforados:	469	Tiempo de Viaje:	10 horas		

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	32000			36	86000	187	460
1	33500	1	33500	37	87500	195	449
2	35000	3	11667	38	89000	202	441
3	36500	3	12167	39	90500	210	431
4	38000	7	5429	40	92000	219	420
5	39500	9	4389	41	93500	230	407
6	41000	10	4100	42	95000	240	396
7	42500	15	2833	43	96500	245	394
8	44000	20	2200	44	98000	249	394
9	45500	25	1820	45	99500	255	390
10	47000	30	1567	46	101000	261	387
11	48500	35	1386	47	102500	266	385
12	50000	41	1220	48	104000	271	384
13	51500	47	1096	49	105500	276	382
14	53000	53	1000	50	107000	282	379
15	54500	47	1096	51	108500	287	378
16	56000	62	903	52	110000	293	375
17	57800	67	858	53	111500	298	374
18	59000	73	808	54	113000	306	369
19	60500	78	776	55	114500	314	365
20	62000	81	765	56	116000	320	363
21	63500	86	738	57	117500	326	360
22	65000	92	707	58	119000	331	359.5
23	66500	97	686	59	120500	339	355
24	68000	102	667	60	122000	345	354
25	69500	108	644	61	123500	350	353
26	71000	114	623	62	125000	357	350
27	72500	121	599	63	126500	363	348
28	74000	127	583	64	128000	368	347.8
29	75500	135	559	65	129500	374	346
30	77000	143	538	66	131000	379	346
31	78500	150	523	67	132500	384	345
32	80000	157	510	68	134000	388	345
33	81500	165	494	69	135500	396	342
34	83000	173	480	70	137000	402	341
35	84500	181	467	71	138500	407	340

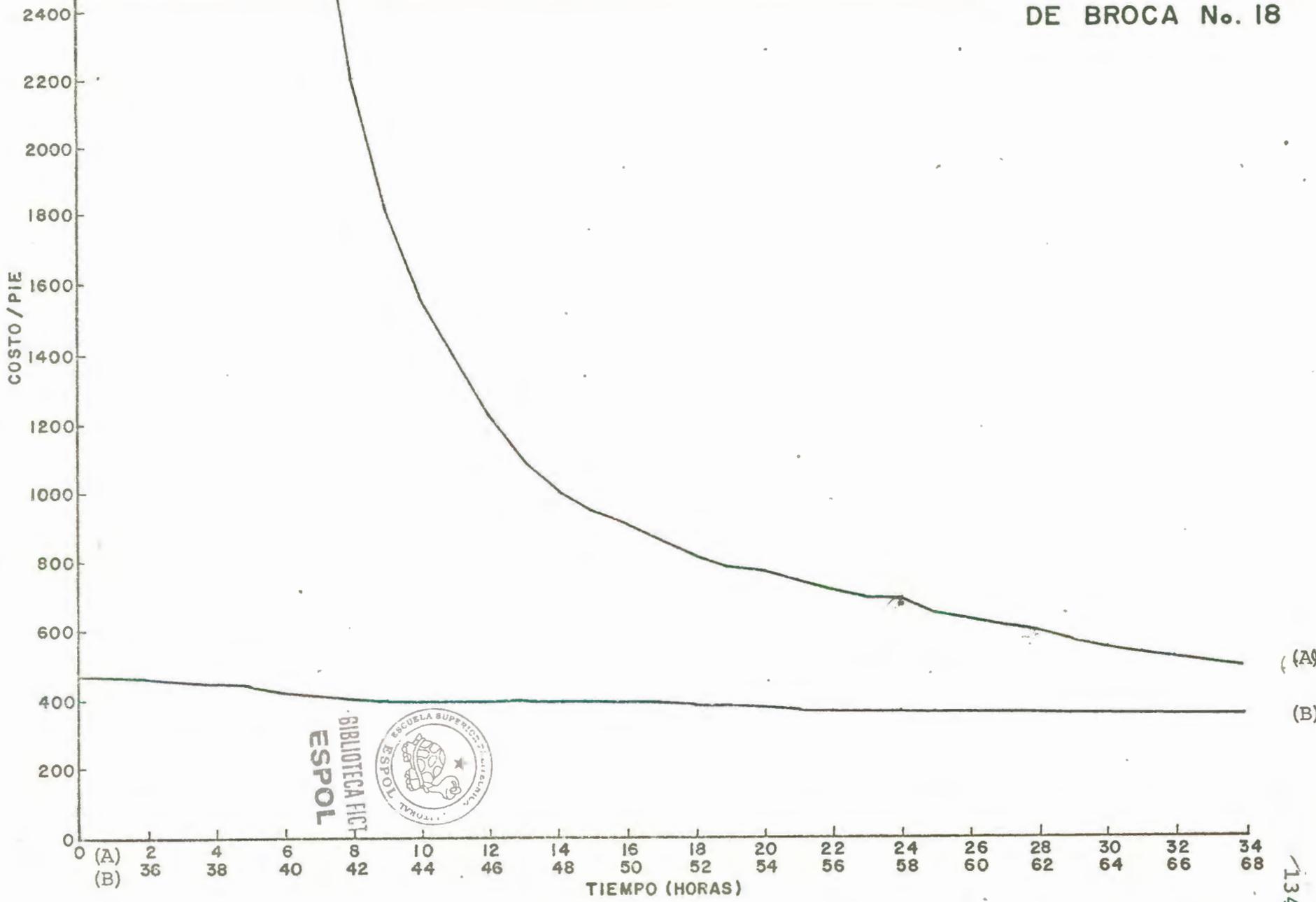


HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIE
72	140000	411	341
73	141500	417	339
74	143000	422	339
75	144500	427	338
76	146000	432	337.9
77	147500	438	336.75
78	149000	444	335.6
79	150500	449	335
80	152000	454	334.8
81	153500	459	334.4
82	155000	464	334
83	156500	468	334.4

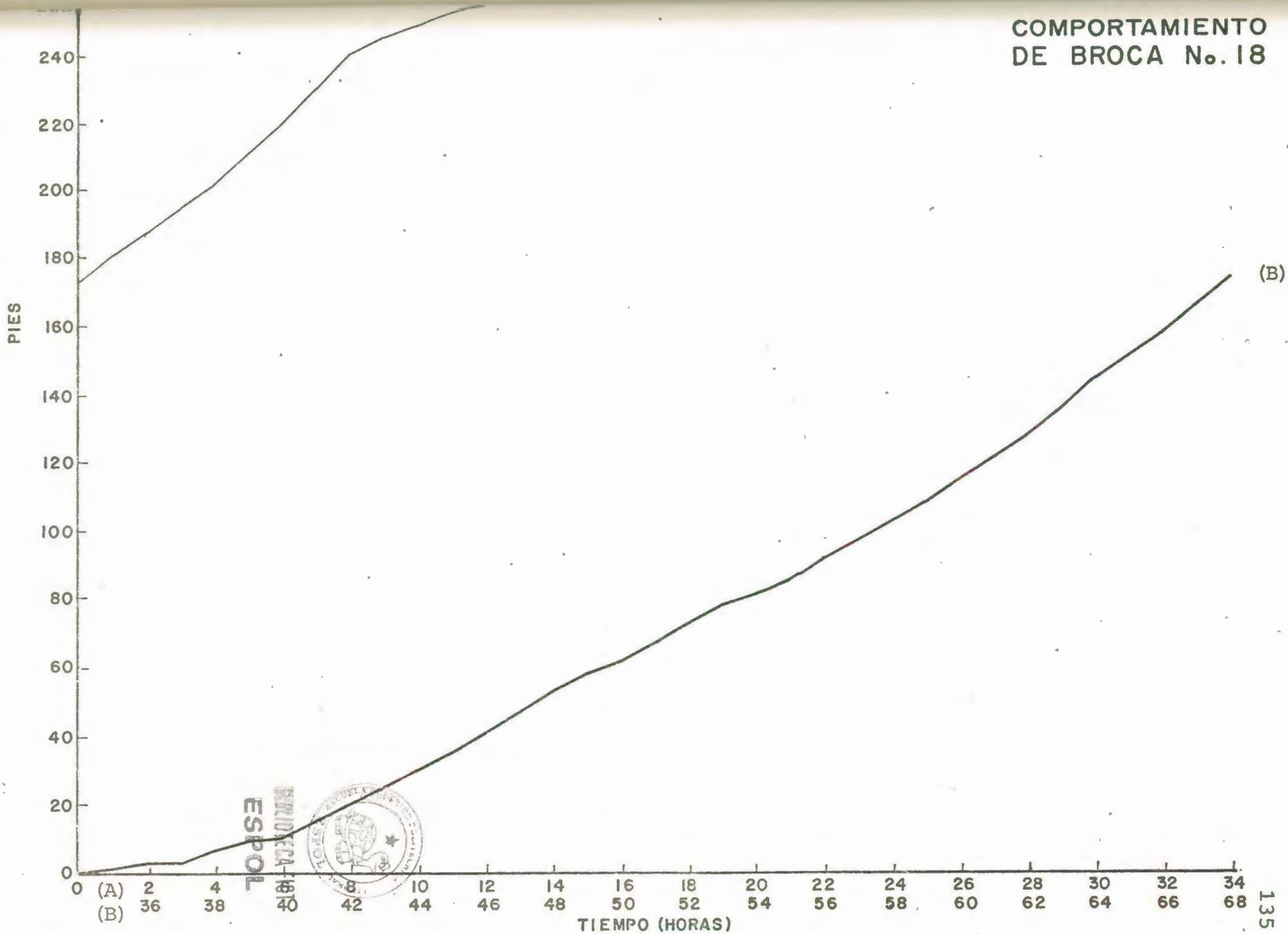


BIBLIOTECA FICT
ESPOL

COMPORTAMIENTO DE BROCA No. 18

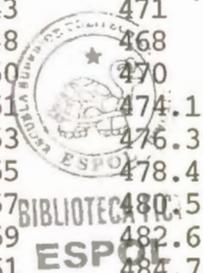


COMPORTAMIENTO DE BROCA N.º 18

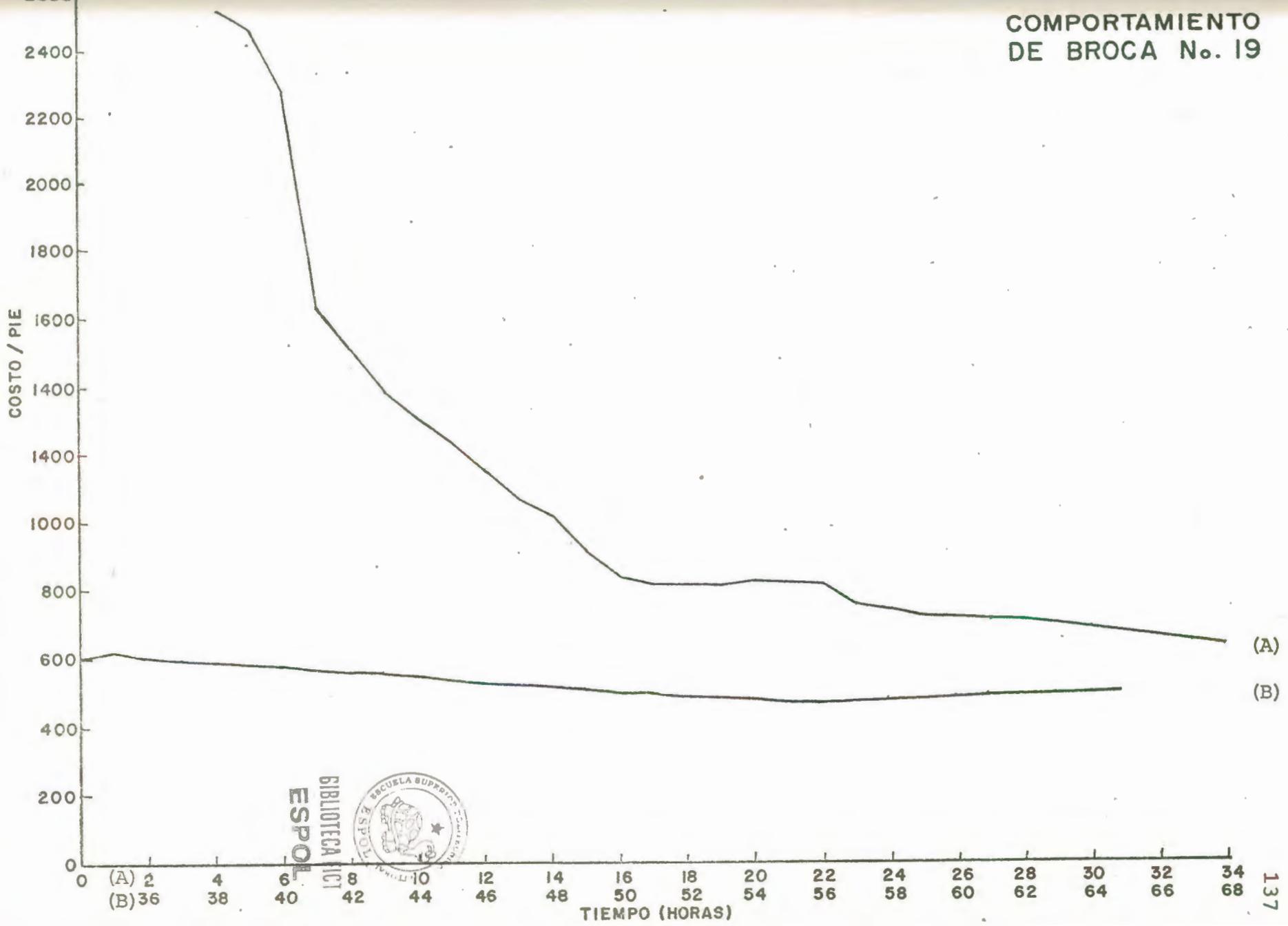


Número de Mecha:	19	Condición:	<u>T</u> 8 <u>B</u> 8 <u>G</u> 1/4
Tipo de Mecha:	FP-52	Horas:	66
Prof. de Entrada:	11379'	Costo de Mecha:	17000
Prof. de Salida:	11645'	Costo de Cabría:	1500 Costo/hora
Pies Perforados:	266	Tiempo de Viaje:	9 horas

HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIES	HORAS	COSTO	PIES	COSTO/PIES
0	30500	-	-	37	86000	143	601
1	32500	5	6400	38	87500	149	587
2	33500	6	5583	39	89000	153	582
3	35000	7	5000	40	90500	157	576
4	36500	11	3318	41	92000	161	571
5	38000	15	2533	42	93500	166	563
6	39500	16	2649	43	95000	171	556
7	41000	18	2278	44	96500	175	551
8	42500	26	1635	45	98000	182	538
9	44000	29	1517	46	99500	189	526
10	45500	33	1379	47	101000	194	521
11	47000	36	1306	48	102500	198	518
12	48500	39	1244	49	104000	204	510
13	50000	43	1163	50	105500	209	505
14	51500	48	1073	51	107000	216	495
15	53000	52	1019	52	108500	223	487
16	54500	59	924	53	110000	230	478
17	56000	66	842	54	111500	234	476
18	57500	70	821	55	113000	238	475
19	59000	72	819	56	114500	243	471
20	60500	74	818	57	116000	248	468
21	62000	75	827	58	117500	250	470
22	63500	77	825	59	119000	251	474.1
23	65000	79	823	60	120500	253	476.3
24	66500	86	762	61	122000	255	478.4
25	68000	91	747	62	123500	257	480.5
26	69500	96	724	63	125000	259	482.6
27	71000	99	717	64	126500	261	484.7
28	72500	103	704	65	128000	263	486.7
29	74000	105	705	66	129500	266	486.8
30	75500	108	699	67	131000		
31	77000	112	688	68	132500		
32	78500	116	677	69	134000		
33	80000	121	661	70	135500		
34	81500	126	647	71	137000		
35	83000	132	629				
36	84500	137	617				



COMPORTAMIENTO DE BROCA No. 19

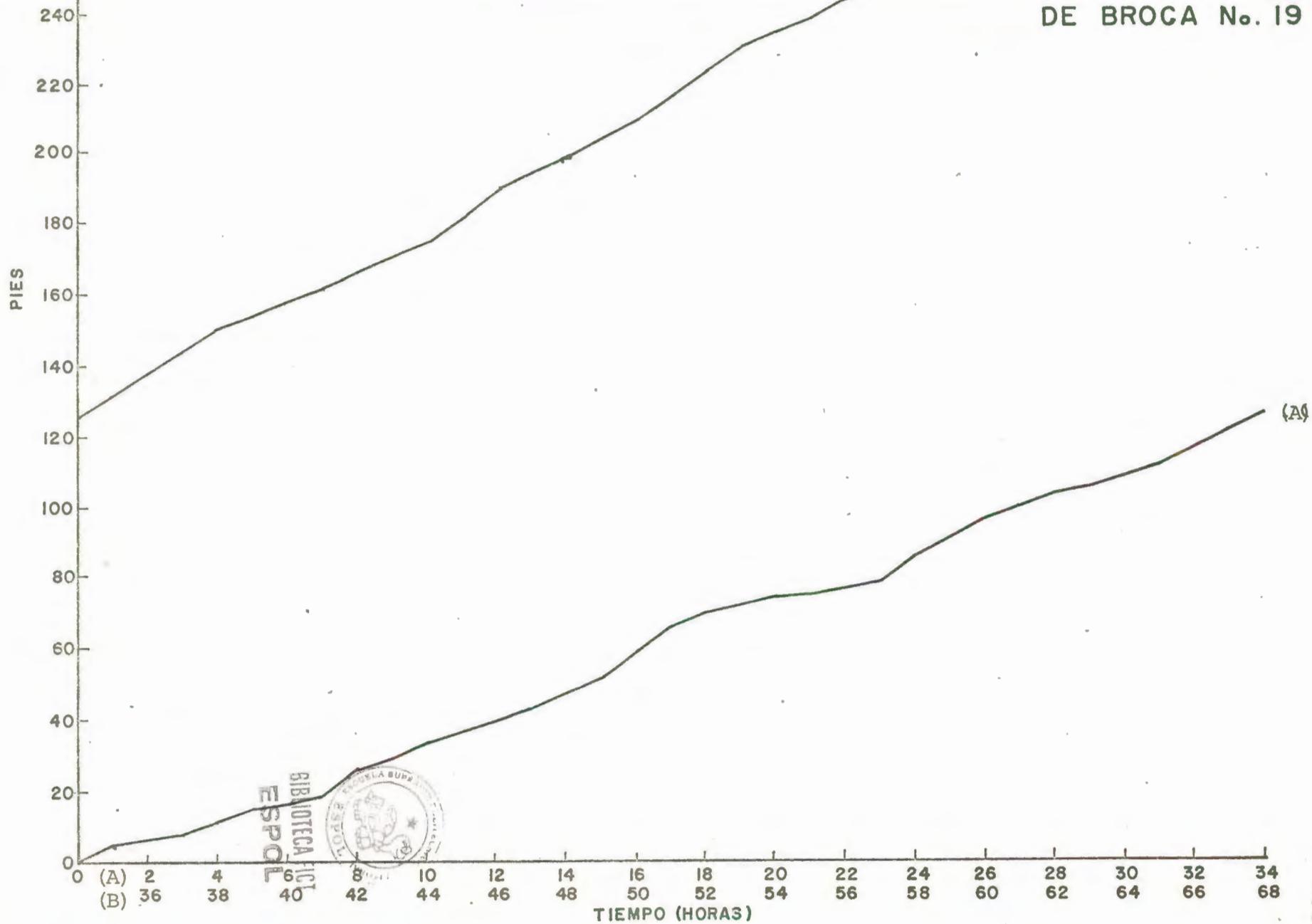


ESPOL

BIBLIOTECA

ESPOL



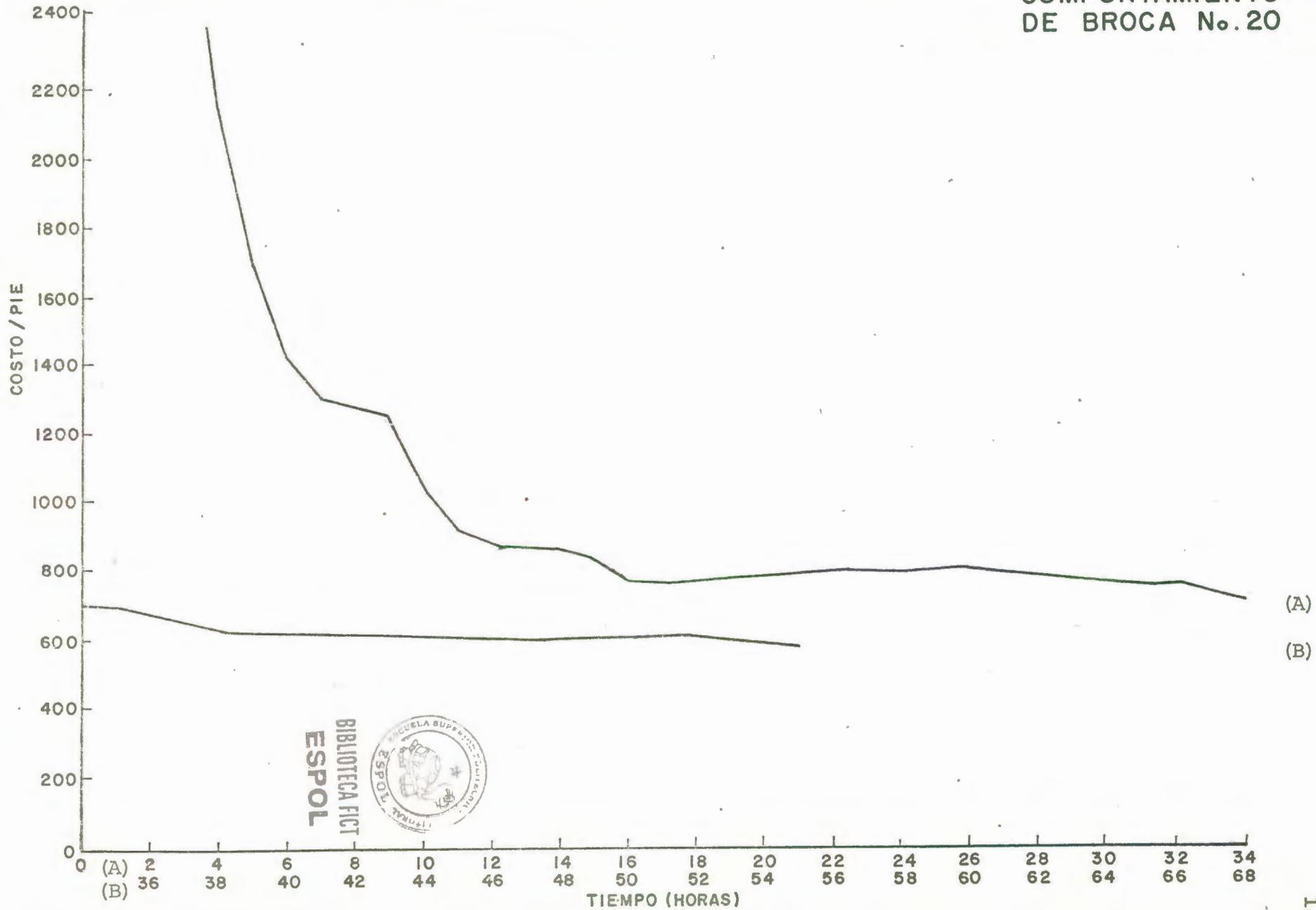


Pozo :	XY-6	Condiciones:	<u>T</u>	<u>B</u>	<u>G</u>
Mecha :	Nº 20	Pies Perforados:	7	2	0
Marca :	FP-62	Costo de Cabría:	1500 Costo/hora		
Tipo :	Reed	Tiempo de Viaje:	10 horas		
Jets :	3 de 11/32	Costo de la Mecha:	20000		
Prof. de Entrada:	11645'	Horas :	56 1/2		
Prof. de Salida :	11850'				

HORA	COSTO	PIES	COSTO/PIE	HORA	COSTO	PIES	COSTO/PIE
0	35000	-	-	24	71000	90	789
1	36500	4	9125	25	72500	91	797
2	38000	7	5429	26	74000	94	787
3	39500	13	3038	27	75500	97	778
4	41000	19	2158	28	77000	100	770
5	42500	25	1700	29	78500	104	755
6	44000	31	1419	30	80000	106	754.7
7	45500	35	1300	31	81500	108	754.6
8	47000	37	1270	32	83000	110	754.5
9	48500	39	1244	33	84500	116	728
10	50000	48	1042	34	86000	121	711
11	51500	56	920	35	87500	126	694
12	53000	60	883	36	89000	132	674
13	54500	63	865	37	90500	139	651
14	56000	65	862	38	92000	148	622
15	57500	69	833	39	93500	154	610
16	59000	78	756	40	95000	154	617
17	60500	79	765	41	96500	157	615
18	62000	81	765.4	42	98000	160	613
19	63500	82	774.4	43	99500	164	607
20	65000	84	773.8	44	101000	168	601
21	66500	85	782	45	102500	172	596
22	68000	86	791				
23	69500	88	790				



COMPORTAMIENTO DE BROCA No. 20



BIBLIOTECA FICT
ESPOL



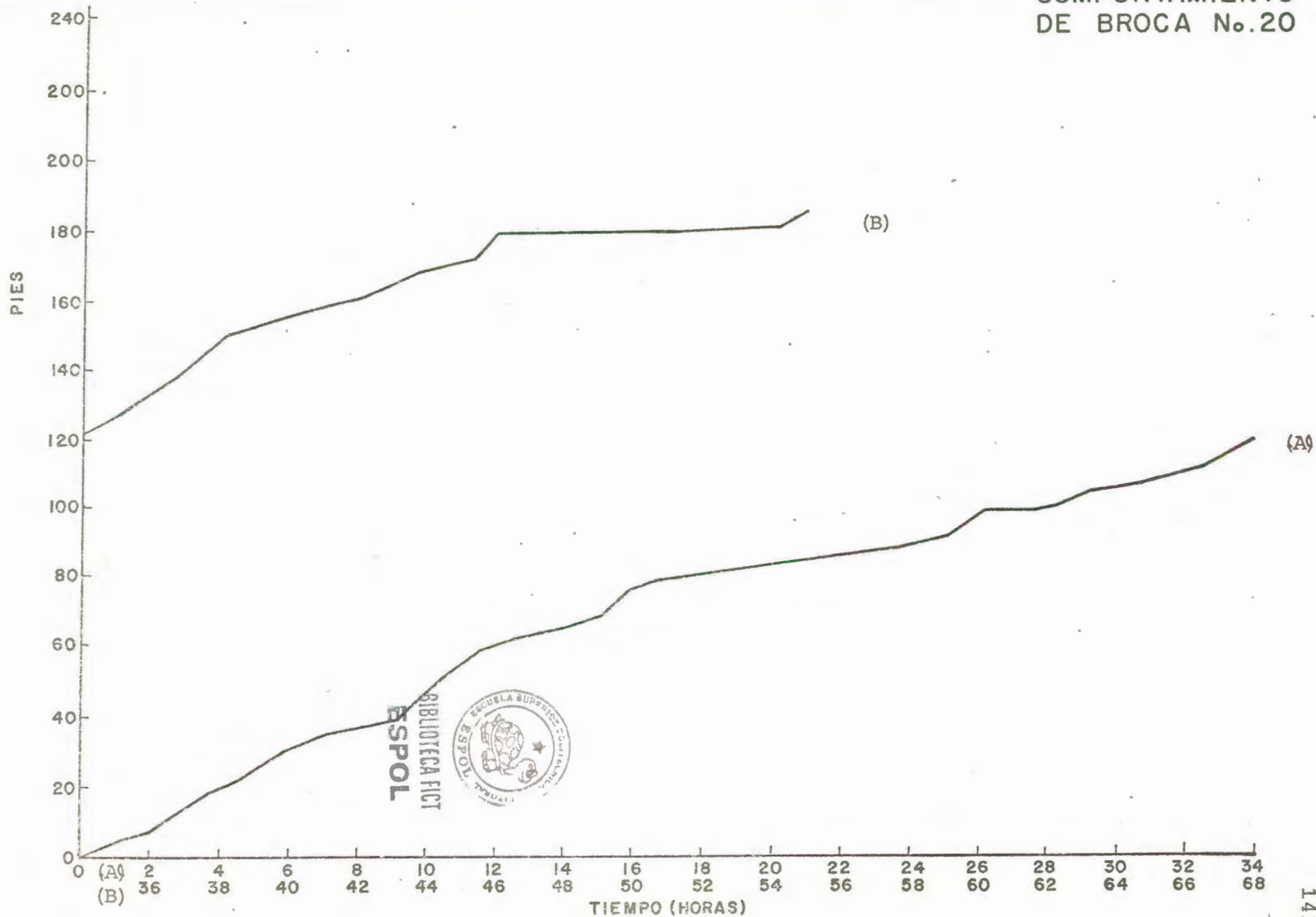


TABLA DEL AREA DE LOS JETS

DIAMETRO (Pulg.)	AREA 1 ORIFICIO	AREA TOTAL (3 Orificios)
5/16 (10/32)	0.08 Pulg ²	0.24 Pulg ²
12/32	0.11	0.33
13/32	0.13	0.39
7/16 (14/32)	0.15	0.45
1/2 (16/32)	0.20	0.60
9/16 (18/32)	0.25	0.75
5/8 (20/32)	0.31	0.93
11/16 (22/32)	0.37	1.11
3/4 (24/32)	0.44	1.32
1 (32/32)	0.785	2.35
11/32	0.0928	0.2784

Para calcular ϕ de Jets (Scott)

	HIDRAULIC IMPACT		BIT HIDRAULIC HORSEPOWER	
	$P_C = Q_O P_T$	$P_D = Q_O P_T$	$P_C = Q_O P_T$	$P_D = Q_O P_T$
2.00	0.50	0.50	0.33	0.67
1.86	0.52	0.48	0.35	0.65
1.60	0.56	0.44	0.38	0.62
1.50	0.57	0.43	0.40	0.60
1.25	0.61	0.39	0.44	0.56
1.00	0.67	0.33	0.50	0.50



Método de Scott (Mecha 3)

$$P_{T1} = 1500 \text{ Lpc} ; \text{SPM}_1 = 35 ; Q_1 = 35 \times 0.194 \times 42 = 285 \text{ GPM}$$

$$P_{T2} = 1250 \text{ Lpc} ; \text{SPM}_2 = 31 ; Q_2 = 31 \times 0.194 \times 42 = 252 \text{ GPM}$$

$$P_{T3} = 1000 \text{ Lpc} ; \text{SPM}_3 = 28 ; Q_3 = 28 \times 0.194 \times 42 = 228 \text{ GPM}$$

$$P_{T4} = 750 \text{ Lpc} ; \text{SPM}_4 = 25 ; Q_4 = 25 \times 0.194 \times 42 = 204 \text{ GPM}$$

$$\frac{0.32 \times Q}{A_n} = X$$

$$P_T = P_C + P_b \quad \therefore \quad P_C = P_T - P_b \quad P_b = 0.0091 V_n^2 \quad A_n = 0.27$$

$$V_{n1} = 1.18 \times 285 = 336.3 ; P_{b1} = 1029 \text{ Lpc} \text{ y } P_{C1} = 471 \text{ Lpc}$$

$$V_{n2} = 1.18 \times 252 = 297.4 ; P_{b2} = 804 \text{ Lpc} \text{ y } P_{C2} = 446 \text{ Lpc}$$

$$V_{n3} = 1.18 \times 228 = 269.0 ; P_{b3} = 659 \text{ Lpc} \text{ y } P_{C3} = 341 \text{ Lpc}$$

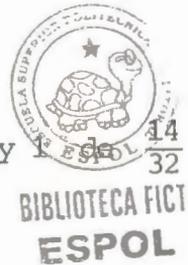
$$V_{n4} = 1.18 \times 204 = 240.7 ; P_{b4} = 527 \text{ Lpc} \text{ y } P_{C4} = 223 \text{ Lpc}$$

1. Máximo Impacto Hidráulico

$$P_C = 0.5 P_T = 0.5 \times 1500 = 750 \text{ Lpc} \quad \therefore \quad P_b = 750 \text{ Lpc} \text{ y } Q_{opt} = 320 \text{ GPM}$$

$$V_n = \sqrt{\frac{1120 \times 750}{10.1}} = 288.4 \frac{\text{pies}}{\text{min.}}$$

$$A_n = \frac{0.32 \times 320}{288.4} = 0.355 \quad 1 \text{ Jet de } \frac{11}{32} \cdot 1 \text{ de } \frac{12}{32} \text{ y } \frac{14}{32}$$



2. Máxima Pérdida de Presión en la Mecha

$$P_C = 0.33 \times P_T = 0.33 \times 1500 = 495 \text{ Lpc} \quad \therefore \quad P_b = 1005 \text{ Lpc} \text{ y } Q_{opt} = 275 \text{ GPM}$$

$$V_n = \sqrt{\frac{1120 \times 7005}{10.1}} = 333.83 \frac{\text{Pies}}{\text{min.}}$$

$$A_n = \frac{0.32 \times 275}{333.83} = 0.2636 \quad 1 \text{ Jet de } \frac{10}{32} \text{ y 2 de } \frac{11}{32}$$

$$P_C = 0.4 \quad P_T = 0.4 \times 1500 = 600 \text{ Lpc} \quad P_b = 900 \text{ Lpc} \quad \text{y } Q_{opt} = 295 \text{ GPM}$$

$$V_n = \sqrt{\frac{1120 \times 900}{10.1}} = 316.0 \frac{\text{Pies}}{\text{min.}}$$

$$A_n = \frac{0.32 \times 295}{316} = 0.2988 \quad 2 \text{ Jet de } \frac{11}{32} \text{ y 1 de } \frac{12}{32}$$

Método de Power Law

$$Q = 285 ; (285)^{1.8} = 26225.3 \quad \text{Profundidad: } 4292' + 800' = 5092'$$

$$\rho = 10.1 ; (10.1)^{0.8} = 6.36 \quad \text{Long Drill Pipe: } 4552'$$

$$PV = 23 ; (23)^{.2} = 1.87 \quad \text{Long Drill Collar: } 540'$$

$$YP = 16$$

$$\theta_{300} = 23 + 23 + 16 = 39 ; \quad \theta_{600} = 39 + 23 = 62$$

$$n = 3.32 \text{ Log } 62/39 = 0.67$$

$$K = 39/511^{0.67} = 0.597$$

1. Caída de presión en el interior del drill pipe

$$\Delta P = \frac{7.7 \times 10^{-5} \times 6.36 \times 26225.3 \times 1.87 \times 4552}{1069} = 102.26 \text{ Lpc}$$



2. Caída de presión en el interior del drill collar

$$\Delta P = \frac{7.7 \times 10^{-5} \times 6.36 \times 26225.3 \times 1.87 \times 540}{159} = 81.56 \text{ Lpc}$$

3. Caída de presión en el espacio anular entre "drill pipe-hoyo"

$$V_a = \frac{285 \times 24.49}{75} = 93.06 \frac{\text{pies}}{\text{min.}}$$

$V_{ca} > V_a$ Flujo laminar

$$V_{ca} = 331 \left[\frac{2.4}{5} \times 1.16 \right]^{0.50} = 247 \frac{\text{pies}}{\text{min.}}$$

$$\Delta P = \left[\frac{2.4}{5} \times 93.06 \times 1.16 \right]^{0.67} \times \frac{0.597 \times 4552}{300 \times 5} = 25.51 \text{ Lpc}$$

4. Caída de presión en el espacio anular entre "drill collar-hoyo"

A. 7 pulgadas

$$V_a = \frac{285 \times 24.49}{51} = 136.8 \frac{\text{pies}}{\text{min.}}$$

$V_{ca} > V_a$ Flujo Laminar

$$V_{ca} = 331 \left[\frac{2.4}{3} \times 1.16 \right]^{0.5} = 318.8 \frac{\text{pies}}{\text{min.}}$$

$$\Delta P = \left[\frac{2.4}{3} \times 136.8 \times 1.16 \right]^{0.67} \times \frac{0.597 \times 186}{300 \times 3} = 3.16 \text{ Lpc}$$

B. 6 $\frac{3}{4}$ pulgadas

$$V_a = \frac{285 \times 24.49}{54.43} = 128.23 \text{ Laminar}$$

$$\Delta P = \left[\frac{2.4 \times 128.23 \times 1.16}{3.25} \right]^{0.67} \times \frac{0.597 \times 354}{300 \times 3.25} = 5.05 \text{ Lpc}$$

Caída de presión en el sistema excluyendo la mecha

$$P_C = 5.05 + 3.16 + 25.51 + 81.56 + 102.26 + 30 = 247.5 \text{ Lpc}$$

$$P_D = 1500 - 247.5 = 1252.5 \text{ Lpc}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$V_n = \sqrt{\frac{1120 \times 1252.5}{10.1}} = 372.7 \frac{\text{pies}}{\text{min.}}$$

$$A_n = \frac{0.32 \times 285}{372.7} = 0.2447 \quad 3 \text{ Jet de } \frac{10}{32}$$



BIBLIOTECA FICTICIA
ESPOL

METODO DE SCOTT

MAXIMO

IMPACTO

HIDRAULICO

No. de Mecha	Pc (lpc)	Pb (lpc)	Qopt. (GPM)	Vn (pie/min)	An (pulg.)	Diámetro de los Jet (pulgada) (1/32)		
4	1000	1000	460	338.0	0.4355	13	14	14
5	750	750	540	289.8	0.5962	11	18	18
6	1000	1000	430	336.3	0.4091	13	13	14
7	1250	1250	560	376.0	0.4766	11	13	18
8	1250	1250	360	374.2	0.3677	10	13	14
9	1000	1000	420	331.0	0.4205	10	11	18
10	1000	1000	330	331.0	0.3190	11	12	12
11	1000	1000	460	333.0	0.4420	12	13	16
12	750	750	320	287.0	0.3568	12	12	13
13	1000	1000	390	331.0	0.3770	12	13	13
14	1000	1000	380	331.0	0.3673	10	13	14
15	750	750	360	287.0	0.4014	13	13	13
16	1000	1000	450	331.0	0.4350	13	14	14
17	1000	1000	345	331.0	0.3330	12	12	12
18	1000	1000	440	331.0	0.4253	11	13	16
19	1000	1000	380	331.0	0.3670	10	13	14
20	1000	1000	330	331.4	0.3180	11	12	12

BIBLIOTECA FICT ESPOL



M A X I M A P E R D I D A D E P R E S I O N E N L A M E C H A

METODO DE SCOTT	No. de Mecha	Pc (lpc.)	Pb (lpc.)	Qopt. (GPM)	Vn (Pie/Min)	An. (Pulg.)	Diámetro de los Jet (1/32)		
	4	600	1340	390	391.3	0.3189	11	12	12
800		1200	420	370.3	0.3629	10	13	14	
5	495	1005	450	335.5	0.4292	13	14	14	
	600	900	490	317.5	0.4938	11	16	16	
6	660	1340	390	389.4	0.3205	10	12	13	
	800	1200	410	368.4	0.3561	11	13	13	
7	825	1675	480	435.3	0.3528	11	13	13	
	1000	1500	520	412.0	0.4039	11	14	14	
8	825	1675	330	433.1	0.2733	11	11	11	
	1000	1500	340	409.9	0.3122	10	10	14	
9	660	1340	370	383.5	0.3421	10	12	14	
	800	1200	400	363.0	0.3702	12	12	14	
10	660	1340	295	383.5	0.2461	10	10	10	
	800	1200	315	363.0	0.2777	11	11	11	
11	660	1340	420	385.5	0.3486	12	12	13	
	800	1200	440	364.8	0.3859	13	13	13	
12	495	1005	260	332.2	0.2504	10	10	11	
	600	900	280	314.4	0.2850	10	11	12	
13	660	1340	360	383.5	0.3004	10	12	12	
	800	1200	375	363.0	0.3305	12	12	12	

BIBLIOTECA FIC1



ESPOL

MAXIMA PERDIDA DE PRESION EN LA MECHA

No. de Mecha	Pc (lpc.)	Pb (lpc.)	Qopt. (GPM)	Vn (Pie/Min)	An (Pulg.)	Diámetro de los Jet (Pulgada) (1/32)		
14	660	1340	345	383.5	0.2878	10	11	12
	800	1200	365	363.0	0.3217	11	11	13
15	495	1005	320	332.0	0.3084	11	11	12
	600	900	340	314.0	0.3465	10	13	13
16	660	1340	355	383.5	0.2962	11	11	12
	800	1200	400	363.0	0.3526	11	13	13
17	660	1340	320	383.5	0.2670	10	11	11
	800	1200	330	363.0	0.2910	11	11	12
18	660	1340	370	383.5	0.3087	12	12	14
	800	1200	400	363.0	0.3026	12	12	14
19	660	1340	330	383.5	0.2753	10	10	11
	800	1200	360	363.0	0.3173	11	11	11
20	660	1340	290	383.6	0.2420	10	10	10
	800	1200	310	363.0	0.2730	11	11	11

BIBLIOTECA FICT
ESPOL



METODO DE POWER LAW

No. de Mecha	Q (GPM)	Densidad (lbs/gal.)	P.V.	Y.P	Profund. (Pies)	Long. D. Pipe (Pies)	Long. D. Collar (pies)	Caída de Pres. en D.Pipe (lpc)
4	326	9.8	20	15	5762	5099	663	138.6
5	293	10.0	22	15	6032	5369	663	124.4
6	342	9.9	21	15	6495	5832	663	176.2
7	389	9.9	20	15	6497	5834	663	219.8
8	367	10.0	22	17	6767	6105	662	212.2
9	372	9.8	21	12	7163	6501	662	226.3
10	326	10.2	25	15	7792	7135	657	208.7
11	366	10.1	25	15	8427	7770	657	277.5
12	285	10.2	25	15	8627	7871	756	180.8
13	334	10.1	23	17	9144	8388	756	234.7
14	334	10.2	22	16	9063	8306	757	231.5
15	293	10.2	24	16	9801	9045	756	217.0
16	334	10.2	25	15	10339	9853	756	301.1
17	326	10.2	24	17	10905	10149	756	295.0
18	326	10.2	24	16	11311	10555	756	306.8
19	318	10.2	22	16	11679	10923	756	297.0
20	318	10.2	23	15	11845	11089	756	305.4

BIBLIOTECA FIC:
ESPOL



METODO DE POWER LAW

Caída de Presión en D.Collar (lpc)	Caída de Presión Hoyo-D.Pipe (lpc)	Caída de Presión Hoyo-D. Collar (lpc)		Pc (lpc)	Pb (lpc)
121.2	29.7	4.38	6.02	330.0	1670
103.3	29.1	4.15	5.67	297.0	1203
134.6	35.1	4.56	6.24	387.0	1613
168.0	46.5		14.62	479.0	2021
154.7	47.7		15.40	460.0	2040
154.9	38.4		15.72	465.0	1535
129.2	41.6	4.59	6.17	420.0	1580
157.7	48.0	4.80	6.61	525.0	1475
116.7	41.9	4.18	6.97	381.0	1119
142.1	68.1		17.08	492.0	1508
142.2	63.3		16.16	483.0	1517
121.9	52.1	4.44	7.42	433.0	1067
155.3	58.6	4.67	7.79	557.0	1443
147.7	66.3	4.98	8.38	553.0	1447
147.7	65.0	4.76	8.00	562.0	1438
138.0	69.8	4.83	8.11	548.0	1452
140.0	62.7	4.43	7.42	551.0	1449

BIBLIOTECA FICT
ESPOL



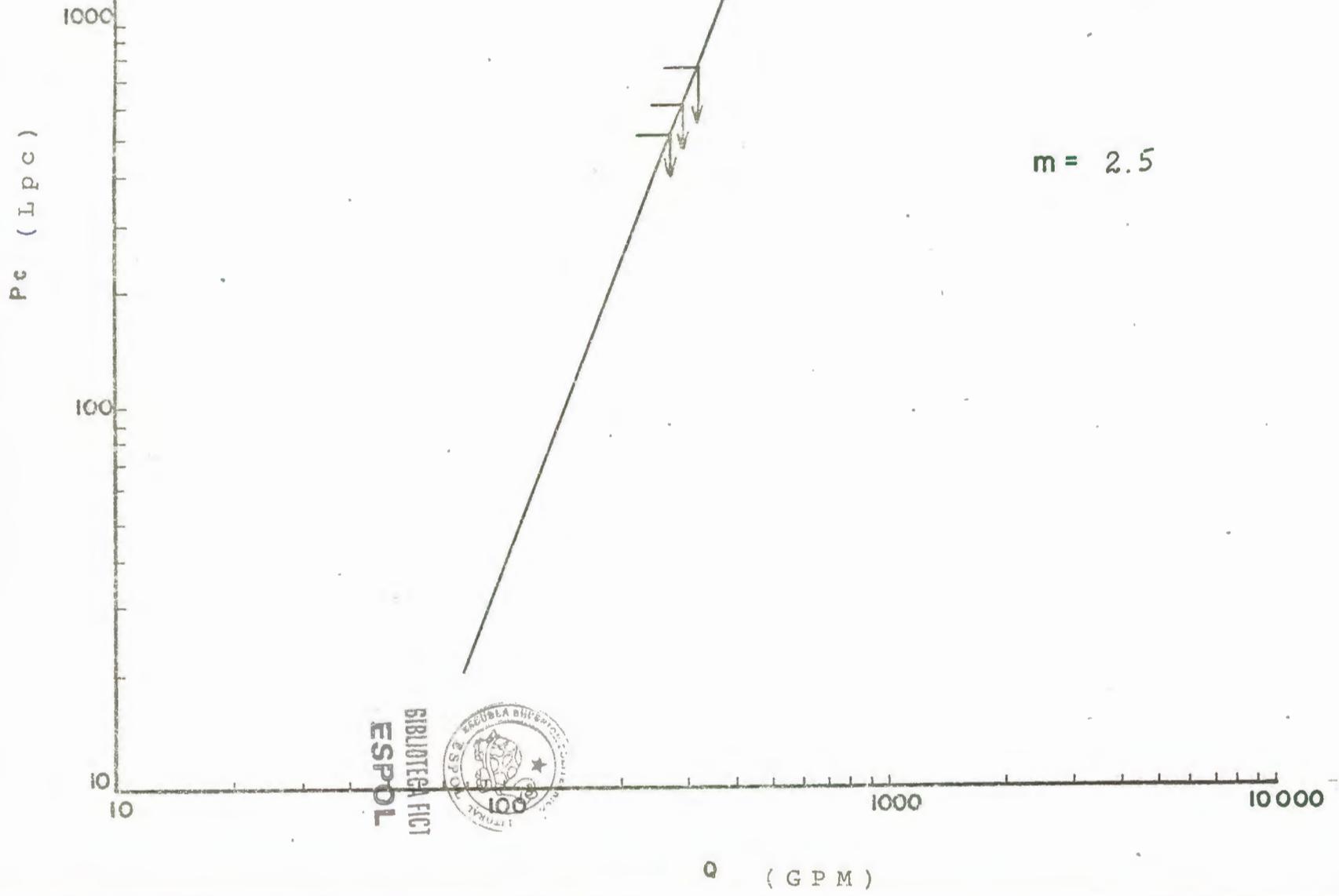
METODO DE POWER LAW

Vn (Pies/Min.)	An (Pulgada)	Diámetro de los Jet (Pulgadas) (1/32)		
437	0.2387	10	10	10
367	0.2554	10	10	11
427	0.2561	10	10	11
478	0.2604	10	11	11
478	0.2457	10	10	10
419	0.2842	10	11	12
416	0.2505	10	10	11
404	0.2899	10	11	12
350	0.2601	10	10	11
409	0.2614	10	11	11
408	0.2618	10	11	11
342	0.2740	11	11	11
398	0.2685	10	10	12
399	0.2616	10	11	11
397	0.2620	10	11	11
399	0.2546	10	10	11
399	0.2549	10	10	11

BIBLIOTECA FIC I
ESPOL

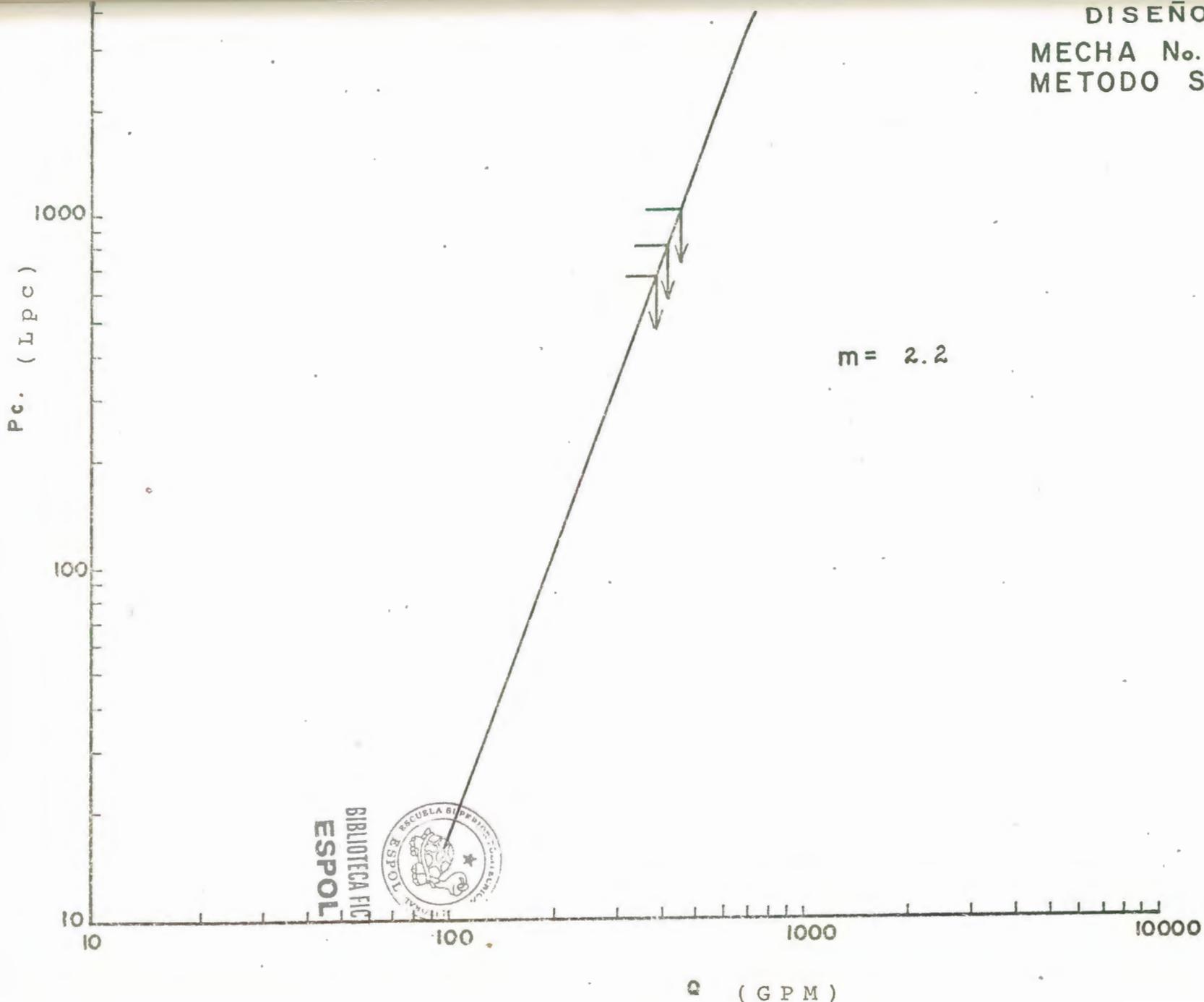


DISEÑO
MECHA No. 3
METODO SCOTT

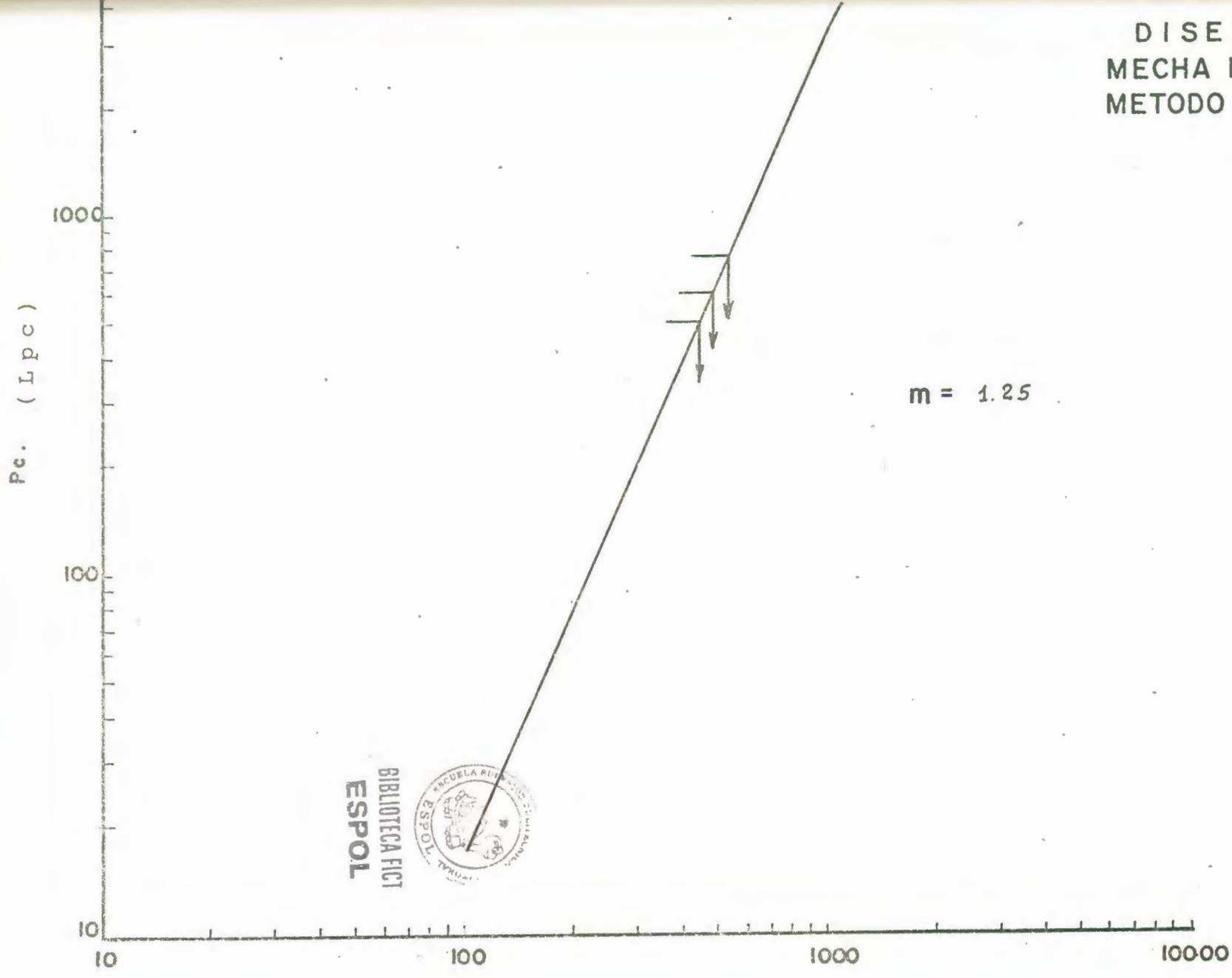


BIBLIOTECA FIC I
ESPOL

DISEÑO
MECHA No. 4
METODO SCOTT

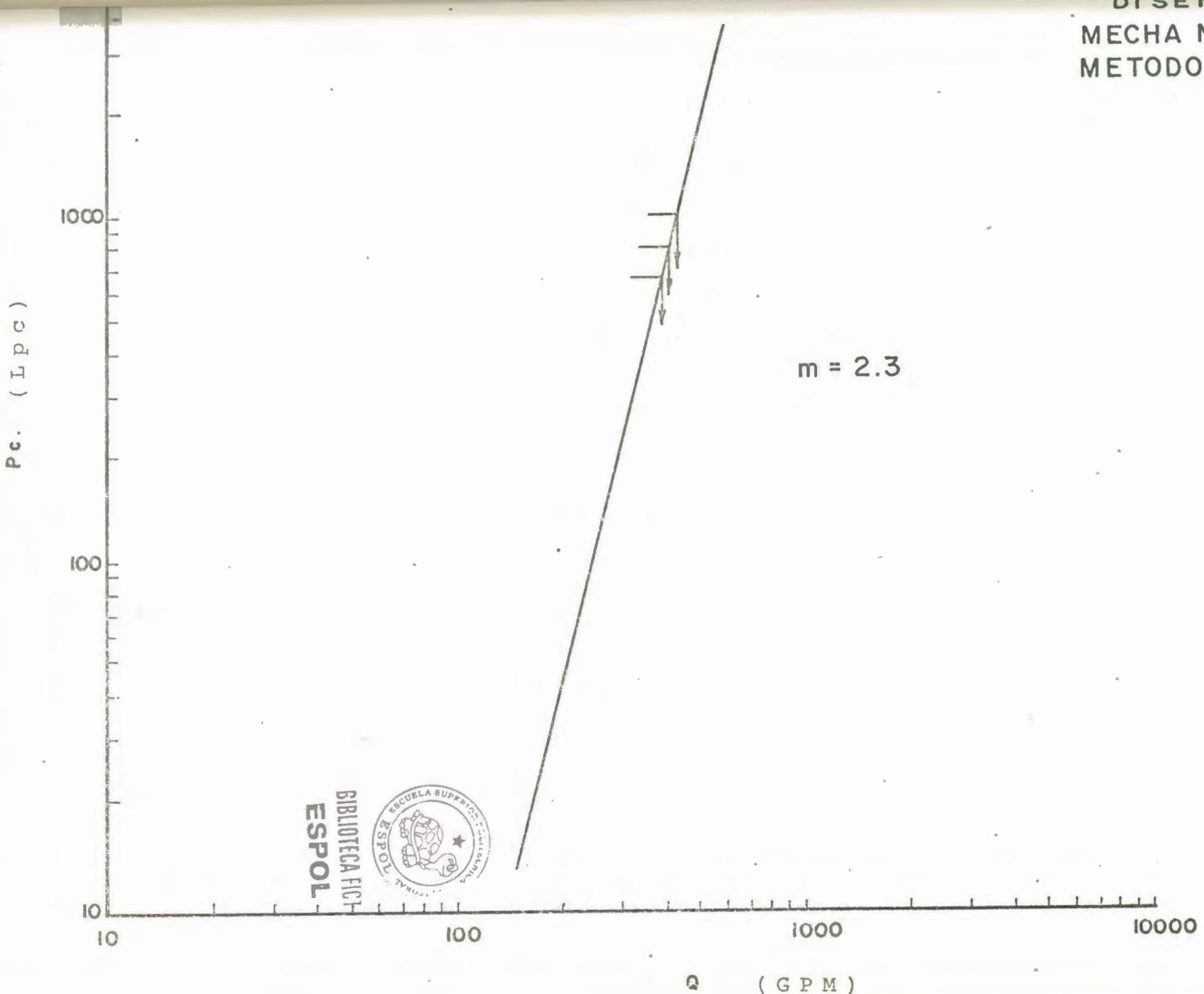


DISEÑO
MECHA No. 5
METODO SCOTT



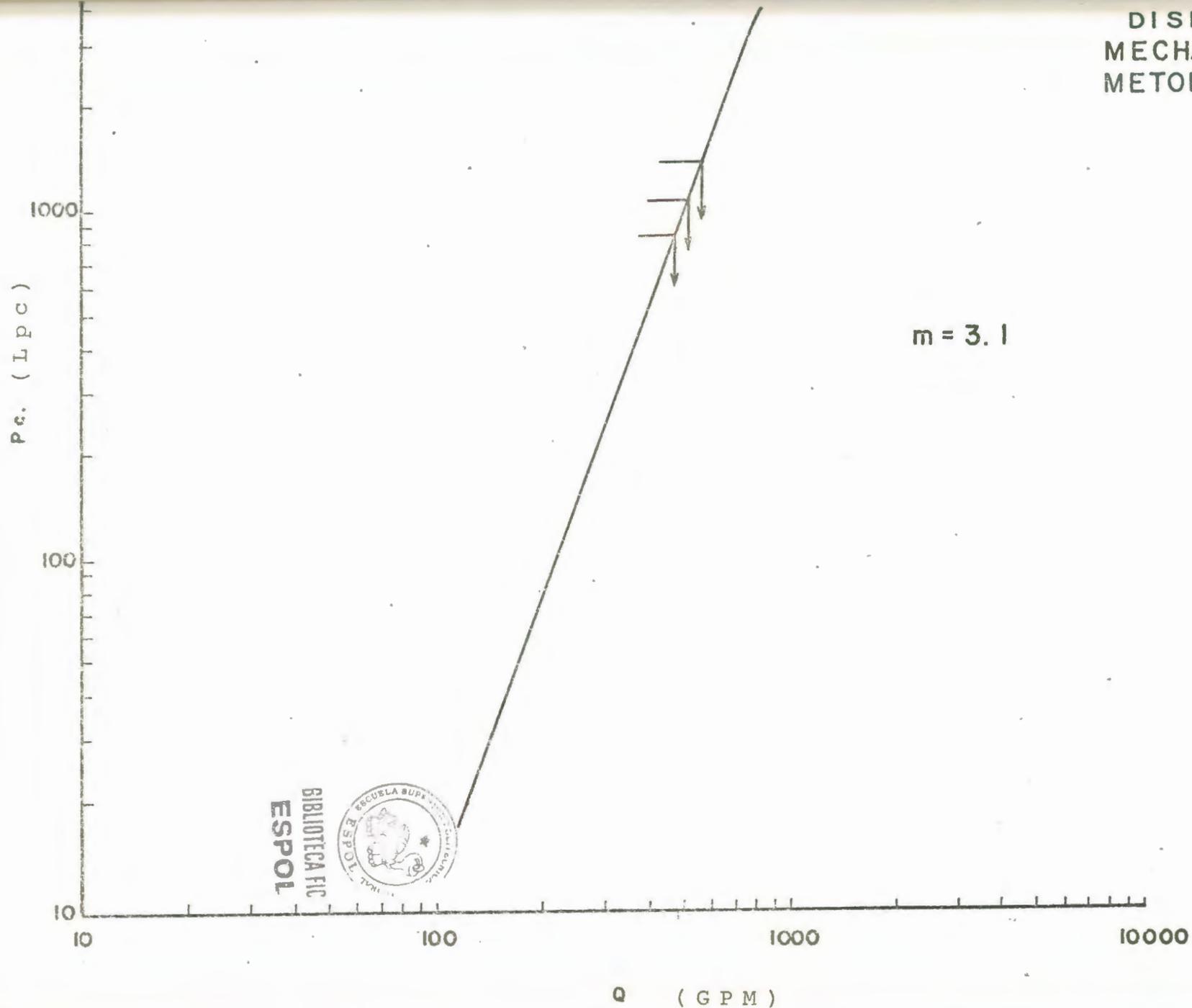
BIBLIOTECA FIC1
ESPOL





BIBLIOTECA FICHT
ESPOL

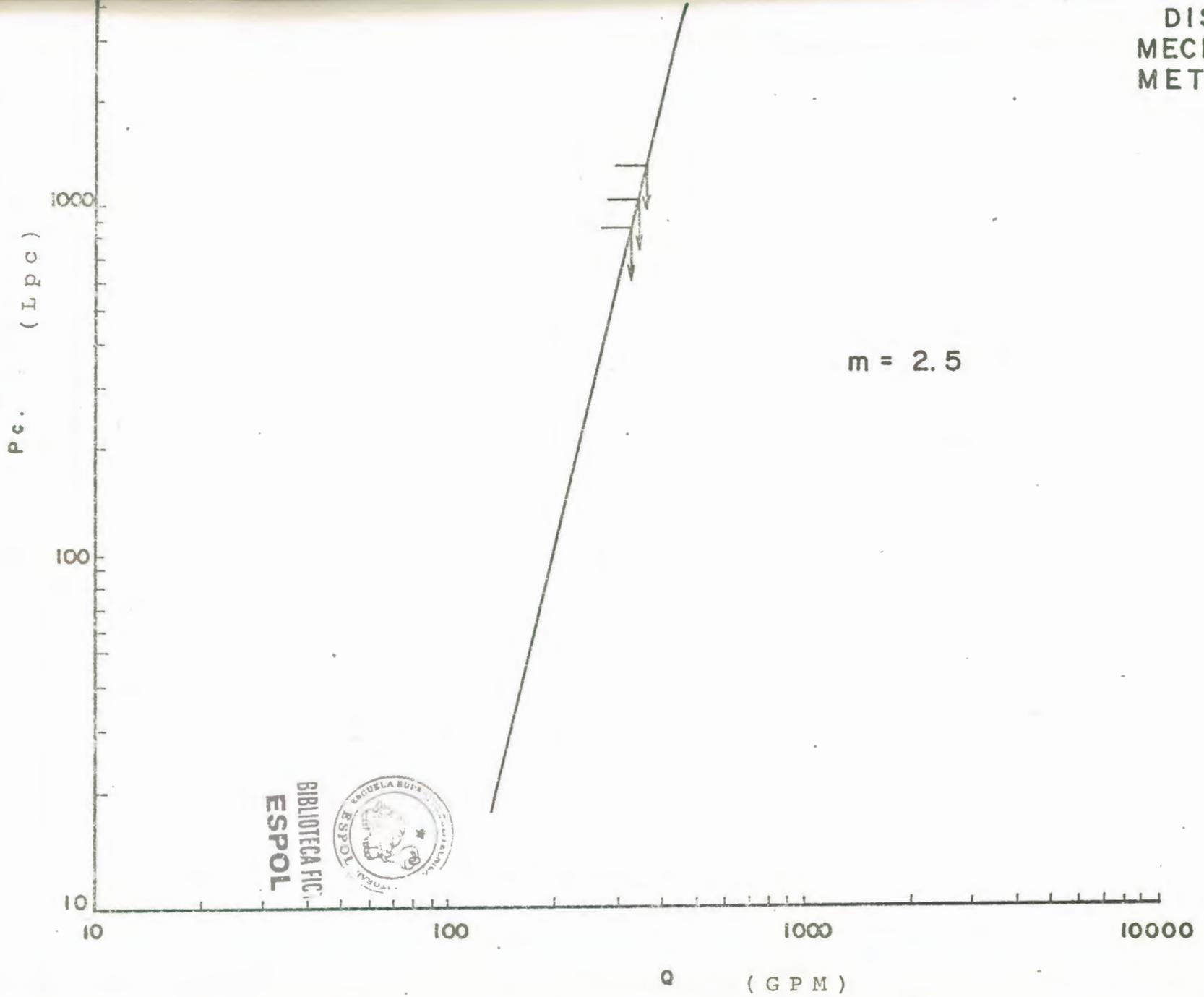


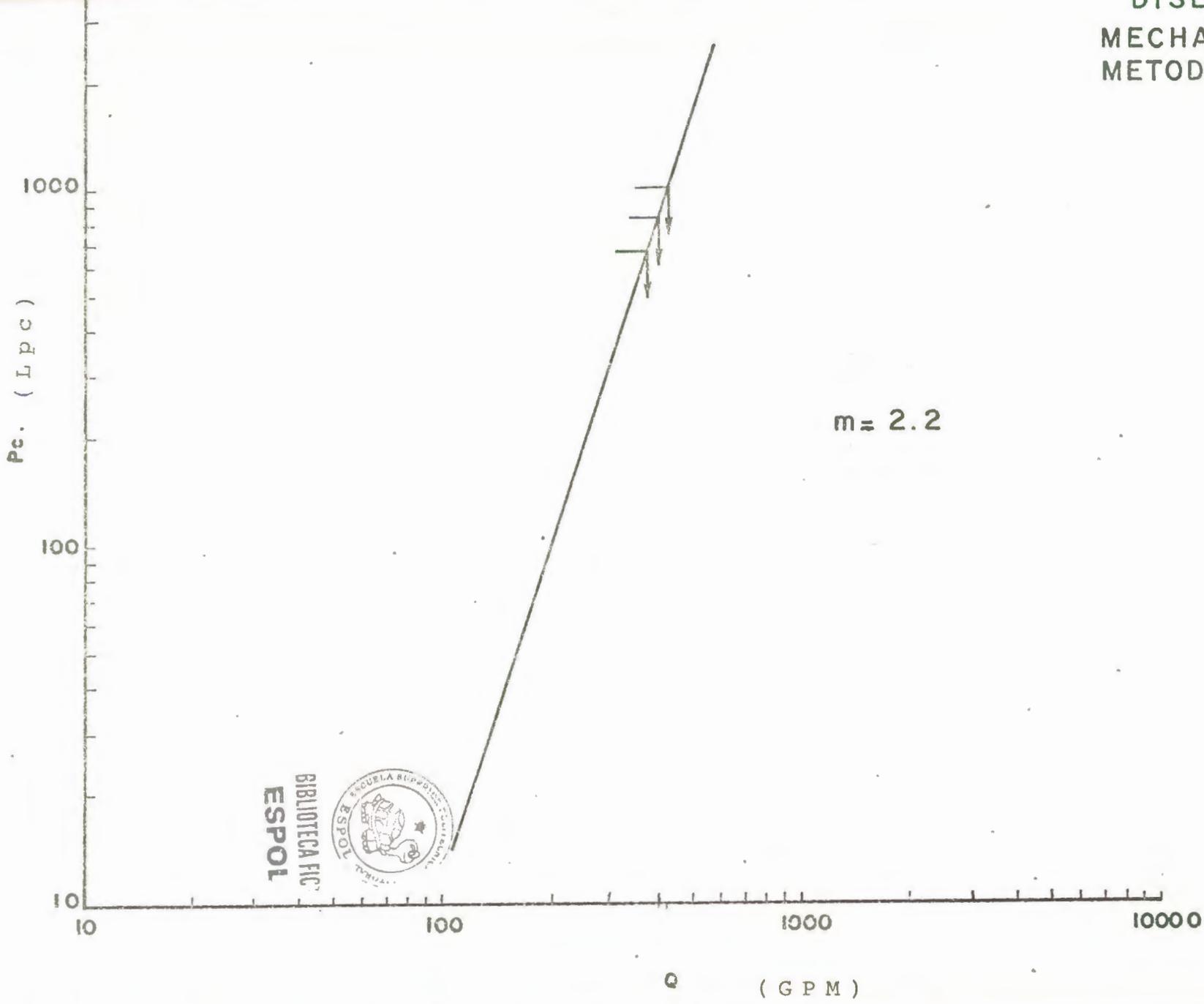


BIBLIOTECA FIC
ESPOL

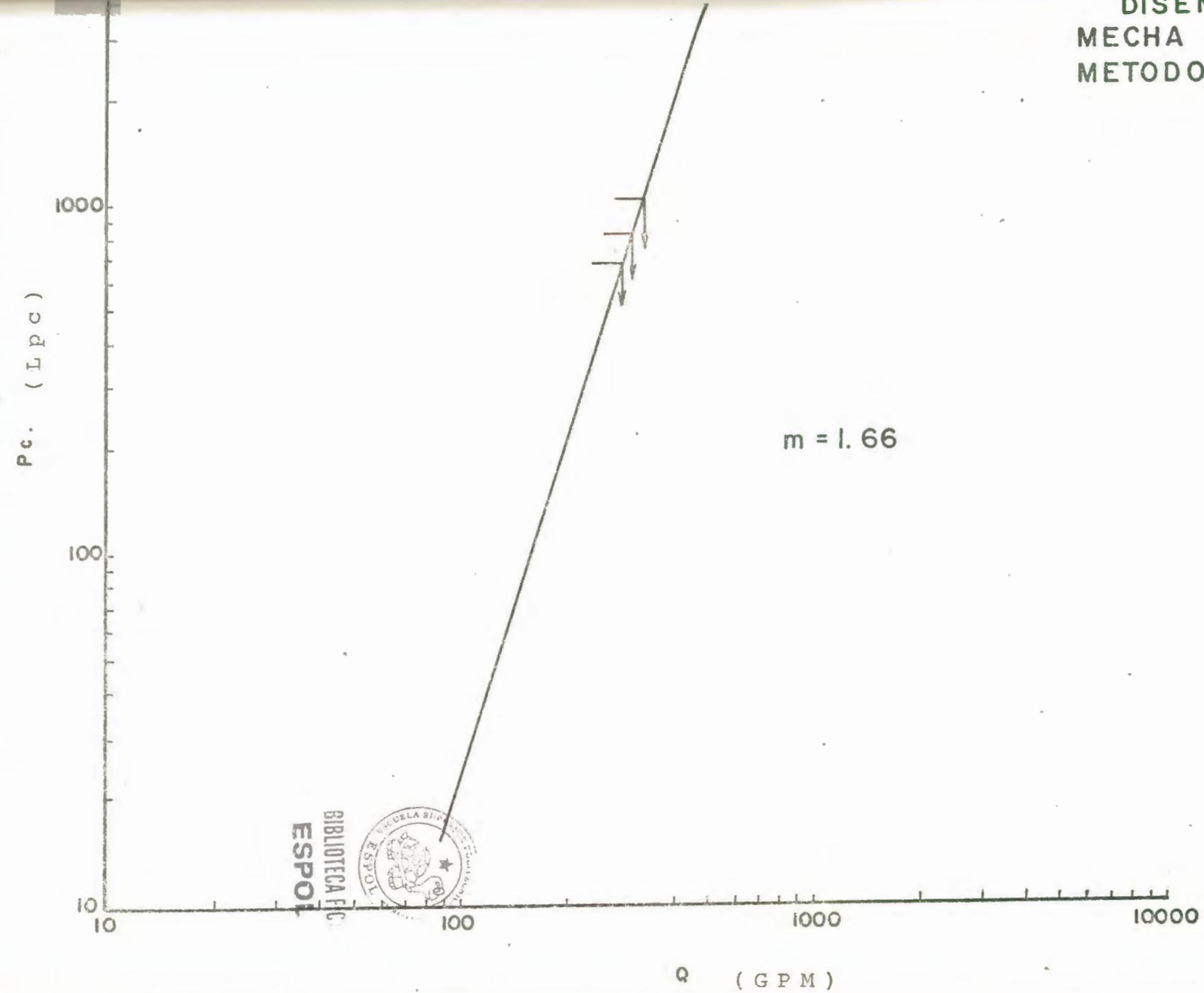


DISEÑO
MECHA No. 8
METODO SCOTT





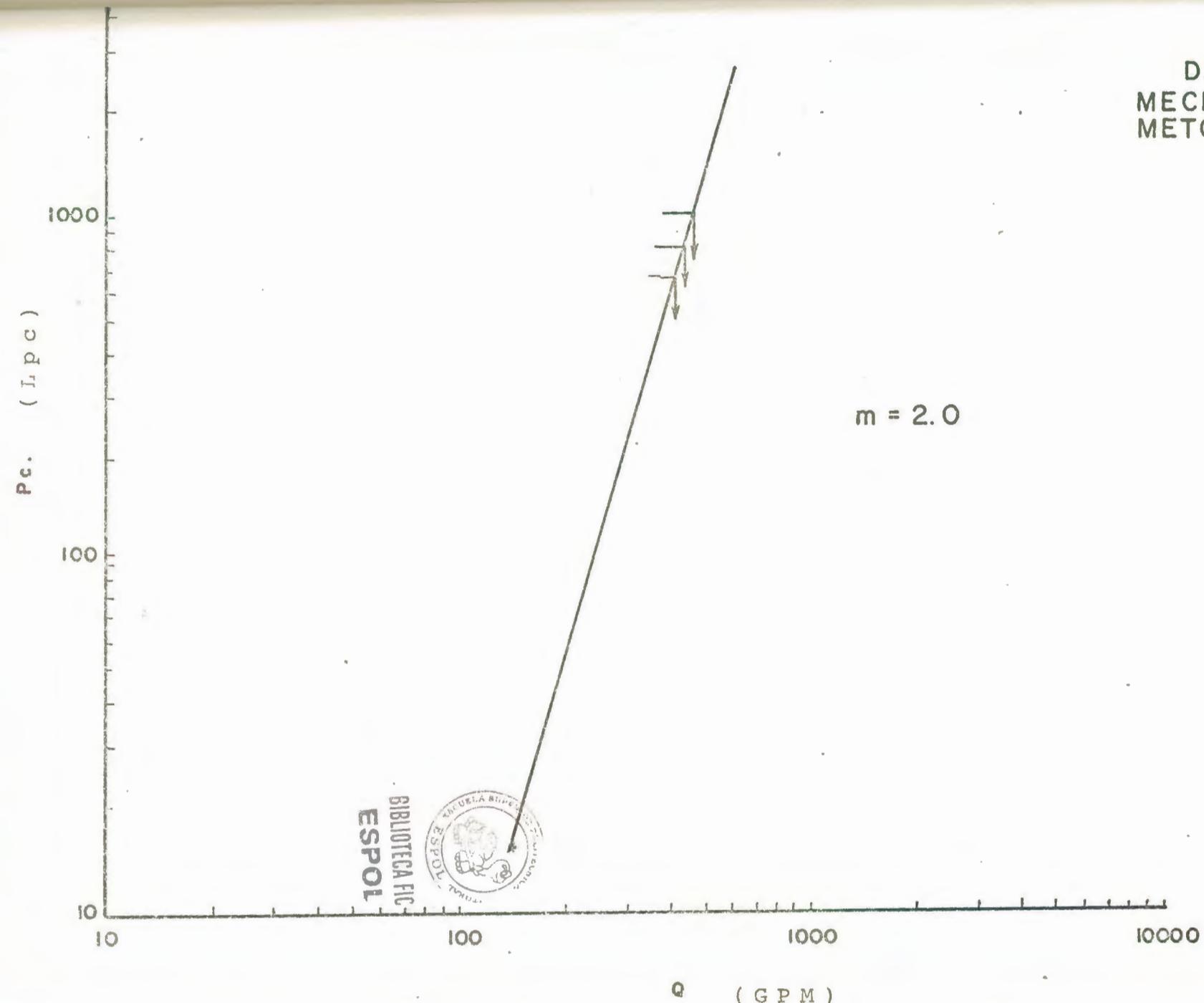
BIBLIOTECA FIC
ESPOL

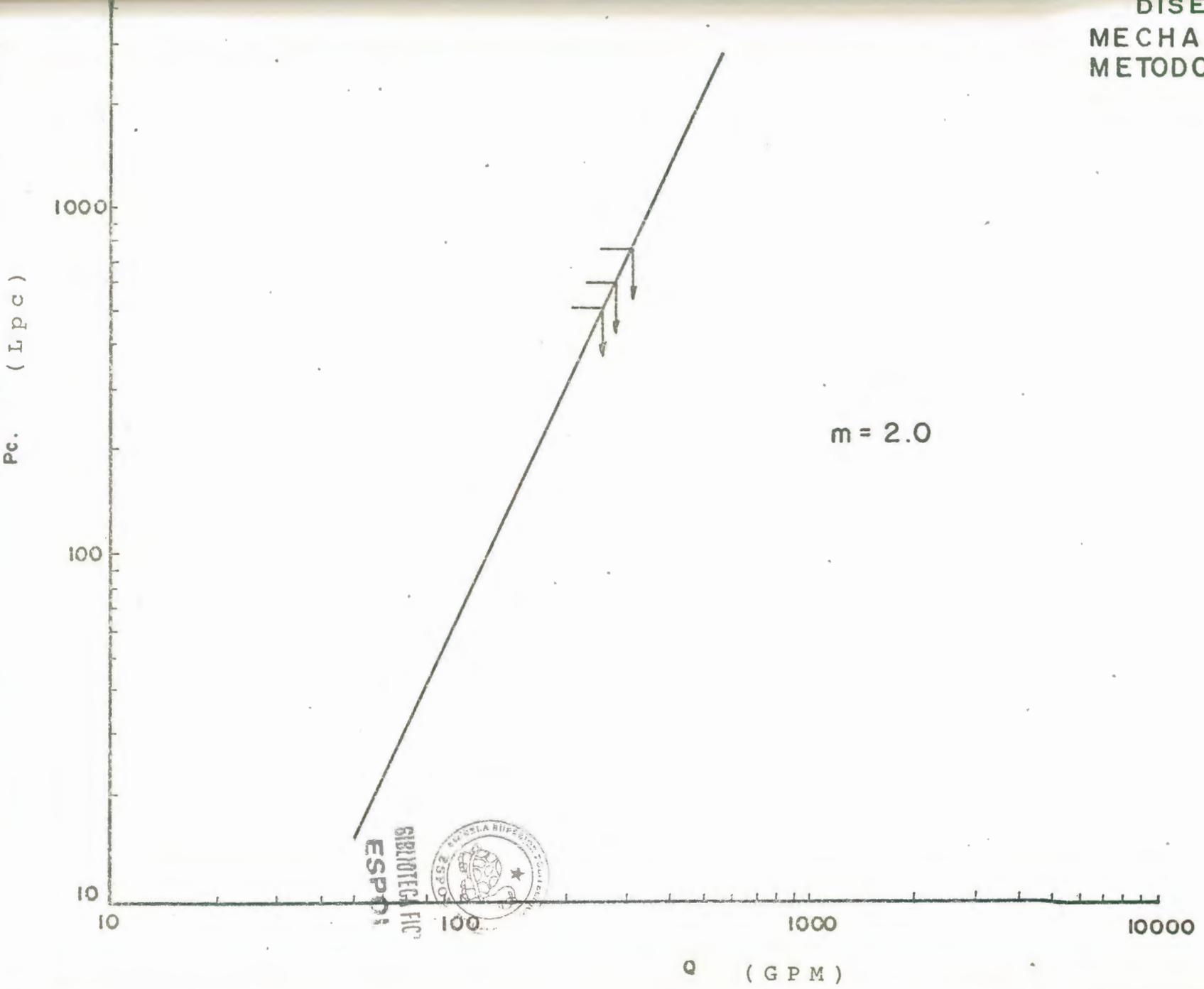


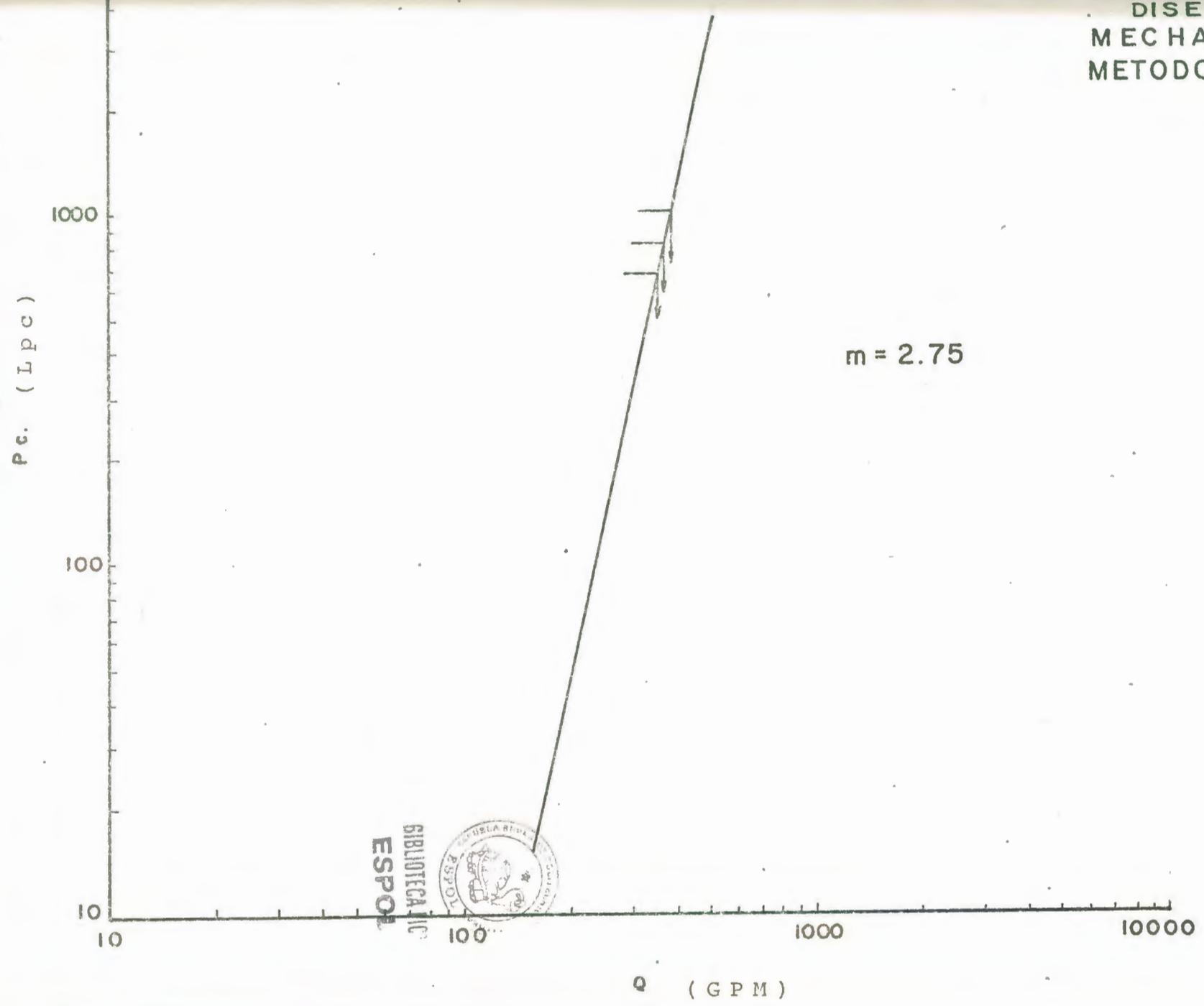
BIBLIOTECA F.C.
ESPOL

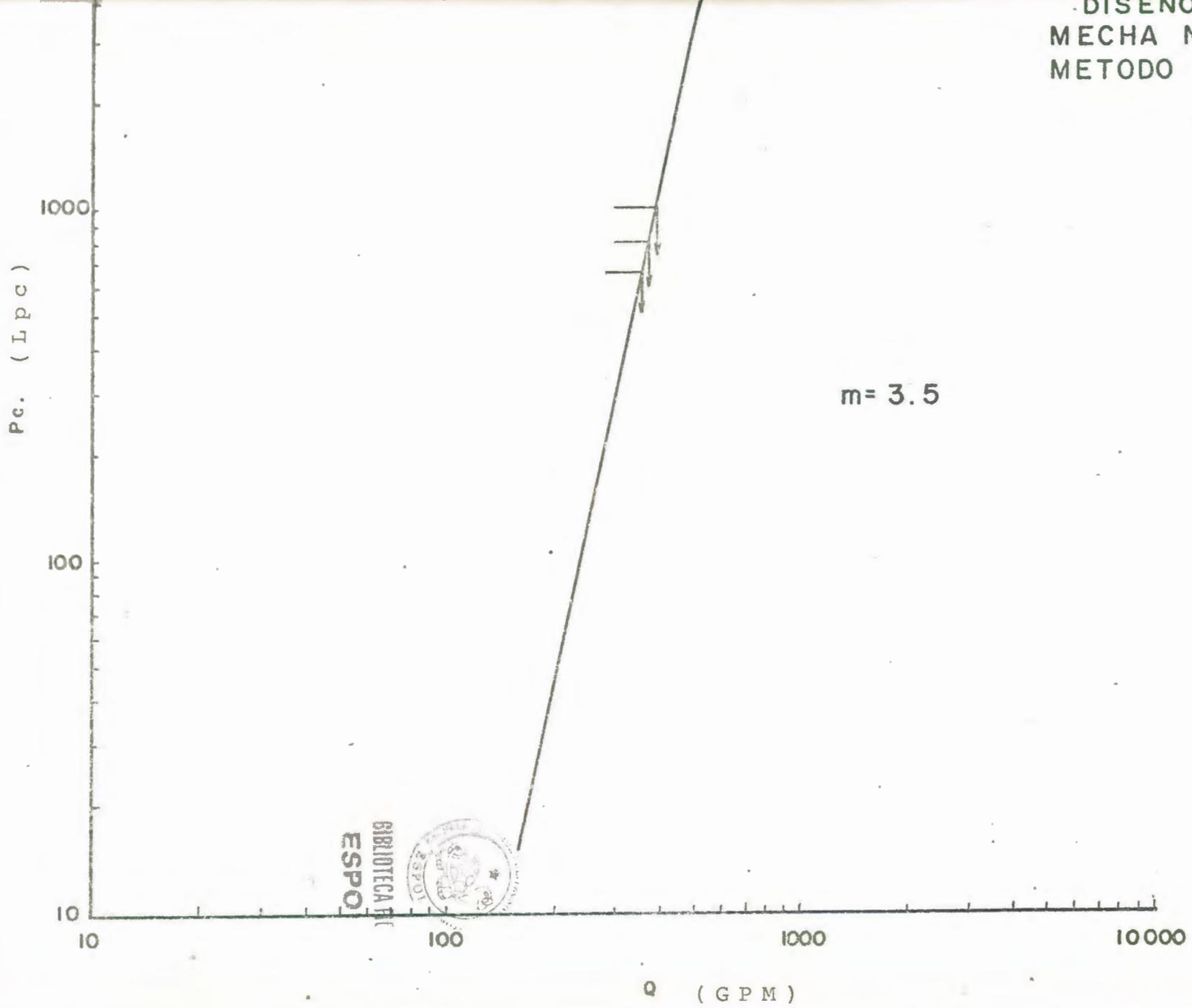


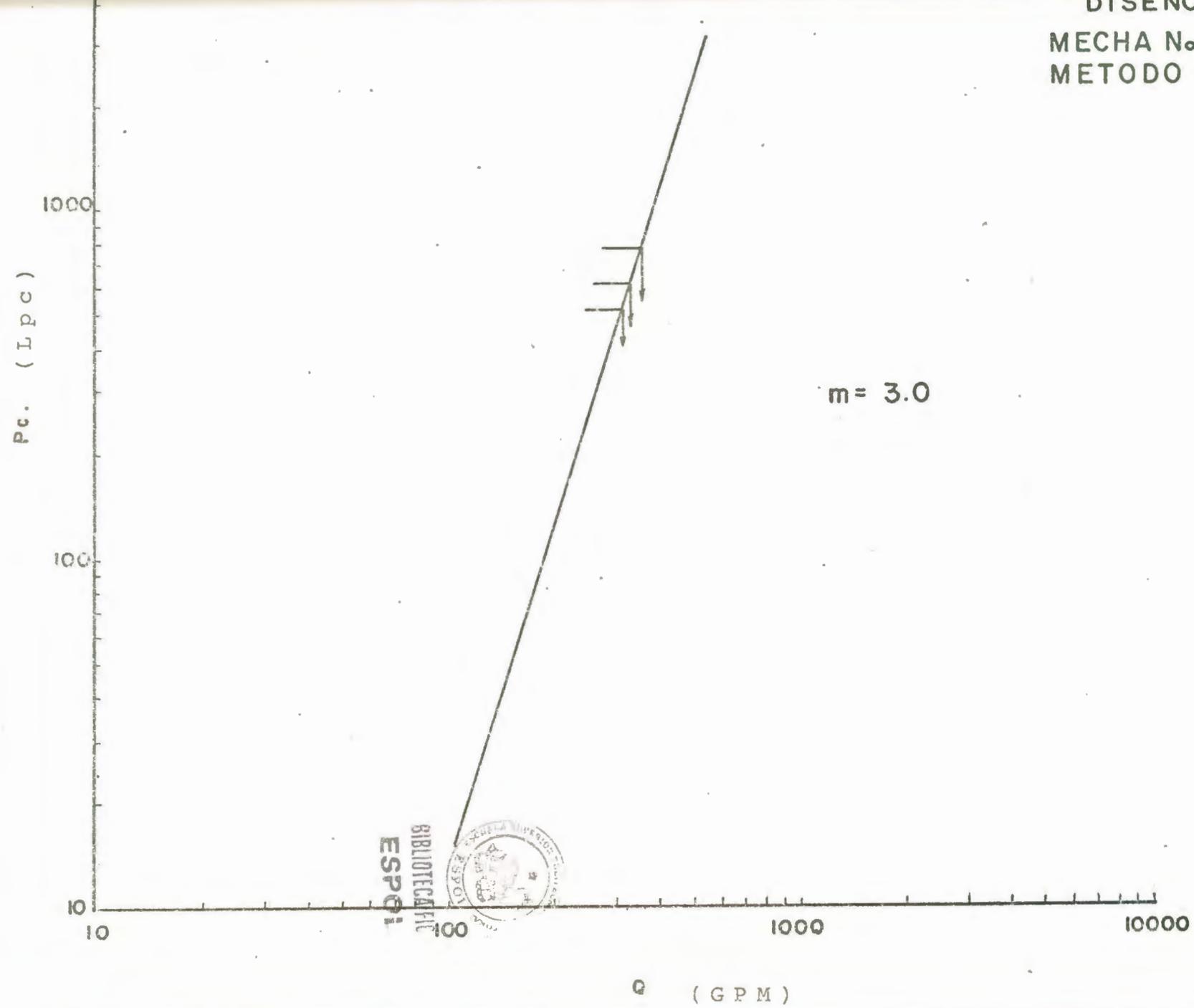
DISEÑO
MECHA No. II
METODO SCOTT



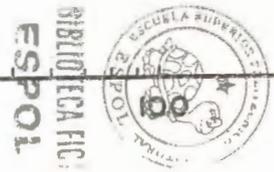
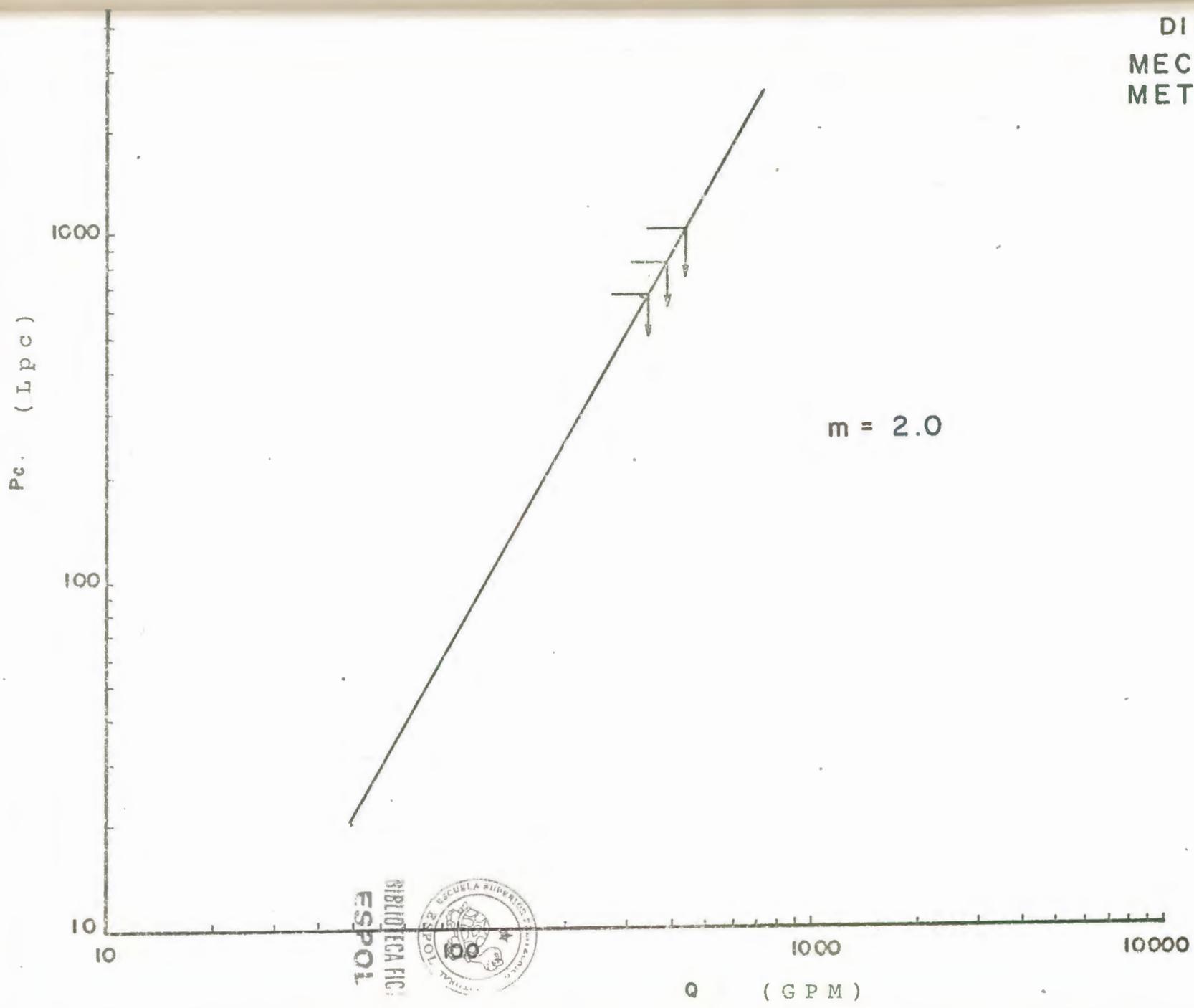




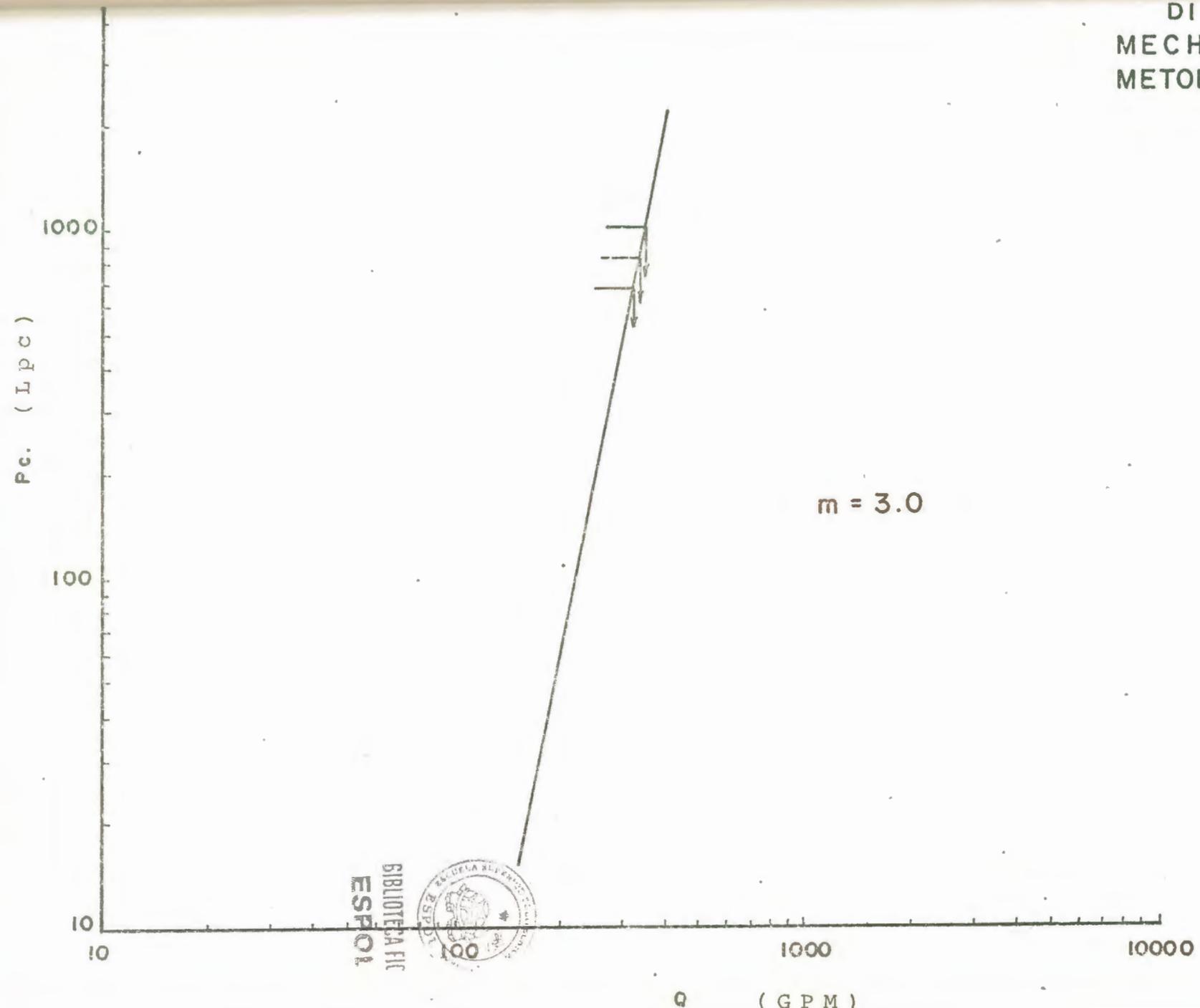


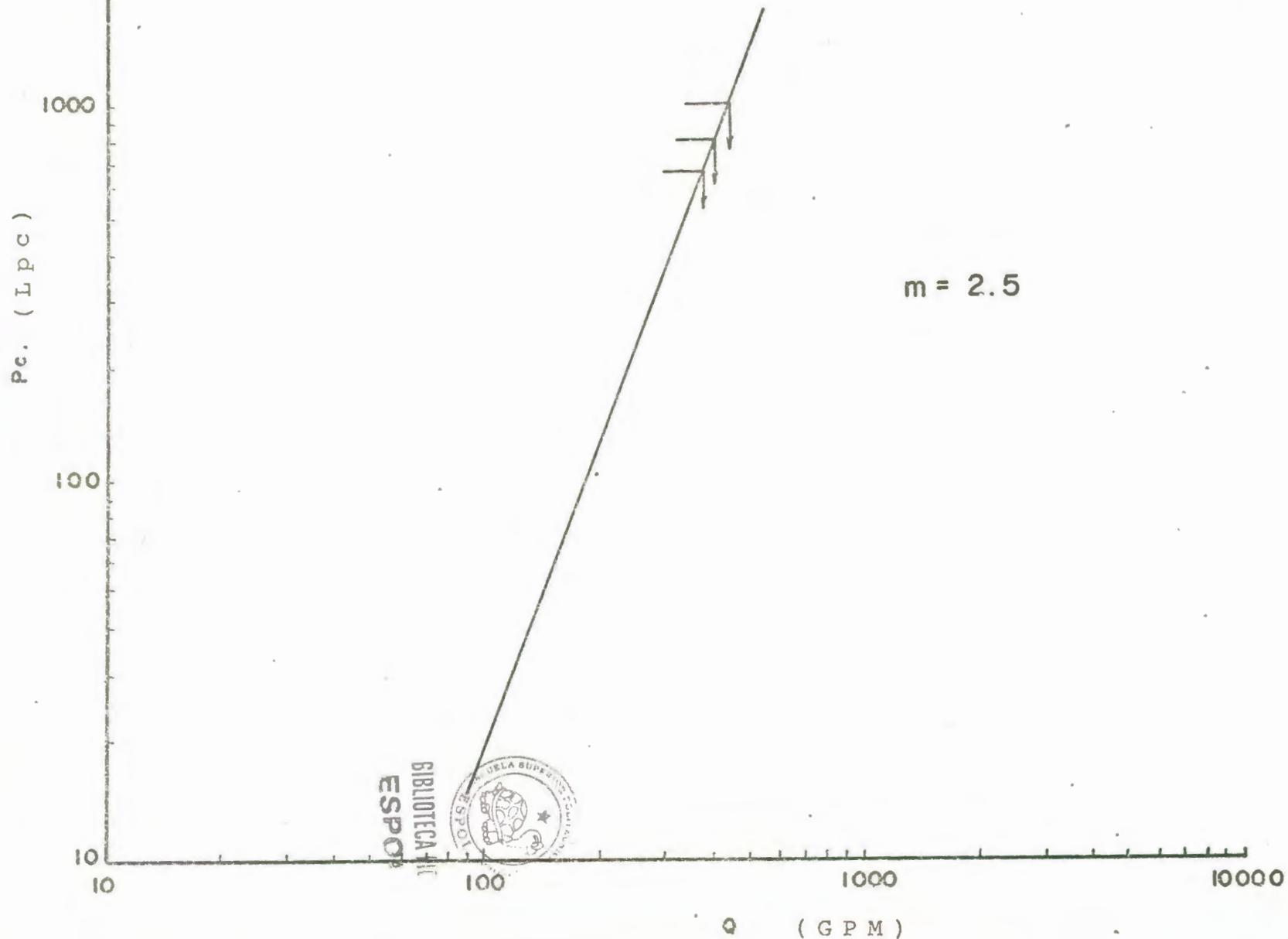


DISEÑO
MECHA No. 16
METODO SCOTT



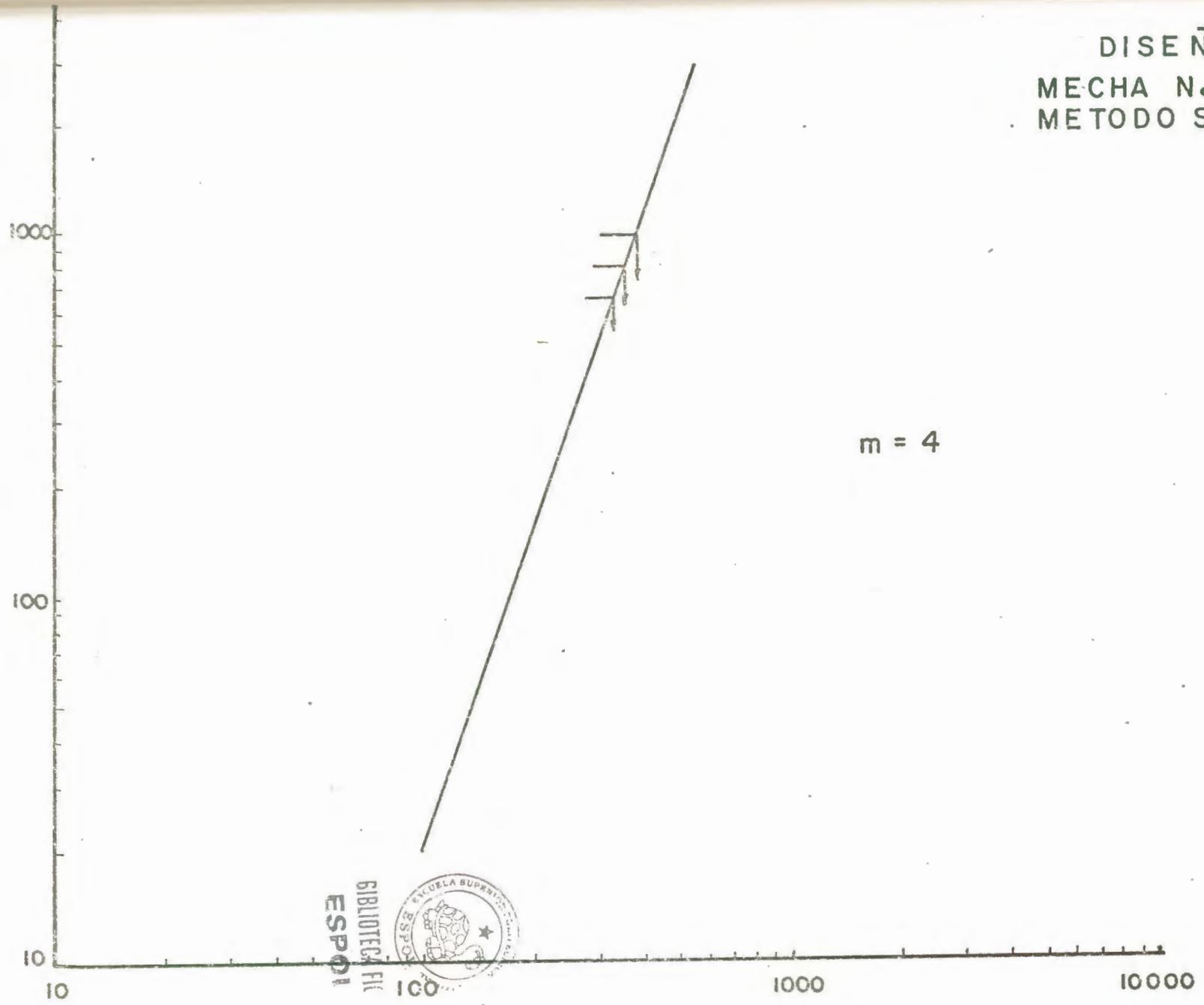
DISEÑO
MECHA No.17
METODO SCOTT





DISEÑO
MECHA No. 19
METODO SCOTT

Pc. (Lpc)



BIBLIOTECA FI
ESPOL



DISEÑO
MECHA No. 20
METODO SCOTT

Pc. (LPC)

1000

100

$m = 2.8$

BIBLIOTECA FIC
ESPOL



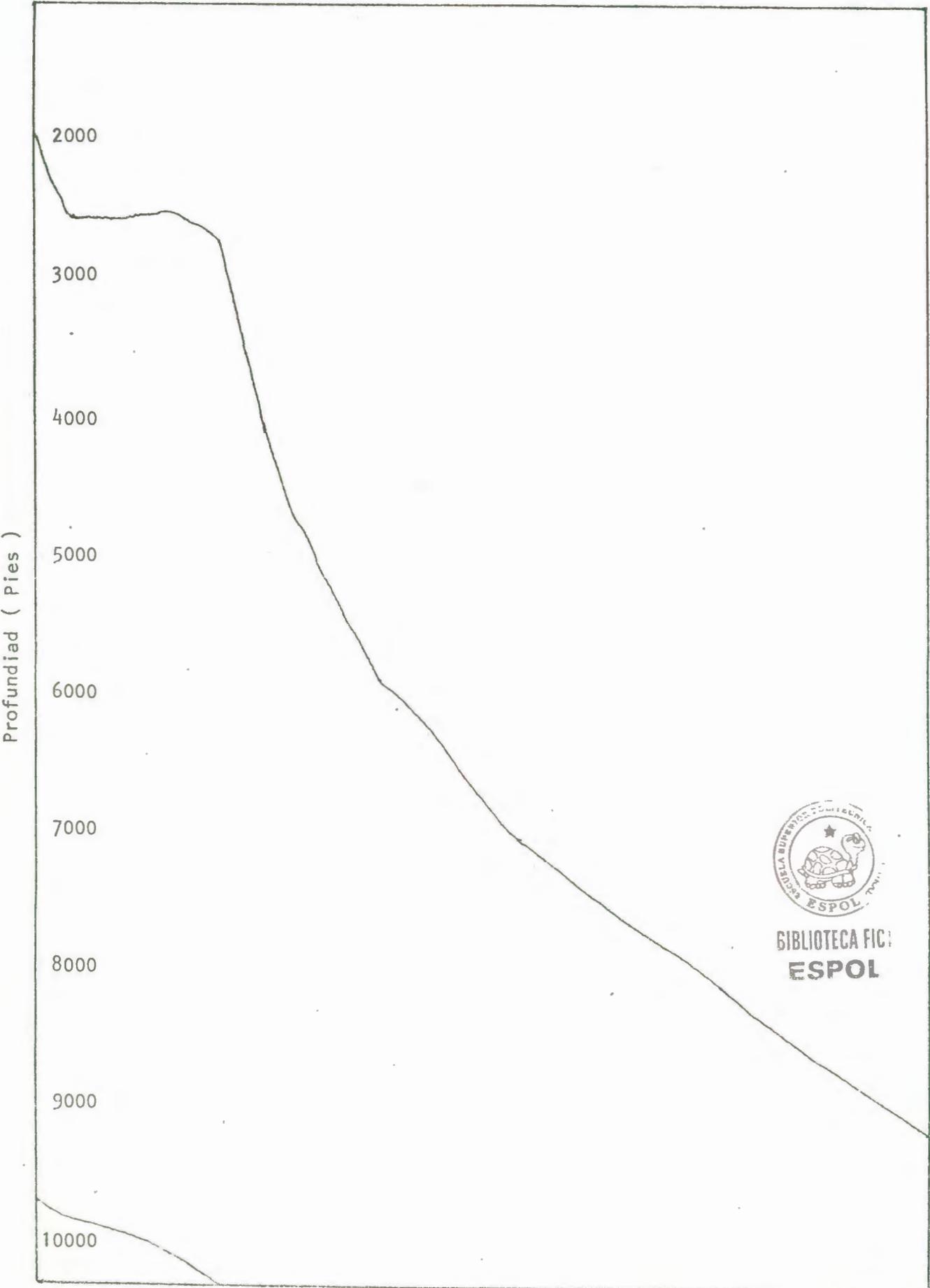
10

100

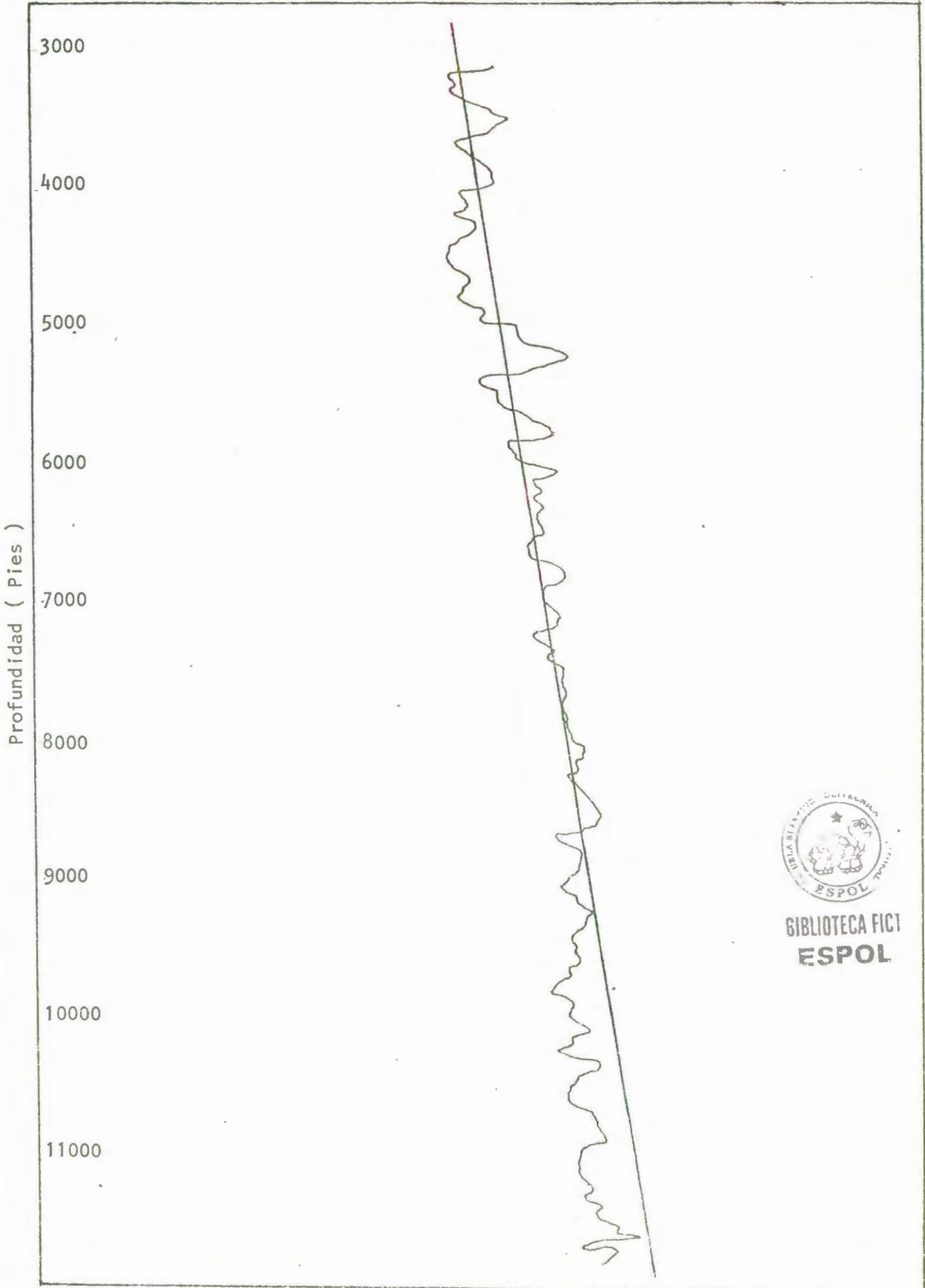
Q (GPM)

1000

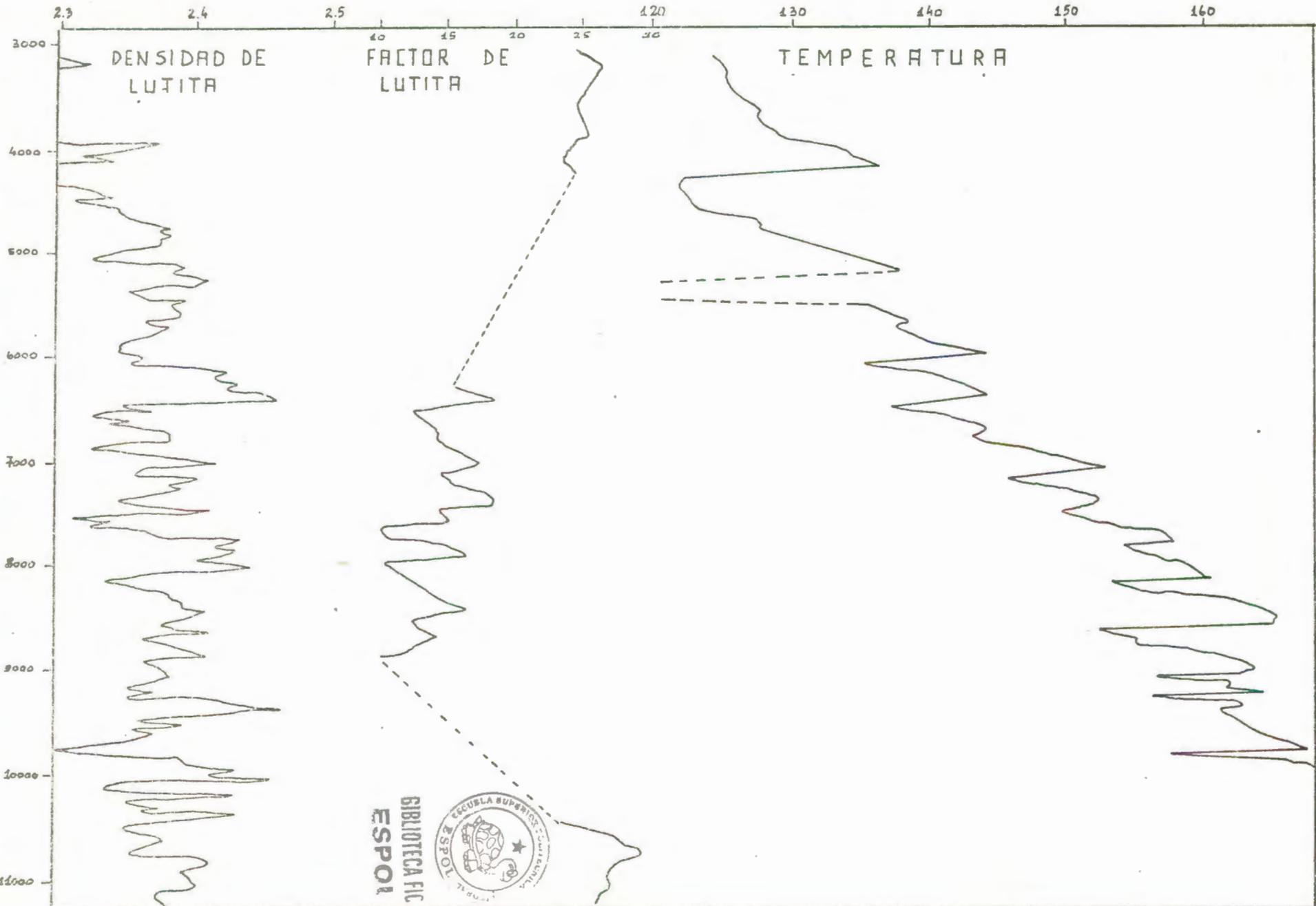
10000



BIBLIOTECA FIC:
ESPOL



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**



BIBLIOTECA FIC
 ESPO1



Profundidad (Pies)

11000

10000

9000

8000

7000

6000

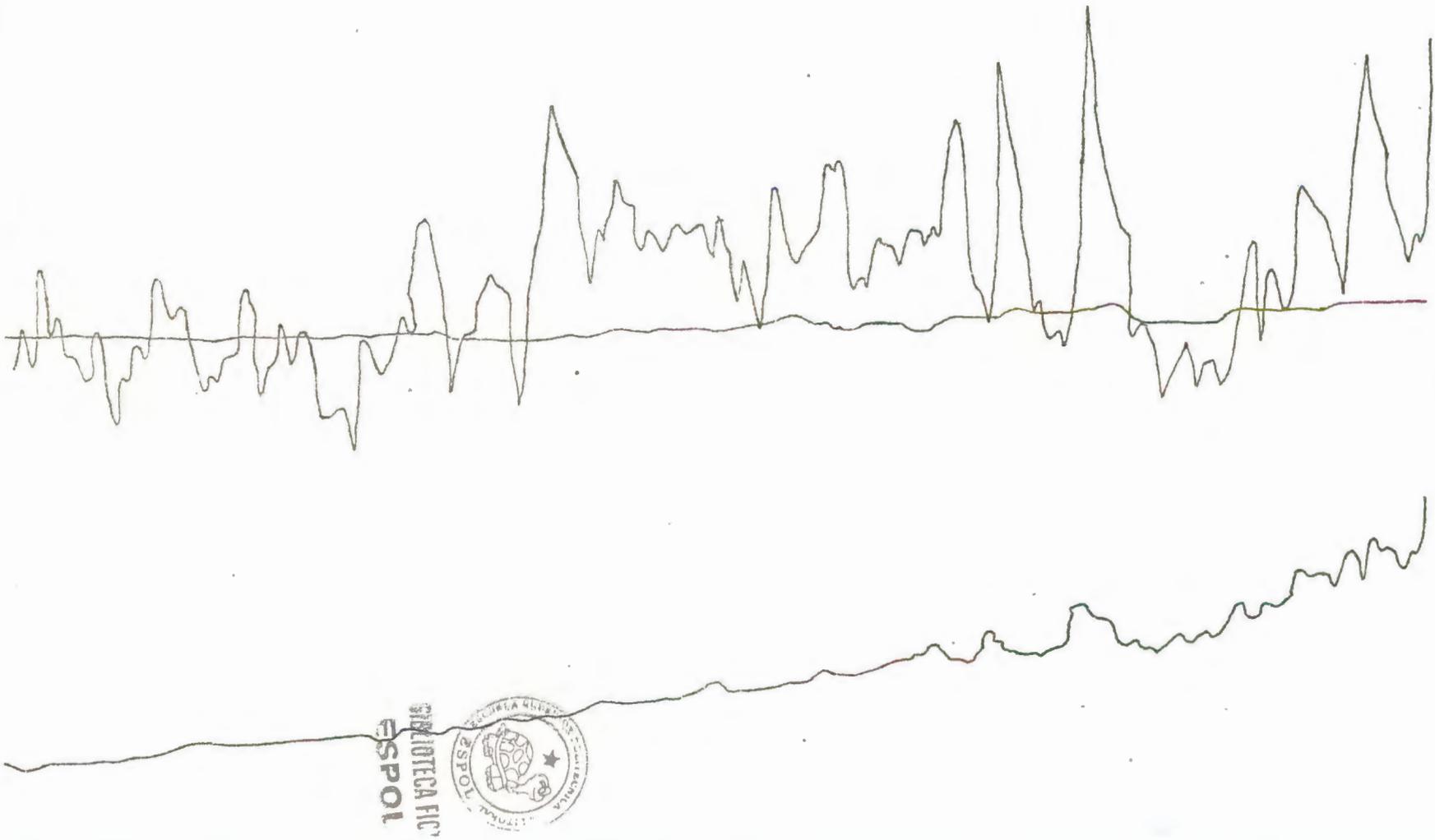
5000

4000

5

10 (lbs/gal)

15



BIBLIOTECA HISTORICA
ESPOL



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

1. Los cálculos realizados en la torre de perforación permiten aprovechar al máximo su eficiencia, lo cual repercute favorablemente en el aspecto técnico y económico.
2. Las técnicas aplicadas en la perforación del pozo son las mejores, ya que de esta manera se evita cualquier riesgo tanto humano como material.
3. Los cálculos y graficaciones llevados a cabo durante la operación, ayudan al mejor control del pozo en su calidad de exploratorio.
4. El diseño de la sarta de tubería fue realizado con un alto rango de seguridad.
5. Los registros de desviación tomados, permitieron que el pozo fuese perforado con una mínima inclinación.
6. El continuo control del barro de perforación (densidad, viscosidad, etc.), permite evitar algún fracturamiento en la formación penetrada.
7. El cálculo del diámetro de los Jet en las mechas permite conocer el diámetro y la velocidad óptima necesaria para penetrar la formación a mayor ritmo.
8. La utilización del barro "Invermul" dió resultados sumamente satisfactorios.



BIBLIOTECA FILE
ESPO

6.2. RECOMENDACIONES

1. Es necesario realizar un estudio profundo con el fin de determinar el método más apropiado en el cálculo de las presiones de poros pues, el utilizado en este pozo no dió los resultados que se esperaban, o en su defecto hacer correcciones a este método para de esta manera tener un mejor control en pozos futuros del área.
2. Utilizar como fluido de perforación barro invertido "Invermul" en zonas que se tenga pérdidas de agua; en zonas que sufren daños permanentes de taponamiento de poros al ser alcanzados por agua de perforación, de completación y de cementación, en zonas de alta temperatura.
3. Cuando se perfora un pozo de avanzada o de desarrollo se recomienda contratar la cabría de perforación pagando por pies perforados pues, como se conoce el área solo se desea llegar a determinada profundidad. En pozos exploratorios o en pozos que presenten muchos problemas generalmente de presión, es conveniente el alquiler de la Torre perforadora por día de trabajo, pues es necesario ir controlando y analizando el pozo a medida que se profundiza para de esta manera controlar rápidamente cualquier inconveniente que surja y también para ir conociendo el comportamiento del nuevo campo a diferentes profundidades.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

4. El diseño de mechas es fundamental hacerlo con técnicas apropiadas que permitan perforar las formaciones atravezadas.
5. Es recomendable circular el pozo cuando se cambia una broca con la finalidad de evitar que los sólidos se depositen al fondo ocasionando taponamiento.
6. El control continuo del lodo de perforación en lo que respecta a su densidad es fundamental, principalmente como medida de precaución de reventones. Debe tratarse que siempre el peso de la columna de lodo supere al de cualquier fluido presente en una formación perforada para evitar que éste fluya a superficie con consecuencias muchas veces graves; sin embargo, este peso del lodo debe ser controlado para evitar que un exceso de él ocasione un fracturamiento en alguna formación cuya presión no sea suficiente para soportar el peso de esta columna de lodo.
7. Un diseño de revestimiento que permita el uso de tuberías económicas basándose en los rangos de seguridad de las mismas, es una recomendación muy importante en lo que respecta al costo total.
8. Se recomienda tomar registros de desviación (totco) en el pozo con el fin de controlar su verticalidad, pues u



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

na inclinación muy marcada puede ocasionar el pegamiento de la tubería contra la pared del pozo.

9. El control constante de las R.P.M. a que opera la mesa rotatoria, el peso de la columna de perforación aplicado sobre la broca y el número de pies perforados en determinado intervalo de tiempo, nos ayuda a determinar el comportamiento de la broca desde su puesta en uso hasta el momento que deba ser reemplazada.



**BIBLIOTECA FIC
ESPOL**

VII. APENDICES

"A"

Control de Kicht (Manera de detectarlo)

1. Aumento repentino de RPM de la mesa sin causa justificada y disminución en la presión de la bomba.
2. También ocurre cuando se está sacando la tubería.
3. Si por ejemplo se necesitan 20 Strokes para llenar el hueco y solo se llena con 13 quiere decir que hay un Kicht.

Como se procede cuando se lo detecta:

1. Se para la perforación y las bombas
2. Se detecta si hay flujo de regreso y si lo hay se mantiene el pozo abierto y Kelly subido.
3. a) Se abre el choke del controlador de presión.
b) Se cierra el BOP
c) Se cierra el CHOKE
4. Se deja así por + 10 minutos
5. Se cierran las válvulas del tubing y casing y se marcan las presiones que marcan (SIDPP-SICP).
6. En base a esto se calcula el peso del barro que necesitamos para controlar el Kicht.

$P_f = \text{presión de formación} = \text{SIDPP} + P. \text{hidráulica.}$

Se deben de tener 200 o 300 psi. por encima del P.H. para controlarlo.



BIBLIOTECA
ESPOL

Ejemplo: = 10 lbs/gal. $P_{Prof} = 10.000$ SIDPP = 400

P. Hidráulica = $10.000 \times 10 \times 0.052 = 5.200$ Psi.

$P_F = 5200 + 400 = 5600$ Psi.

Peso de barro requerido para Matar el Pozo

$$P_{inicial} + \frac{SIDPP}{Prof. \times 0.052} + 0.2$$

No se usa el SICP porque hay gas acumulado en el barro en el anulo y la presión leída en el Casing es falsa.

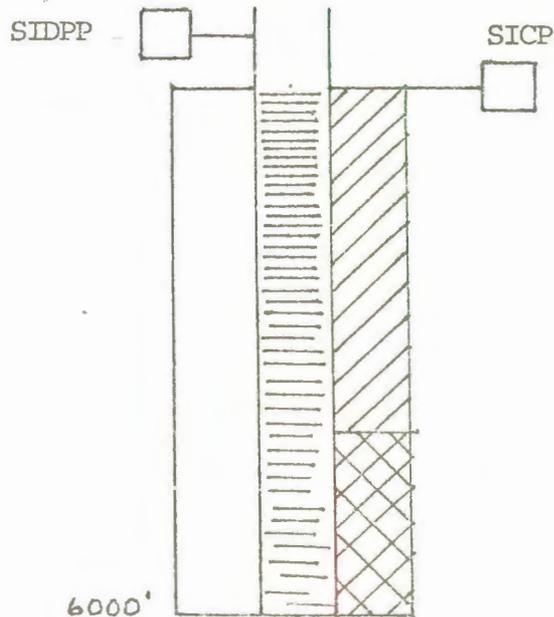
Cálculo de sacos requeridos por cada 1000 Bbls. de barro

$$= \frac{1490 (W_2 - W_1)}{35.5 - W_2}$$

Forma de Calcular el tipo de fluido existente en el hueco

Cuando hay Kicht.

(Diagrama)



SIDPP = 400 Psi.

SICP = 500 Psi.

Ganancia de los tanques = 60 bbls.

$\rho = 10$ lbs/galón

Capacidad anular entre "drill pipe-hueco": $0.1337 \frac{\text{Bbls}}{\text{pie}}$

Capacidad anular entre "drill collar-hueco": $0.09203 \frac{\text{Bbls}}{\text{pie}}$

Altura del "drill collar": 541'

1. Capacidad del anulo del "drill collar": Capacidad del anulo entre "drill collar-hueco" $\rightarrow 0.09203 \frac{\text{Bbl}}{\text{pie}} \times 541' \approx 50$ Bbls.
2. Capacidad del anulo del "drill pipe" (en pies)

$$= \frac{\text{diferencia entre volumen ganado y capacidad anular "drill collar"} \cdot \text{capacidad anular "drill pipe" en Bbls/pie}}{(60 - 50) \frac{\text{Bbls}}{\text{pie}}} = 75'$$

$$\text{Total} \rightarrow 541' + 75' = 616'$$

3. A la profundidad total se le resta el número de pies obtenidos y nos dá la altura del barro y la del fluido.

$$6000' - 541' - 75' = 5384' \text{ Barro}$$

4. Se establece una ecuación de Balance de Materiales.

$$\text{SIDPP} + (\text{Prof. Total} \times \rho \times 0.052) = \text{SICP} + (\text{Altura barro} \times \rho \times 0.052) + (\text{Altura fluido} \times \rho \times 0.052)$$

$$400 + (6000 \times 10 \times 0.052) = 500 + (5384 \times 10 \times 0.052) + (616 \times \rho \times 0.052)$$

$$\rho_x = 6.9 \text{ lbs/galón}$$

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

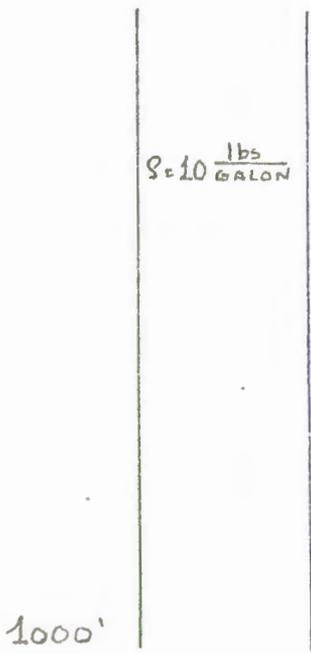
Si ρ_x pesa < 2 PPG \rightarrow Todo gas

Si ρ_x pesa > 8 PPG \rightarrow Todo Agua

Si ρ_x pesa < 8 y > 2 \rightarrow mezcla

- a. Si es todo agua no aumenta la presión del Casing cuando se está circulando (no expansión)
- b. Si el peso del fluido es menor de 3 PPG, esperar por aumento de presión. (hay expansión).
- c. Si el peso es bajo la presión es alta y viceversa.

Método de Balance de presión entre P. Fractura y Peso Barro



Gradiente de fractura: 13 PPG

Peso del Barro: 10 PPG

Presión de Fractura = $13 \times 1000' \times 0.052$
 = 676 

Presión Hidrostática = $10 \times 1000' \times 0.052$
 = 520 Psi.

$P_{\text{fractura}} - P_{\text{hidrost.}} = 676 \text{ Psi} - 520 \text{ Psi}$
 = 156 Psi.

NOTA: se debe mantener siempre el gra
 diente de fractura más grande que
 el peso del barro.

Fórmula para Calcular Capacidad Anular en $\frac{\text{Bbls}}{\text{pie}}$.

$$\frac{\{(D_{ie})^2 - (D_{ei})^2\} \pi \times L}{4 \times 144 \times 5.61} = \frac{\text{Bbls}}{\text{pie}}$$

Slip Velocity

Culping Weight = 8.33 x Shale Density (Solo se toma en cuenta d "drill pipe")

$$\frac{P. Bomba \times P \text{ salida} \times P. \text{ entrada} \frac{\text{Gal}}{\text{Min.}}}{1714} = \text{Hidraulic Horse Power}$$

Densidad de Circulación Equivalente (ECD)

$$ECD = \rho_{\text{barro}} + \frac{(D.P. + D.C. + HW) \text{ Pérdida de P. en anular}}{0.052 \times \text{Profundidad}} = \frac{\text{lbs}}{\text{gal}}$$

Modo de Usarlo:

Si ρ del barro es 12 y ECD es mayor o sea 13, la μ barro es alta.

Ejemplo: $\rho_{\text{barro}} = 12 \text{ Lbs/gal.}$

ECD = 13 Lbs/gal..

F = 12.6 lbs/gal. (gradiente de fractura)

Como el Grad. Fractura es menor que el ECD, se reduce la pérdida de circulación y por lo tanto hay que reducir el ECD, el cual se puede reducir así:

1. Reducir la Velocidad de la Bomba
2. Reducir el Yield Point (Punto cedente)

El ECD debe reducirse hasta que sea menor que el gradiente de fractura.



NOTA: Si no estamos bombeando puede que la ρ_{barro} aumente por encima del gradiente de fractura y rompa la formación; si se está circulando no hay problemas.

Cálculo de los "Bbls/ciclo" de la bomba

$$\frac{\text{Bbls}}{\text{ciclo}} = \frac{\pi(\phi \text{ carrera en pulg.})^2 \times \text{Long. de carrera en Pulg.} \times 2}{4 \times 144 \times 12 \times 5.61}$$

Bomba Duplex

$$\frac{\text{Bbls}}{\text{ciclo}} = \frac{\pi(6)^2 \times 18 \times 2 \times 2}{4 \times 144 \times 12 \times 5.61} - \frac{\pi(3)^2 \times 18 \times 2}{4 \times 144 \times 12 \times 5.61} = 0.182 \frac{\text{Bbls}}{\text{Ciclo}}$$

Cálculo de Barita (sacos) por cada 100 barriles de Barro para cambiar

$$\text{peso del barro} = \frac{1490 (W_2 - W_1)}{35.5 - W_2}$$

W_1 = Peso inicial

W_2 = Peso final



"B"

Cálculo sobre Lodos de PerforaciónPeso del Lodo :

Las fórmulas siguientes pueden usarse para cálculos de peso del lodo:

Sacos de Barita para aumentar peso del lodo

$$S_b = \frac{1505 (W_2 - W_1)}{35.8 - W_2} \quad (1)$$

S_b = número de sacos requeridos para 100 bls. de lodo.

W_1 = Peso presente del lodo en lb/gal.

W_2 = Peso deseado del lodo en lb/gal.

Sacos de arcilla para aumentar peso del lodo (arcilla con SG = 2.5 o 20.8 lb/gal = 875 lb/bl.)

$$S_a = \frac{875 (W_2 - W_1)}{20.8 - W_2}$$

S_a = Número de sacos requeridos para 100 bls. de lodo.

W_1 = Peso presente del lodo en lb/gal.

W_2 = Peso deseado del lodo en lb/gal.

Volumenes de Lodo :

Para determinar estos volúmenes es necesario usar las siguientes ecuaciones:

Aumento del número de barriles por el efecto de agregar barita.

$$V = \frac{100 (W_2 - W_1)}{35.8 - W_2}$$

V = Aumento de volumen en barriles

W_1 = Peso presente del lodo en lb/gal.

W_2 = Peso deseado del lodo en lb/gal.

Aumento en barriles al agregar arcilla a 100 Bls. de lodo

$$V = \frac{100 (W_2 - W_1)}{20.8 - W_2} \quad (4)$$

V = Aumento de volumen en barriles

W_1 = Peso inicial del lodo en lb/gal

W_2 = Peso final del lodo en lb/gal

Barriles de agua para efectuar una reducción del peso

$$B = \frac{(W_1 - W_2) V_1}{W_2 - 8.34} \quad (5)$$

B = Número de barriles de agua para agregarse al lodo.

W_1 = Peso inicial del lodo en lb/gal.

W_2 = Peso deseado del lodo en lb/gal.

V_1 = Volumen inicial del lodo en barriles



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Tiempo requerido para un Ciclo de Lodo :

Este es el tiempo que demora el lodo desde que es succio-
nado por la bomba hasta llegar al fondo del pozo y regresar.
En el cálculo del tiempo de ciclo intervienen 2 factores:

1. Volumen de lodo en el pozo.
2. Gasto de salida en la bomba.

Gasto de la bomba en Bl/min. = Bl/Carrera x Carreras/Min.

Tiempo de circulación = $\frac{\text{Barriles de lodo en el pozo}}{\text{Caudal de la bomba, (bl/minuto)}}$

Velocidad del Lodo en el Espacio Anular:

Esta velocidad va a determinar la eficiencia del lodo para sacar ripios del fondo del pozo. Se expresa en pies/minuto y generalmente se mantiene en valores de 175 a 225 pies/minuto.

El volumen anular por pie en barriles = Capacidad del pozo abierto (Bls.) (Capacidad de la tubería de perforación + Desplazamiento de la tubería de perforación en barriles).

Velocidad anular en Pies/min. = $\frac{\text{Gasto de salida de la bomba Bls/min.}}{\text{Volumen anular por pies en barriles}}$



Ejemplo:

El volumen de un pozo abierto de 9 7/8" en barriles por 100 pies es 9.49.

Volumen de la tubería de Perforación de 4 1/2" (1.42) + Desplazamiento de la Tubería de Perforación (0.64) = 2.06.

por tanto, el volumen del espacio anular por 100 pies, es la diferencia, es decir 7.43

BIBLIOTECA FIC
ESPO

"C"

1. Método de Power Law (para calcular los diámetros de los Jets).

$$P = \text{peso del lodo} \rightarrow 10.2; \quad (10.2)^8 = 6.41$$

$$P.V. = \text{viscosidad plástica} \quad 25.0; \quad (25.0)^2 = 1.90$$

$$Y.P. = \text{punto cedente} \rightarrow 15.0 \text{ (yield point)}$$

$$Q = \text{calculada de Scott a 2000 Psi y a 40 SPM}$$

$$\rightarrow 326 \text{ galones/minuto} = (326)^{1.8} = 3.34 \times 10^4$$

$$\text{Profundidad actual} \approx 9300'$$

En base a estudios comparativos con pozos vecinos vamos a estimar que la mecha durará entre $\approx 600'$

$$\text{Profundidad a llegarse con la nueva mecha} + 600' = 9900'$$

$$\text{Longitud del "drill pipe"} = 9900' - 756' = 9144'$$

$$\text{Longitud del "drill collar"} = 756' \text{ (es cte.)}$$

Se calcula las lecturas 300 y 600 ($\theta_{600} - \theta_{300}$)

$$\theta_{300} = Y.P. + P.V. = 15 + 25 = 40$$

$$\theta_{600} = \theta_{300} + P.V. = 40 + 25 = 65$$



BIBLIOTECA
ESPOL

Se calcula los valores de n y k

$$n = 3.32 \times \log \frac{600}{300} = 3.32 \times \log \frac{65}{40}$$

$$n = 0.70$$

$$k = \frac{300}{511^n} = \frac{40}{511^{0.7}} = \frac{40}{78.68}$$

$$k = 0.51$$

Cálculo de la ΔP en el interior del "Drill Pipe"

$$\Delta P = \frac{(7.7 \times 10^{-5}) \times 6.41 \times (3.34 \times 10^4) \times 1.9 \times 9144}{1069}$$

$$D^{4.8} = \text{diámetro interno del "drill pipe"} \rightarrow 4.275''$$

$$\Delta P = 2.68 \text{ psi}$$

Cálculo de la ΔP en el interior del "Drill Collar"

$$\Delta P = \frac{(7.7 \times 10^{-5}) \times 6.41 \times (3.34 \times 10^4) \times 1.9 \times 756}{159}$$

$$\Delta P = 149 \text{ psi}$$

Cálculo de la ΔP entre "Hoyo - Drill Pipe"

$$V_a = \text{velocidad anular} = \frac{Q \times 24.49}{D_{\text{hoyo}}^2 - D_{\text{tub.}}^2} = \frac{326 \times 24.49}{100 - 25} = 106 \frac{\text{Pies}}{\text{Min.}}$$

$$V_{ca} = \text{velocidad crítica anular} = 340 \times \left| \frac{2.4}{5} \times 1.14 \right|^{0.54} = 245 \frac{\text{Pies}}{\text{Min.}}$$

Como: $V_{ca} > V_a \rightarrow$ Tenemos Flujo Laminar



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$\Delta P = \left| \frac{2.4 \times 106 \times 1.14}{5} \right|^{0.7} \times \left| \frac{0.51 \times 9144}{300 \times 5} \right|$$

$$\Delta P = 53 \text{ Psi}$$

Cuando $V_{ca} < V_a \rightarrow$ Flujo Turbulento y uso:

$$\Delta P = \left| \frac{2.4 (10^{-7}) \rho^{0.8} (P.V.)^2 V_a^{1.8} \times L}{(D_{\text{hoyo}} - D_{\text{tub}})^{1.2}} \right|$$

Cálculo de la ΔP entre "Hoyo - Drill Collar"

a) Para "drill collar" de 7"

$$V_a = \frac{326 \times 24.49}{100 - 49} = 156 \frac{\text{Pies}}{\text{Min.}}$$

$$V_{ca} = 340 \left| \frac{2.4 \times 1.14}{3} \right|^{0.54} = 323 \frac{\text{Pies}}{\text{Min.}}$$

$V_{ca} > V_a \rightarrow$ Flujo Laminar

$$\Delta P = \left| \frac{2.4 \times 156 \times 1.14}{3} \right|^{0.7} \left| \frac{0.51 \times 252'}{300 \times 3} \right|$$

$$\Delta P = 4.59 \text{ Psi}$$

b) Para "drill collar" de 6 $\frac{3}{4}$ "

$$V_a = \frac{326 \times 24.49}{100 - 45.56} = 147 \frac{\text{Pies}}{\text{Min.}} \quad * \text{ Se considera flujo}$$

Laminar por ser mayor el área anular.

$$\Delta P = \left| \frac{2.4 \times 147 \times 1.14}{3.25} \right|^{0.7} \left| \frac{0.51 \times 504'}{300 \times 3.25} \right|$$



BIBLIOTECA FIL.
ESPOL

$\Delta P = 7.68 \text{ Psi}$ Pérdidas en líneas de Superficie =
30 Psi.

Cálculo de ΔP de todo el sistema sin la ΔP_{mecha} { P_C }

$$P_C = 7.68 + 4.59 + 53.0 + 149.0 + 268 + 30$$

$$P_C = 512 \text{ Psi}$$

$$P_b = P_T - P_C = 2000 - 512 = 1488 \text{ Psi}$$

$$V_n = \sqrt{\frac{1120 \times 1488}{10.2}} = 404 \frac{\text{Pies}}{\text{Minuto}}$$

$$A_n = \frac{0.32 \times 326}{404} = 0.26 \text{ pulgadas}$$

De las Tablas de cálculo se obtendrá un diseño de Jet como sigue:

2 Jet → 11/32

1 Jet → 10/32



**BIBLIOTECA FIC.
ESPOL**

2. Método de Scott (Para calcular los diámetros de los Jets)

Se asumen 4 valores de presiones y se lee su correspondiente SPM del panel de computadora (valor más alto).

$$P_{T1} = 2000 \text{ Psi} \rightarrow \text{SPM} = 40 \rightarrow \frac{\text{Gal}}{\text{Min.}} = 0.194 \text{ Bls/Strok, x } 40 \text{ SPM} \\ \times 42 \text{ gal/Bbl} = 326 \text{ Gal/min.}$$

$$P_{T2} = 1500 \text{ Psi} \rightarrow \text{SPM} = 36 \rightarrow \text{G.P.M.} = 0.194 \times 36 \times 42 = 293 \text{ ''}$$

$$P_{T3} = 1000 \text{ Psi} \rightarrow \text{SPM} = 29 \rightarrow \text{G.P.M.} = 0.194 \times 29 \times 42 = 236 \text{ ''}$$

$$P_{T4} = 500 \text{ Psi} \rightarrow \text{SPM} = 23 \rightarrow \text{G.P.M.} = 0.194 \times 23 \times 42 = 187 \text{ ''}$$

*0.194 $\frac{\text{Bbls}}{\text{stroke}}$ → Es la cte. de la bomba que depende de su diámetro y camisa

* A_n → Es el área de los Jet de la mecha a sacarse
(3 x 0.09 = 0.27")

$$V_{n1} = \frac{0.32 \times Q_1}{A_n} = \frac{0.32}{0.27} \times Q_1 = 1.18 \times 326$$

$$V_{n1} = 385 \text{ pies/minuto}$$

$$V_{n2} = 1.18 \times 293 = 346 \text{ pies/minuto}$$

$$V_{n3} = 1.18 \times 236 = 278 \quad " \quad "$$

$$V_{n4} = 1.18 \times 187 = 221 \quad " \quad "$$

*Se calculan las Pérdidas de Presión en la Mecha (P_b)

$$P_{b1} = \frac{V_{n1}^2 \times \text{Peso barro}}{1120} = \frac{10.2}{1120} \times V_{n1}^2 = 0.009 \times (385)^2$$

$$P_{b1} = 1334 \text{ Psi}$$

$$P_{b2} = 0.009 \times (346)^2 = 1.077 \text{ Psi}$$

$$P_{b3} = 0.009 \times (278)^2 = 695 \text{ Psi}$$

$$P_{b4} = 0.009 \times (221)^2 = 440 \text{ Psi}$$

Se calcula P_c = caída de presión en todo el sistema sin la mecha.

$$P_T = P \text{ bomba} = P_c + P_b$$

$$P_c = P_T - P_b$$

$$P_{c1} = 2000 - 1334 = 666 \text{ Psi}$$

$$P_{c2} = 1500 - 1077 = 423 \text{ Psi}$$

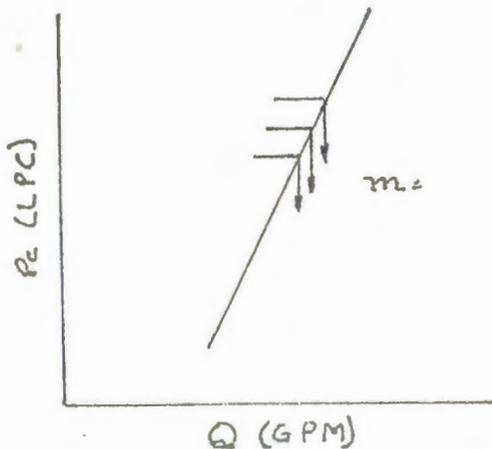


BIBLIOTECA FIC
ESPOL

$$P_{C3} = 1000 - 695 = 305 \text{ Psi}$$

$$P_{C4} = 500 - 440 = 60 \text{ Psi.}$$

"Se grafica en papel "Log - Log" de 1 x 2 ciclos los valores de " P_C vs. Q " y puede hacerse " Q vs. P_T ", aunque no es necesario.



$$\text{Pendiente} = \frac{y}{x} = \frac{2.95}{1.50} = 1.96$$

Con el valor de la pendiente vamos a la tabla dada.

Cuando $m > 2.0$ Scott falla
 $1.0 < m < 2.0$

1. Método del Máximo Impacto Hidráulico (MIH)
2. Método de Máxima pérdida Presión Mecha (MPPM)

1. MIH

$$P_C = 0.50 \times P_T = 0.5 \times 2000 = 1000 \text{ Psi.}$$

Con este valor entro al gráfico y cortando al eje P_C cálculo $Q_{\text{óptimo}}$.

$$Q_{\text{óptimo}} = 420 \text{ galones/minuto}$$

$$P_b = P_T - P_C = 2000 - 1000 = 1000 \text{ Psi}$$

$$P_b = 1000 \text{ Psi}$$

$$V_n = \sqrt{\frac{1120 \times 1000}{10.2}} = 331 \frac{\text{Pies}}{\text{Minuto}}$$

$$A_n = \frac{0.32 \times 420}{331} = 0.406 \text{ Pulg}^2$$

Con este valor voy a la Tabla* y calculo cada Jet:

2 Jets 13/32

1 Jet 15/32

2. M P P M

$$P_C = 0.33 \times P_T = 0.33 \times 2000 = 660 \text{ Psi}$$

$$P_b = P_T - P_C = 2000 - 660 = 1340 \text{ Psi.}$$

Con $P_C = 660$ Psi entro al gráfico y calculo $Q_{\text{Óptimo}}$

$$Q_{\text{Óptimo}} = 340 \text{ galones/minuto}$$

$$V_n = \sqrt{\frac{1120 \times 1340}{10.2}} = 383 \frac{\text{Pies}}{\text{Minuto}}$$

$$A_n = \frac{0.32 \times 340}{383.0} = 0.284 \text{ Pulg}^2$$

Con este valor voy a la Tabla de Jets* y calculo

2 Jets → 11/32 ; 1 Jet → 10/32

1 Jet → 12/32 ; 1 Jet → 11/32

1 Jet → 12/32

Generalmente se recomienda usar un valor promedio en
tre los 2:

$$P_C = 0.40 \times P_T = 0.40 \times 2000 = 800 \text{ Psi.}$$

$$P_b = 2000 - 800 = 1200 \text{ Psi}$$

$$Q_{\text{Óptimo}} = 375 \text{ gal/minuto}$$

* Tabla utilizada en el cálculo de los diámetros de los
Jet.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

VIII. NOMENCLATURA

An	=	Area de los JET en pulgadas cuadradas
Bit Hydraulic Horsepower	=	Fuerza hidráulica de la mecha
BPM	=	Barriles por minuto
BOP	=	Preventor de reventones
Cutting Weight	=	Peso de corte
Drill Pipe	=	Tubería de perforación
Drill Collar	=	Collares o lastrabarrena
Di	=	Diámetro interno
De	=	Diámetro externo
E.C.D.	=	Densidad de circulación equivalente
F _{TT}	=	Peso total sobre la Torre
F.E.T.	=	Factor de eficiencia de la torre
F _c	=	Factor de colapso
F _B	=	Factor de flotación
F _T	=	Factor de tensión
GPM	=	Galones por minuto
Hidraulic Impact	=	Impacto hidráulico
Jet	=	Orificios en las mechas por los que sale el barro.
LPC (psi)	=	Libras por pulgada cuadrada
m	=	Pendiente
MT	=	Meter tubería
n	=	Número de cables entre la polea y corona.

PV	=	Viscosidad plástica
Prof.	=	Profundidad
P_F	=	Presión de fondo
P_{FS}	=	Presión de fondo con factor de seguridad al colapso.
P_c	=	Presión de colapso
SPM	=	Strokes por minuto
SIDPP	=	Lectura de presión leída para cálculo del Kicht.
SICP	=	Lectura de presión leída para cálculo del Kicht.
Slip Velocity	=	Velocidad de deslizamiento.
Shale Density	=	Densidad de la lutita
S.T.	=	Sacar tubería
Totco	=	Registro de desviación del pozo
V_n	=	Velocidad del fluido a través de (pies/minuto)
V_a	=	Velocidad anular (Pies/minuto)
V_{ca}	=	Velocidad crítica anular (Pies/minuto)
V.M.	=	Ventaja mecánica
V_h	=	Velocidad de la polea
VLM	=	Velocidad de la línea al malacate
V.S.	=	Válvula de seguridad.



BIBLIOTECA FIS
ESPOL

Wh	=	Peso que cuelga de las poleas (libras)
Y.P.	=	Punto cedente (Yield Point)
P	=	Caída de presión (LFC)
ρ	=	Densidad (lbs/galón)
ϕ	=	Díametro
<	=	Menor que
>	=	Mayor que
\neq	=	Diferente que
'	=	Pies
"	=	Pulgadas

IX. REFERENCIAS

1. Outline of Oil Well Cementing
Halliburton Service
2. Fundamentos de Registros Eléctricos
Schlumberger y Dresser Services
3. Fundamentos de Perforación. Tomos I y II
Universidad de Texas
4. Apuntes de Campo sobre Perforación
5. Production Operations Course I . Well Completions
L.E. Buzarde, Jr.
6. A Practical Approach to Finding and Correcting Perfora-
tion Inadequacies,
Elking, L.F., A.M. Skov and H.F. Liming.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL