

TEMA II. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

II.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

La mina tiene tres socavones denominados, túnel de servicios, túnel de banda y túnel de evaluación, el acceso principal a la mina es por la frente de servicios, y en este están instaladas las tuberías de agua, líneas eléctricas y por donde entra aire limpio a las áreas de trabajo, para la extracción de mineral se encuentra instalada una banda transportadora en el frente de banda y también por esta entra aire limpio al área de la trituradora en el interior de la mina, y en el túnel de evaluación sale el aire viciado ya que este se encuentra en una elevación superior a las de las otras dos frentes mencionadas anteriormente.

En la unidad minera mencionada anteriormente la operación de la mina aplica el método de explotación de hundimiento por sub niveles, en el cual el proyecto consta de 6 sub niveles, que están denominados por la elevación en la que se encuentran, estos son: 795, 775, 760, 745, 730, 715, 700 de los cuales los primeros tres se encuentran agotados, el 745 en etapa de explotación, el 730 en etapa de preparación, el 715 y 700 el proyecto.

Cada sub nivel consta de obras paralelas denominadas localmente dedos, estos comunican a su vez con una frente y contra frente de extracción, su sección es de 4.50 m x 4.20 m y la longitud de cada uno de estos dependerá del punto donde llegue al contacto mineral/estéril.

La explotación de mineral se realiza por medio de abanicos con una inclinación de 80° con respecto a la horizontal, con un bordo de 2.25 m entre abanicos y un espaciamiento igual en el fondo del barreno con respecto al adyacente, el rezagado y acarreo de mineral se realiza con scoop tram a través de los dedos hasta la frente de extracción y entre cada sub nivel están comunicados dos contrapozos un metalero y otro tepetatero para la separación de los materiales, el contrapozo metalero llega hasta una tolva donde se encuentra ubicada una trituradora en el interior de la mina para posteriormente mandarse hasta el exterior por medio de una banda transportadora.

El hundimiento por sub niveles es un método de minado que se basa en el flujo por gravedad del mineral fracturado por la explotación, seguido con el hundimiento sobre este del material estéril.

Las principales ventajas y desventajas de este método se resumen a continuación:

Ventajas

a) Se pueden utilizar equipos modernos de alta productividad, desde el desarrollo, la barrenación para el tumbé, hasta el cargado y rezagado.

c) Alta producción por hombre/turno

Desventajas

a) La recuperación de mineral difícilmente llega a exceder el 85-90 % si la dilución por estéril está por debajo del 20-30 %.

b) No es un método selectivo, por lo tanto no se puede controlar la dilución del mineral

c) No se puede controlar el flujo de mineral

d) Si la competencia del mineral es de mala a muy mala, aumentará considerablemente el costo de explotación por aplicar soporte artificial a las obras.

e) Se requiere de mucha preparación, por ello esta debe estar muy adelantada a la explotación.

Secuencia del Método

- Obras de desarrollo y preparación: frentes, rampas, cruceros, contrapozos metaleros y tepetateros, de ventilación, piletas, dedos.
- Barrenación de abanicos de levante y tumbes
- Rezagado y acarreo

Teorías de hundimiento y definiciones

Las siguientes definiciones son esenciales para un entendimiento y aplicación práctica de las teorías de hundimiento para el hundimiento por sub niveles (Fig. 5).

Plano Divisor (Dividing layer)

Es definido como una superficie imaginaria entre el mineral quebrado en movimiento y el resto del material. Cuando el estéril fuera de un cierto tipo de roca distinto al mineral, la localización del plano divisor es constante si se tiene un suministro continuo e ilimitado del material de arriba. El ángulo entre el plano divisor y el plano horizontal depende del ángulo de fricción interna y el tamaño de fragmentación del mineral en cuestión. Para mineral de hierro recientemente fracturado (fragmentos menores a 1 m^3) el ángulo del plano divisor es de $75-85^\circ$. Si el material de hundimiento sobre la abertura de flujo puede ser considerado como infinito, este ángulo será aproximadamente de 90° a una cierta distancia vertical sobre la abertura de flujo. Para roca fragmentada y densamente compacta como en el hundimiento por sub niveles esta distancia es en promedio de 30 m. La localización, inclinación del plano divisor y la distribución del movimiento de partícula son de gran importancia para la proyección y resultados en la recuperación de mineral y la dilución por roca estéril.

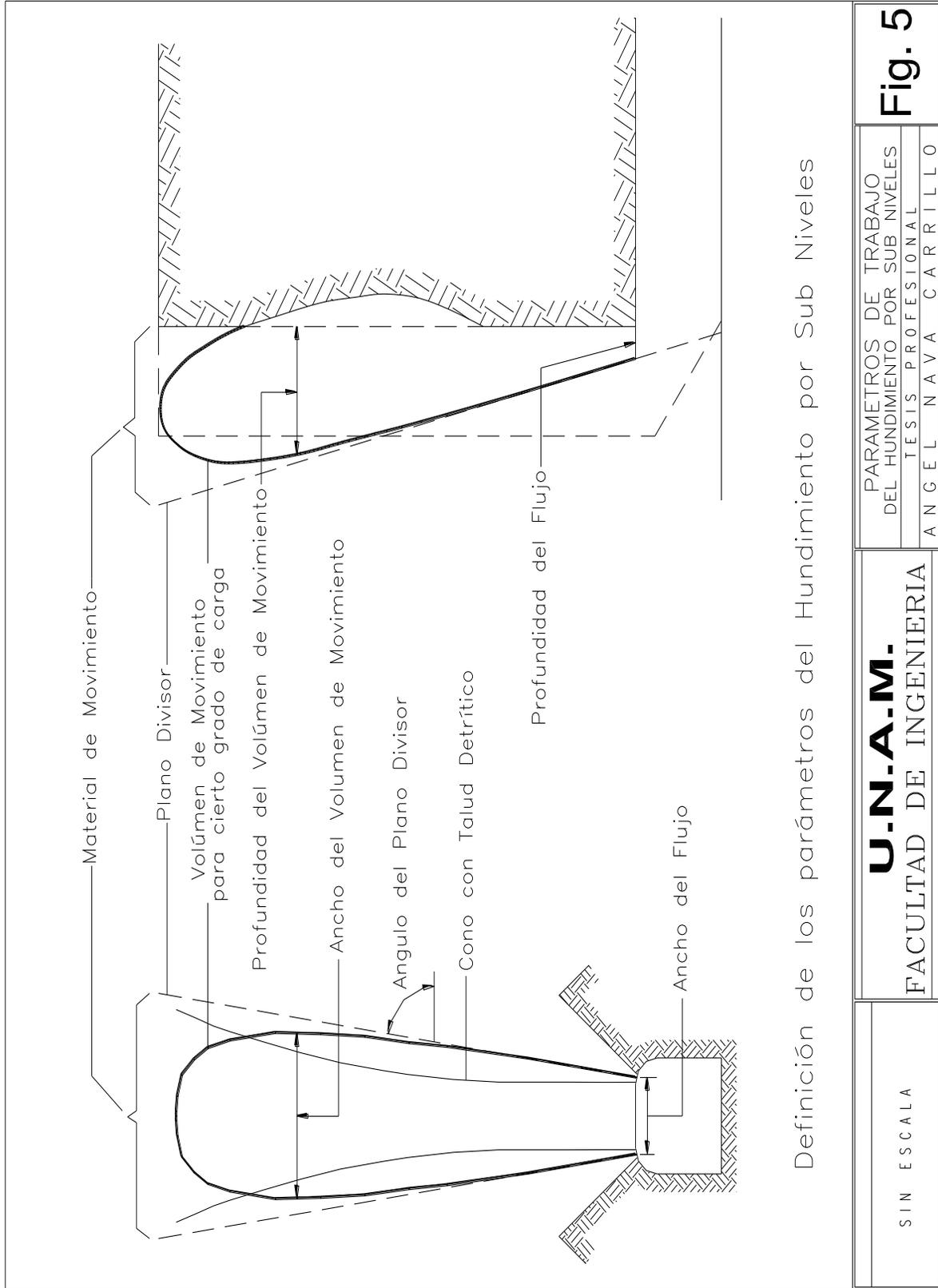
Volumen de Movimiento (Volume of motion)

Este término reemplaza la expresión que anteriormente era de elipsoide de hundimiento. Todas las partículas y/o fragmentos llegan hasta la abertura de flujo simultáneamente, originada de la superficie geométrica la cual encierra un volumen, en este momento queda definida como volumen de movimiento. La forma del volumen de movimiento es determinada por la distribución de partícula, movimiento dentro del plano divisor el cual a su vez en cierto modo depende de la cantidad de carga, y de las densidades del mineral y tepetate.

El volumen total de movimiento es generado dentro del plano divisor y puede tener una extensión vertical ilimitada mientras que su extensión horizontal se aproxima rápidamente al plano divisor. El volumen de movimiento indica la localización del volumen de carga antes de iniciarse el flujo del material.

Cono con Talud Detrítico (Talus Cone)

La expresión "Talus Cone" describe la trayectoria de las partículas alrededor de la abertura de flujo. Si se tiene una superficie horizontal que conecta a partículas dentro de la roca fragmentada antes de empezar la carga, esta superficie será en forma de embudo donde las primeras partículas llegan hasta la abertura de flujo. En resumen el volumen de movimiento indica la localización original del material de carga y el cono con talud detrítico indica el material remanente que ha de ser movido. Todos los movimientos de partícula ocurren dentro del plano divisor tan grande como el volumen de material perdido sobre la abertura de flujo que es considerado como infinito.



Definición de los parámetros del Hundimiento por Sub Niveles

SIN ESCALA	U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA	PARAMETROS DE TRABAJO DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES	Fig. 5
		TESIS PROFESIONAL	
		ANGEL NAVA CARRILLO	

Aplicaciones Específicas para el Hundimiento por Sub Niveles

El ancho efectivo en la abertura de flujo depende de la forma del cielo en ésta. Cuando el cielo es arqueado como se presenta en la Fig. 6a el ángulo del mineral fracturado formará un cono en la abertura. El mineral a extraerse se formará en cualquier lugar de la periferia del cono en la base del talud de mineral, induciendo el flujo del mineral que seguirá las líneas superficiales del cono. Por lo tanto, el cono formará un ancho muy pequeño de flujo en la abertura en la parte superior del cielo arqueado. Esta situación es desfavorable para el hundimiento por sub niveles porque el ancho efectivo de extracción en la abertura puede ser muy pequeño. El flujo de mineral fragmentado en el tumbe y el flujo de estéril pueden tener el patrón mostrado en la Fig. 6a.

Cuando el cielo es horizontal (o ligeramente arqueado ver Fig. 6b), el mineral fragmentado formará un prisma en el abertura del sub nivel. Con respecto a la forma de extracción la inclinación en la base del talud de este prisma será paralela a la inclinación del flujo de mineral, y por lo tanto casi el ancho total de la abertura del sub nivel puede ser utilizado como un ancho efectivo de la abertura de flujo. Naturalmente esta situación es favorable para el hundimiento por sub niveles porque el ancho efectivo de extracción será amplio Fig. 7b. La Fig. 8 indica aproximadamente el ancho efectivo de extracción como un porcentaje del ancho de la abertura de flujo W_d como una función de la forma del cielo.

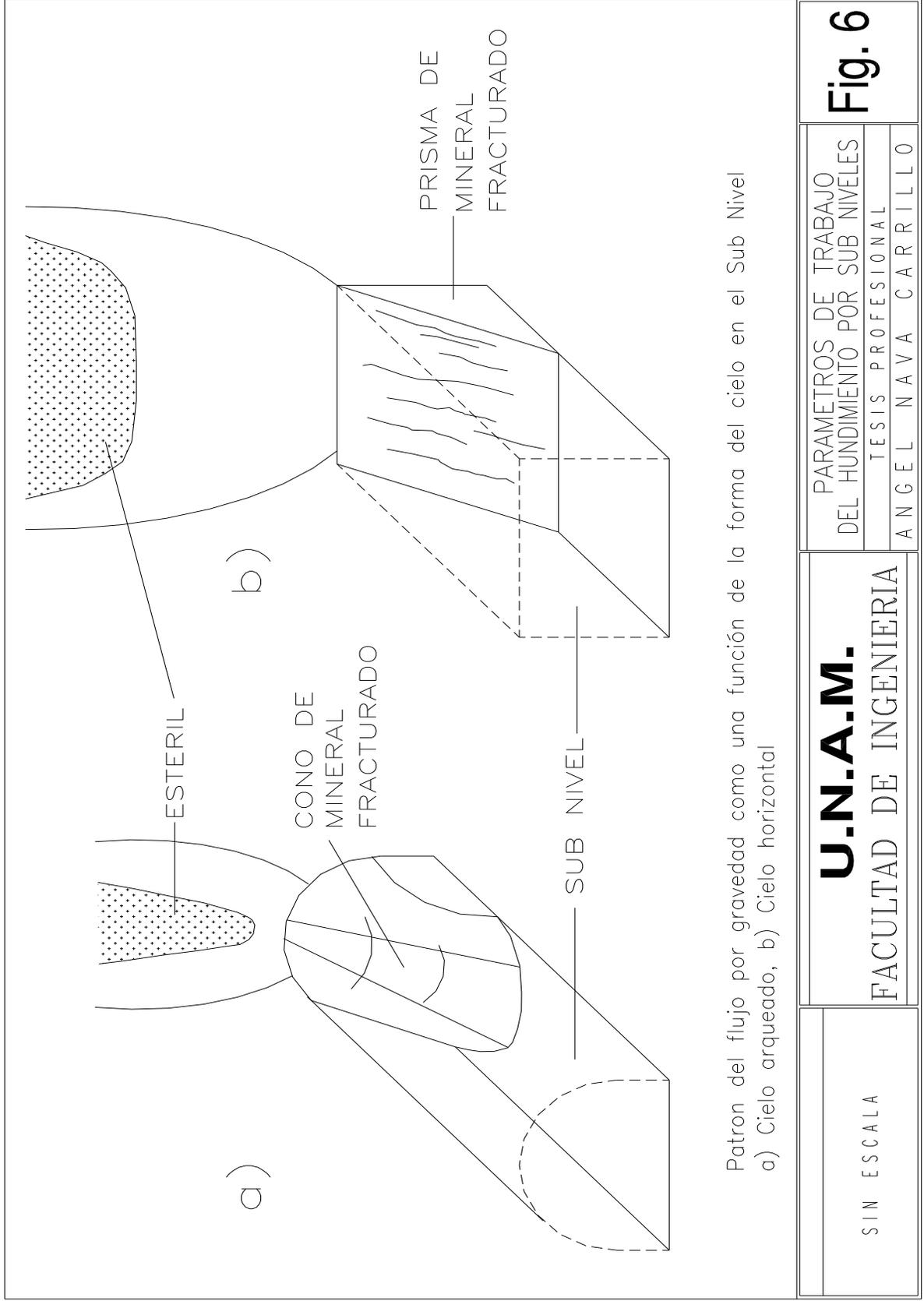
La extracción correcta de mineral demanda no sólo un ancho de extracción amplio en la abertura, también una profundidad satisfactoria de la zona de extracción. Esta profundidad depende sobre todo de la inclinación de la carga, naturalmente cuando la profundidad del minado es pequeña la profundidad del mineral a extraerse es también pequeña y sólo una pequeña parte de la altura de la abertura del sub nivel es utilizada para la extracción.

De acuerdo a la teoría de Rankie la trayectoria de máximo esfuerzo en la inclinación de un material macizo no es vertical, perpendicular, ni paralela a la inclinación del talud, pero está inclinado con respecto a la vertical un ángulo $\beta = (90 - \phi)$ (ver Fig. 9) en esta figura el ángulo natural de reposo h_D es la altura de la frente del sub nivel, el punto 1 representa teóricamente la base del talud, el punto 3 es el punto de la orilla que es formada por la intersección del cielo y la abertura del sub nivel, el punto 2 representa la intersección de las trayectorias del punto 3 con el piso del sub nivel y X es la distancia entre el punto 1 y el punto 2 con el material de extracción de la base, el ángulo de inclinación se aproximará al límite estable teórico definido por la trayectoria en la cual la inclinación 3-2 tendrá un coeficiente de estabilidad igual a 1 lo cual significa que dicho talud esta en falla inminente.

Lógicamente en orden de utilizar la altura completa h_D de la frente del sub nivel para la extracción, la profundidad de minado deberá ser:

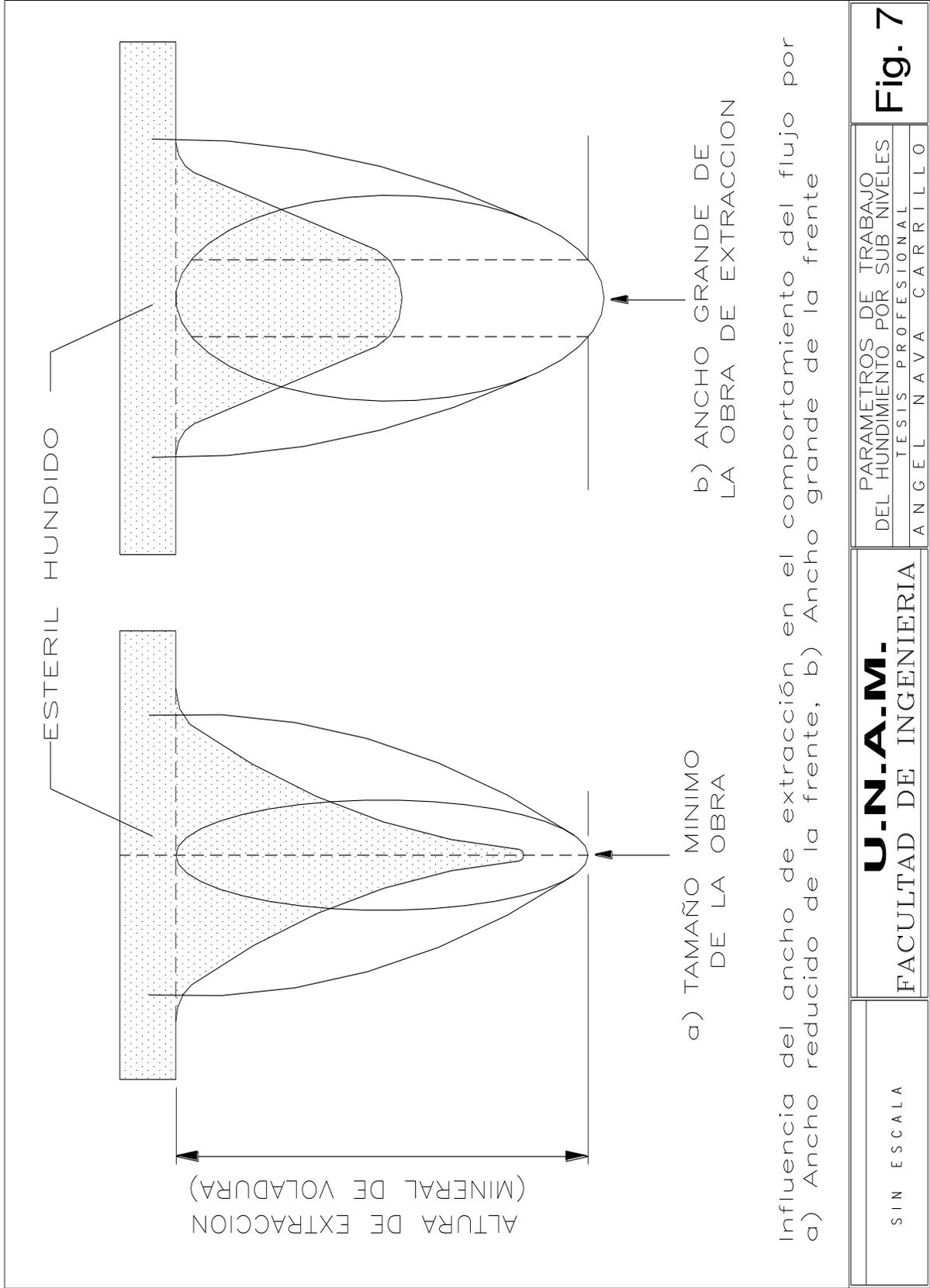
$$X = (h_D \cot \phi) - h_D \tan (90 - \phi)$$

La profundidad de rezagado de una máquina es usualmente de 3 a 4 ft (1 a 1.3 m), es mucho más pequeña que la distancia X . Esto significa que solamente la parte superior del mineral a extraerse (e) en lo que respecta a la altura de la frente del sub nivel será utilizada para la extracción normal (Fig. 10). La parte baja del remanente, aunque no se utiliza para la extracción normal

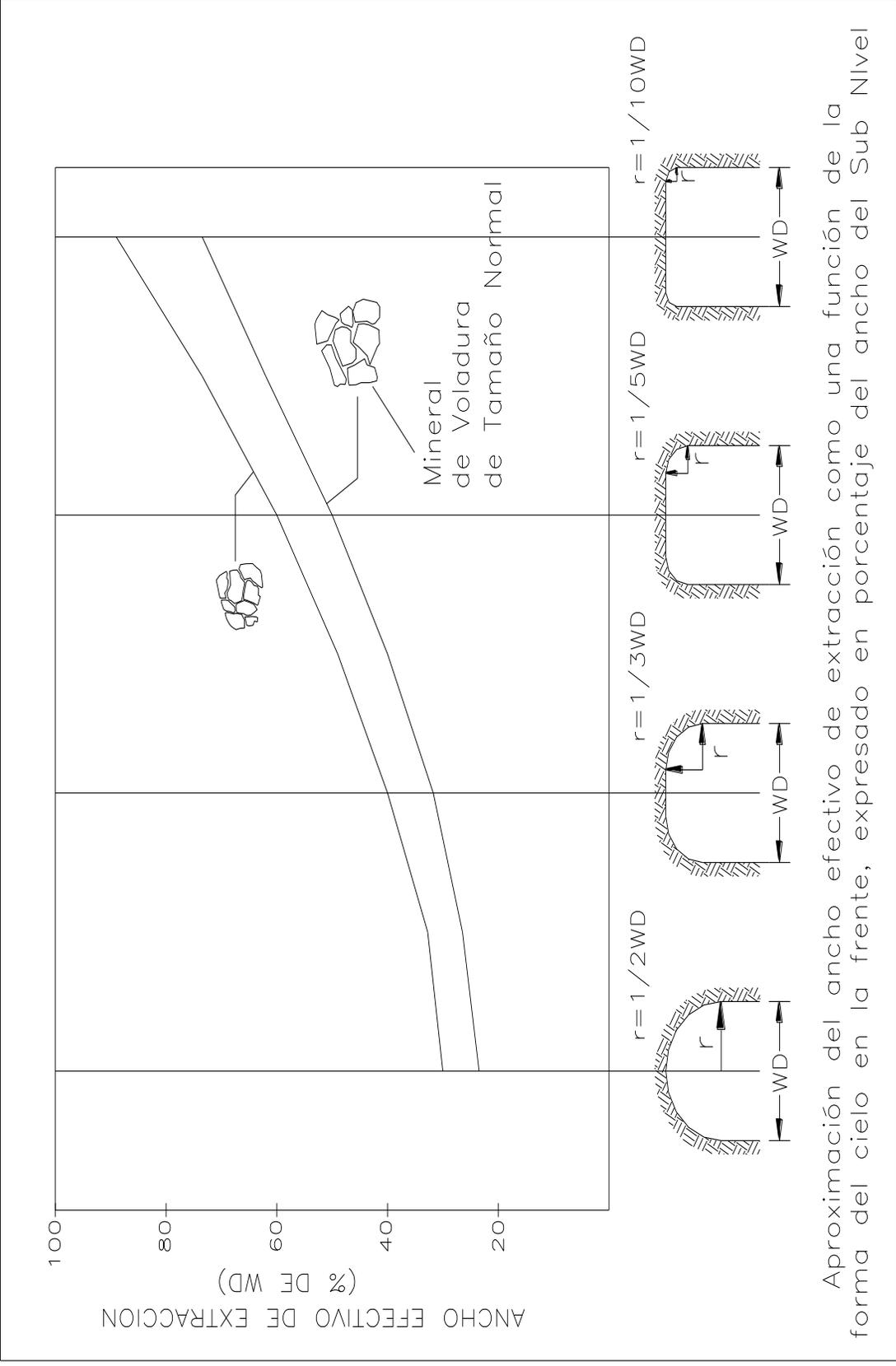


Patron del flujo por gravedad como una función de la forma del cielo en el Sub Nivel
a) Cielo arqueado, b) Cielo horizontal

SIN ESCALA	U.N.-A.M. FACULTAD DE INGENIERIA	PARAMETROS DE TRABAJO DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES TESIS PROFESIONAL ANGEL NAVA CARRILLO	Fig. 6
------------	--	--	---------------



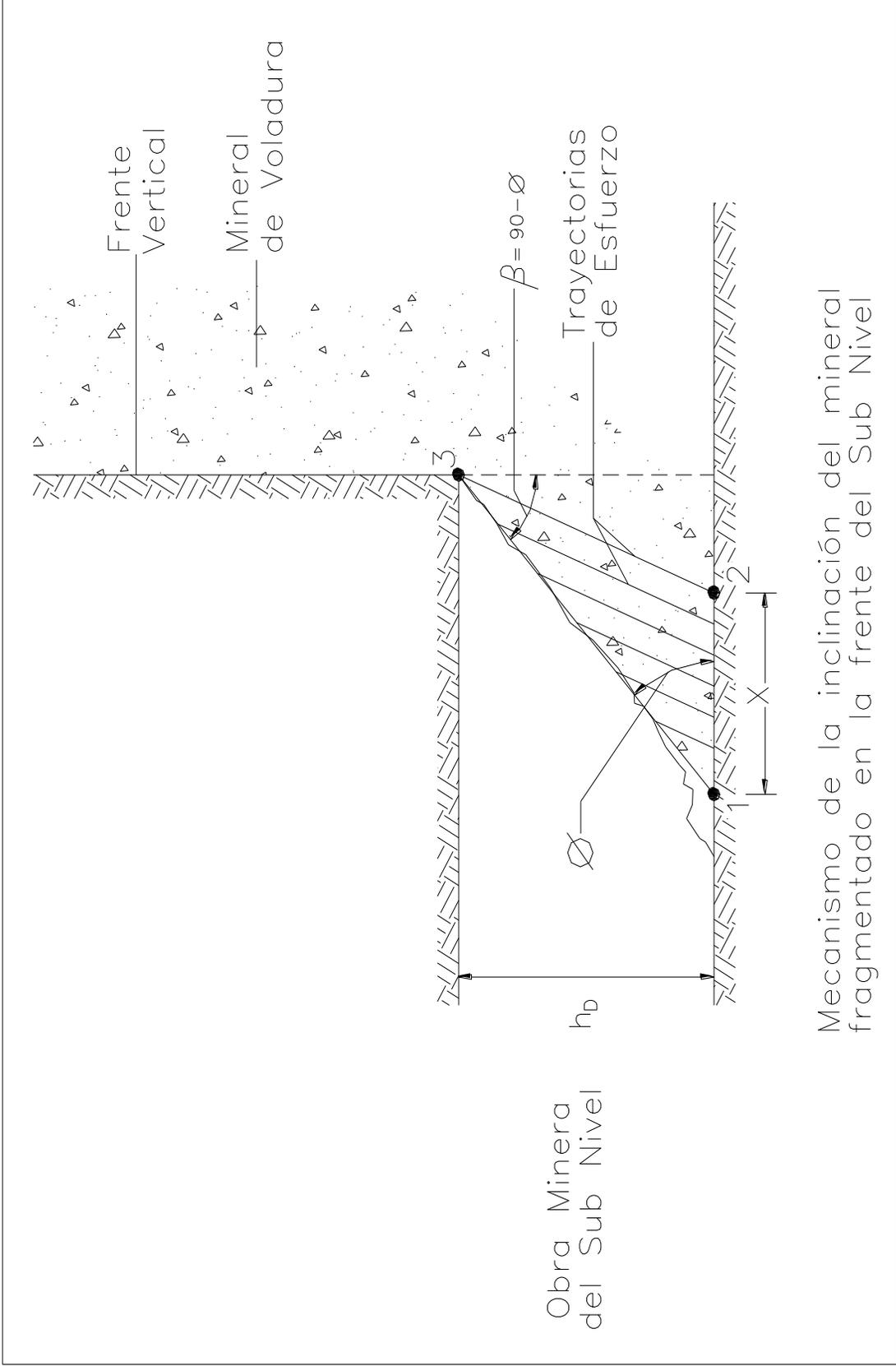
SIN ESCALA	U.N.-A.M. FACULTAD DE INGENIERIA	PARAMETROS DE TRABAJO DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES TESIS PROFESIONAL ANGEL NAVA CARRILLO	Fig. 7
------------	--	--	---------------



Aproximación del ancho efectivo de extracción como una función de la forma del cielo en la frente, expresado en porcentaje del ancho del Sub Nivel

SIN ESCALA	U.N.-A.-M. FACULTAD DE INGENIERIA	PARAMETROS DE TRABAJO DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES TESIS PROFESIONAL ANGEL NAVA CARRILLO
------------	---	--

Fig. 8



SIN ESCALA

U.N.-A.-M.
FACULTAD DE INGENIERIA

PARAMETROS DE TRABAJO DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES
TESIS PROFESIONAL
ANGEL NAVA CARRILLO

Fig. 9

también tiene una función: permitir la extracción de bloques con dimensiones más grandes que la profundidad de la zona de flujo exterior en el piso del sub nivel.

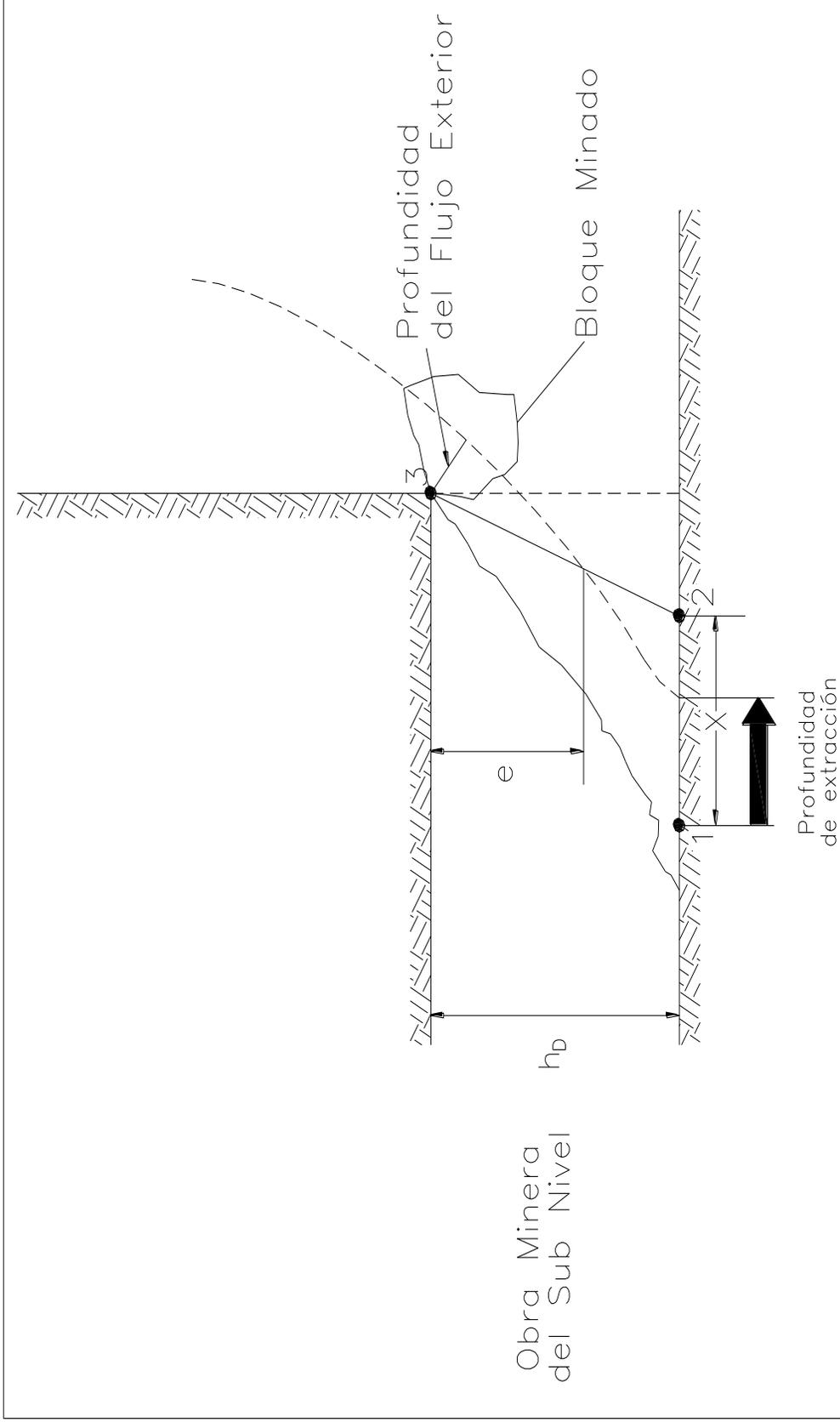
Incluso en una extracción normal la inclinación en el sub nivel no tiene un ángulo constante, la inclinación puede variar entre los límites, definidos en la Fig. 9 como puntos 1 y 2. Esto significa que la base de la inclinación (punto 1) puede ser cercana al punto 2, en algunos casos el punto 1 puede ser idéntico al punto 2, y la inclinación será muy pronunciada. La inclinación más cercana es el plano 3-2 lo más peligroso es su abrupta falla. Por consiguiente por razones de seguridad se define el ángulo límite del plano 3-2 para inducir la falla del talud antes de que estas condiciones ocurran.

La extracción puede ser detenida por un arqueo del material sobre la zona de flujo exterior, muchas de las veces el arqueo ocurre sobre la profundidad del flujo exterior (Fig. 10); porque esta es la dimensión más pequeña de la obra de extracción. Aunque el arqueo puede tener muchas variaciones, se pueden distinguir los siguientes tres tipos básicos: (1) El arqueo causado por un grupo de bloques que forman una estructura arqueada, (2) el arqueo causado por un material muy compactado (incluyendo el efecto de cohesión aparente y/o plasticidad), (3) arqueo por una combinación de estos dos.

Estudios de Laboratorio y Pruebas In-Situ

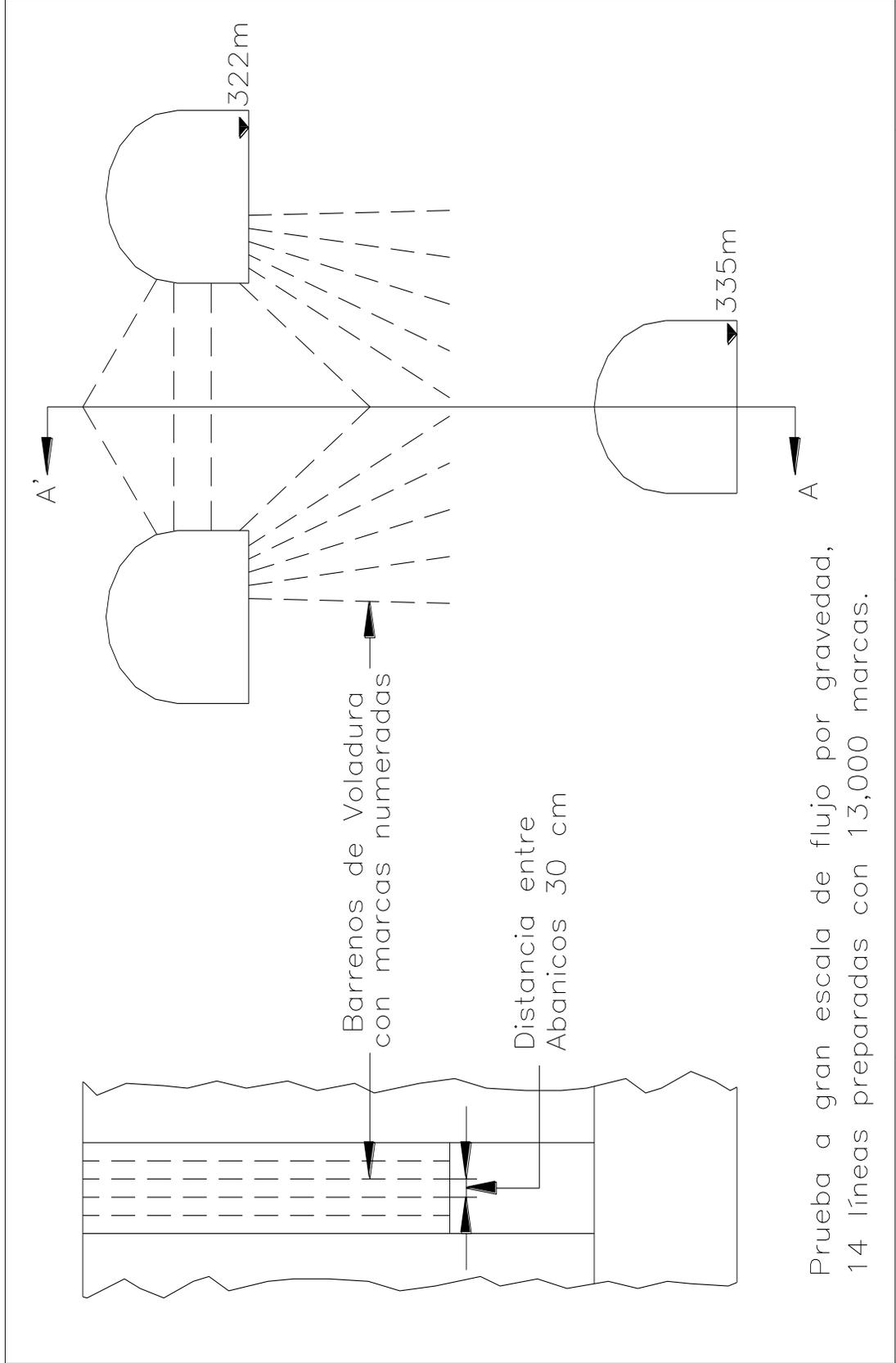
La investigación dirigida hacia el entendimiento de la forma del elipsoide de extracción en el hundimiento por sub niveles ha sido realizada en modelos de laboratorio y pruebas in-situ a gran escala. En el laboratorio incluso los modelos más sofisticados no pueden simular las condiciones naturales correctamente. La siguiente prueba a gran escala fue hecha en la mina de Gröngesberg Suecia, la Fig. 11 muestra una sección vertical de la mina donde se tienen 2 obras de un sub nivel que recibirán la carga y otras tres obras arriba de estas del sub nivel superior, en donde un cierto número de marcas radioactivas han sido insertadas en los barrenos de voladura. Estos barrenos realizados en forma de abanico son localizados en planos verticales con 30 cm de separación entre ellos. En total cerca de 13,000 marcas fueron instaladas. Cuando se realiza la voladura y el mineral fluye por gravedad existe un movimiento de las partículas, la carga en toneladas y el número de marcas recuperadas son registradas y representa el volumen de movimiento que puede ser diseñado como una función de las toneladas cargadas. La Fig. 12 muestra la forma de los volúmenes de movimiento en un plano vertical en el frente de los barrenos de voladura para 100,200 ,300,400,500 y 600 toneladas de carga.

Los análisis de los experimentos de laboratorio de las pruebas in-situ sugieren dos formas para el elipsoide de extracción en el hundimiento por sub niveles la geometría generalizada de ambos tipos se muestra en la Fig. 13. Aunque las diferencias son relativamente pequeñas es posible de distinguir que el tipo A tiene una forma más redonda, mientras que el tipo B es más angular. En ambas formas el ancho máximo W_T del elipsoide de extracción es cerca de $2/3 h$ sobre el piso de la obra del sub nivel, donde h es la altura de extracción. La profundidad máxima d_T (espesor de



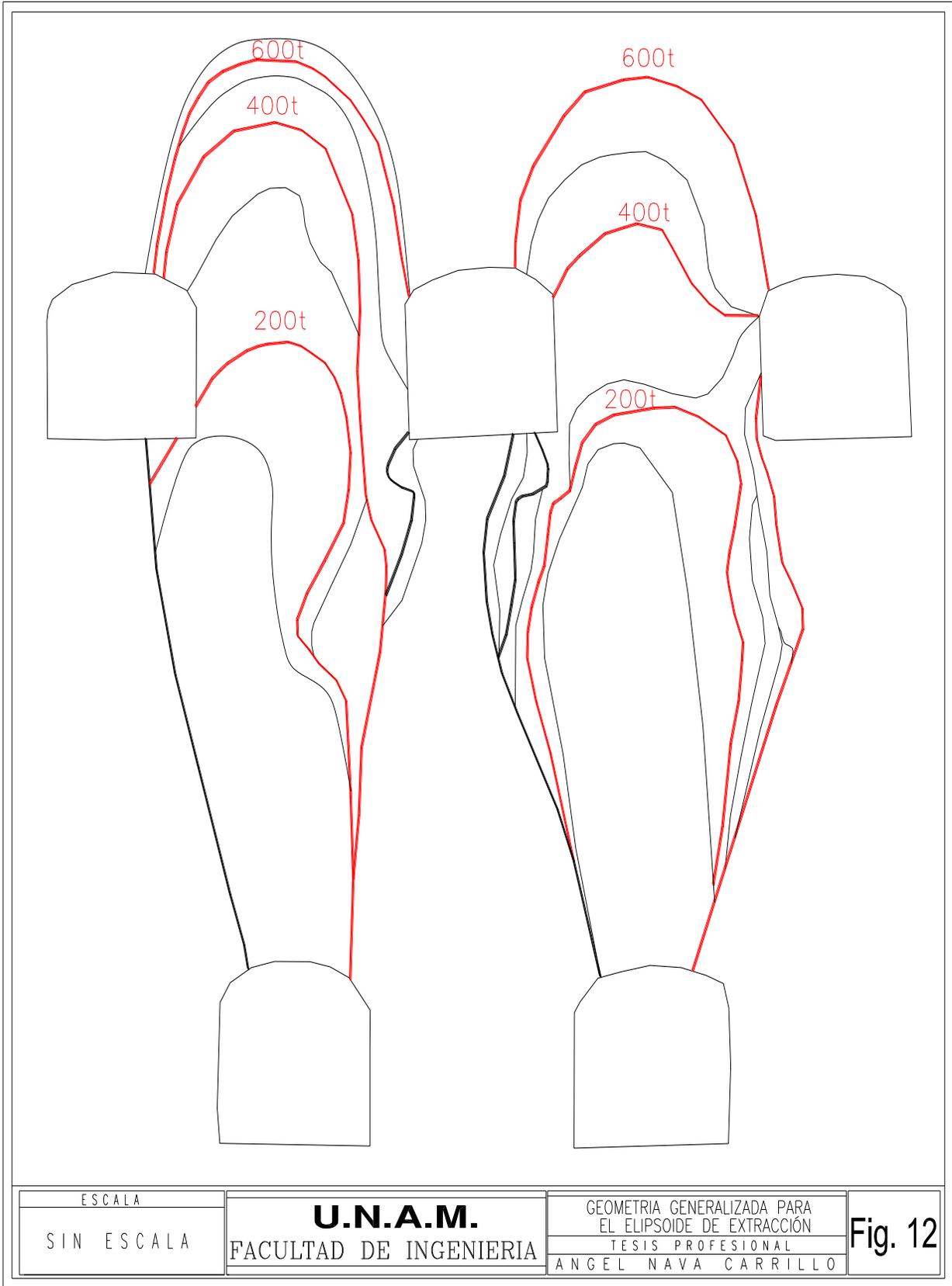
Profundidad aproximada de la profundidad del flujo exterior dentro de la obra del Sub Nivel como una función de la profundidad de extracción

SIN ESCALA	U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA		PARAMETROS DE TRABAJO DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES	Fig. 10
			TESIS PROFESIONAL ANGEL NAVA CARRILLO	



Prueba a gran escala de flujo por gravedad,
14 líneas preparadas con 13,000 marcas.

SIN ESCALA	U.N.-A.-M. FACULTAD DE INGENIERIA	PARAMETROS DE TRABAJO DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES TESIS PROFESIONAL ANGEL NAVA CARRILLO	Fig. 11
------------	---	--	----------------

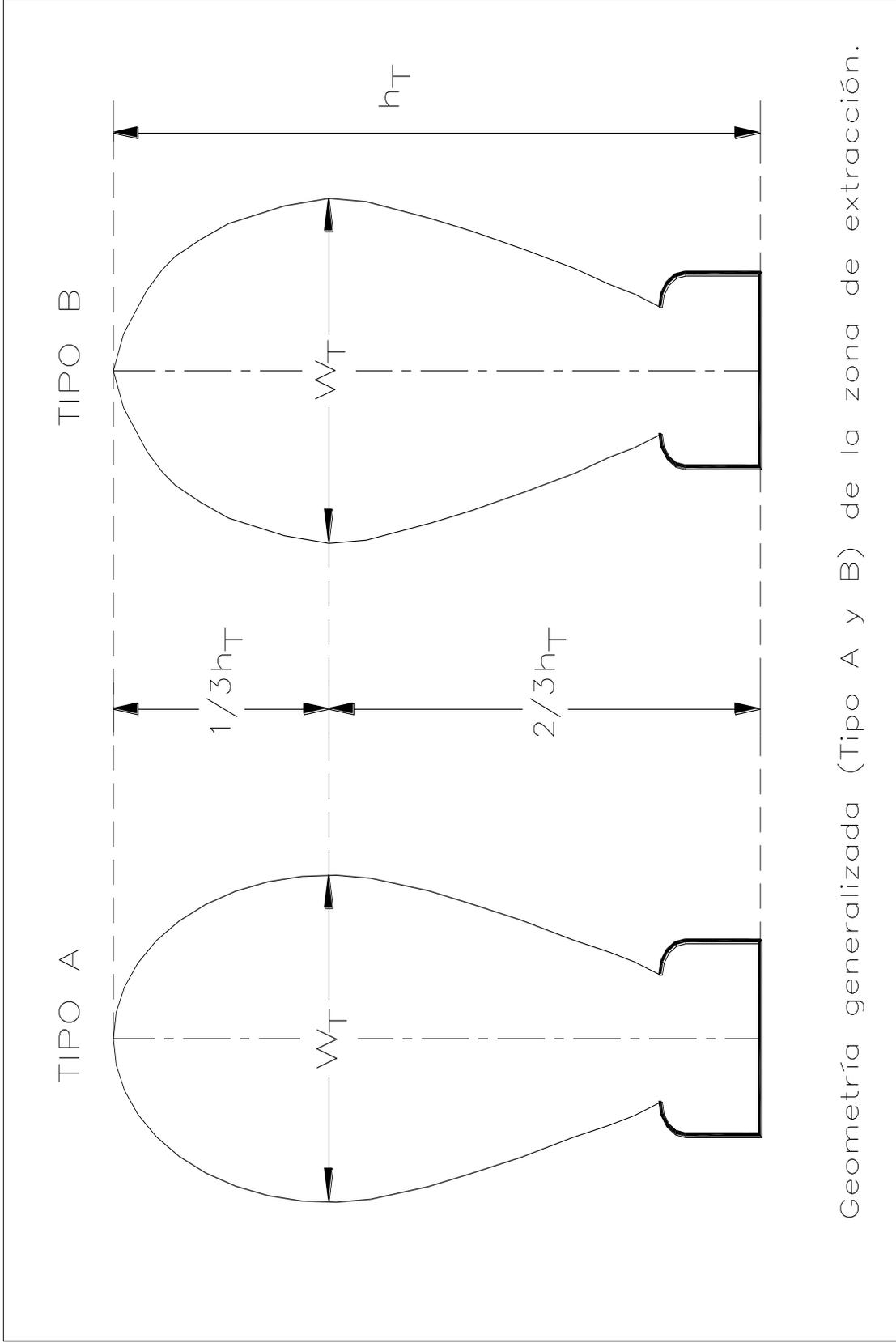


ESCALA
SIN ESCALA

U.N.A.M.
FACULTAD DE INGENIERIA

GEOMETRIA GENERALIZADA PARA
EL ELIPSOIDE DE EXTRACCIÓN
TESIS PROFESIONAL
ANGEL NAVA CARRILLO

Fig. 12



Geometría generalizada (Tipo A y B) de la zona de extracción.

SIN ESCALA	<p align="center">U.N.-A.-M. FACULTAD DE INGENIERIA</p>	<p align="center">PARAMETROS DE TRABAJO DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES TESIS PROFESIONAL ANGEL NAVA CARRILLO</p>	<p align="center">Fig. 13</p>
------------	--	---	--------------------------------------

mineral) del elipsoide de extracción perpendicular al frente del sub nivel también ocurre a la misma altura.

En el hundimiento por sub niveles los problemas prácticos y económicos son la recuperación de mineral y la dilución por estéril. Para obtener resultados óptimos se requiere del conocimiento de otros importantes parámetros como son la relación altura/bordo del sub nivel, inclinación de la frente, forma y tamaño de las obra de los sub niveles, fragmentación, etc.

La Fig. 14 presenta el efecto de la relación entre la altura del sub nivel y el bordo en relación a la recuperación de mineral y la dilución por estéril.

Inclinación de la frente

La frente del sub nivel usualmente inclinada a un ángulo de 80° . Esta inclinación es favorable no sólo para la barrenación y el cargado de los barrenos sino que también sirve para minimizar la dilución. El efecto de la inclinación en la frente del sub nivel es evidente como se muestra en la Fig. 15, donde la Fig. 15a tiene una frente vertical y la Fig. 15b tiene un frente inclinado. La altura de extracción h_T para ambos casos es la misma.

Con un frente vertical, el elipsoide de extracción intrusión profundamente dentro del estéril hundido. La inclinación de 80° del frente mostrado puede causar un cambio en la forma de flujo por gravedad y el elipsoide de extracción puede ser mucho más pequeño que con un frente vertical, así el elipsoide de extracción tenderá a ser inscrito dentro del corte de mineral de la voladura. La intrusión del elipsoide de extracción dentro del estéril hundido es mínima y por lo tanto la dilución.

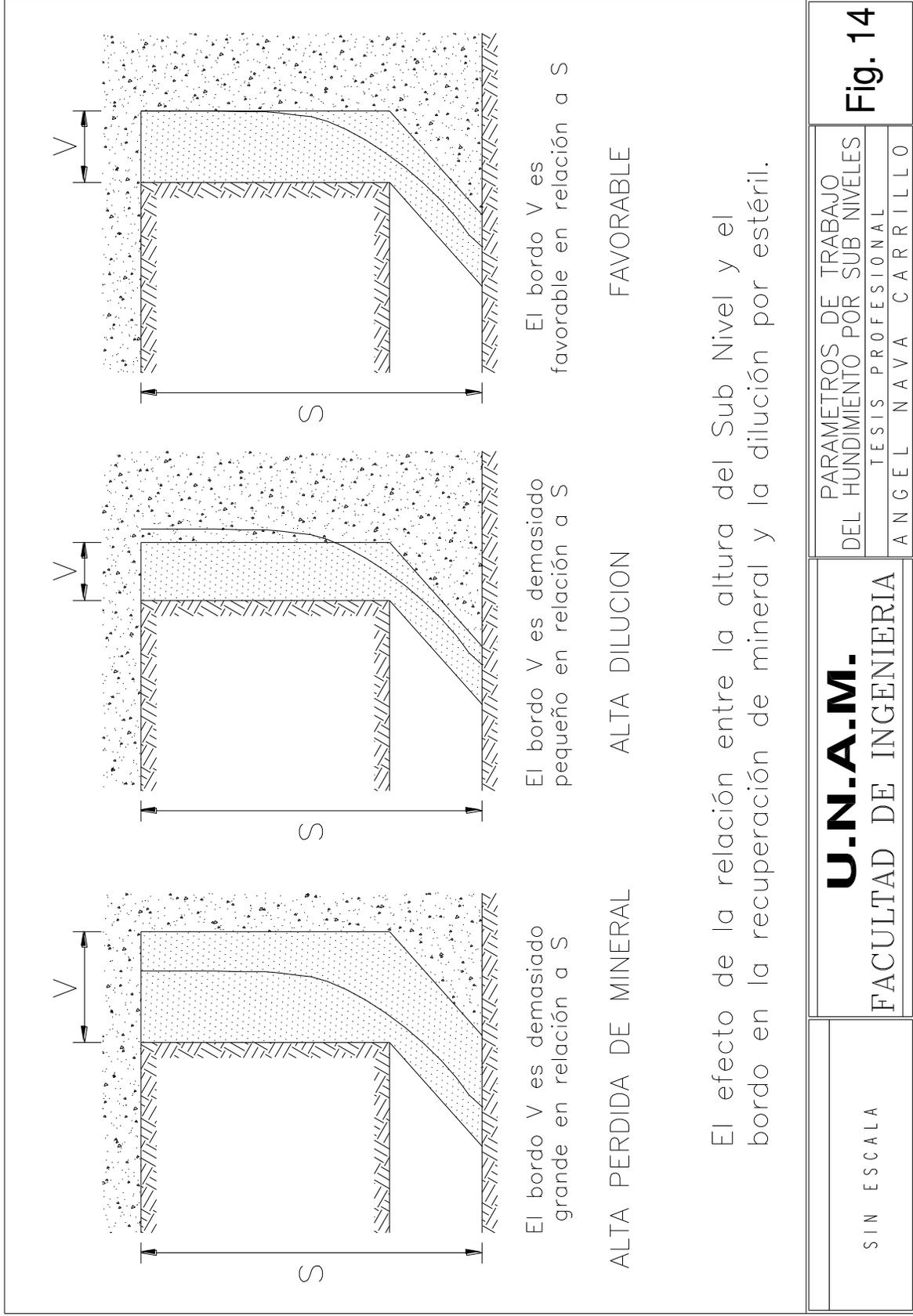
II.2 OBRAS DE ACCESO

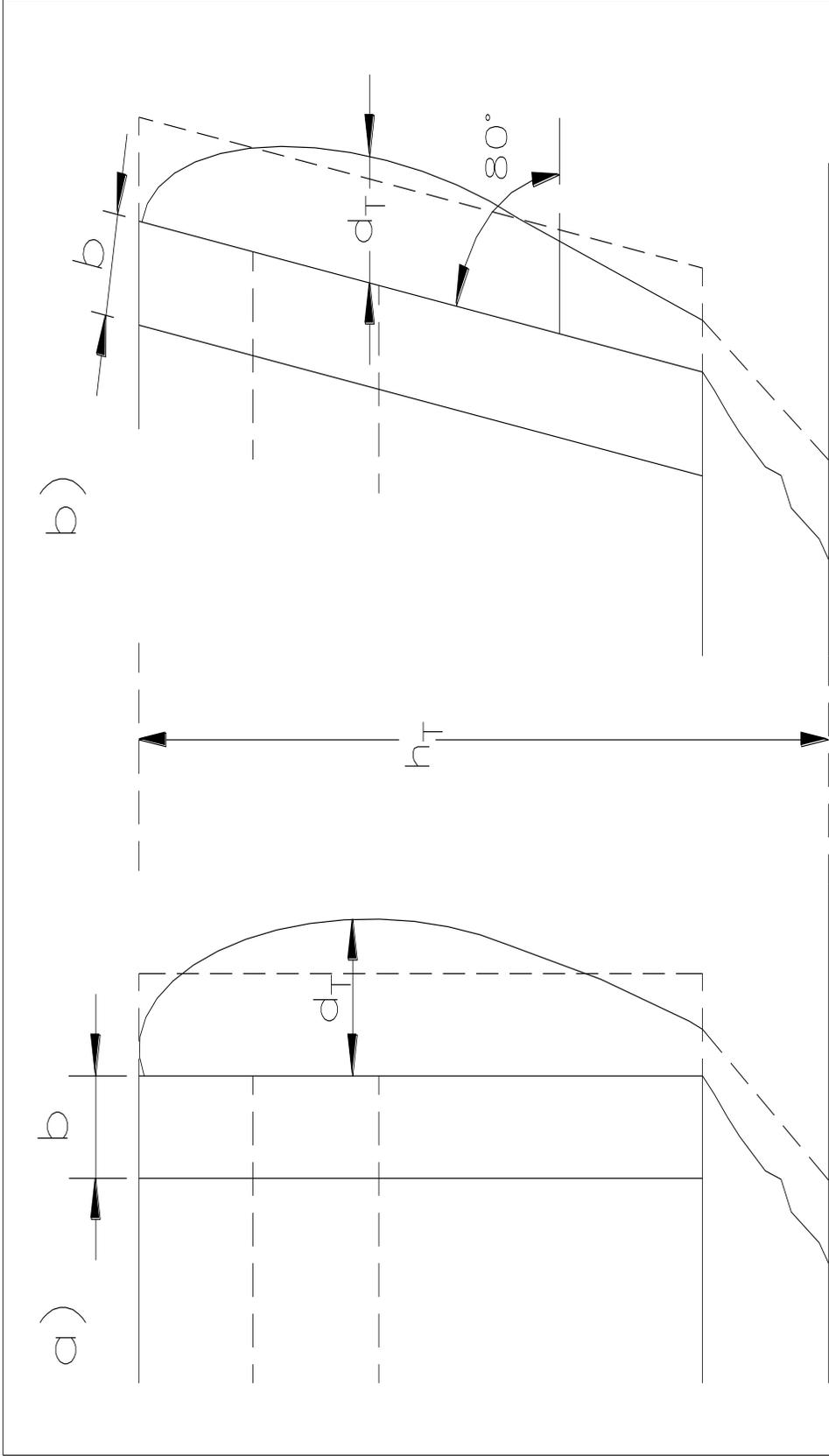
El cuerpo mineral actualmente cuenta con tres socavones denominados túnel de banda, túnel de servicios y túnel de evaluación.

Túnel de Banda

El rompimiento de este socavón se localiza en la ladera de un cerro en la elevación 705 msnm, durante los primeros 900 metros lleva una pendiente de +1.0 % Fig. 16; después empieza una rampa negativa @ -10 % de 225 metros de longitud hasta llegar a la elevación 680 que es la elevación de piso del salón trituradora en la Fig. 17 se muestran las principales obras de ésta área, aquí se encuentra instalada la trituradora primaria interior mina, es una trituradora marca Allis Chalmers de 122.00 cm \times 152.40 cm (48" \times 60") con Motor de 149.14 kW (200 H.P.) y capacidad máxima de 850 t/h a -12.70 cm (-5 ").

La función de este socavón es para la extracción del mineral y estéril, ya que a lo largo de este se tiene instalada permanentemente una banda transportadora con sus sistemas motrices que va desde la descarga de la trituradora interior hasta el proceso de beneficio en el exterior, esta obra también sirve para darle ventilación a la mina por donde entra aire limpio a razón de 45.33 m³/s (96.04 Kcfm), con una resistencia total de 36.62×10^6 N-s/m⁸ (0.03278 in^{-min}²/ft⁶).





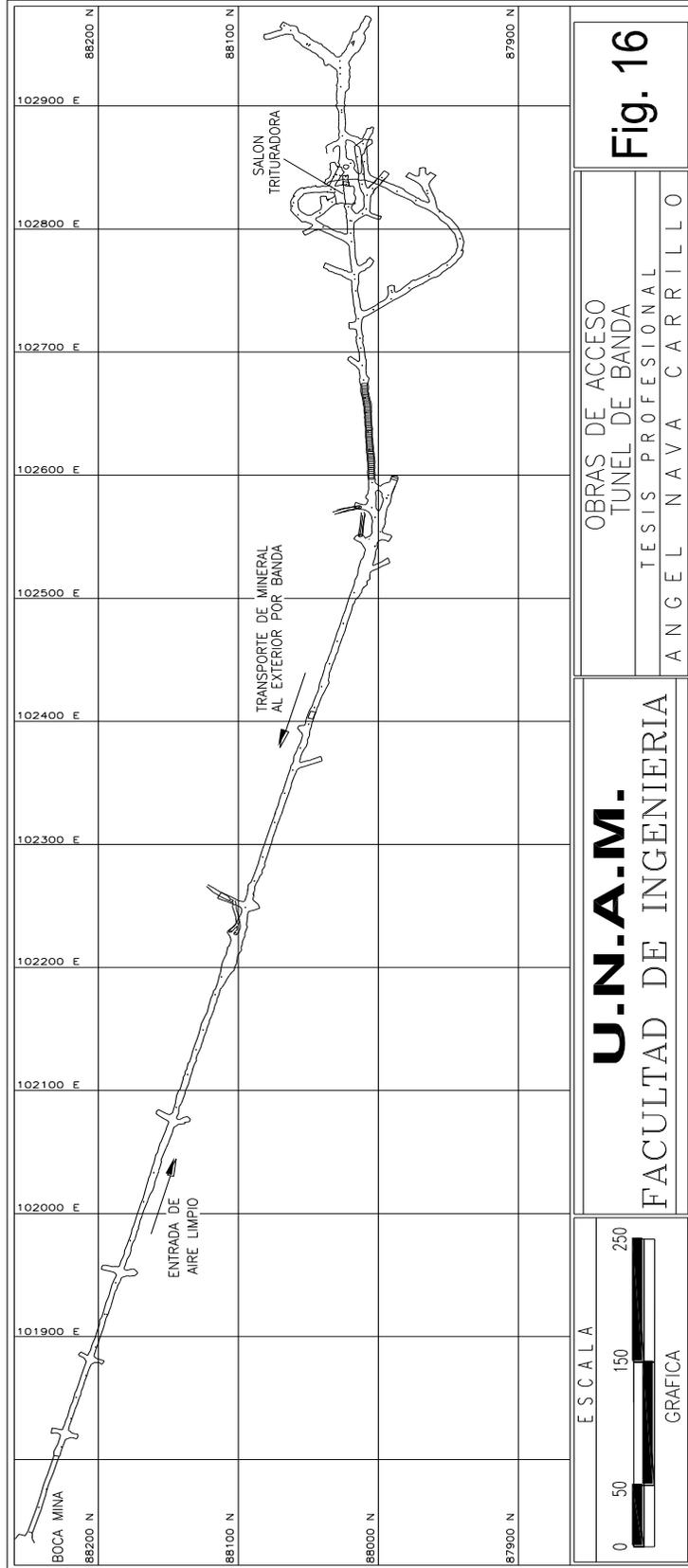
Frentes vertical (a) e inclinado (b) del Hundimiento por Sub Niveles.
 El frente inclinado disminuye la diluición.

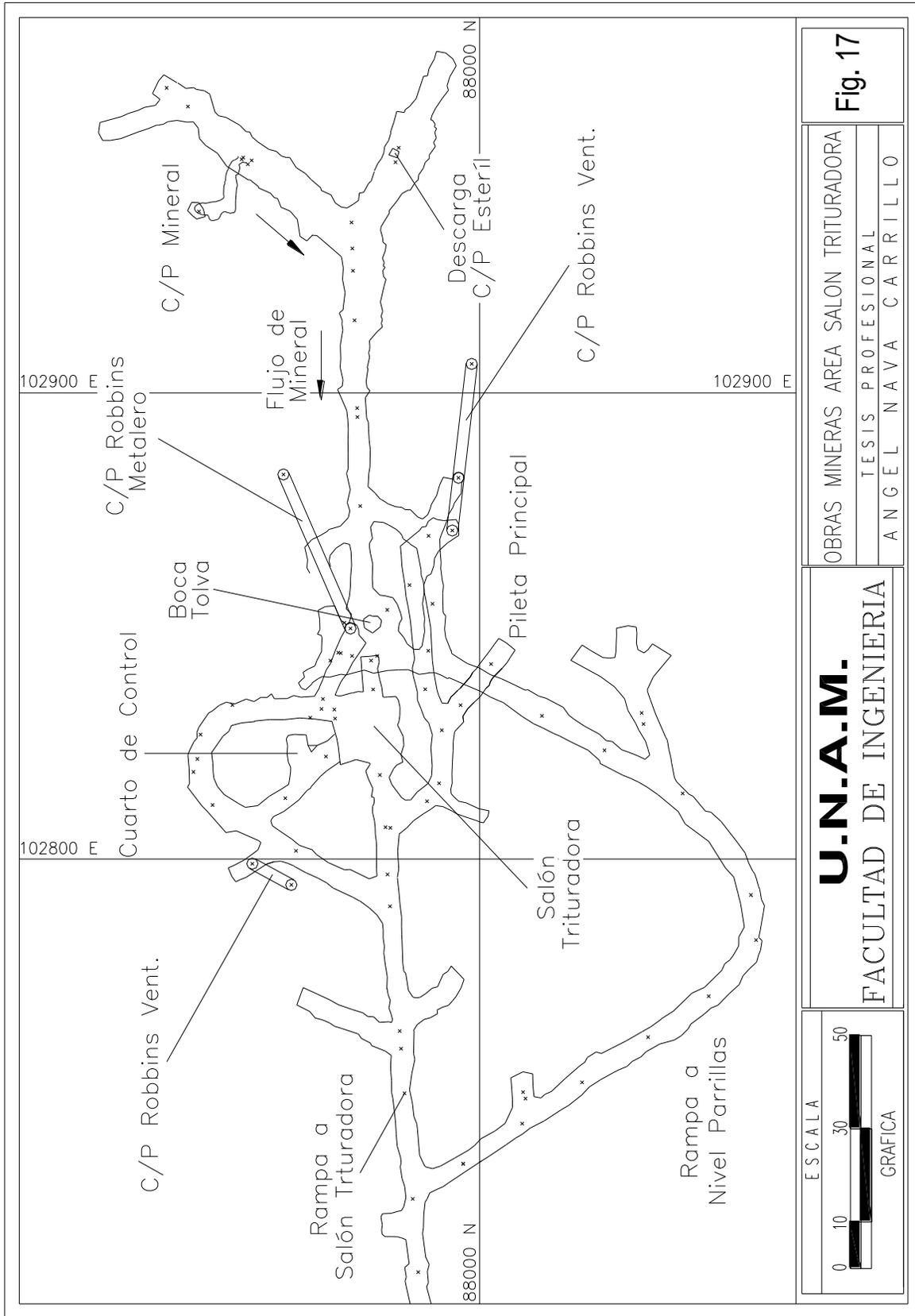
SIN ESCALA

U.N.-A.-M.
 FACULTAD DE INGENIERIA

PARAMETROS DE TRABAJO
 DEL HUNDIMIENTO POR SUB NIVELES
 TESIS PROFESIONAL
 ANGEL NAVA CARRILLO

Fig. 15





<p>ESCALA</p> <p>GRAFICA</p>	<p>U.N.-A.-M. FACULTAD DE INGENIERIA</p>	<p>OBRAS MINERAS AREA SALON TRITURADORA</p> <p>TESIS PROFESIONAL</p> <p>ANGEL NAVA CARRILLO</p>	<p>Fig. 17</p>
------------------------------	---	---	-----------------------

una diferencia de presión de 0.77 Kg/cm^2 (302.3 in agua) y una pérdida de energía de 3.41 kW (4.57 hp); su sección promedio es de 4.5 m de ancho por 4.0 m de alto, también se tiene instalada una tubería de neopreno de 30.48 cm (12") de diámetro para conducir el agua que llega a la pileta principal y es bombeada hasta el exterior.

Túnel de Servicios

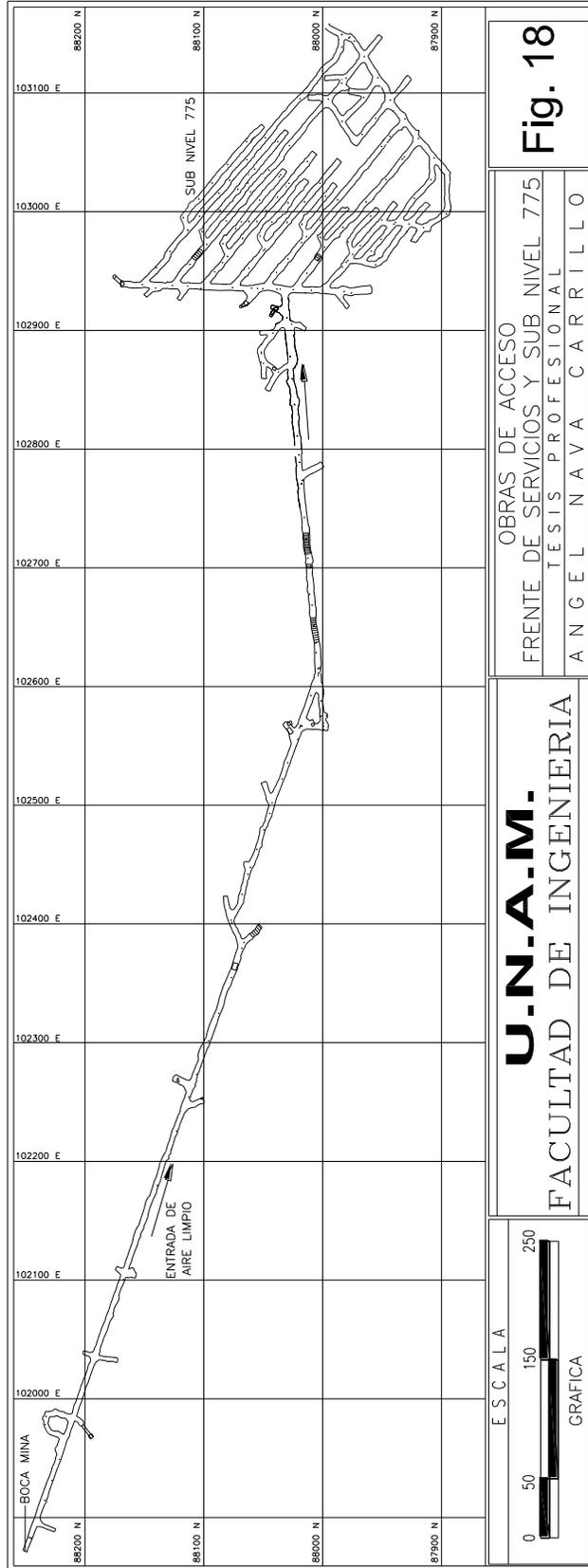
Esta es la obra principal para el acceso al cuerpo, por esta se suministran los servicios de agua, aire comprimido y energía eléctrica, por medio de ésta entra el personal de los turnos y equipos subterráneos, y para ventilación como entrada de aire limpio por esta entran $50.66 \text{ m}^3/\text{s}$ (107.35 Kcfm) una resistencia total de $14.70 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^8$ ($0.01316 \text{ in}\cdot\text{min}^2/\text{ft}^6$), caída de presión de 0.38 Kg/cm^2 (151.6 in agua) y una pérdida de energía de 1.91 kW (2.56 hp). La boca mina de esta obra se encuentra en la ladera del mismo cerro son casi paralelas y su elevación de rompimiento es 742 msnm, desde este punto se lleva el socavón con una pendiente de +1.0 % hasta los 843 m después empieza una rampa positiva a +10 % de 118 m de longitud que comunica con la frente de extracción del sub nivel 775 (actualmente agotado) Fig. 18, a los 140 m antes existe la comunicación con una rampa negativa al -12 % de 189 m de longitud que llega a la frente de extracción del sub nivel 760 (también actualmente agotado) Fig. 19, a los 89 m de la anterior comunicación se tiene el acceso a otra rampa al -15% de 107 m de longitud que comunica con la frente de extracción del sub nivel 745 (actualmente en explotación) Fig. 20.

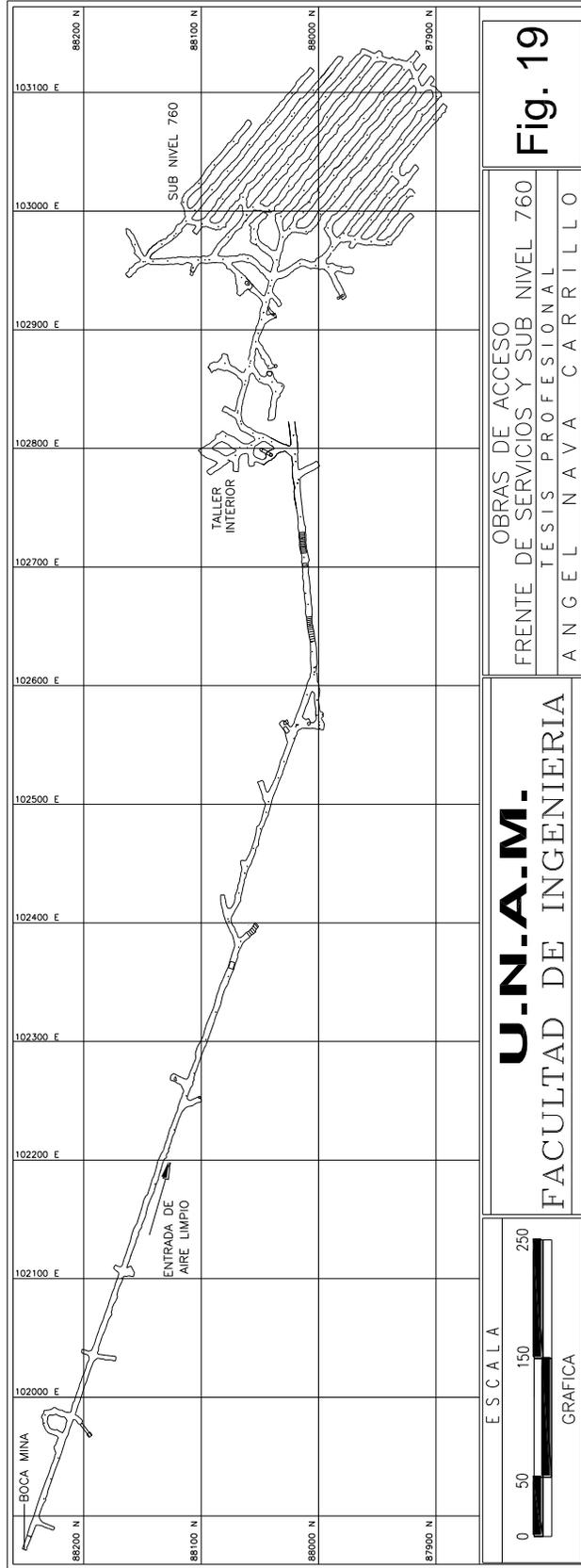
Túnel de Evaluación

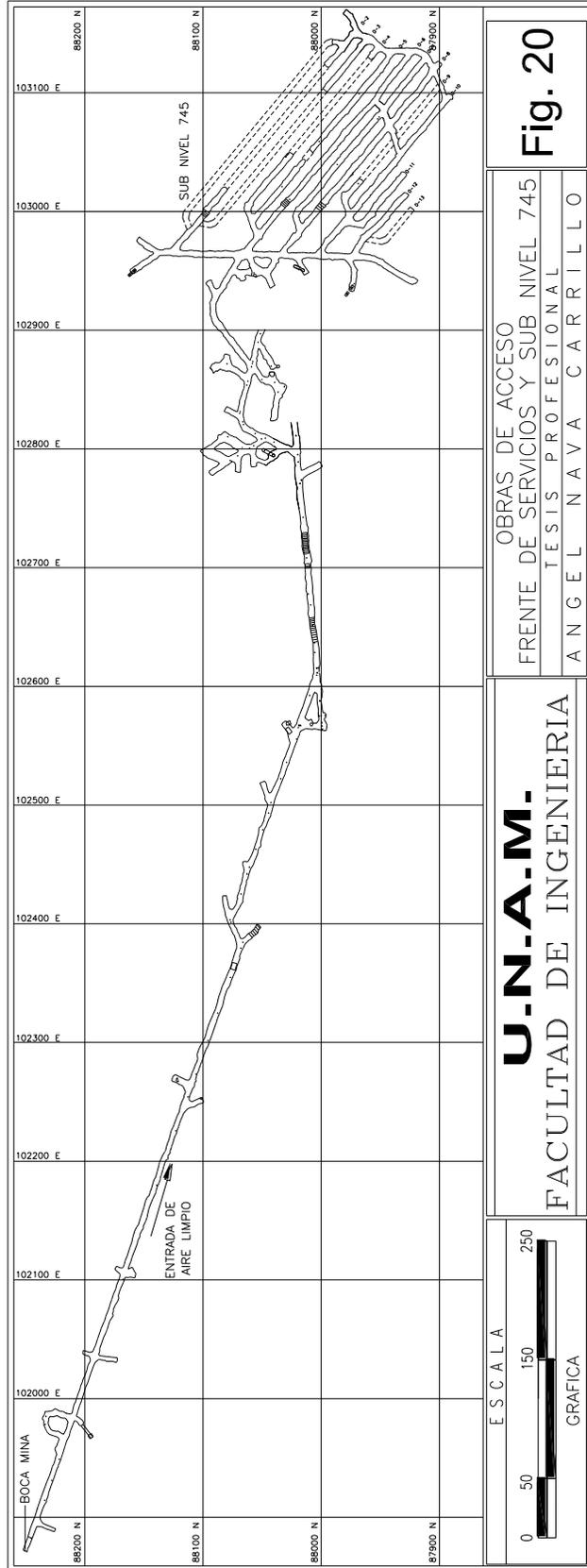
Esta obra en un principio se utilizó como obra directa de exploración, con una elevación de 792 msnm y una longitud de 455 m hasta la frente de extracción del sub nivel 795, posteriormente las obras que se desarrollaron se acondicionaron y utilizaron para formar el primer sub nivel que actualmente se encuentra agotado, y se utiliza sólo como obra de ventilación para la salida del aire viciado, a razón de $95.98 \text{ m}^3/\text{s}$ (203.38 kcfm), una resistencia total de $17.21 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^8$ ($0.01541 \text{ in}\cdot\text{min}^2/\text{ft}^6$), una caída de presión de 1.62 Kg/cm^2 (637.4 in agua) y una pérdida de energía de 15.61 kW (20.93 hp); a los 222 m antes de la boca mina está instalado el ventilador principal que es un Ventilador Joy de 182.88 cm (72") de alta Presión con 1.83 Kg/cm^2 (720 in agua), de la serie 2000 Axifan, equipado con motor eléctrico de 149.14 kW (200 hp) con capacidad de succión hasta $103.83 \text{ m}^3/\text{s}$ (220 Kcfm) Fig. 21 que sirve para la extracción del aire sucio.

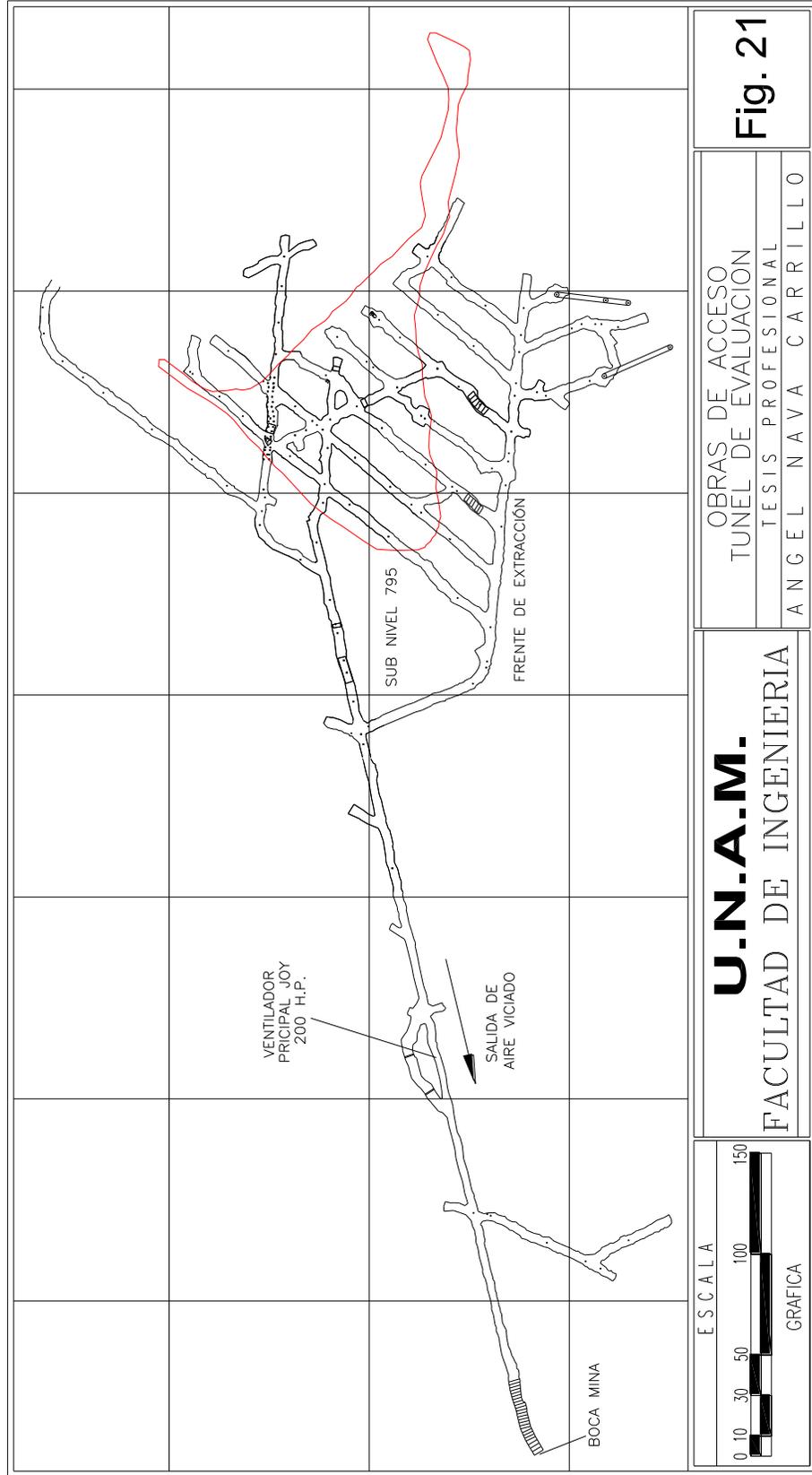
II.3 OBRAS DE PREPARACIÓN

En el cuerpo las obras de preparación se les denomina "dedos", que son obras ciegas y que en conjunto forman los sub niveles, su cuele es en forma paralela y con un rumbo de NW-SE 60° la longitud de estos está en función de la morfología de mineral, es decir, se cuelan hasta que se llega al contacto con el estéril; para cada sub nivel debe existir una frente de extracción, esta obra tiene un rumbo casi franco norte-sur, a partir de esta empieza el cuele de los dedos esto se realiza en forma de "trinchas", es decir una comunicación de la frente comunica por lo general con tres dedos en ocasiones hasta con cuatro el objetivo de esto es para reducir el cuele en estéril, el número de dedos depende del área del mineral.









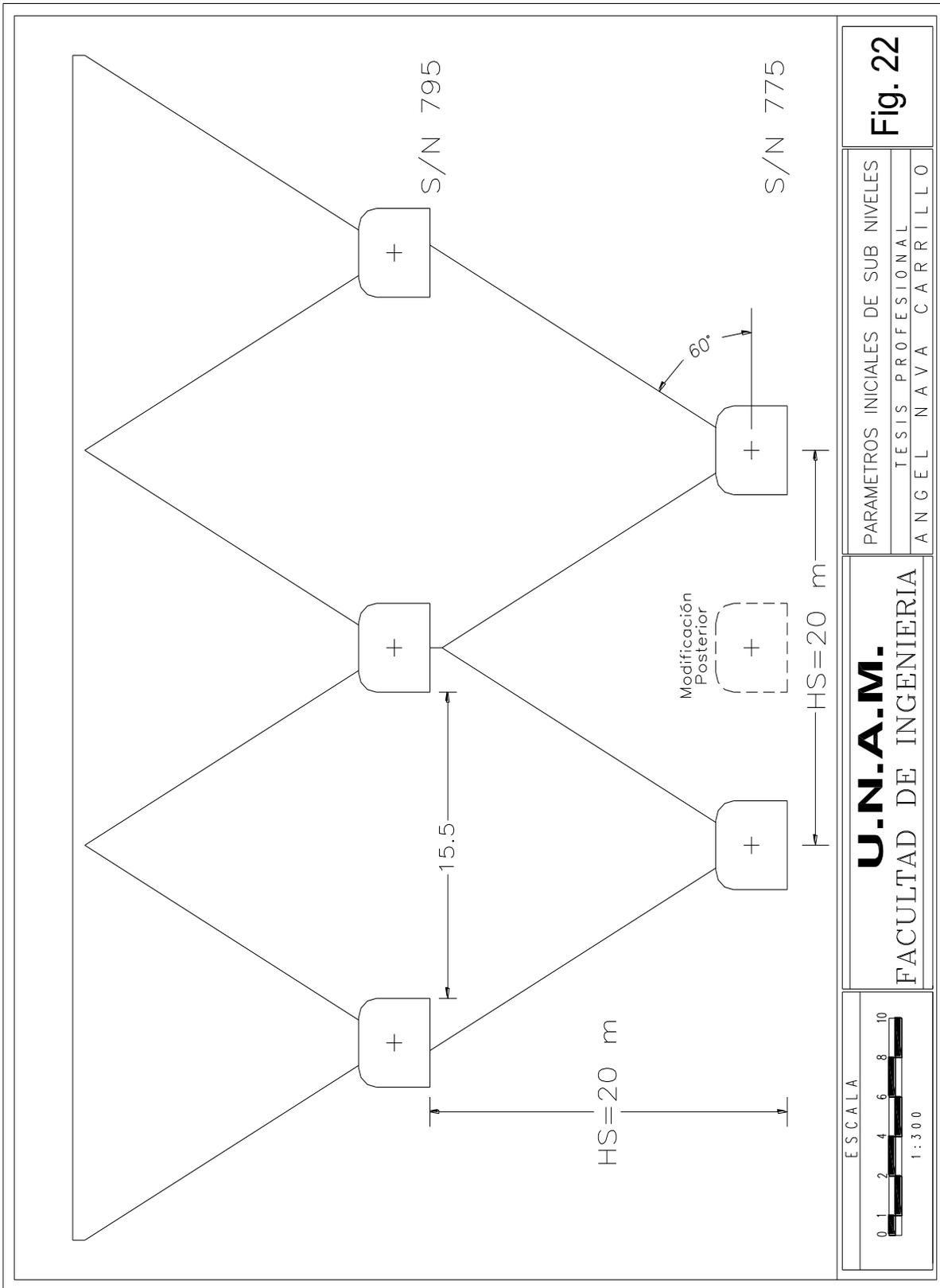
U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA	Fig. 21
OBRAS DE ACCESO TUNEL DE EVALUACION TESIS PROFESIONAL A N G E L N A V A C A R R I L L O	

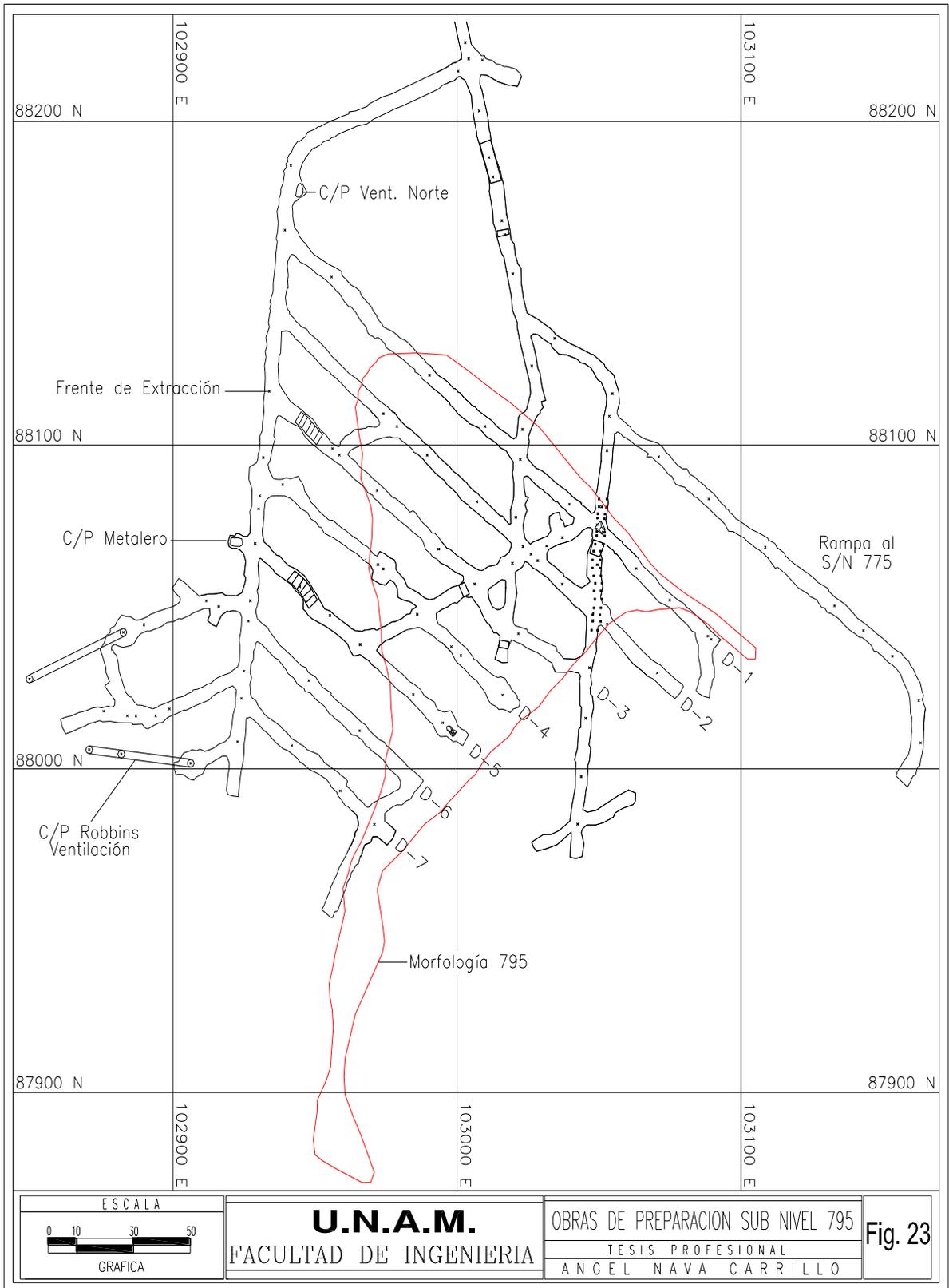
En la frente de extracción también se cuelan obras auxiliares como son cruceros para: contrapozos de ventilación (generalmente de sección de 2 m × 2 m), para piletas, para contrapozos vaciaderos de estéril y mineral, y comunicación con rampas positivas y negativas que van hacia los sub niveles superiores e inferiores.

La sección de los dedos es de 4.50 m de ancho por 4.00 m de alto, al inicio de la explotación del cuerpo la geometría de los sub niveles era de 20.00 m de distancia horizontal de centro a centro de obra y 20.00 m de distancia vertical de piso a piso, con pilares de 15.50 m de ancho ver Fig. 22, se tenían planeados 6 sub niveles en orden de elevación estos eran: 795, 775, 755, 735, 715 y 695 en la Fig. 24 se muestra el sub nivel 775, en el momento de explotado y agotado el sub nivel 795 y después de iniciada la explotación del sub nivel 775 se tenía baja recuperación de mineral alrededor de 52.70 %, problemas de operación como cargado de barrenos de hasta 35.00 m de longitud que provocaban abanicos quedados o no detonados en su totalidad provocando problemas de "Lozas" esto es, se formaba un pilar horizontal entre el sub nivel superior ya explotado de donde se venía trayendo el hundido y el sub nivel en explotación; teniendo que diseñar abanicos especiales denominados "abanicos auxiliares"; esto ocasionaba trabajos de alto riesgo ya que el personal de topografía y planeación se tenía que meter en estas áreas a tomar datos aproximados de la loza como son alto, ancho y profundidad, para posteriormente plasmarlo en una sección y planta, en el momento de reiniciar el tumbe de los abanicos el mineral se proyectaba en el área hueco que quedaba después del rezagado no permitiendo extraer en ese sub nivel pero si en el inferior con mucha dilución. Por estas razones se decidió empezar a cambiar la geometría de los sub niveles de modo que en el sub nivel 775 se empezaron a colar dedos "A" en medio de los pilares de 15.50 m de tal manera que con estas obras adicionales los pilares en este sub nivel quedaron finalmente de 5.50 m, y la distancia horizontal entre obras de 10.00 m de centro a centro. Para los siguientes sub niveles se reestructuró la geometría de estos quedando definitivamente de 15 m de separación vertical piso a piso y 12 m de separación horizontal centro a centro de obra con pilares de 7.5 m (ver Fig. 25) quedando la sección de las obras sin alterar; los sub niveles que se tienen actualmente planeados son: 760, 745, 730, 715, 700 y 685 (Figs. 26 a la 31) el sub nivel 760 se encuentra en su etapa final de explotación y el 745 en su explotación actual, la comunicación entre sub niveles se realiza por medio de rampas como se muestra en los planos respectivos.

Los equipos con los que se cuenta son tres Jumbos electrohidráulicos marca Tam Rock modelo Minimatic 205 RS, los accesorios que corresponden al acero de barrenación que utilizan estos equipos son: zanco de 4 orejas T-38, cople de 1 ½ " T-38, barras hexagonales de 12' y 14' T-38 a R-32 de 1 ½" y brocas de botones de 1 7/8" R-32.

Durante el desarrollo de los dedos del sub nivel 745 se colaron los dedos 4,5 y 6 sobre mineral pulverulento los cuales presentaron problemas de estabilidad al socavarse cielo y tablas, el resto de los dedos se desarrollo sobre hematita mineral más competente. Para tratar de controlar en lo posible dichos problemas se implanto una plantilla de barrenación usando la técnica del barreno desacoplado, el cálculo de la plantilla con los datos del tipo de explosivo utilizado se muestran en las páginas 43 y 44, la distribución de los barrenos se muestran en la Fig. 32, en la gráfica 1 se muestra el decremento del factor de carga para desarrollos, se puede apreciar que bajo un 42.30 % quedando en promedio de enero a octubre del año 2000 de 60.50 Kg/m con una proporción alto vs. bajo explosivo de 21.70% a 78.30 % .





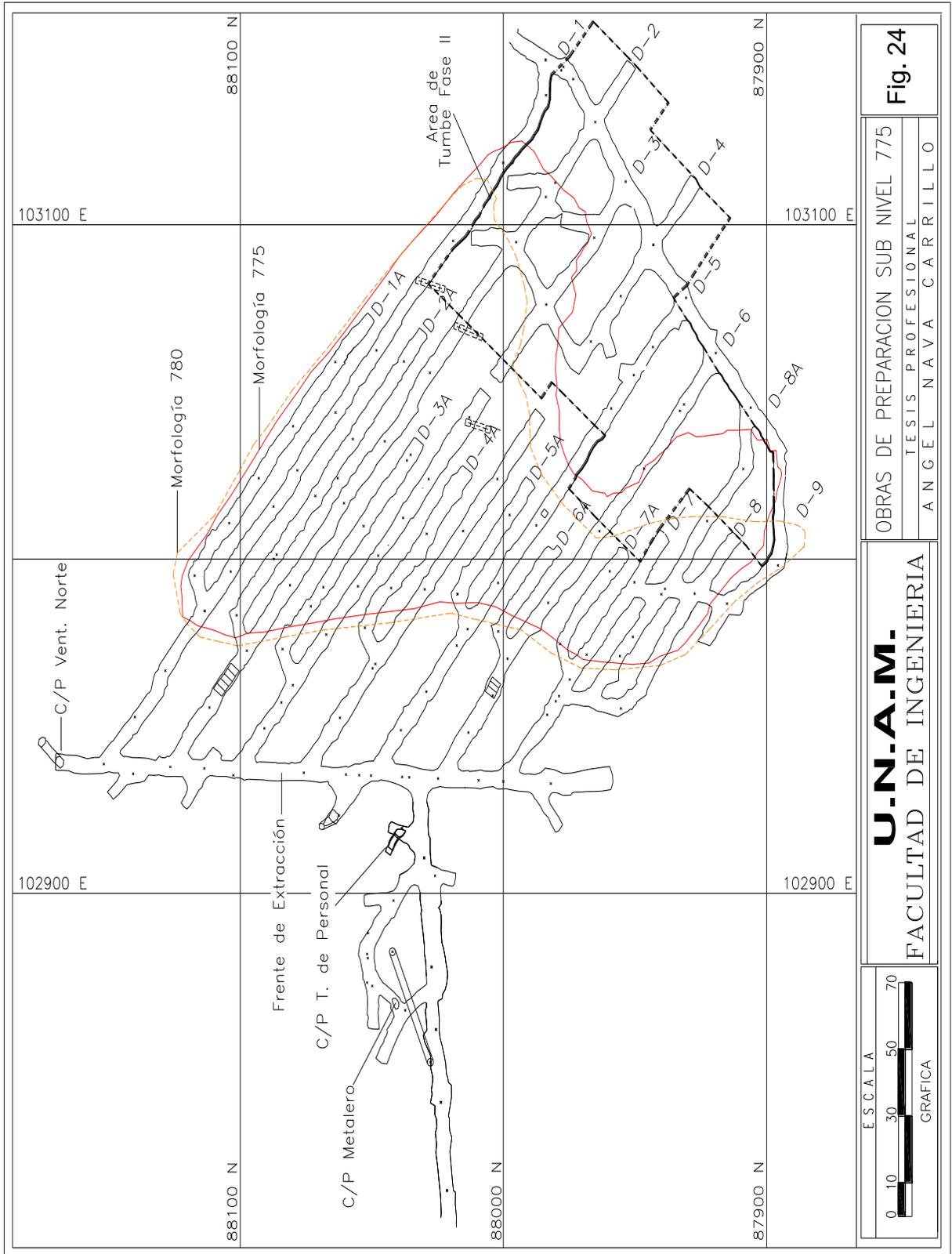


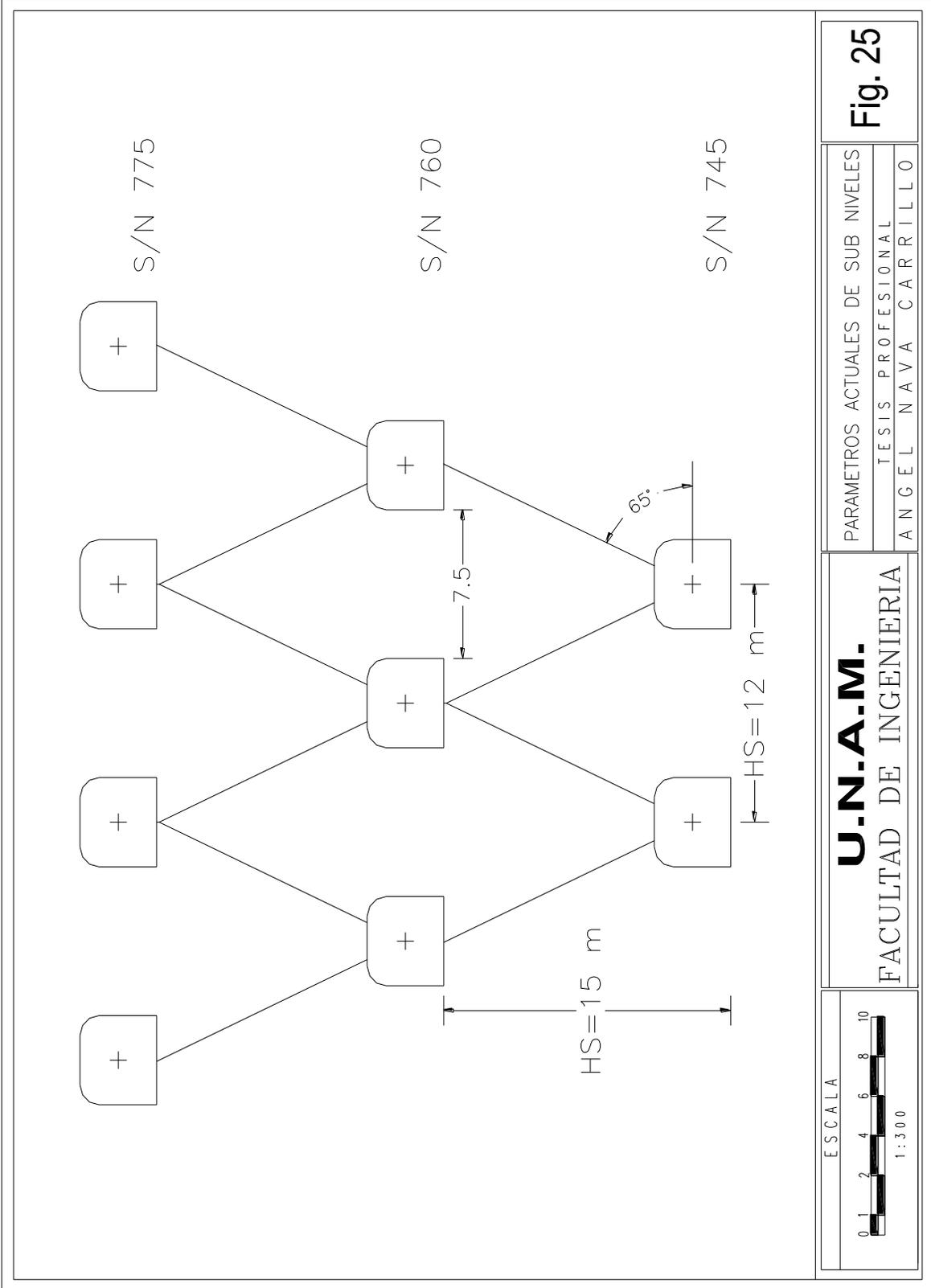
Fig. 24

OBRAS DE PREPARACION SUB NIVEL 775

TESIS PROFESIONAL
ANGEL NAVA CARRILLO

U.N.A.M.
FACULTAD DE INGENIERIA





PARAMETROS ACTUALES DE SUB NIVELES
 TESIS PROFESIONAL
 ANGEL NAVA CARRILLO

U.N.-A.-M.
 FACULTAD DE INGENIERIA

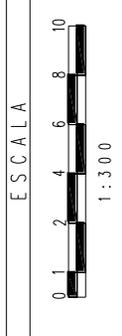
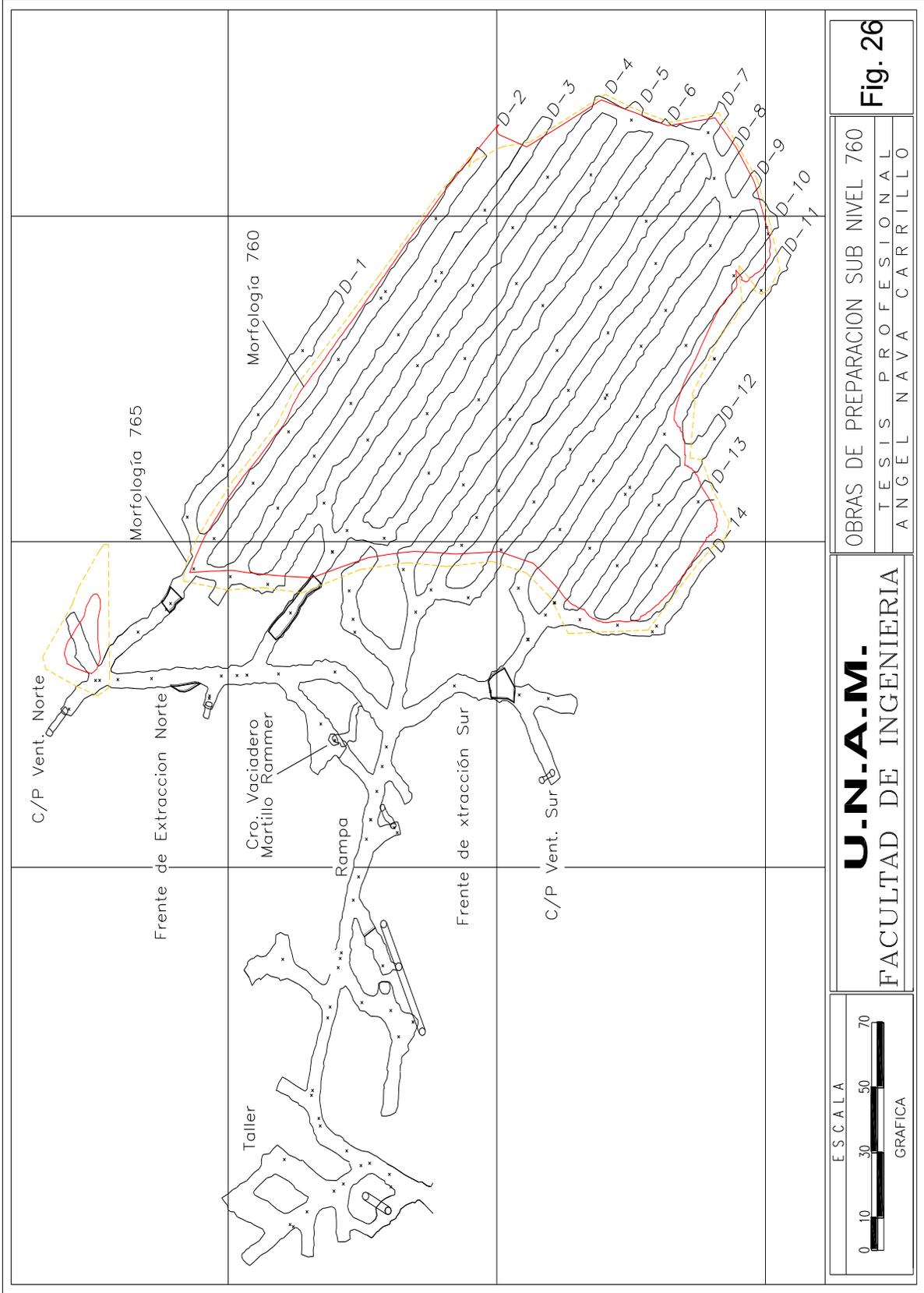


Fig. 25



ESCALA



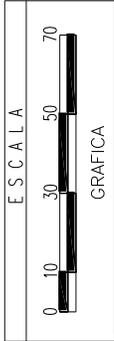
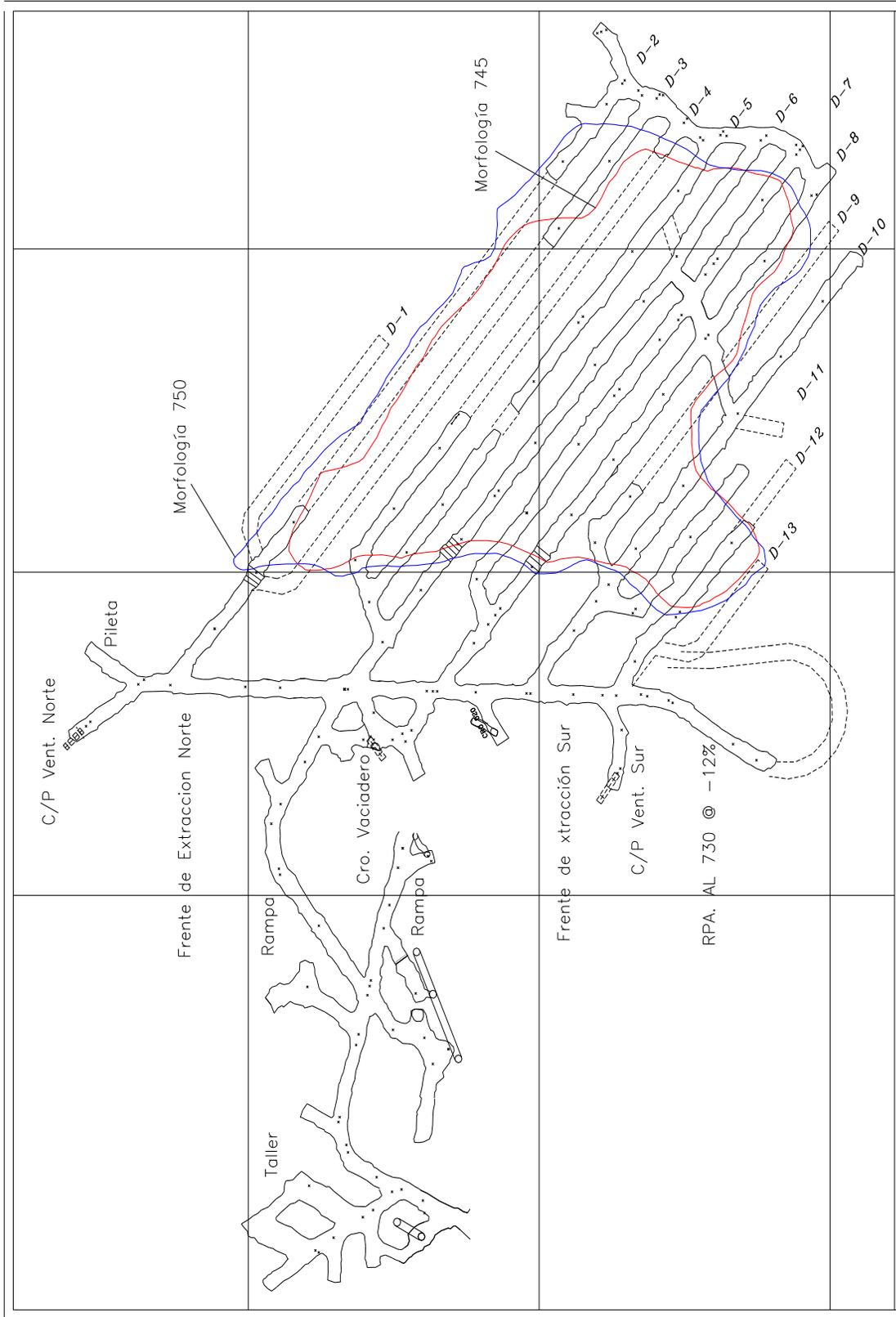
GRAFICA

U.N.A.M.
FACULTAD DE INGENIERIA

OBRAS DE PREPARACION SUB NIVEL 760

TESIS PROFESIONAL
ANGEL NAVA CARRILLO

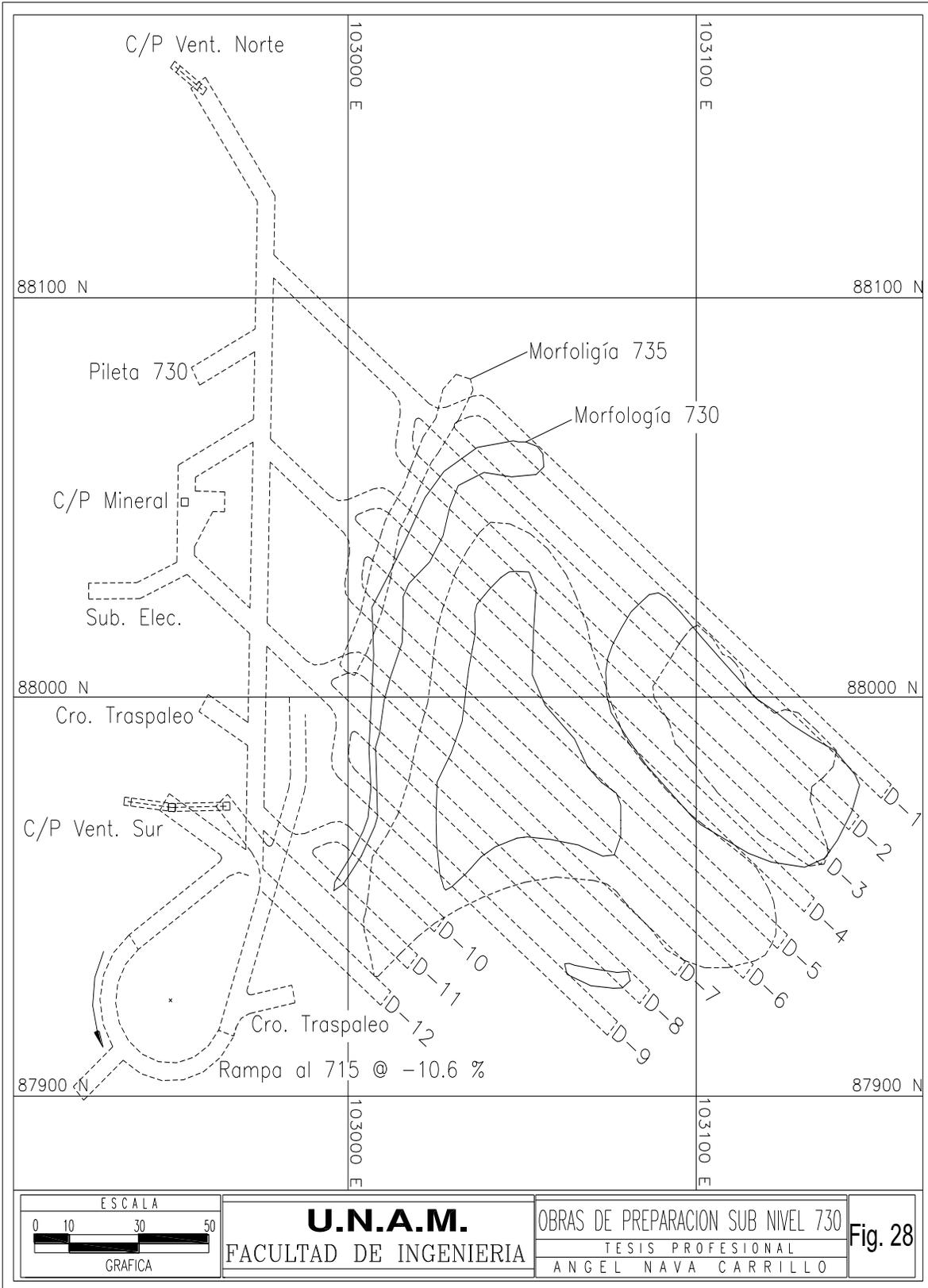
Fig. 26



U.N.A.M.
FACULTAD DE INGENIERIA

OBRAS DE PREPARACION SUB NIVEL 745
TESIS PROFESIONAL
ANGEL NAVA CARRILLO

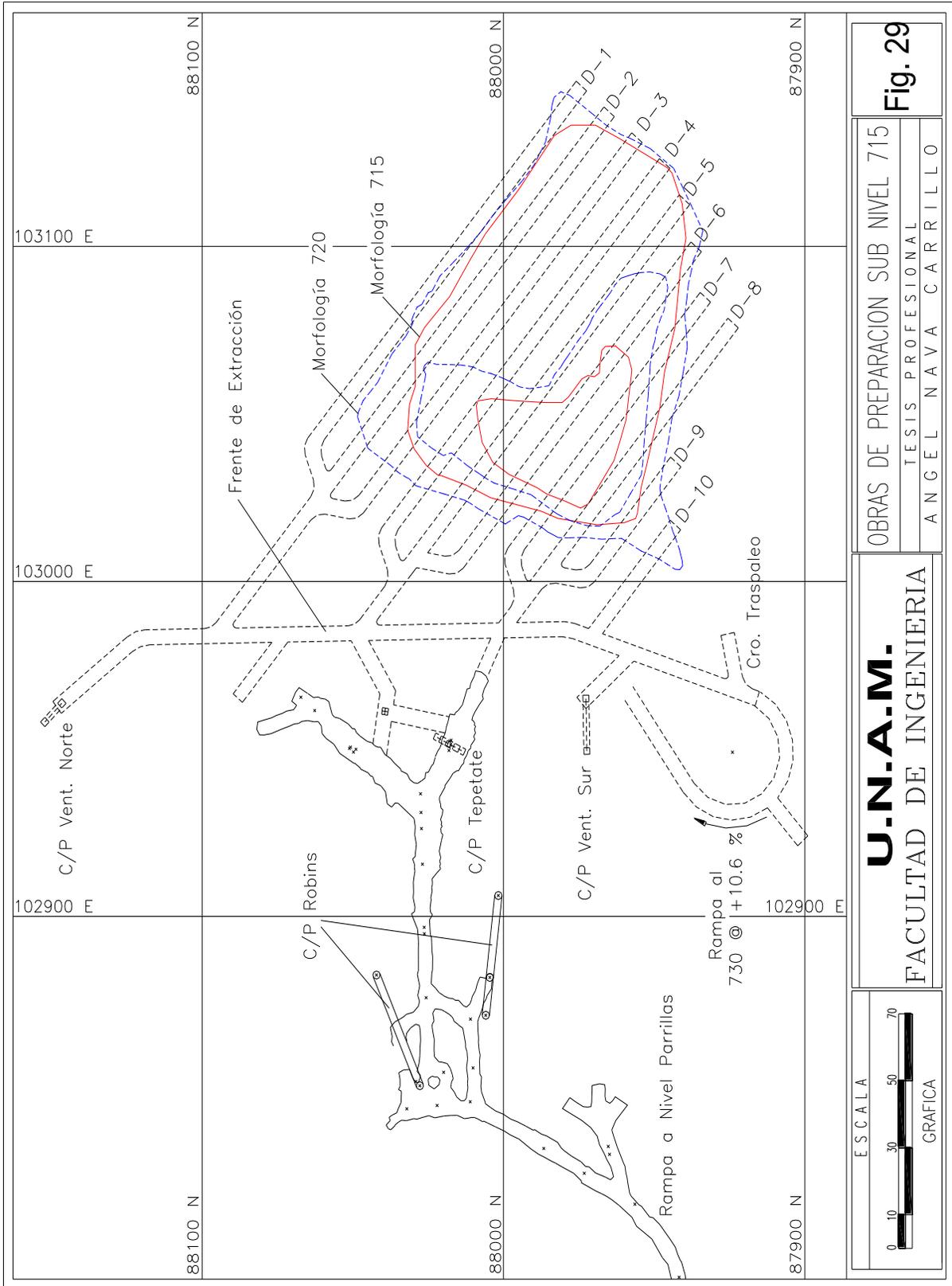
Fig. 27

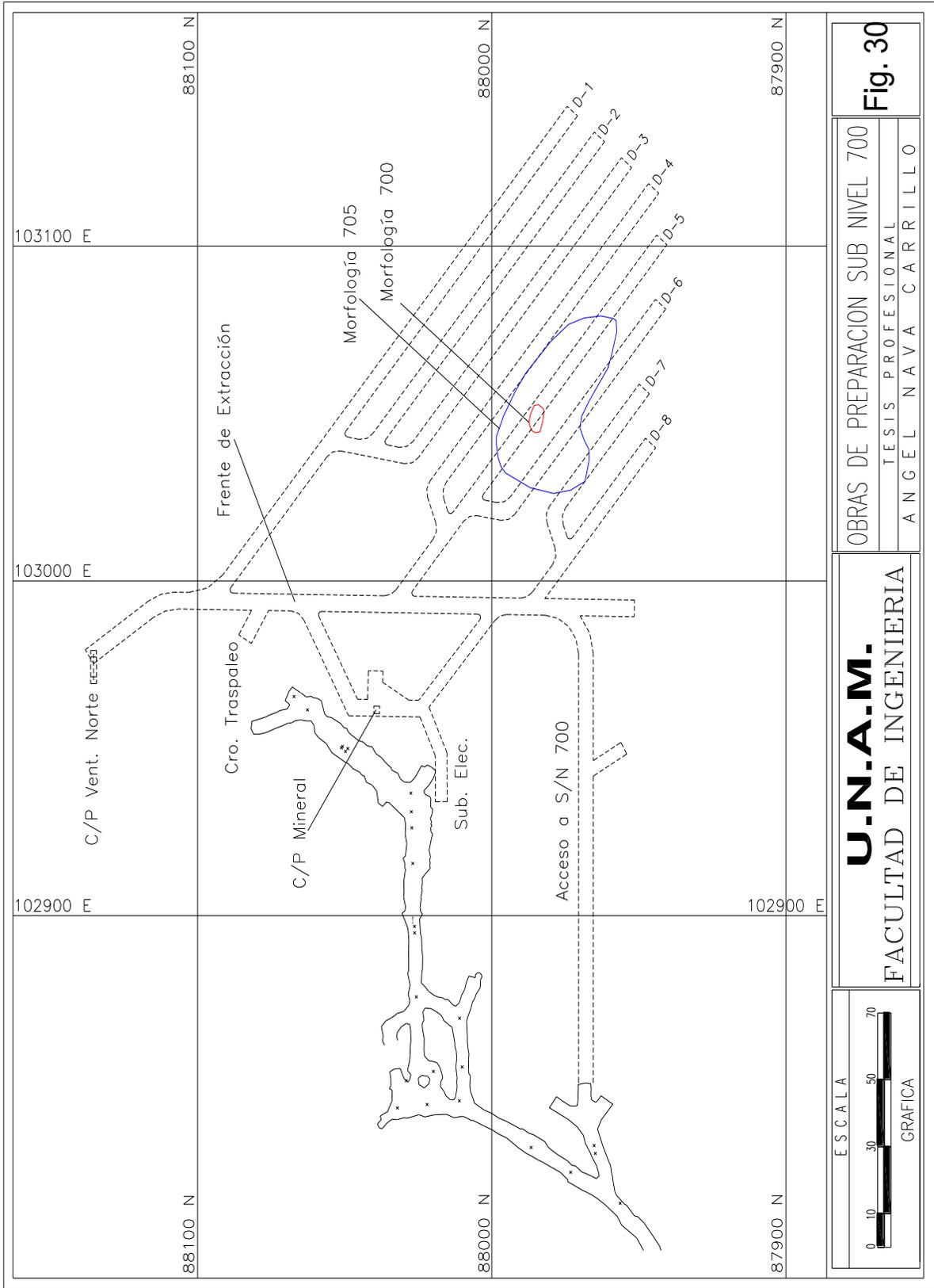


U.N.A.M.
FACULTAD DE INGENIERIA

OBRAS DE PREPARACION SUB NIVEL 730
TESIS PROFESIONAL
ANGEL NAVA CARRILLO

Fig. 28





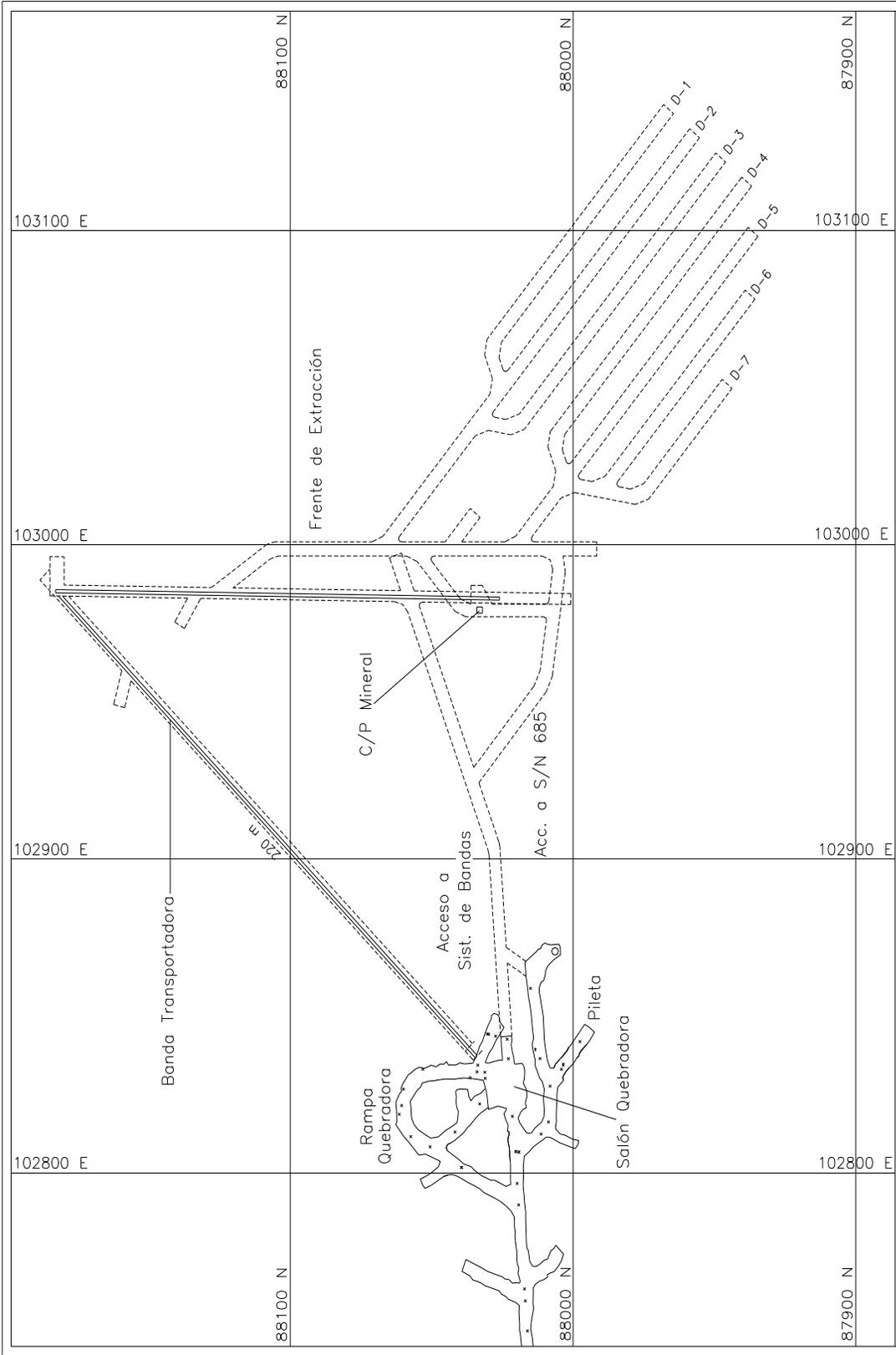
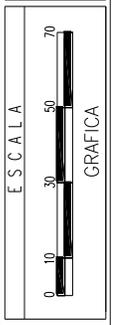


Fig. 31

OBRAS DE PREPARACION SUB NIVEL 685
 TESIS PROFESIONAL
 ANGEL NAVA CARRILLO

U.N.-A.-M.
 FACULTAD DE INGENIERIA

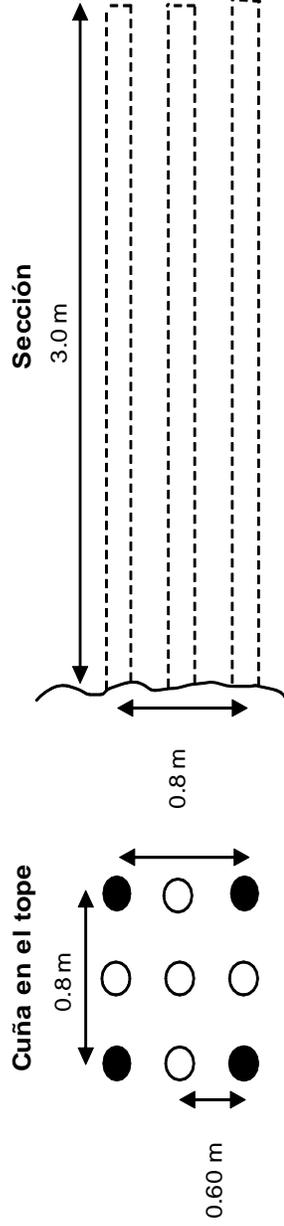


Cálculo de Plantilla de Barrenación S/N 745 Zona de Mineral Muy Frágil (Pulverulento)

Datos Base:	1. Diámetro de Barrenación	1 7/8"	
	2. Sección	Ancho 4.5 Altura 4.2	m m
	3. Tipo de Roca	Frágil	
	4. Densidad de la Roca	Mineral	g/cm ³
	5. Profundidad de Barrenación	4.0	m
	6. Taco	3.4	m
	7. Factor de Carga	1.3	
	8. Carga de Fondo	Sección Completa 0.51 Alta Densidad 1 X 8" Baja Densidad 1 X 39" T-1 Amex A. G.	Kg/m Kg Kg
	9. Carga de Columna	Amex A. G.	
	10. Densidad de carga	1.79	Kg/m

Cálculo Sección Completa

- CUÑA.** Por antecedentes se seleccionó la cuña de 9 Bnos. en cuadro con dimensiones de 0.7 X 0.7 m por ser material muy Frágil, según figura. El tipo de cuña es quemada es decir, todos los bnos deberán de ser paralelos entre sí y perpendiculares a la cara del túnel



2. Superficie de la sección :

Sección Rectangular	$A = b \times h = 4.5 \times 2.1 =$	9.45	m ²	
Sección Circular	$A = \text{PI} \times r^2 / 2 = 3.1416 \times 2.1^2 / 2 =$	6.93	m ²	
Sección Total		16.38	m²	
Volumen	V = A X L =	16.38 X 3.4 =	55.68	m³
Tonelaje	T = m³ X Dens. Roca =	55.68 x 4.0 =	222.73	t

3. Cálculo de la carga Total de Explosivo considerando un taco de 0.95 Mts

Bnos. Centrales Alto Explosivo 1" X 8" Dens. Esp. = 1.1 g/cm³

1.97 Kg de Alto Explosivo / 1 M. L. en Diam. 1 7/8"

Alto Explosivo = 0.06 m

Bnos Perímetros Alto Expl. 1" X 39" (T-1) Dens. Esp. = 0.83 g/cm³

1.49 Kgs de Alto Explosivo / 1 M. L. en Diam. 1 7/8"

Alto Explosivo = 0.31 m

Amex UG Dens. Esp. = 0.98 g/cm³ a 90 PSI

Cargado Neumáticamente 1.75 Kg de Anfo / 1 M. L. de columna en 1 7/8"

Amex UG = 3.59 Kg

Carga Total/Bno. = 3.70 Kg

4. Explosivo Total Utilizado en la Sección

Kgs. Explosivo = F. C. (Tons. Tumbadas) = 113.6 Kg

5. Cálculo del número de Bnos Necesarios en la sección completa

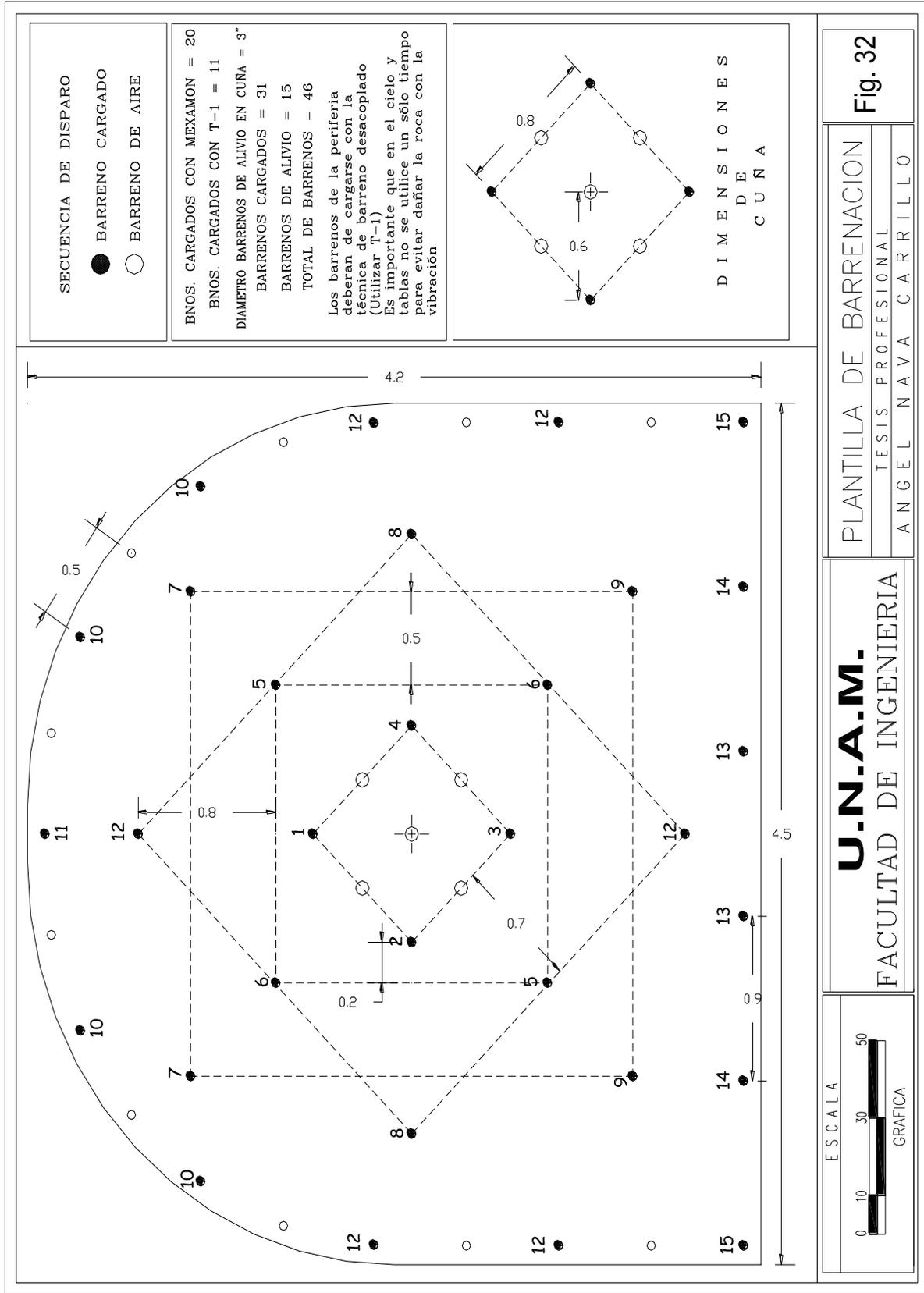
No. De Bnos. = Kg Explosivo en la Sección / Kg Expl. por Bno.

No. Bnos.= 31 Bnos

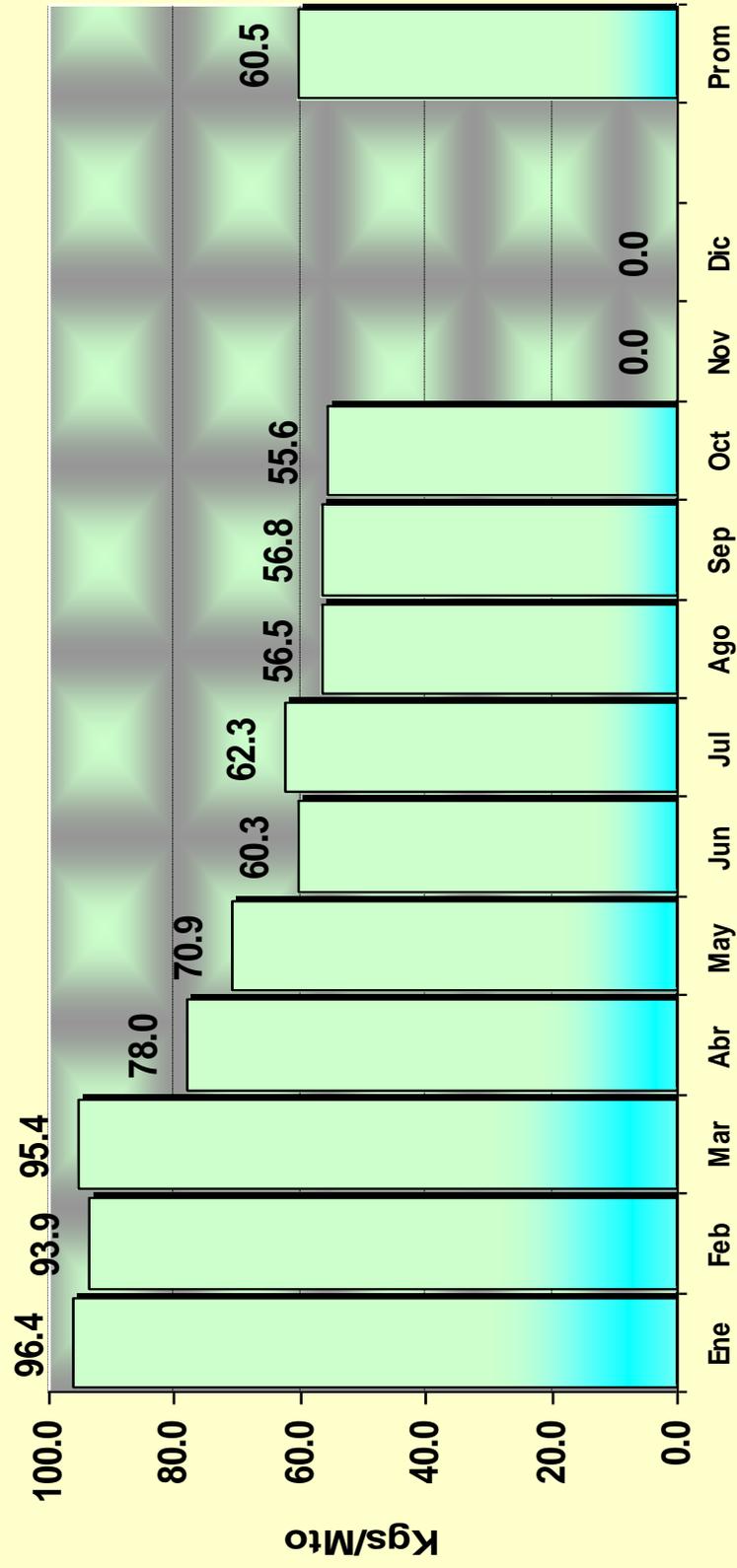
6. Factor de Carga Esperado = Kgs. Explosivo en la Sección / M. L.

F. C. = 33.4 Kg/M. L.

Nota: M.L. = Metros Lineales de Avance



Factores de Carga Desarrollos Año 2000



Soporte Artificial

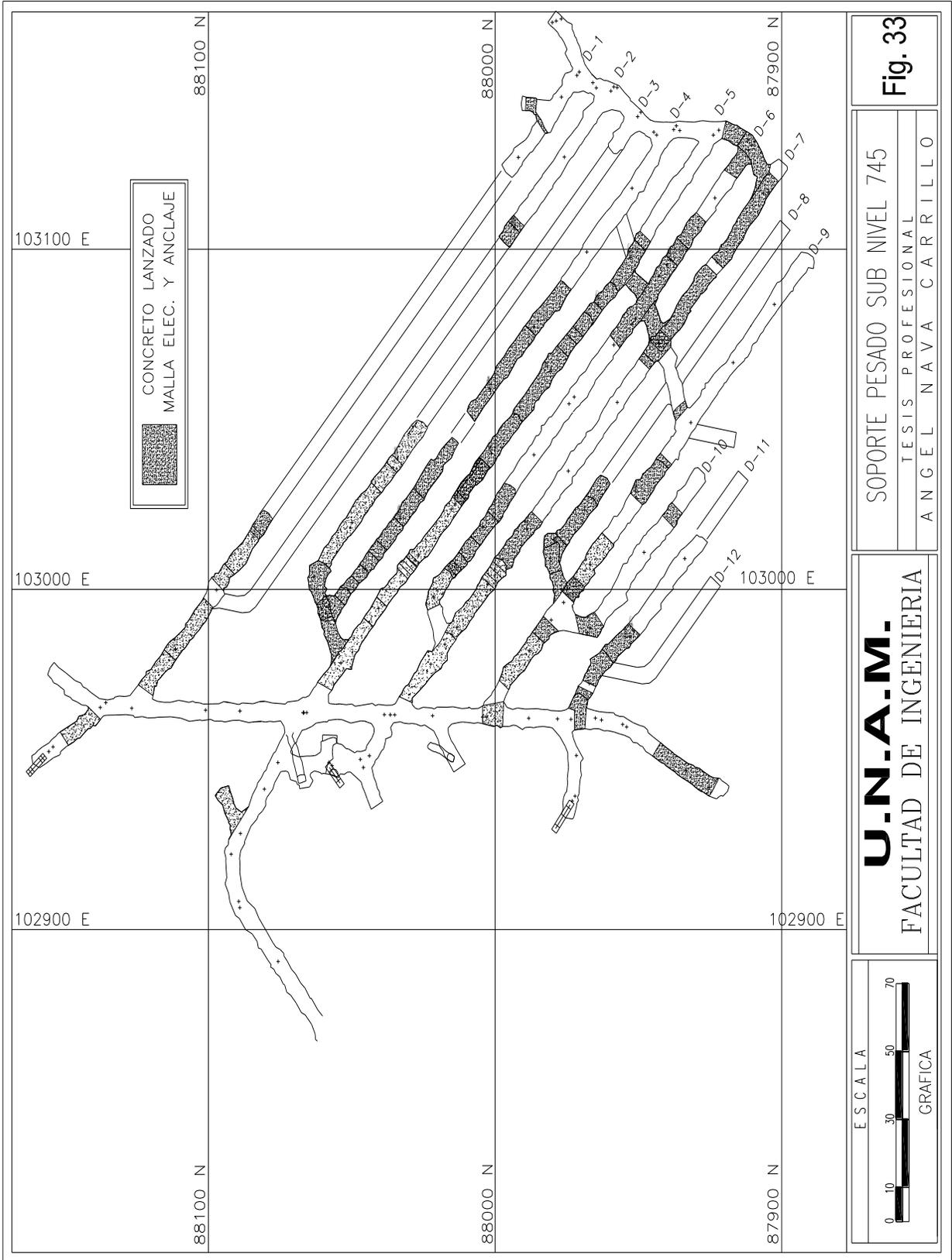
El ciclo de soporte utilizado en los dedos colados en mineral pulverulento después de cada disparo es soportado el dedo con un lanzado de concreto primario de 3.81 cm (1.50") de espesor para un posterior anclaje y enmallado utilizando anclas de varilla corrugada de 1.90 cm (3/4") de diámetro por 2.40 m de largo y malla electro-soldada de 2.50 m × 5.00 m y por último un lanzado final de concreto de 2.54 cm (1.00") de espesor, en las demás áreas de la mina de acuerdo a las recomendaciones del departamento de geología se utiliza anclaje, malla, ambos o sólo concreto lanzado o una combinación de estos, en la Fig. 33 se muestra el soporte necesario que se aplicó en el sub nivel 745, para el anclaje se utiliza una ancladora marca tamrock modelo minimatic 205-40 y para el lanzado de concreto una máquina lanzadora aliva DUPLO en vía húmeda y un brazo hidráulico aliva 304 para proyección de concreto a control remoto, en la Fig. 34 se muestra el plano geológico-estructural del sub nivel 745.

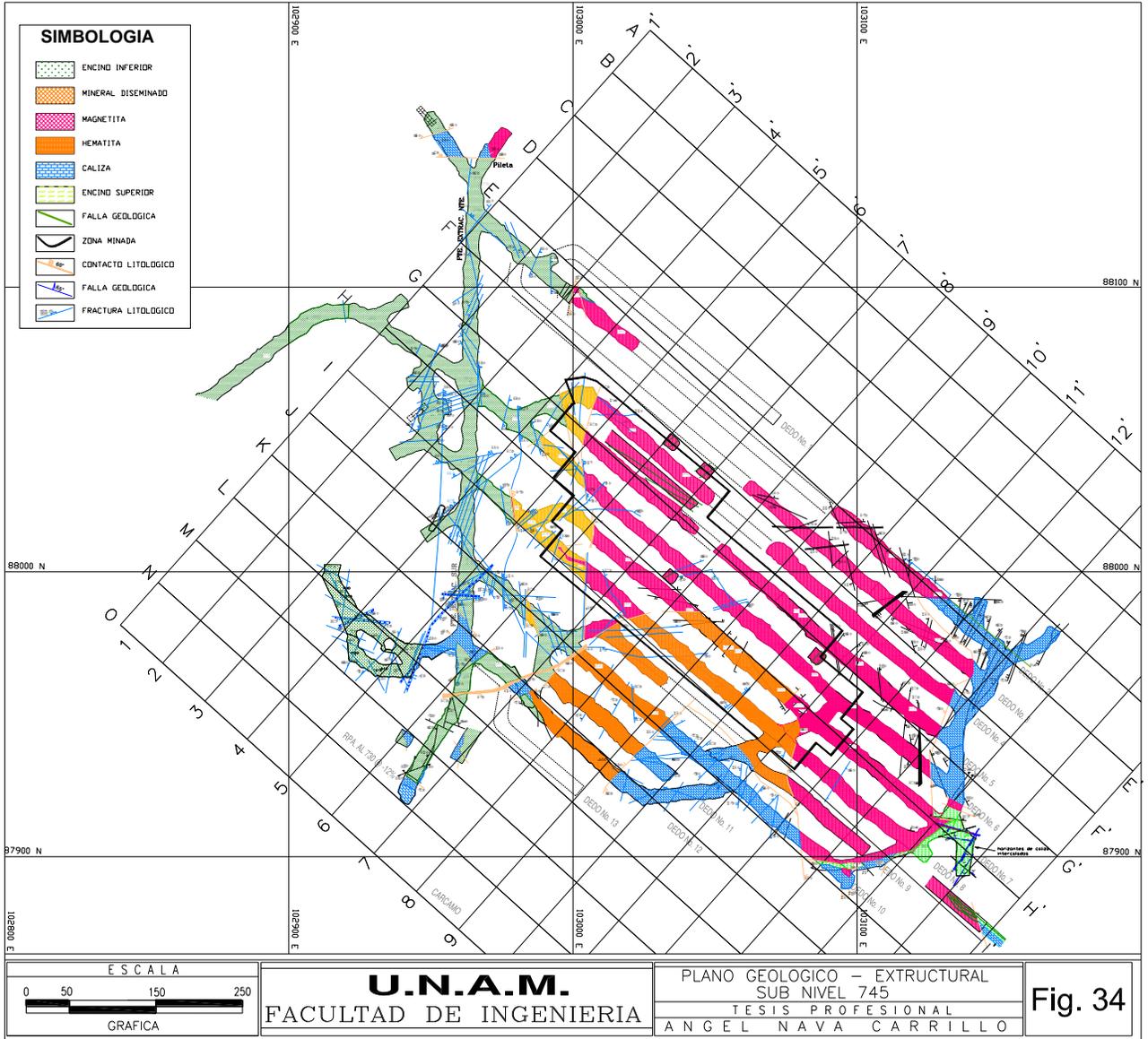
II.4 BARRENACIÓN EN ABANICOS

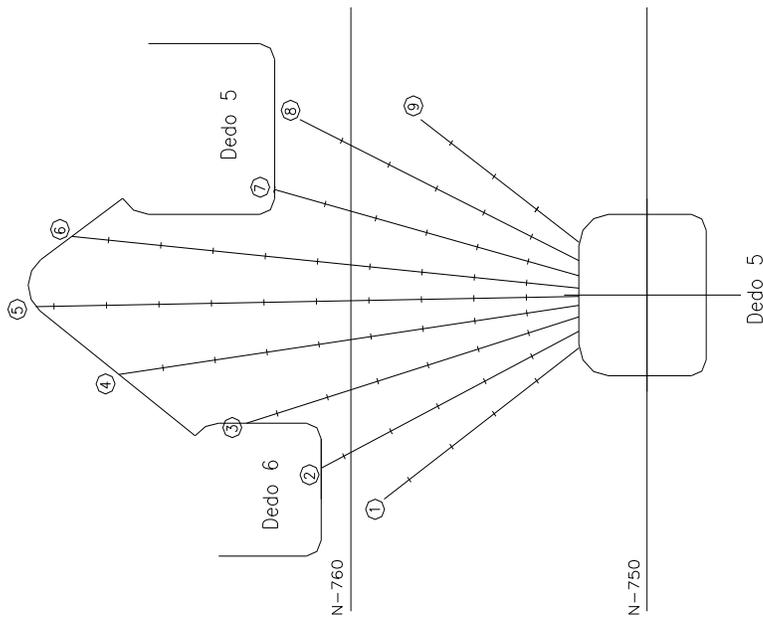
Una vez concluido el desarrollo de un dedo en un sub nivel incluyendo su soporte artificial si es necesario, se procede a la barrenación de los abanicos, para la realización de esta actividad se utilizan dos fan drill marca tam rock modelo solo 610 RTS y uno modelo mercury 1B D4 E50 con capacidad de barrenación de hasta 40 m, utilizan barras mf de 1.8 m de largo y broca de botones de 6.35 cm (2½") , el bordo de los abanicos es de 2.25 m y el espaciamiento en el fondo del barreno es de 2.25 m a una distancia perpendicular con respecto al barreno adyacente, la inclinación longitudinal de estos es de 80° en dirección del tope o hacia la salida, y transversalmente los ángulos en los últimos barrenos laterales varía entre 50-58°, ver Fig. 35. Para empezar la explotación de los abanicos de un dedo se necesita llegar hasta la altura donde se encuentra el hundido del sub nivel superior, para esto se realizan a una cierta distancia del tope los denominados "abanicos de levante", la posición de estos abanicos depende de la posición del contacto mineral-estéril ya que el desarrollo de un dedo se suspende al cortar dicho contacto, estos abanicos se diseñan de manera que paulatinamente se llegue hasta la inclinación de los 80° y la altura deseada Fig. 36.

II.5 TUMBE DE ABANICOS

La secuencia de minado que se utilizó en cada uno de los dedos de los sub niveles 795,775, y 760 es del tope hacia la frente de extracción, para el caso del sub nivel 745 la secuencia se ha modificado. El desarrollo de los dedos de este sub nivel se realizó sobre mineral denominado pulverulento de una calidad de roca muy mala, durante el cuele de estas obras se han tenido serios problemas de estabilidad, los dedos que han presentado estas condiciones son el 5,6 y 7 que se encuentran en la zona central de este sub nivel. Por estas razones el inicio de la explotación será en la parte media de los dedos 4,5,6,7 y 8 y en dos direcciones, hacia la frente de extracción y hacia el tope. En las Figs. 37 y 38 se muestra la secuencia de tumbes, y el diseño de cargado.







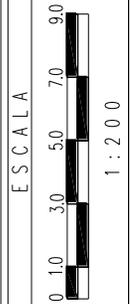
CUADRO DE INFORMACION

BARRENO No.	MTS. A BARRENAR		GRADOS		MTS. DE MINERAL		MTS. DE ESTERIL	
	P	R	P	R	P	R	P	R
1	8.3		54					
2	10.3		63					
3	11.9		73					
4	16.5		82					
5	19.0		89					
6	18.5		84					
7	10.9		75					
8	10.6		65					
9	6.7		54					
TOTALES	112.7							

Toneladas Estimadas a Tumar = 1,233.0 t
Inclinación = 80°

Fecha de Barrenación_____

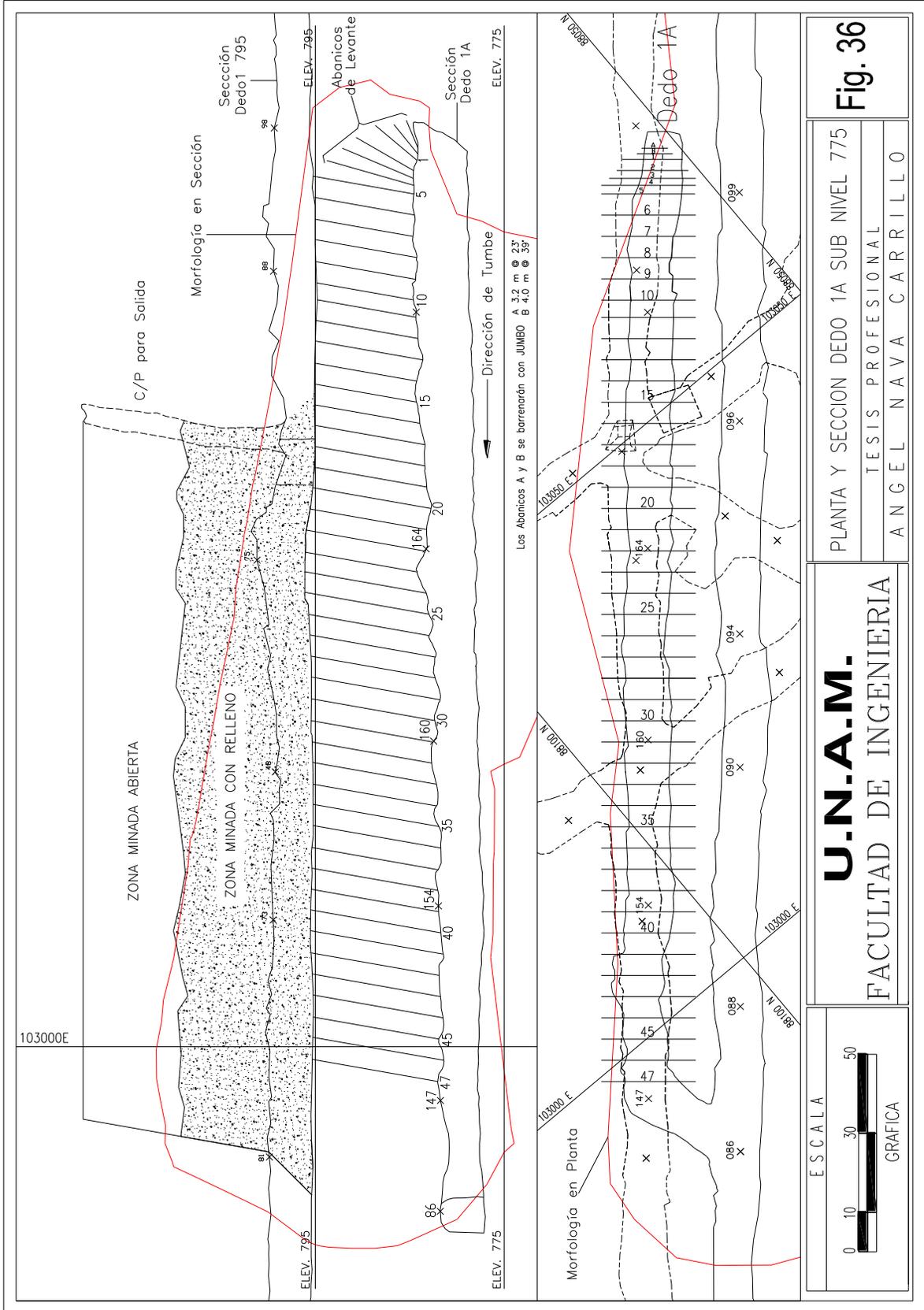
N-740 _____

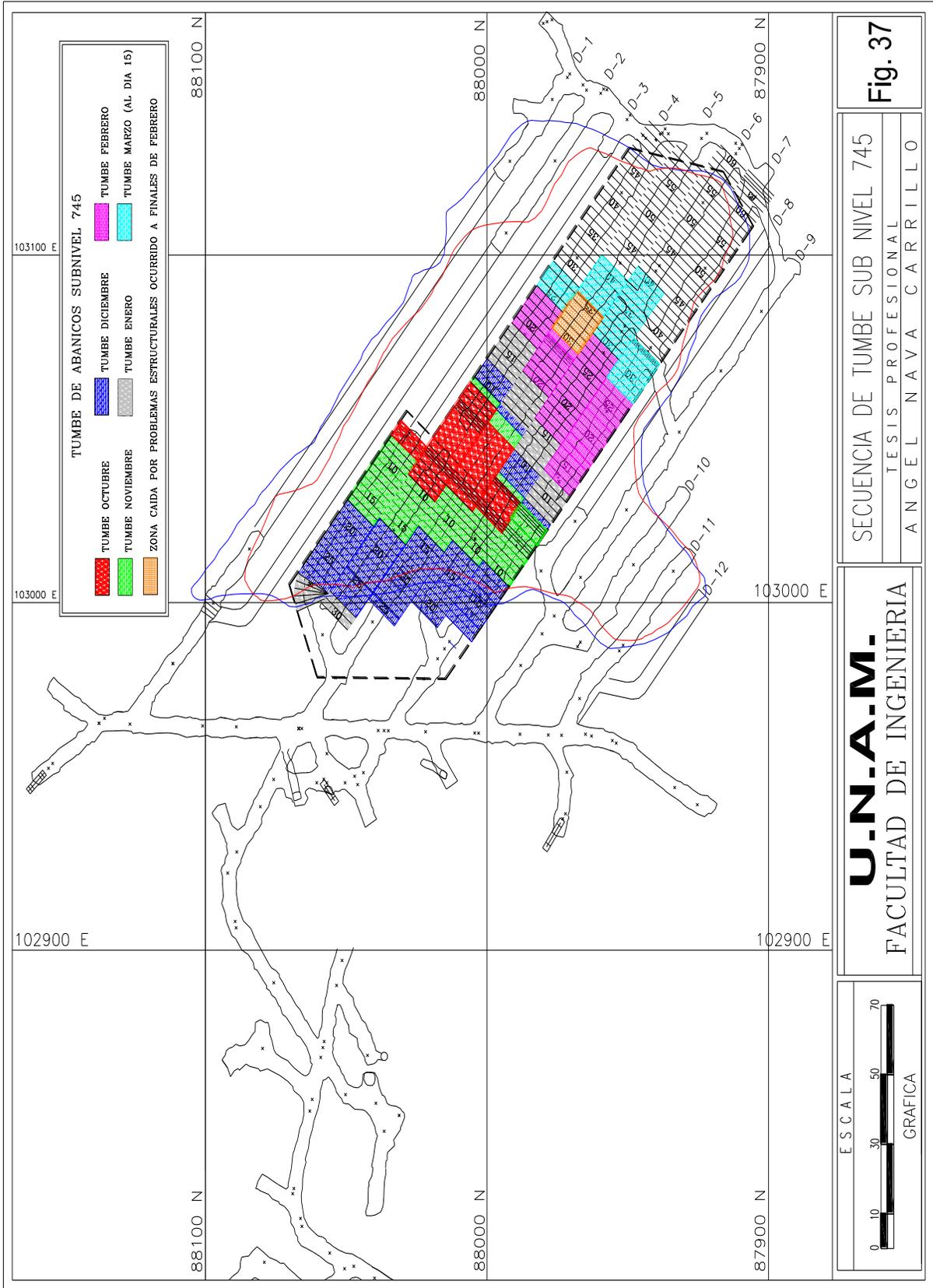


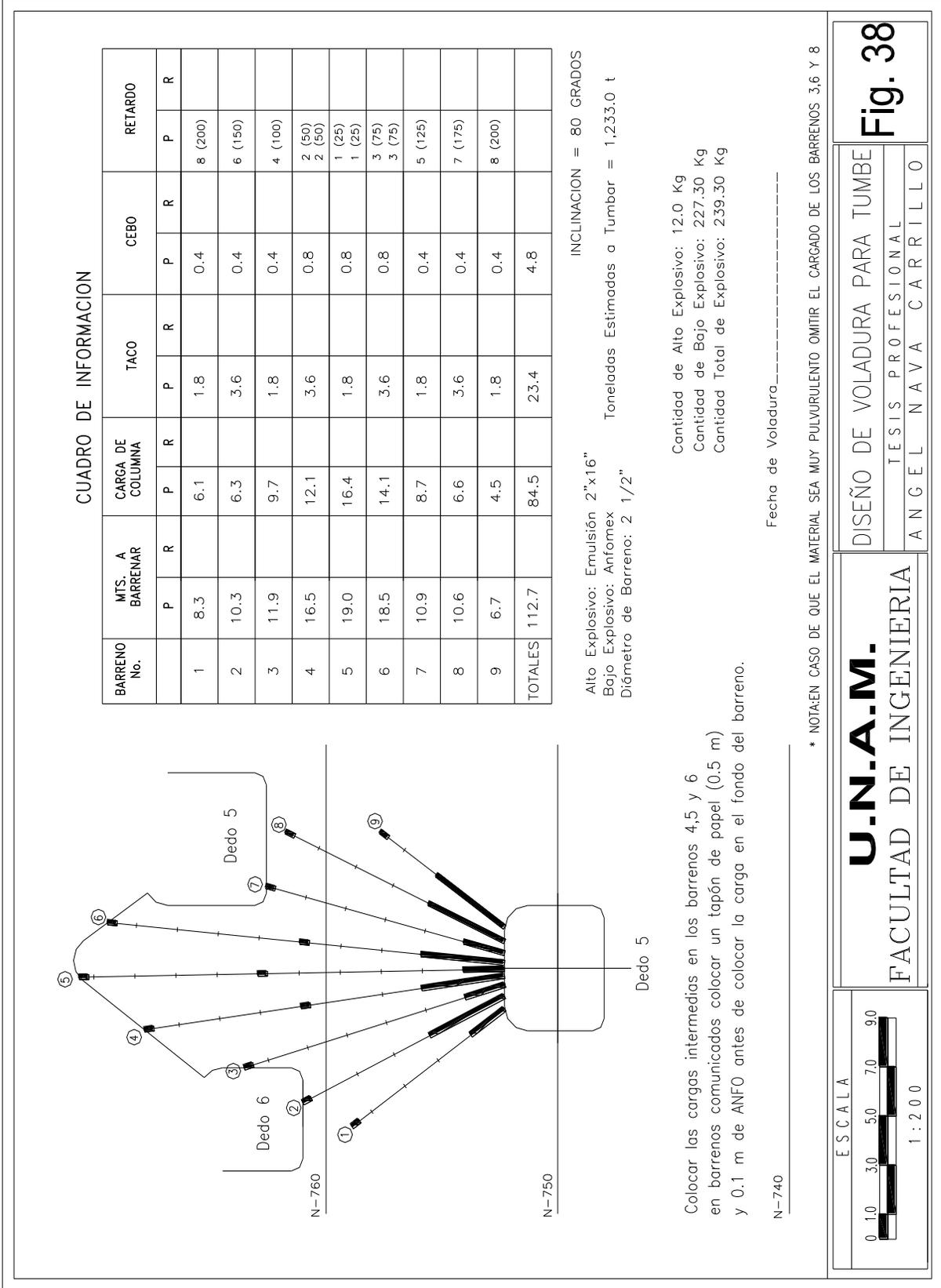
U.N.-A.-M.
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE ABANICOS PARA BARRENACION
TESIS PROFESIONAL
ANGEL NAVA CARRILLO

Fig. 35







CUADRO DE INFORMACION

BARRENO No.	MTS. A BARRENAR		CARGA DE COLUMNA		TACO		CEBO		RETARDO	
	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
1	8.3		6.1		1.8		0.4		8	(200)
2	10.3		6.3		3.6		0.4		6	(150)
3	11.9		9.7		1.8		0.4		4	(100)
4	16.5		12.1		3.6		0.8		2	(50)
5	19.0		16.4		1.8		0.8		1	(25)
6	18.5		14.1		3.6		0.8		3	(75)
7	10.9		8.7		1.8		0.4		5	(125)
8	10.6		6.6		3.6		0.4		7	(175)
9	6.7		4.5		1.8		0.4		8	(200)
TOTALES	112.7		84.5		23.4		4.8			

Alto Explosivo: Emulsión 2"x16"
 Bajo Explosivo: Anfomex
 Diámetro de Barreno: 2 1/2" INCLINACION = 80 GRADOS
 Toneladas Estimadas a Tumbar = 1,233.0 t

Cantidad de Alto Explosivo: 12.0 Kg
 Cantidad de Bajo Explosivo: 227.30 Kg
 Cantidad Total de Explosivo: 239.30 Kg

Colocar las cargas intermedias en los barrenos 4,5 y 6 en barrenos comunicados colocar un tapón de papel (0.5 m) y 0.1 m de ANFO antes de colocar la carga en el fondo del barreno.

Fecha de Voladura:-----

* NOTA: EN CASO DE QUE EL MATERIAL SEA MUY PULVULENTO OMITIR EL CARGADO DE LOS BARRENOS 3,6 Y 8

ESCALA

1 : 200

U.N.A.M.
 FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE VOLADURA PARA TUMBE
 TESIS PROFESIONAL
 ANGEL NAVA CARRILLO

Fig. 38

Recuperación de Mineral

El análisis de la recuperación de mineral que se presenta es en base a un año de operación de la mina correspondiente al año 2000, donde se compara el mineral que se espera extraer del total de abanicos tumbados por mes contra el mineral real alimentado a trituradora, la determinación del volumen de mineral a extraerse se cubica de los diseños de barrenación entregados por el área de operación de la mina, y tonelaje y leyes de las reservas entregadas por el departamento de geología calculadas con el Minesight. La recuperación de mineral se presenta en unidades de fierro a partir de la ley del fierro total (ley de hematita), se presenta la recuperación en la extracción de abanicos y la recuperación de los desarrollos, con su respectivo valor de dilución (Tablas 1 a la 12 ver anexo). En las Tablas 13 y 14 se incluye un resumen mensualizado, en las dos se hace un análisis de recuperación de mineral teniéndose un valor más favorable en la Tabla 14 ya que se incluye el tonelaje de extracción de los desarrollos considerándose estos sin dilución.

En las Tablas 15 y 16 se muestran los resultados de los tres años de operación de la mina los cuales representan el tiempo que lleva operando, en los dos primeros años se obtuvo una baja recuperación de 43.7% y 57.0%, en el último año se mejoró en un 49.5 % con respecto al último año siendo esta de 85.2% esto a causa de la modificación en la geometría de los sub niveles, aunque el valor global de recuperación es de 66.8% resulta ser aun bajo para el método de explotación.

II.6 REZAGADO Y ACARREO

El rezagado y acarreo se realiza con 3 Scoop Tram Elphistone - Caterpillar modelo R1700 de 5.73 m³ (7.5 yd³). Al inicio de la explotación de los dedos en el sub nivel la distancia de acarreo va decreciendo conforme avanza la explotación. Existirá para cada dedo una distancia constante que tendrá que recorrer el Scoop Tram para cada punto donde se encuentre la extracción. Por lo tanto cada dedo tendrá una distancia media de acarreo desde el punto de extracción hasta el punto de descarga del mineral; este se transporta por gravedad a través de un contrapozo para mineral que va de la elevación 760 a la 717 con una longitud de 64.00 m, en el sub nivel 760 se encontraba un martillo hidráulico Rammer modelo 505 S de pedestal con una capacidad de 102 t/h a 38.10 cm (-15") para quebrar el sobre tamaño producto del hundido que se hacia pasar por una parrilla de vigueta de acero tipo I con abertura de 30.00 × 30.00 cm. En el sub nivel 730 se tendrá que colar un contrapozo "dedo" que comunica al contrapozo chorreadero con el sub nivel ya que el método establece que mientras un sub nivel está en explotación, el siguiente estará en desarrollo y realizándose la barrenación de abanicos, un tercero estará en desarrollo; el martillo estará ubicado en el sub nivel 760 en explotación con una parrilla , y en el sub nivel 745 en preparación existirá otra parrilla . Una vez recibido el mineral en la elevación 717 se transporta por un sistema de bandas hasta una tolva interior que alimenta a la trituradora interior, el producto de la trituradora se vuelve a transportar por banda a lo largo del túnel banda hasta el exterior.

El sistema de transporte de mineral por el contrapozo metalero solo se aplicará hasta el sub nivel 730 ya que la elevación de descarga del contrapozo no permite utilizarlo para los restantes 715,700 y 685, para estos se tendrán que colar 2 obras adicionales con una sección de 5.00 × 4.00 m

U.N.A.M.
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

Tabla 13. Análisis de Recuperación de Mineral en Tumbes de Abanicos Base Barrenación Real calculadas con MINESIGHT

Mes	Mineral Insitu Esperado por Barrenación				Mineral Esperado por Abanicos Extraido por Trituradora				Diferencia				Recup. Mineral % Ufes	Dilución de Mineral %	
	Tons		%Fet		Tons		%Fet		%Fet		%Fem				
	Tons	Ufe	%Fet	Ufe	Tons	Ufe	%Fet	Ufe	Tons	%Fet	%Fem	Ufe			
ANO 2000															
Enero	82,412.9	51,095.2	62.0	49.2	47,986.3	47.3	37.1	22,690.7	-34,426.6	-14.7	-12.1	-28,404.5	44.4	23.7%	
Febrero	35,798.9	22,310.8	62.3	39.9	32,393.0	45.6	25.1	14,773.1	-3,405.9	-16.7	-14.8	-7,537.7	66.2	26.8%	
Marzo	58,212.8	35,565.6	61.1	38.0	78,393.3	40.3	24.6	31,590.9	20,180.5	-20.8	-13.3	-3,974.7	88.8	34.0%	
Abril	60,225.1	36,442.9	60.5	46.5	78,672.5	40.7	30.7	32,002.2	18,447.4	-19.8	-15.8	-4,440.7	87.8	32.8%	
Mayo	54,210.4	31,444.1	58.0	49.9	57,785.5	34.4	28.0	19,882.1	3,575.1	-23.6	-21.9	-11,562.1	63.2	40.7%	
Junio	32,607.2	18,858.9	57.8	51.8	57,882.3	42.2	35.8	24,417.4	25,275.1	-15.7	-16.0	5,558.5	129.5	27.1%	
Julio	32,813.2	19,463.3	59.3	53.7	60,524.1	39.3	33.2	23,780.6	27,710.9	-20.0	-20.5	4,317.3	122.2	33.8%	
Agosto	34,917.5	20,389.1	58.4	50.3	49,439.8	37.5	31.8	18,549.1	14,522.2	-20.9	-18.5	-1,840.0	91.0	35.7%	
Septiembre	23,792.2	13,863.2	58.3	50.6	34,691.6	38.1	32.9	13,208.4	10,899.4	-20.2	-17.7	-654.8	95.3	34.7%	
Octubre	37,733.1	23,124.9	61.3	57.2	47,486.3	45.9	41.5	21,777.6	9,753.1	-15.4	-15.7	-1,347.2	94.2	25.2%	
Noviembre	72,604.9	43,957.2	60.5	55.5	96,601.0	43.6	39.1	42,080.4	23,996.1	-17.0	-16.4	-1,876.9	95.7	28.0%	
Diciembre	101,571.6	60,793.6	59.9	55.4	131,310.0	43.3	37.8	56,883.5	29,738.4	-16.5	-17.7	-3,910.1	93.6	27.6%	
Subtotal	626,899.6	377,308.9	60.2	50.1	773,165.4	41.6	33.7	321,635.9	146,265.8	-18.6	-16.4	-55,673.0	85.2	30.9%	
Total Ext. Abanicos.	626,899.6	377,308.9	60.2	50.1	773,165.4	41.6	33.7	321,635.9	146,265.8	-18.6	-16.4	-55,673.0	85.2	30.9%	

**U.N.A.M.
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL**

Tabla 14. Análisis de Recuperación de Mineral Global Base Barrenación Real calculadas con MINESIGHT

Mes	ACUMULADO AÑO 2000															
	Mineral Insitu Esperado por Barrenación					Mineral Esperado por Abanicos Extraído por Trituradora					Diferencia %Fet	Tons	%Fem	Ufe	Recup. Mineral % Ufes	Dilución de Mineral %
	Tons	%Fet	%Fem	Ufe	Tons	%Fet	%Fem	Ufe	Tons							
AÑO 2000																
Enero	93,955.6	54.8	43.5	51,489.9	59,529.0	38.8	30.5	23,085.3	-34,426.6	-16.0	-13.0	-28,404.5	44.8	29.2%		
Febrero	40,353.9	55.3	35.4	22,310.8	45,396.0	41.8	26.1	18,966.5	5,042.1	-13.5	-9.2	-3,344.3	85.0	24.4%		
Marzo	65,227.5	55.5	34.6	36,206.0	101,032.0	38.5	25.4	38,877.1	35,804.5	-17.0	-9.1	2,671.1	107.4	30.7%		
Abril	74,698.6	54.5	42.3	40,691.8	93,278.0	38.9	29.8	36,285.1	18,579.4	-15.6	-12.5	-4,406.6	89.2	28.6%		
Mayo	72,590.9	56.7	48.9	41,175.3	77,618.0	38.8	32.4	30,139.1	5,027.1	-17.9	-16.5	-11,036.2	73.2	31.5%		
Junio	53,575.9	52.1	47.0	27,887.1	80,279.0	42.3	36.7	33,942.0	26,703.1	-9.8	-10.3	6,054.9	121.7	18.8%		
Julio	49,109.1	50.0	45.4	24,574.7	76,820.0	37.6	32.2	28,892.0	27,710.9	-12.4	-13.2	4,317.3	117.6	24.8%		
Agosto	63,456.8	53.7	47.4	34,092.1	77,979.0	41.4	36.2	32,252.1	14,522.2	-12.4	-11.2	-1,840.0	94.6	23.0%		
Septiembre	38,122.6	52.7	46.3	20,087.1	49,022.0	39.6	34.8	19,432.3	10,899.4	-13.1	-11.6	-654.8	96.7	24.8%		
Octubre	38,117.9	61.2	57.1	23,339.2	47,871.0	45.9	41.5	21,991.9	9,753.1	-15.3	-15.6	-1,347.2	94.2	25.0%		
Noviembre	72,604.9	60.5	55.5	43,957.2	96,601.0	43.6	39.1	42,080.4	23,996.1	-17.0	-16.4	-1,876.9	95.7	28.0%		
Dic. (Al día 27)	101,571.6	59.9	55.4	60,793.6	131,310.0	43.3	37.8	56,883.5	29,738.4	-16.5	-17.7	-3,910.1	93.6	27.6%		
Subtotal	763,385.2	55.9	46.9	426,604.8	936,735.0	40.9	33.7	382,827.4	173,349.8	-15.0	-13.3	-43,777.5	89.7	26.9%		
Total Ext. Abanicos.	763,385.2	55.9	46.9	426,604.8	936,735.0	40.9	33.7	382,827.4	173,349.8	-15.0	-13.3	-43,777.5	89.7	26.9%		

NOTA: A PARTIR DEL MES DE JULIO LOS DATOS BASE SON DEL MODELO DE JULIO DEL 2000.

**U.N.A.M.
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL**

Tabla 15. Recuperación de Mineral en Tumbe de Abanicos Base Barrenación Real calculadas con MINESIGHT

Año	ACUMULADO ANUAL													
	Mineral Insitu Esperado por Barrenación				Mineral Esperado por Abanicos				Diferencia				Recup. Mineral % Ufes	Dilución de Mineral %
	Tons	%Fet	%Fem	Ufe	Tons	%Fet	%Fem	Ufe	Tons	%Fet	%Fem	Ufe		
1998	201,765.0	56.3	51.1	113,498.4	171,054.0	29.0	23.3	49,589.0	-30,711.0	-27.3	-27.8	-63,909.4	43.7	48.5%
1999	767,722.5	57.4	51.2	440,439.3	654,923.5	38.3	32.0	250,912.8	-112,799.0	-19.1	-19.2	-189,526.5	57.0	33.2%
2000	626,899.6	60.2	50.1	377,308.9	773,165.4	41.6	33.7	321,635.9	146,265.8	-18.6	-16.4	-55,673.0	85.2	30.9%
Subtotal	1,596,387.1	58.3	50.8	931,246.5	1,599,142.9	38.9	31.9	622,137.6	2,755.8	-19.4	-18.9	-309,108.9	66.8	33.3%
Total Ext. Abanicos.	1,596,387.1	58.3	50.8	931,246.5	1,599,142.9	38.9	31.9	622,137.6	2,755.8	-19.4	-18.9	-309,108.9	66.8	33.3%

U.N.A.M.

FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

Tabla 16. Recuperación de Mineral Tumbé de Abanicos + Desarrollos Base Barrenación Real calculadas con MINESIGHT

ACUMULADO ANUAL

Año	Mineral Insitu Esperado por Barrenación						Mineral Esperado por Abanicos						Recup. Mineral % Ufes	Dilución de Mineral %
	Tons		%Fem		Ufe		Tons		%Fem		Ufe			
	%Fet	%Fem	%Fet	%Fem	Tons	Ufe	Tons	Ufe	%Fet	%Fem	Tons	Ufe		
1998	254,550.9	53.1	47.7	135,120.4	223,840.0	31.8	26.0	71,211.1	-30,710.9	-21.3	-21.7	-63,909.3	52.7	40.1%
1999	1,061,588.0	52.0	45.8	552,381.4	948,789.0	38.2	31.9	362,854.9	-112,799.0	-13.8	-13.9	-189,526.5	65.7	26.5%
2000	763,385.2	55.9	46.9	426,604.8	936,735.0	40.9	33.7	382,827.4	173,349.8	-15.0	-13.3	-43,777.5	89.7	26.9%
Subtotal	2,079,524.1	53.6	46.5	1,114,106.7	2,109,364.0	38.7	32.1	816,893.4	29,839.9	-14.8	-14.4	-297,213.3	73.3	27.7%
Total Ext. Mineral	2,079,524.1	53.6	46.5	1,114,106.7	2,109,364.0	38.7	32.1	816,893.4	29,839.9	-14.8	-14.4	-297,213.3	73.3	27.7%

en donde se instalará una banda transportadora y a una de ellas se le colarán contrapozos e instalarán tolvas de descarga Fig. 31, la primer obra empieza a la elevación 724 piso, que es la elevación del nivel parrillas de 220.00 m @ -14% con un rumbo aproximado de NE 45° después la segunda obra comunicará con un rumbo casi franco N-S de 184.00 m @ -14 % hasta llegar a la elevación 667, en esta segunda obra es donde se instalarán las tolvas y se colarán los contrapozos para recibir el mineral y estéril.

En la Tabla 17 se muestran las distancias medias de acarreo para cada dedo en cada sub nivel con su respectiva productividad para el scoop tram, la productividad se calculará usando una fórmula de tiempo determinada por estudios de ingeniería industrial hechos otras áreas de operación donde se aplicaba el mismo método ya agotadas.

$$\text{Fórmula de tiempo [min/viaje]} = ((\text{Distancia de Acarreo} / 56.26) \times 2) + 2.69$$

II.7 VENTILACION

El sistema de ventilación establecido en el cuerpo en explotación es por medio de ventilación forzada, el aire limpio entra por los túneles de servicios y banda y el aire viciado sale por el túnel de evaluación.

En el Túnel Banda el aire entra por este y se traslada a todo lo largo hasta llegar al área de la trituradora interior, aquí los polvos generados por la trituración se desalojan por medio de los contrapozos Robbins que llegan hasta el sub nivel 795, y en éste todo el aire sucio se traslada a través de la frente de extracción recibiendo el tirón del ventilador principal hasta el exterior.

Con respecto al túnel de servicios el aire limpio que se suministra va directamente a los sub niveles ya que el aire recorre todo lo largo de la obra hasta llegar al sub nivel que en su momento fue el 775, para dar ventilación a los sub niveles el aire limpio siempre va a llegar por medio de la rampa de acceso hasta la frente de extracción, aquí se distribuirá en las direcciones norte y sur de ésta para que, por medio de ventiladores auxiliares de menor capacidad se ventilan los dedos, los ventiladores en mención son marca Joy de 106.68 cm (42") de baja presión con 0.01 Kg/cm² (4.00 " agua) de la serie 2000 Axifan, equipados con motor eléctrico de 18.64 y 37.29 kW (25 y 50 hp) con capacidad de succión de 16.52 m³/s (35 Kcfm) para los de 18.64 kW y de 33.04 m³/s (70 Kcfm) para los de 37.29 kW con doble motor.

Se manda aire hasta el tope de los dedos cuando se están colando y/o cuando se están explotando. Cuando se desarrollaron los dedos del sub nivel 795 y 775 los dedos al final de su desarrollo no se comunicaban, actividad que en los sub niveles 760 y 745 si se realizó.

El no comunicar los dedos era una desventaja ya que se tenían que colocar hasta 2 ventiladores auxiliares en paralelo en un dedo para asegurar el suministro de aire limpio y condiciones de temperatura adecuadas en el tope y por la misma obra se desalojaba el aire sucio teniendo el riesgo que hubiera recirculación de éste; con la comunicación de los dedos en el tope se logra un circuito de ventilación.

Tabla No. 17 Productividades Scoop Tram

Sub Nivel 745				Sub Nivel 730			
Dedo	Distancia media de Acarreo (m)	Productividad (t/h)		Dedo	Distancia media de Acarreo (m)	Productividad (t/h)	
1	247.0	64.7		1	218	71.1	
2	260.0	62.2		2	210	73.1	
3	261.0	62.0		3	221	70.4	
4	394.0	44.5		4	164	87.1	
5	254.0	63.3		5	157	89.7	
6	250.2	64.1		6	129	102.0	
7	241.3	65.9		7	172	84.3	
8	231.0	68.1		8	163	87.5	
9	206.0	74.1		9	169	85.3	
10	200.0	75.7		10	168	85.7	
11	164.0	87.1		11	163	87.5	
12	165.0	86.7		12	181	81.3	
13	174.0	83.6					
Promedio	234.4	69.4		Promedio	176.3	83.8	

Sub Nivel 715				Sub Nivel 700				Sub Nivel 685			
Dedo	Distancia media de Acarreo (m)	Productividad (t/h)		Dedo	Distancia media de Acarreo (m)	Productividad (t/h)		Dedo	Distancia media de Acarreo (m)	Productividad (t/h)	
1	241.0	65.9		1	222.0	70.1		1	189.0	78.9	
2	243.0	65.5		2	233.0	67.6		2	175.0	83.3	
3	250.0	64.1		3	241.0	65.9		3	183.0	80.7	
4	172.0	84.3		4	195.0	77.1		4	185.0	80.1	
5	166.0	86.4		5	188.5	79.0		5	171.0	84.6	
6	170.0	85.0		6	188.0	79.2		6	172.0	84.3	
7	195.0	77.1		7	200.0	75.7		7	167.0	86.0	
8	191.0	78.3		8	185.0	80.1					
9	179.0	82.0		Promedio	206.6	74.4		Promedio	177.4	82.6	
10	181.0	81.3									
Promedio	198.8	77.0									

Actualmente el sub nivel 745 recibe el aire limpio de la frente de servicios, el aire entra hasta donde se encuentra el taller interior y aquí se desvía por las rampas hasta la frente de extracción de este sub nivel, una vez que el aire llega el aire sucio sale por los contrapozos norte y sur hasta el nivel 795 ya que todos los sub niveles están comunicados en sus extremos norte y sur por contrapozos convencionales.

Para el control y la planeación se utiliza el software llamado ventpc de la empresa servicios para ventilación de minas (mine ventilation services inc.), el personal de esta empresa hizo un levantamiento completo de todas las obras y estableció con datos reales el sistema real de ventilación.

En el software se maneja cada cruce de obras como nodos y la unión de cada nodo como brazos, en éste se plasma por coordenadas un diagrama esquemático de toda la mina y en base a este programa donde se ubican las obras como nodos y brazos se actualizan los datos del levantamiento de la ventilación.

En este software también se hace la proyección semestral de la operación de la mina haciendo en cada corrida una simulación de cómo se comportaría el sistema en general con nuevas obras y determinando así que ajustes sería necesario hacer al sistema para asegurar el flujo de aire limpio para las áreas de trabajo. En la tabla 18 se muestran los datos de levantamiento con su número de nodos y brazos.

Tabla No. 18 Datos de Corrida del Programa VentPC Actualizado con Sub Nivel 745

No. Brazo	De	a	FRB	Resistencia Total (x10 ⁶ N.-s/m ⁸)	Flujo de aire (m ³ /s)	Caída de Presión (Kg/cm ²)	Perdida de energía (kW)	Operating Cost (\$ /año)	Descripción del Brazo
1	1	2		36.615	45.33	0.77	3.41	19,931.00	Portal N 700 Bandas
2	2	3		-	1.35	-	-	-	N 700. C/P a Servicios
3	2	4		16.587	43.97	0.33	1.41	8,245.00	N 700. Tunel Bandas
4	4	5		-	-	-	-	-	N 700. C/P a Servicios
5	4	6		8.411	44.22	0.17	0.73	4,252.00	N 700. Tunel Bandas Rampa
6	6	7		9.115	24.18	0.05	0.13	753.00	Entrada Parrillas
7	7	8		5.429	24.18	0.03	0.07	450.00	Nivel Parrillas
8	8	63		3.809	10.54	-	0.01	-	Nivel 715 Rampa
9	9	8		-	-	-	-	-	Nivel 680 Entrada C/P ventila
10	6	10		3.295	20.04	0.01	0.03	155.00	Rampa a Trituradora
11	10	11		10.377	18.60	0.04	0.07	390.00	N. 680 Entrada a Piletas
12	11	9		10.377	18.60	0.04	0.07	390.00	N. 680 Base Trituradora
13	10	12		1.229	14.72	-	0.01	-	N. 680 Rampa a Cuarto de Control
14	12	13	F	1.843	13.31	-	0.01	-	N. 680 Continuacion Rampa
15	13	14		1.843	13.31	-	0.01	-	N. 680 Salon Trituradora
16	14	10		1.843	13.28	-	0.01	-	N. 680 Salida Salon Trituradora
17	12	15		-	1.42	-	0.00	-	N. 680 Entrada C/P al tal
18	16	18		18.084	46.93	0.41	1.87	10,928.00	N. 775 Portal Tunel de Servicios
19	17	18		137.391	3.74	0.41	0.15	870.00	N. 775 L C/P a superficie
20	18	19		14.700	50.66	0.38	1.91	11,172.00	N 775 Tunel de Servicios
21	20	19		-	1.35	-	-	-	N 775 Acceso C/P a Banda
22	19	22		10.980	52.02	0.30	1.54	9,034.00	N 775 Tunel de seericios
23	21	22		-	-	-	-	0.00	N 775 Acceso C/P a banda
24	22	23		3.250	51.76	0.09	0.45	2,635.00	N 775 Tunel de seericios
25	23	28	R	434.357	9.44	0.39	0.37	2,135.00	N 775 puerta de ventilac
26	24	25	B	-	1.42	-	-	-	775 L Access V/R
27	25	23		0.771	-	-	0.06	345.00	Rampa al N. 760
28	25	26		1.307	43.74	0.03	0.11	643.00	Rampa al N. 760
29	26	54		5.272	43.74	0.10	0.44	2,577.00	Rampa al N. 760
30	27	31		41.374	0.16	-	-	-	N 760 entrada C/P metalero
31	30	28	B	310.280	0.05	-	-	-	N 775 entr. C/P tapon
32	31	30	R	31.625	0.05	0.25	-	7.00	760 a 775 C/P metalero
33	28	29		1.083	9.49	-	-	-	N 775 Tunel de servicios
34	29	30	Q	3.005	-	-	-	-	N 775 entr. C/Ptapon

Tabla No. 18 Continuación Datos de Corrida del Programa VentPC Actualizado con Sub Nivel 745

No. Brazo	De	a	FRB	Resistencia Total ($\times 10^6$ N-s/m ⁸)	Flujo de aire (m ³ /s)	Caída de Presión (Kg/cm ²)	Perdida de energía (kW)	Operating Cost (\$ /año)	Descripción del Brazo
35	29	32		0.626	-	0.00	-	-	N 775 Tunel de servicios
36	32	33		0.626	23.65	0.00	0.01	-	N. 775 Contrafrente nort
37	33	35		11.438	23.65	0.07	0.15	884	N. 775 Contrafrente nort
38	36	37		2,234,000.000	0.14	0.43	0.01	33	N 795 Salida C/P metalero
39	37	38		11.170	15.73	0.03	0.04	254	N 795 L - Salida Escalera
40	39	38		0.994	32.23	0.01	0.04	197	N 795 Contrafrente sur
41	38	41		3.496	47.97	0.08	0.39	2254	N 795 Contrafrente norte
42	41	43		10.902	47.97	0.26	1.20	7033	N 795 Contrafrente norte
43	42	43		0.000	48.02	0.00	-	-	N 795 Salida C/P ventilac
44	43	44		1.944	95.98	0.18	1.72	10053	N 795 Tunel de servicios
45	44	45		1.944	95.98	0.18	1.72	10053	N 795 Tunel de servicios
46	45	46		9.014	95.98	0.85	7.98	46605	N 795 Tunel de servicios
47	46	47	F	14.923	100.16	1.53	15.00	87660	Ventilador principal
48	47	48		27,925.000	4.17	4.95	2.02	11820	Puerta principal de venti
49	48	46		0.000	4.17	0.00	-	-	Puerta principal de venti
50	47	49		17.213	95.98	1.62	15.23	88993	N 795 Salida Servicios
51	3	20		1,266.443	1.35	0.02	-	19	C/P
52	5	21		558.500	0.00	0.00	-	-	C/P
53	15	24		3.452	1.42	0.00	-	-	C/P al taller
54	14	31		5,585,000.000	0.03	0.05	-	1	C/P alimentacion Mesaba t
55	31	36		11.170	0.14	0.00	-	-	C/P Metalero 795 a Parril
56	29	37		69.813	15.60	0.17	0.27	1550	Escalera 775 a 795
57	9	39	R	39.687	32.23	0.42	1.33	7774	Contrapozo Ventilacion 68
58	35	42		20.017	48.02	0.47	2.21	12956	C/P vent. 775 a 795
59	9997	1		0.000	45.33	0.00	-	-	Dummy Surface Branch
60	9997	16		0.000	46.93	0.00	-	-	Dummy Surface Branch
61	9997	17		0.000	3.74	0.00	-	-	Dummy Surface Branch
62	49	9997		0.000	95.98	0.00	-	-	Dummy Surface Branch
63	50	51		116.604	8.62	0.09	0.07	436	N 760 Frente Sur
64	52	35		34.404	24.36	0.21	0.50	2909	N 760 C/P Norte 760 a 745
65	51	53		145.299	29.77	1.31	3.83	22402	N 760 C/P Norte 760 a 745
66	53	32	F	1.396	29.77	0.01	0.04	216	N 775 Frente Sur
67	54	27		0.402	9.59	0.00	-	-	N 760 Rampa
68	54	55		1.988	34.15	0.02	0.08	462	N 745 Rampa
69	55	56		1.586	34.15	0.02	0.06	368	N 745 Rampa

Tabla No. 18 Continuación Datos de Corrida del Programa VentPC Actualizado con Sub Nivel 745

No. Brazo	De	a	FRB	Resistencia Total (x10 ⁶ N-s/m ⁸)	Flujo de aire (m ³ /s)	Caída de Presión (Kg/cm ²)	Perdida de energía (kW)	Operating Cost (\$ /año)	Descripción del Brazo
70	56	57		0.637	19.88	-	0.01	-	N 745 Rampa
71	57	58		3.195	14.23	0.01	0.01	54	N 745 Frente Norte
72	58	52		28.573	14.23	0.06	0.08	482	N 745 C/P Ventilacion Norte
73	73	59		3.988	21.15	0.02	0.04	221	N 745 Frente Sur
74	59	51		28.573	21.15	0.13	0.27	1581	N 745 C/P Ventilacion Sur
75	27	60	R	117.363	9.44	0.11	0.10	577	N 760 Puerta de Ventilación
76	60	50		1.307	8.53	-	-	-	
77	60	61		0.905	0.91	-	-	-	
78	61	62		0.905	10.21	-	-	-	
79	50	62		1.966	-	-	-	-	
80	62	52		2.603	10.13	-	-	-	
81	63	64		0.101	4.60	-	-	-	
82	64	65		1.285	4.56	-	-	-	
83	64	70		13.739	0.04	0.04	-	1	
84	65	66		67.634	4.56	0.01	0.01	37	C/P Ventilacion 715/745
85	56	67		0.134	14.27	-	-	-	N 745 AL C/P Ventilacion
86	66	67		0.223	4.56	-	-	-	N 745 AL C/P Ventilacion
87	67	68		0.436	18.82	-	-	-	N 745 al C/P Metalero
88	68	71		0.536	9.56	-	-	-	N 745 al Crucero de Gruesos
89	71	72		0.670	9.56	-	-	-	N 745 Crucero Gruesos
90	68	69		13.415	9.27	0.01	0.01	62	N745 C/P Metalero
91	69	70		11.661	9.27	0.01	0.01	54	N745 C/P Metalero
92	70	61		46.065	9.31	0.04	0.04	217	N 760/ N745 C/P Metalero
93	72	73		0.905	15.21	-	-	-	N745 Frente Sur
94	57	72		1.251	5.65	-	-	-	N745 Frente Sur
95	74	73		0.536	5.94	-	-	-	N745 al C/P Esteril
96	75	74		53.638	5.94	0.02	0.01	66	N745 C/P Esteril
97	63	75		0.882	5.94	-	-	-	N715 acceso a C/P Esteril
98	none	none		-	14.90	-	-	-	
99	none	none		-	14.90	-	-	-	
100	none	none		-	29.81	-	-	-	