

# **Universidad Nacional de Ingeniería**

Programa Académico de Ingeniería Geológica,  
Minera y Metalurgia



## **Sostenimiento de Minas Subterráneas**

**TESIS**

**para optar el Título de:  
Ingeniero de Minas**

**Presentado por**

**F. VICENTE DONAIRES MATAMOROS**

**PROMOCION 1965**

**LIMA - PERU**

**1977**

**A MIS HERMANOS**

**Eliseo  
Eduardo  
Filomeno  
Celestina  
Blanca**

## A G R A D E C I M I E N T O

Quiero recordar en primer lugar mis años de universitario, mi paso por la Facultad de Minas y al hacerlo viene a mi memoria los rostros y las palabras cargadas de experiencia de mis profesores los que sin egoísmo alguno, volcaron en nuestra mente su sabiduría y experiencia. A ellos van mis agradecimientos y gratitud, al Rector de la Universidad Nacional de Ingeniería y al Director del Programa Académico de Geología - Minas y Metalurgia, maestros cuyo ejemplo es línea de conducta que todos sus discípulos los debemos seguir.

**AL**

**Ing. ALBERTO BENAVIDES QUINTANA**

## I N D I C E

Página

INTRODUCCION .....

### CAPITULO I SOSTENIMIENTO

Generalidades .....	1
Objeto del sostenimiento en las Labores Mineras .....	2
1. Propiedades Físico-Mecánicas de las Rocas .....	3
Clases de terrenos .....	3
Clasificación de las rocas .....	6
2. Equilibrio de los terrenos .....	8
3. Alteración del Equilibrio de las Rocas por las labores mineras .....	9
4. Profundidad de las labores .....	11
5. Hundimientos en masas .....	11
6. Rocas plásticas .....	12
7. Arenas y Rocas Sueltas .....	12
8. Causas Diversas de Perturbación del Equilibrio .....	13
9. Nociones sobre el cálculo de las cargas que actúan sobre el sostenimiento .....	14
10. Selección de las secciones de los elementos de un cuadro en el sostenimiento de una galería, utilizando madera .....	20
- Selección del sombrero .....	20
- Altura de la sección de influencia de carga .....	20
- Cargas muertas actuantes sobre el cuadro .....	20
- Momentos flexionantes máximos de las secciones .....	21
- Selección del poste .....	22
- Poste a la flexión .....	24
- Fuerza cortante vertical .....	26
11. Transmisión de las cargas al sostenimiento .....	28
12. Influencia de la madera nacional, con respecto a otras made- ras importadas en el cálculo de las cargas que actúan sobre el sostenimiento .....	29

**CAPITULO I**  
**SOSTENIMIENTO DE LABORES HORIZONTALES**

1.	Tipos de estructuras de sostenimiento	33
	- Cuadros de madera	35
	- Cuadros reforzados	50
	- Arcos de concreto armado	52
	- Arcos de riel	56
	- Muros de concreto	60
	- Pilares de roca suelta	64
2.	Elementos Auxiliares de Sostenimiento	64
	- Bloques	65
	- Cuñas	65
	- Encribados	68
3.	Otros elementos de sostenimiento	71
	- Enrejados y entablados	71
	- Longarinas	75

**CAPITULO III**  
**SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS**

1.	Puntales	83
2.	Pilares de madera	89
3.	Pilares de madera y roca	93
4.	Cuadros de madera	95
	- Cuadros Colgantes	102
	- Refuerzos de cuadros	103

**CAPITULO IV**  
**OTRAS ESTRUCTURAS DE MADERA**

1.	Echaderos o chutes	109
	Condiciones de un buen chute	110
	- Partes de un buen echadero	110
	- Echadero o chute	111
	Atendiendo a su inclinación	111
	Atendiendo a la forma de la sección	111

2.	Tolvas y Compuertas .....	115
	Condiciones de una buena tolva .....	115
	Principios en los que se basa la construcción de una tolva....	116
	Construcción de una tolva .....	116
	Flujo del mineral a través del chute .....	116
	Fuerza ejercida por el paso de la carga sobre la tolva .....	116
	Naturaleza del mineral .....	118
	Normas para la construcción de las tolvas .....	118
3.	Compuertas .....	123
	Compuertas de madera .....	123
	Compuertas metálicas .....	125
	Compuertas de madera fierro .....	125
4.	Enmaderados de curvas y desvíos .....	125
5.	Tipos de cruces y forma de enmaderado .....	126
6.	Doble curva o bifurcación de una galería .....	127
7.	Curvas simples .....	127

## CAPITULO V

### SOSTENIMIENTO DE PIQUES

Piques de 3 compartimientos .....	136 - 140
-----------------------------------	-----------

## CAPITULO VI

### COSTOS DE SOSTENIMIENTO

Introducción .....	141
1. Medición de la madera.....	142
Normas comerciales .....	142
Sistemas para medir la madera .....	142
2. Costo de sostenimiento de un pique de tres compartimientos ...	143
Costos del enmaderado propiamente dicho .....	144
Costo mano de obra .....	147
3. Costo de un cuadro de tres piezas en el sostenimiento de una galería .....	149
Costo del enmaderado propiamente dicho .....	149
Costo de la mano de obra .....	151
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	155
BIBLIOGRAFIA .....	160

## A P E N D I C E

	<u>Página</u>
Medidas de la madera en la mina .....	1
Lista de herramientas del enmaderador .....	2
Precauciones antes de seguir cualquier tarea .....	3
Cuadro No. 1 - Peso de las rocas más comunes .....	4
Cuadro No. 2 - Esfuerzo límite para la madera seca al aire .....	5
Cuadro No. 3 - Pies cuadrados de madera redonda de eucalipto .....	6
Cuadro No. 4 - Peso de la madera de eucalipto en kilogramos .....	8
Cuadro No. 5 - Cuadro de jornales .....	11
Cuadro No. 6 - Fletes de transporte por camión .....	14
Cuadro No. 7 - Costo mensual de sostenimiento con madera de eucalipto .....	15
La madera como elemento de sostenimiento .....	17
- Origen y características de la madera .....	17
- Estructura de un tronco .....	17
Composición Química de las maderas .....	18
Propiedades Elementales de las maderas .....	19
Propiedades mecánicas de la madera .....	21
Propiedades especiales de la madera .....	22
Defectos notables de la madera .....	23
Preservativos de la madera .....	24
Conservación y Protección de las maderas .....	25
Conservación de la madera por procedimientos naturales .....	28
El eucalipto .....	30
Características del eucalipto .....	30
Plantaciones del eucalipto .....	31
Eucalyptus Globulus Labill .....	31
Eucalyptus Robusta S.M. ....	32
Eucalyptus Rostrata .....	32
Propiedades Tecnológicas de la madera de eucalipto Globulus Labill	33
Cuadro No. 8 - Análisis comparativo de las propiedades físicas del eucalyptus Globulus, con especies de densidad similar .....	34
Cuadro No. 9 - Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del eucalipto con maderas de densidad similar.....	35



Categoría de resistencia de la madera a la acción de hongos.....	
xilófagos .....	36
Cuadro No. 10 - Durabilidad Natural de la madera de eucalipto....	37
Fórmulas para el cálculo de las propiedades físicas y mecánicas de la madera .....	38
Esfuerzos unitarios .....	42
Tipos de esfuerzos .....	42
Deformaciones .....	42
Límite de elasticidad .....	42
Elasticidad .....	43
Fuerza de Ruptura .....	43
Módulo de elasticidad .....	43
Esfuerzo Unitario Permisible .....	43
Concreto .....	44
Materiales que se utilizan en el concreto .....	46
Requisitos para el concreto .....	47
Relación agua cemento .....	47

## I N T R O D U C C I O N

Pongo en consideración de los señores miembros del jurado el presente trabajo el cual es el resultado de mis observaciones y experiencias obtenidas en la mina.

El sostenimiento de labores mineras subterráneas constituye uno de los problemas de mayor importancia para proteger la seguridad del hombre, que debe afrontar en todo tiempo el minero.

El objeto de este trabajo es, sintetizar y actualizar los conocimientos clásicos sobre el sostenimiento de labores mineras, exponiendo algunas observaciones sobre diversos procedimientos que han sido experimentados durante los últimos años.

Los materiales utilizados para el sostenimiento de labores mineras son: maderas, acero, hierro fundido, concreto, ladrillo, piedra y arena, los cuales también pueden ser usados combinados, como materiales de sostenimiento, también se considera el relleno con material estéril y los pilares o estribos de mineral o roca que se dejan sin arrancar.

El material de sostenimiento que describo está basado en su mayor parte de MADERA. La madera es el material más barato y más usado. En nuestras minas se utilizan principalmente el EUCALIPTO con mayor frecuencia y en menor proporción el pino, madera montaña y otros. Los precios unitarios varían bastante de una región a otra.

El sostenimiento con cuadros de madera en labores horizontales, las considero para secciones normales de 2.10 m. x 2.40 m., con redondos de eucalipto de 8" a 10" de diámetro. Mientras que para el sostenimiento de secciones mayores, se pueden utilizar arcos de riel, arcos de concreto y otros.

Si el terreno es muy suave o fracturado, para el sostenimiento con cuadros de madera se deben utilizar los arcos de riel o los arcos de concreto armado. En esta clase de terreno, siempre encontramos las zonas de mayor presión del techo y las cajas, y por lo tanto es necesario doblar cuadros o quitar el arco de riel doblado y poner otro nuevo. En consecuencia en estos terrenos el mantenimiento es muy costoso.

El sostenimiento con madera (eucalipto) es de uso netamente práctico. Especialmente para los mineros, que tienen que afrontar en cada momento la seguridad del hombre; de allí que este trabajo va especialmente para aquellas minas pequeñas y medianas, que abundan en gran número en nuestro territorio.

La duración de la madera colocada en el interior de la mina es muy variable a veces se utilizan maderas curadas. En general cuando se va a utilizar la madera en explotación no es necesario tratar la madera.

Los arcos de riel y de concreto son muy caros, pero tienen mayor resistencia que la madera. No deben ser utilizados los arcos de riel don-

de hay agua, pues se oxidan, más aún cuando las aguas tienen soluciones ácidas. En algunos casos se usan materiales especiales para proteger los arcos de riel de las aguas ácidas (pinturas y cintas anti-corrosivas).

## C A P I T U L O

### S O S T E N I M I E N T O

Generalidades.-Los depósitos minerales en el Perú se encuentran en rocas y terrenos que pueden presentar mayor o menor dureza y resistencia.

Los yacimientos minerales son de tipos muy diversos, como vetas (con variable potencia y buzamineto), mantos, bolsonadas y cuerpos irregulares. Así mismo, las labores mineras incluyen: socavones o cruceros, galerías, chimeneas, piques, tajeos etc.

En forma especial se debe remarcar que la situación económica de las empresas mineras y los métodos de explotación que se aplican influyen notablemente sobre los sistemas de sostenimiento de labores mineras.

El área de las labores es importante para el sostenimiento. Las labores mineras de extensión pequeña, no causan en general problemas de sostenimiento.

Las labores más extensas ocasionan costosos y difíciles problemas, pudiendo originar hundimientos generales del terreno con las dificultades consiguientes en relación a carreteras, propiedades etc.

Objeto del sostenimiento en las Labores Mineras.-El objeto de sostener una labor minera es el de mantener las condiciones de seguridad durante el tiempo que está en servicio.

Las labores de acceso requieren casi siempre estar abiertas hasta terminar la mina o yacimiento. Las labores auxiliares pueden estar abiertas por poco o mucho tiempo.

Siempre es conveniente elegir los materiales y elementos apropiados a cada caso. Los esfuerzos a considerar son siempre difíciles de calcular. La aplicación de fórmulas matemáticas es poco usual; en base al criterio personal y experiencias similares se eligen los elementos y materiales de sostenimiento.

Existen varios factores que deben ser considerados para lograr los mejores resultados en el sostenimiento de labores mineras, es fundamental conocer el tiempo aproximado que la labor debe durar. Con materiales caros el costo de instalación será caro, pero será bajo el costo de mantenimiento. Con materiales baratos ocurrirá lo contrario. Cuando se dispone de un solo material, no se puede elegir el tipo de material.

En todos los casos se deben tener en cuenta las reglamentaciones de seguridad concernientes y la ventilación de la mina.

Las prácticas modernas y económicas, consideran que es conveniente hacer socavones laterales (y chimeneas) a distancias apropiadas de los cuerpos mineralizados, efectuando cada cierto tramo estocadas para el control de la zona planeada. Por supuesto que este plan tiene limitaciones, pero debería llevarse a cabo siempre que sea posible.

## 1. Propiedades Físico-Mecánicas de las Rocas

Atendiendo a su estructura, las rocas se dividen en coherentes, sueltas y movedizas.

En las rocas coherentes, las partículas minerales se hallan unidas entre sí por las fuerzas de cohesión interna.

Las rocas sueltas se componen de granos separados, sin cohesión entre sí. Algunas rocas al estar saturadas de agua, adquieren propiedades de fluidez y forman terrenos movedizos.

La fuerza cohesiva entre las partículas de una roca determina la firmeza o estabilidad de las rocas, la que tiene una gran importancia en las labores, especialmente subterráneas. Por firmeza se entiende la facultad de las rocas de no desmoronarse al ser puestas al descubierto en una superficie más o menos grande. La firmeza de las rocas disminuye cuando en su seno se originan grietas a consecuencia de las grandes presiones de las rocas, o debido a trabajos con explosivos.

### Clases de terrenos

De acuerdo al grado de firmeza los minerales y las rocas encajantes pueden dividirse en los grupos siguientes:

1. Muy firmes o consistentes.- Son rocas que pueden ponerse al descubierto desde abajo sobre superficies de decenas y centenares de metros cuadrados, sin derrumbarse durante decenios.

2. Consistentes.- Son rocas que pueden ponerse al descubierto sobre superficies de importancia, sin desmoronarse durante varios meses. Las galerías de dimensiones reducidas, excavadas en rocas firmes, pueden durar varios años sin entibación.

3. Medianamente Consistentes.- Son los que pueden presentar superficies descubiertas de considerable extensión durante un plazo relativamente breve.

4. Flojos o desmoronables.- Son los que requieren una entibación en seguida de ser descubiertas.

5. Muy flojos.- Son las que no pueden permanecer descubiertas y, como regla, requieren una entibación inmediata.

Entre las rocas más consistentes se cuentan las rocas tenaces, dotadas de una gran firmeza de cohesión entre sus partículas, como cuarcitas, granitos de grano fino, calizas silíceas y otras; entre las rocas inconsistentes se encuentran las rocas blandas y friables, como las arcillas, tierras arcillosas; entre las muy inconsistentes, las rocas sueltas, como las arenas, detritos rocosos movedizos.

Gran importancia para la explotabilidad de las rocas tiene su RESISTENCIA MECANICA, que depende de la dureza, tenacidad y elasticidad de las mismas.

Al adelantar las características de las rocas atendiendo a su densidad, se suele emplear la noción de PESO VOLUMETRICO, es decir el peso de la roca por unidad de volumen ( $T/m^3$ ).

El peso volumétrico por lo general es numéricamente menor que el peso específico, debido a la porosidad natural de las rocas. El peso volumétrico promedio de las rocas que integran la corteza terrestre es de  $2.7 t/m^3$ , el peso volumétrico de algunas rocas (por ejemplo, el mineral de hierro) es de  $3.5$  a  $4 t/m^3$ .

La roca una vez arrancada del macizo y fragmentada, aumenta de volumen porque se vuelve esponjosa. La friabilidad de las rocas se caracteriza por el COEFICIENTE de esponjamiento, el cual indica la relación



entre el volumen de la roca fragmentada y el volumen de la misma en el macizo. El coeficiente de esponjamiento varía entre 1.1 a 1.2 (arenas limos arenosos) y 1.8 a 2.0 (rocas vivas monolíticas, tales como granitos, sienitas, basaltos).

En la elección del tipo y condiciones de las labores mineras indican asimismo propiedades de las menas, tales como la higroscopicidad (facultad de la mena de retener agua, debido a su porosidad), la tendencia de aglutinarse (facultad de los minerales fragmentados de compactarse) la inflamabilidad (facultad de ciertos minerales con elevado contenido contenido de azufre de inflamarse espontáneamente, especialmente en presencia de la madera.)

Para solucionar una serie de problemas relacionados con las labores mineras (determinación de las normas, de la presión de la roca etc.) es imprescindible disponer de una clasificación de las rocas atendiendo a determinados índices.

La clasificación de las rocas se pueden considerar del profesor M. ProtodiáKonov, según la misma, todas las rocas se dividen en 10 categorías, de acuerdo a su resistencia mecánica o dureza.

Al caracterizar una roca por medio de un índice único, el factor de resistencia M. ProtodiáKonov considera "que si una roca es tantas veces más resistente que otra en un aspecto, pongamos por caso, para la perforación, quiere decir que esta roca también lo será en cualquier otro aspecto, como ser para los explosivos, o para la presión ejercida sobre la entibación, etc.". Este principio, precisamente es el que se ha adoptado como base de la clasificación.

CLASIFICACION DE LAS ROCAS POR EL PROFESOR M. PROTODIAKONOV

CATEGORIA	GRADO DE DUREZA	R O C A	FACTOR DE RESISTENCIA
I	Extremadamente duras	Las cuarcitas y los basaltos más duros, compactos y tenaces. Otras rocas de dureza excepcional.	20
II	Muy duras	Rocas graníticas muy duras. Pórfido cuarzoso, granito muy duro, esquisto silíceo. Cuarcitas de menor dureza que las de la categoría anterior. Areniscas y calizas de máxima dureza.	15
III	Duras	Granito (compacto y rocas graníticas). Areniscas y calizas muy duras. Vetas de cuarzo metalíferas. Conglomerado duro. Minerales de hierro muy duros.	10
III <sup>a</sup>	Idem	Calizas (duras). Granito de menor dureza. Areniscas duras. Mármol duro. Dolomita. Piritas.	8
IV	Medianamente duras	Arenisca común. Minerales de hierro	6
IV <sup>a</sup>	Idem	Esquistos arenosos. Areniscas esquistosas	5
V	Semiduras	Esquisto arcilloso duro. Arenisca y caliza de menor dureza, conglomerado blando	4
V <sup>a</sup>	Idem	Esquistos varios (de menor dureza), margas compactas	3
VI	Medianamente blandas	Esquisto blando. Caliza muy blanda, creta, sal gema, yeso. Terreno congelado, antracita. Marga común. Arenisca fragmentada, guijos y guijarros cementados, terreno pedregoso	2

(continuación)

CATEGORIA	GRADO DE DUREZA	R O C A	FACTOR DE RESISTENCIA
VI <sup>a</sup>	Idem	Suelo ripioso. Esquisto fragmentado, guijos y ripio compactados, hulla dura. <u>Ar</u> cilla endurecida.	1.5
VII VII <sup>a</sup>	Blandas Idem	Arcilla (compacta). Hulla blanda. Acarreos aluviales duros, terreno arcilloso. <u>Ar</u> cilla arenosa liviana, loes, gravas.	1 0.8
VIII	Terrosas	Tierra vegetal. Turba, tierra arcillosa blanda, arena húmeda.	0.6
IX	Sueltas	Arena, detritos rocosos, <u>gra</u> vas finas, terreno de relleno, hulla arancada.	0.5
X	Movedizas	Terrenos movedizos, suelo <u>pan</u> tanoso, loes aguado y otros suelos aguados.	0.3

Para las rocas capaces de resistir el ensayo de compresión, el factor de resistencia es igual a un número abstracto cien veces menor que el valor de la resistencia temporal a la compresión. Por ejemplo si una probeta de roca de 5 x 5 cm., sometida al ensayo de aplastamiento, empieza a quebrarse a una presión de 30,000 Kg., el factor de resistencia para esta roca será:

$$\frac{30,000}{25 \times 100} = 12$$

En la clasificación de M. ProtodiáKonov, las rocas más duras son caracterizadas por el factor de resistencia  $f=20$ , sin embargo hay que tener en cuenta que en la naturaleza se encuentran rocas que resisten una presión de hasta  $3,000 \text{ Kg./cm}^2$ , correspondientes a un factor de resistencia 30.

El profesor M. ProtodiáKonov, señalaba que no todas las rocas respondían al principio en que se funda su clasificación y advertía que ésta podía servir tan sólo para los cálculos preliminares. Para normación de los trabajos mineros se utilizan clasificaciones de las rocas atendiendo a algunas de las características particulares, por ejemplo, su perforabilidad, en estas clasificaciones están indicadas, respectivamente, las velocidades de perforación y el consumo de explosivos.

## 2. Equilibrio de los Terrenos

Toda masa de roca está sometida a cargas más o menos importantes. Estas cargas son debidas a la gravedad, cambios de temperatura, alteraciones químicas tales como caolinización e hidratación, presión atmosférica y presión de gases oclufdos en la propia masa. El equilibrio estático se establece por la compensación de todas las fuerzas externas e internas que actúan sobre la masa.

La acción de la gravedad constituye en todo caso la más importante de las fuerzas que es necesario considerar. Las rocas que se encuentran a gran profundidad están comprimidas por el peso de las masas suprayacentes. En muchos aspectos se encuentran en las condiciones de una probeta de roca colocada en la máquina de ensayos. En algunas minas se encuentran a grandes profundidades rocas "explosivas". No son más que rocas que han sido comprimidas más allá de su capacidad de resistencia y se disgregan cuando tienen oportunidad de expandirse hacia los huecos de las labores. El resultando es el lanzamiento de fragmentos, acompañado por asientos bruscos, en forma análoga a como se comportan las probetas de ensayo. Cuando empiezan a fallar pilares en las labores, se observan con frecuencia fenómenos análogos.

Las masas de rocas consolidadas a gran profundidad, que han sido liberadas por la erosión de las formaciones superpuestas, se encuentran con frecuencia en un estado de compresión, que hace que se expandan cuando son arrastradas. Esto ha sido observado en algunas canteras de granito.

Los depósitos de ladera y detritus superficiales que encubren masas de rocas en terrenos de topografía accidentada, se encuentran a veces en condiciones de equilibrio inestable. Muchas veces han sido observados por los geólogos el movimiento de tierras por esta razón, y cuando se presentan tales circunstancias, es necesario fortificar cuidadosamente las labores que han de atravesar tales formaciones. Casi todos los mineros han observado la marcada tendencia al hundimiento que presentan las boquillas de los socavones y la facilidad con que fallan las consolidaciones colocadas en tales puntos.

### 3. Alteración del Equilibrio de las Rocas por las Labores mineras

Cuando en una masa de roca se abren labores mineras, se crean condiciones de equilibrio inestable. La tendencia de las rocas cortiguas a las labores es a rellenar éstas. Esto puede ocurrir, ya fragmentándose la roca en trozos

pequeños que rellenan gradualmente los espacios abiertos, proceso que requiere tiempos generalmente largos, o más rápidamente, cuando la roca es plástica o está muy quebrantada. Las características físicas de la roca y la magnitud de las fuerzas que tienden a restablecer el equilibrio, determinan la rapidez con que se produce el reajuste. La velocidad de reajuste del equilibrio es prácticamente cero para las rocas del grupo 1; para el grupo 2 es muy pequeña, para el grupo 3 es relativamente pequeña, pero mayor que para el grupo 2; para el grupo 4 muy grande y para el grupo 5 depende del grado de plasticidad, pudiendo ser muy rápida para las masas de roca más plásticas.

Exceptuando las rocas del grupo 5, todas las masas rocosas que se encuentran sobre las labores mineras, cualquiera que sea la importancia de éstas se comportan de análoga manera. Si suponemos que la labor no está fortificada, el descenso de las rocas suprayacentes comienzan por la parte central, por flexión. En las rocas de escasa resistencia sobrevienen rápidamente los hundimientos. En rocas sólidas, la iniciación del fenómeno puede demorarse indefinidamente; en rocas débiles sostenidas por la entibación, el hundimiento puede retrasarse tiempo considerable. Una vez que el proceso ha comenzado, progresa en dirección vertical; el área de roca afectada va disminuyendo a medida que va aumentando la altura, hasta que se restablece el equilibrio, ya por formarse una bóveda autosostenida, ya por rellenarse las labores y los espacios que quedan encima con los fragmentos de los materiales hundidos.

Cuando el techo de las labores rompe en trozos, la altura de la zona de perturbaciones es relativamente limitada, ya que la roca partida ocupa un volumen mucho más importante que su masa. Este aumento de volumen, llamado entumecimiento, que puede llegar a ser hasta de 50% tiende a rellenar los espacios vacíos creando una nueva situación de equilibrio. No todas las rocas se comportan de esta manera y por ello la altura de la zona de perturbación puede variar dentro de amplios límites.

Zona de Perturbación.- Es todo el volumen de roca superpuesto a las labores, que resulta más o menos quebrantado y movido en el restablecimiento del equilibrio.

Area de la Zona de Perturbación.- Es el área basal de esta zona; en la mayoría de los casos esta área coincide en magnitud con la de las labores.

Altura de la Zona de Perturbación.- Es la altura medida sobre el eje de la zona y por encima del área.

La profundidad de las labores, la naturaleza de las masas rocosas, la presencia de lechos de estratificación, fallas y fracturas y el área y altura de las labores, son factores todos que influyen sobre las relaciones dimensionales y espaciales de la zona de perturbación.

#### 4. Profundidad de las Labores

La influencia de la profundidad de las labores es difícil de valorar. En muchos casos los movimientos del techo parecen estar escasamente relacionados con la profundidad a que se encuentran las labores bajo la superficie. Fractura del techo es originada con mayor frecuencia por el peso de las capas que se encuentran inmediatamente encima, que por la presión de las masas más altas. Es evidente que las masas de roca suprayacentes pueden actuar a modo de puente sobre una labor y si la roca es suficientemente resistente, puede actuar como una placa circular apoyada en los hastiales de la labor y empotrada en todo su contorno. Cuanto mayor sea el espesor de la placa, tanto mayor será su capacidad de autosustentación. Además existe la tendencia de las masas de roca a soportarse a sí mismas formando bóvedas sobre las excavaciones. Ambos principios pueden explicar la aparente anomalía.

#### 5. Hundimientos en Masa

Cuando se realizan labores mineras de extensión relativamente pequeñas en rocas compactas y resistentes, como es el caso corriente en las minas metálicas,

la roca misma actúa como puente sobre las labores y no se presentan problemas importantes de sostenimiento, pero cuando las labores son extensas, y quedan descubiertas y sin apoyo grandes masas de rocas, puede producirse el hundimiento general del techo. Estos movimientos son del tipo de los originados por las fallas; toda la masa se mueve a lo largo de un plano de falla creando una línea de fractura de la masa.

Casi todas las rocas contienen líneas de debilidad y los hundimientos son inevitables cuando se someten a fatigas excesivas. El método usualmente empleado para prevenir tales contingencias es dejar pilares, que serán suficientes si tienen superficie bastante y la roca es suficientemente resistente. Cuando los pilares son insuficientes, el relleno es el único medio de prevenir movimientos generales de esta naturaleza. Cuando el hundimiento en masa se inicia, lo mejor es suspender el laboreo, hasta que se haya restablecido el equilibrio por el cierre de los vacíos de explotación.

## 6. Rocas Plásticas

Las rocas plásticas se muestran activas en mayor o menor extensión, bajo la influencia de las presiones producidas, ya por su propio peso, ya por los estratos suprayacentes. Se deforman fácilmente y como consecuencia rellenan pronto las labores; la zona de perturbación es proporcional al área de las labores y muestran escasa o nula tendencia a entumecerse. En las rocas plásticas se desarrollan presiones en el techo, en los hastiales y en el piso. La plasticidad de la masa determina, hasta qué punto, estas presiones corresponden a la carga producida por las rocas suprayacentes.

## 7. Arenas y Rocas Seltas

El comportamiento de los materiales pulverulentos bajo las presiones, pueden deducirse de los estudios realizados sobre el comportamiento de los granos en



sílos. La presión que se ejerce sobre el techo de una labor cualquiera, no es la que corresponde al peso de una columna de área igual a la de la labor y de altura vertical igual al espesor de las arenas, sino que corresponde a una masa mucho más pequeña. La masa activa tiene forma de cúpula y una altura que suele ser de 2 y media a 3 veces el diámetro, cualquiera que sea la potencia de las arenas por encima de las labores.

Dicha relación de altura a diámetro corresponde a materiales constituidos por granos redondeados, que pueden deslizar libremente unos sobre otros. En los materiales del tipo de las rocas partidas o sueltas, que tienden a acunarse o a trabarse entre sí de tal manera que se impide el libre movimiento bajo las presiones, la relación antes indicada se reduce sensiblemente. Con rocas sueltas se presentan presiones en los hastiales, pero a diferencia de lo que ocurre en el caso de las rocas plásticas, son moderadas y no existen en el piso.

#### 8. Causas Diversas de Perturbación del Equilibrio

El drenaje de las arcillas por las labores mineras, produce contracciones más o menos importantes que pueden a su vez producir movimientos de las masas suprayacentes. Estos movimientos continuarán hasta que las arcillas se hayan consolidado y el equilibrio esté restablecido.

La acción del aire sobre las rocas recién cortadas produce efectos de desecación agrietamiento o expansión y en general debilitamiento, en algunos casos, con la consecuencia de movimientos en las masas contiguas a las labores. El agua actúa algunas veces de análoga manera. La expansión y contracción debida a los cambios de temperatura es causa también de equilibrio inestable. Las masas de roca contiguas a zonas de laboreo en una mina, resultan sometidas a menudo a fatigas, que pueden llegar a debilitarlas seriamente por el lento

reajuste que se produce. Así, en las minas metálicas en que se han dejado pilares entre zonas arrancadas y tajos rellenos, los pilares, tan pronto son atacados, se descomponen y se producen movimientos que es necesario vigilar con cuidado.

9. Nociones sobre el cálculo de las cargas que actúan sobre el sostenimiento <sup>24)</sup>

Las fuerzas que ejercen en el techo, y las cajas laterales, luego que se rompe el equilibrio existente dentro de una labor minera, depende de las condiciones que primaron antes de que se minara la masa rocosa, como, dimensiones de la sección de la excavación, de las condiciones geológicas del terreno y del trazo seguido en la voladura de las galerías.

Cuando la roca se ha fracturado y ha principiado el desplazamiento de las paredes hacia la cavidad vacía, es evidente que se tiene que sostener para mantener el acceso libre.

Considerando que las rocas están sueltas y forman un ángulo con la horizontal (talud natural), este ángulo para las rocas se considera entre los límites de  $30^\circ$  a  $60^\circ$ , es decir que las cargas reales sobre el techo y los hastiales correspondientes a cada clase de terreno, estarán comprendidos entre los límites indicados.

Si suponemos que el talud natural en terrenos suelos es de  $45^\circ$  y que las rocas sueltas que están por encima del plano inclinado a  $45^\circ$  se soportaran a sí mismos, por reacciones mutuas.

Si tenemos una galería por sostener de una sección de  $7'$  x  $6'$  y el p.e. de la roca sea de  $160$  libras/ pie<sup>3</sup>, podemos calcular la carga vertical y lateral, que actúan sobre los elementos del sostenimiento.

CALCULO DE LA CARGA VERTICAL QUE ACTUA SOBRE EL  
SOMBRERO AC. Fig. 1.

En el triángulo ABC, Fig. 1-a

$$AB = BC$$

La carga vertical estará actuando en el centro de gravedad del triángulo ABC y estará centrada esta fuerza en AC.

$$\sphericalangle BAB' = \sphericalangle ABB' , \text{ Fig. 1-b}$$

$$AB' = BB' = \frac{AC}{2} = 3'$$

Luego la carga "m" que actúa sobre AC será igual al volumen de dicha masa por el p.e. de la roca.

$$\text{Area ABC (Fig. 1-a)} = \frac{AC \times BB'}{2} = \frac{6 \times 3}{2} = 9 \text{ pies}^2.$$

Volumen ABC a la profundidad de 3 pies será:

$$V = 9 \text{ pie}^2 \times 3 \text{ pie} = 27 \text{ pie}^3.$$

$$m = V \cdot \text{p.e.}$$

$$m = 27 \text{ pie}^3 \times 160 \text{ libras/pie}^3 = 4,320 \text{ libras.}$$

m = 4,320 libras. Que es la carga vertical que actúa sobre el sombrero AC.

CALCULO DE LA CARGA LATERAL QUE ACTUA SOBRE EL  
POSTE CE. Fig (1-a)

En la fig. 1-c

$$\theta = 45^\circ$$

$$\sphericalangle CED = \sphericalangle ECD = \theta$$

$$ED = CD$$

$$ED = \text{Sen } 45^\circ \times CE = 4,9497$$

$$CD = \text{Cos } 45^\circ \times CE = 4,9497$$

Luego la carga en CDE, estará aplicada en su centro de gravedad, tal como se muestra en el gráfico y  $m'$  será:

$$\text{Area CDE} = \frac{ED \times CD}{2} = \frac{4,9497 \times 4,9497}{2} = 12.25 \text{ pie}^2$$

Volumen CDE a la profundidad de 3 pies es igual:

$$V = 12.25 \text{ pie}^2 \times 3 \text{ pie} = 36.75 \text{ pie}^3.$$

$$m' = V.p.e.$$

$$m' = 36.75 \text{ pie}^3 \times 160 \text{ libras/pie}^3 = 5,880 \text{ libras}$$

Descomponiendo esta fuerza en sus dos componentes, fuerza paralela ( $F_{||}$ ) y

Fuerza perpendicular ( $F_{\perp}$ )

Encontramos:

$$F_{||} = \cos \theta \times m'$$

$$F_{||} = \cos 45 \times 5,880 \text{ lib} = 4,157.78$$

Pero necesitamos calcular la fuerza lateral ( $F_{\perp}$ ), para la cual la  $F_{||}$ , descomponemos, en sus dos componentes, luego tendremos:

$$F_{\perp} = \cos \theta \times F_{||}$$

$$F_{\perp} = \cos 45 \times 4,157.78 = 2,940 \text{ lib.}$$

$F_{\perp} = 2,940$  libras. Que es la carga lateral que actúa sobre el sostenimiento del poste CE.

Considerando el mismo problema, pero la carga se encuentra como terreno suelto encima del plano inclinado a  $60^\circ$  y el talud natural a  $30^\circ$  y el p.e. de la roca  $160 \text{ libras/pie}^3$ .

CALCULO DE LA CARGA VERTICAL QUE ACTUA SOBRE EL

SOMBRERO AC FIG. 2

En el triangulo ABC, Fig. 2-a

$$AB = BC = AC = 6'$$

En fig. (2-b), calcularemos la altura BB'

$$BB' = \sqrt{6^2 - 9} = \sqrt{27} = 3\sqrt{3}$$

$$\text{Area ABC} = \frac{AC \times BB'}{2} = \frac{6 \times 3\sqrt{3}}{2} = 15.588 \text{ pie}^2$$

Volumen ABC, a la profundidad de 3 pies será:

$$V = 15.588 \text{ pie}^2 \times 3 \text{ pie} = 46.7652 \text{ pie}^3$$

$$m = V \times p.e.$$

$$m = 46.7652 \text{ pie}^3 \times 160 \text{ libras/pie}^3 = 7,482.43 \text{ libras}$$

m = 7,482 libras. Que es la carga vertical que actúa sobre el sombrero AC

CALCULO DE LA CARGA LATERAL QUE ACTUA SOBRE EL

POSTE CE. Fig. (2-a)

En la fig. (2-c)

En el triángulo CED

$$\theta = 60^\circ$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$DE = \text{Sen } \alpha \times CE = 3.5000 \text{ pies}$$

$$CD = \text{Cos } \alpha \times CE = 6.0621 \text{ pies}$$

$$\text{Area CED} = \frac{DE \times CD}{2} = \frac{3.5 \times 6.0621}{2} = 10.6088 \text{ pie}^2$$

Volumen CDE a la profundidad de 3 pies

$$V = 10.6088 \text{ pie}^2 \times 3 \text{ pie} = 31.8264 \text{ pie}^3$$

$$m' = V \times p.e.$$

$$m' = 31.826 \text{ pie}^3 \times 160 \text{ libras/pie}^3 = 5,092.22 \text{ libras}$$

$m' = \underline{5,092.00 \text{ libras.}}$  Que es la carga que actúa en su centro de gravedad del triángulo ABC; pero necesitamos calcular la carga lateral que soporta CE.

Descomponiendo la carga  $m'$ , en sus componentes. Fig. 2-d

$F_{11}$  y  $F_n$ , tendremos.

$$F_{11} = \text{sen } 30^\circ \times 5,092 \text{ libras.}$$

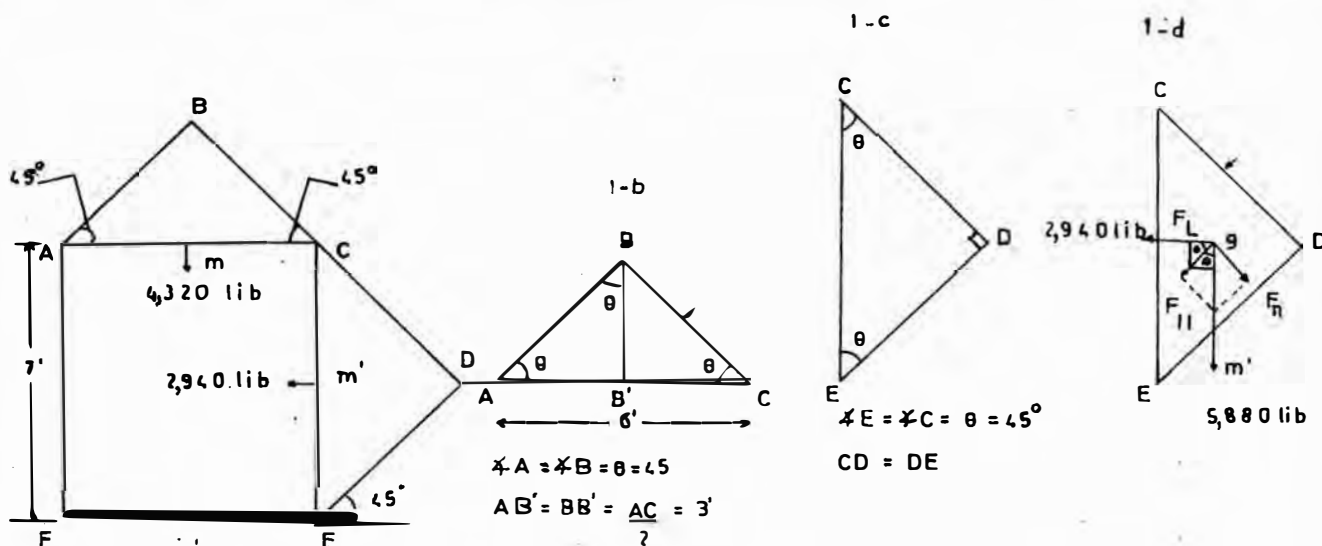
$$F_{11} = \text{sen } 30 \times 5,092 \text{ lib} = 2,546 \text{ libras}$$

$F_{11} = 2,546 \text{ libras.}$  Esta carga descomponiendo en sus componentes  $F_1$  y  $F_n$ , tendremos.

$$F_1 = \text{cos } 30 \times 2,546 \text{ libras} = 2,205 \text{ libras}$$

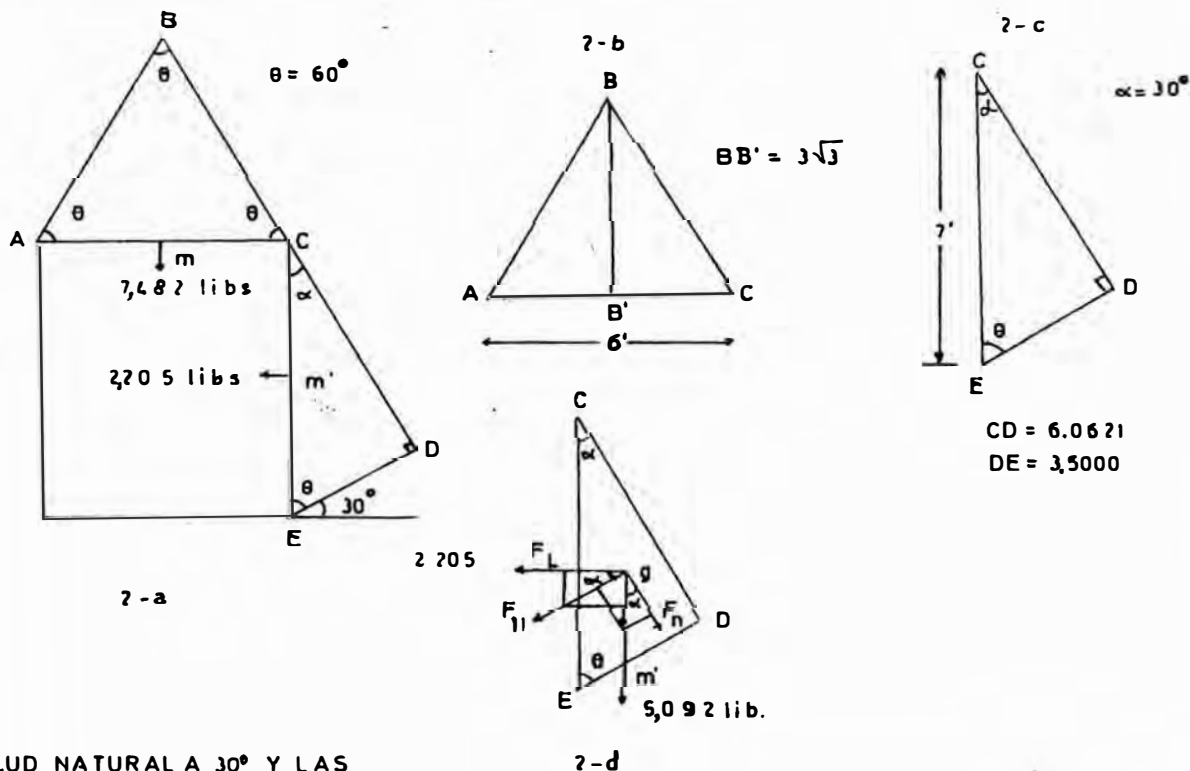
$F_1 = \underline{2,205 \text{ libras.}}$  Que es la carga lateral que actúa sobre el poste CE.

Fig 1



TALUD NATURAL A  $45^\circ$  Y LAS ROCAS SUELTAS POR ENCIMA DEL PLANO INCLINADO A  $45^\circ$   
 P.E. DE LA ROCA =  $160 \text{ lib/pie}^3$

Fig 2



TALUD NATURAL A  $30^\circ$  Y LAS ROCAS SUELTAS POR ENCIMA DEL PLANO INCLINADO A  $60^\circ$   
 P.E. DE LA ROCA =  $160 \text{ lib/pie}^3$

UNIVERSIDAD DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGIA	
TESIS DE GRADO	
CARGAS QUE ACTUAN SOBRE EL SOSTENIMIENTO	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS 1, 2 FECHA: 1973

10. Selección de las Secciones de los Elementos de un Cuadro en el Sostenimiento de una Galería, utilizando madera

Selección del sombrero.- El sombrero por lo general trabaja a la flexión, por lo tanto su selección diseñaremos el elemento a la flexión.

Considerando una galería de 8' de ancho, altura de poste 7'9"

Utilizando madera de Abeto Douglas, cuadro N° 2 del apén. N° 7

Altura de la Sección de Influencia de Carga.- Está dado por la fórmula

siguiente:

$$H = 0.31 ( B + h ) ; \text{ donde:}$$

H = Altura de la sección de influencia de la carga muerta que obra sobre el cuadro.

B = Distancia horizontal entre las cajas de la galería

h = Altura del poste

0.31 = constante

$$H = 0.31 ( 8' + 7.75' ) = 4.8825 = 5'$$

El peso que actúa sobre los elementos del sostenimiento, se considera a dos secciones

Sección rectangular "a"

Sección semicircular "b"

$$\text{Altura de la sección } b = L/2 = 6.25/2 = 3.125 = 3'2'' = b'$$

$$\text{Altura de la sección } a = H - b' = 5' - 3'2'' = 1'10'' = 2' = a'$$

Cargas muertas actuantes sobre el cuadro.-

1. Peso de la sección rectangular

$$V = L \times a' \times c = 6.25 \times 2' \times 5' = 62.5 \text{ pies}^3 . \text{ Fig. N}^\circ 3$$

Wa = peso de la sección rectangular, sabiendo que el peso específico del terreno es de 160 Lbs/ pug<sup>3</sup>. Cuadro N°1 Pág. 4 del apéndice.



$$W_a = V \cdot p.e.$$

$$W_a = 62.5 \text{ pies}^3 \times 160 \text{ lbs/pie}^3 = \underline{10,000 \text{ libras}}$$

2. Peso de la sección semicircular =  $W_b$

$$V = r^2 / 2 \times c ; r = L/2 = 6.25/2 = 3.125 \text{ pies}$$

$$V = (3.125)^2 / 2 \times 5 = 76.7 \text{ pies}^3$$

$$W_b = V \times p.e$$

$$W_b = 76.7 \text{ pies}^3 \times 160 \text{ lbs/pies}^3 = \underline{12,272 \text{ libras}}$$

Momentos flexionantes máximos de las Secciones

Para la sección rectangular y semicircular, la fuerza cortante vertical máxima, estarán actuando en el punto medio de "L".

1. Para la sección rectangular

$$M_a = W L/8 = 10,000 \text{ lbs} \times 75 \text{ pulgs}/8 = 93,750 \text{ lbs} \cdot \text{ pulgs.}$$

$$M_a = \underline{93,750 \text{ lbs} \cdot \text{ pulgs.}}$$

2. Para la sección semicircular

Para calcular el momento flexionante máximo en esta sección, el centroide estará actuando en  $X_g = 4r / 3\pi$ , fig. N° 3 - a

Tomando momentos en el punto medio de "L"

$$M_b = W_b/2 \times r - W_b/2 \times 4.r/3\pi$$

$$M_b = W_b/2 \times r (1-4/3\pi)$$

$$M_b = W_b/2 \times r (0.575588) ; r = L/2 = 75''/2 = 37.5 \text{ pulgs.}$$

$$W_b = 12,272 \text{ libras}$$

$$M_b = 12,272 \text{ lbs}/2 \times 37.5 \text{ pulgs} \times 0.575588$$

$$M_b = \underline{132,442 \text{ libras} \cdot \text{ pulgadas}}$$

$$M_a + M_b = 93,750 \text{ lbs} + 132,442 \text{ lbs} \cdot \text{ pulgs}$$

$$M_a + M_b = \underline{226,192 \text{ lbs} \cdot \text{ pulgs.}}$$

Utilizando la fórmula de la flexión

Momento Flexionante = Momento Resistente

$$M = f \times s \quad \text{Donde:}$$

M = Momento flexionante, en libras - pulgadas = 226,192 lbs

f = esfuerzo unitario en la fibra más alejada de la superficie neutra, en lbs/pulg<sup>2</sup> = 1,200 lbs/pulg<sup>2</sup>. Cuadro No. 2 apéndice pág. No. 5

S = Módulo de sección de la sección transversal, en pulg.<sup>3</sup>

S = I/n

I = Momento de inercia =  $b \times d^3/12$

n = d/2

S =  $b \times d^2/6$ ; reemplazando sus valores en la fórmula de la flexión,

tendremos:

$$M = f \cdot b \cdot d^2/6$$

$$b \cdot d^2 = 6 \cdot M/f$$

$$b \times d^2 = 6 \times 226,192 \text{ lbs} \cdot \text{pulg} / 1,200 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$b \times d^2 = \underline{1,130.96 \text{ pulg}^3}$$

Asumiendo:  $b = 10''$

$$d^2 = 113.096 \text{ pulg}^2$$

$$d^2 = 10.63 = 11'', \text{ La sección sería} = \underline{10'' \times 11''}$$

Asumiendo:  $b = 8''$

$$d^2 = 1130.96 \text{ pulg}^3 / 8 \text{ pulg}$$

$$d = 11.88 = 12''. \text{ La sección sería} = \underline{8'' \times 12''}$$

Las dos secciones son válidas. La sección 8'' x 12'' será la sección elegida del sombrero.

Selección del Poste

Generalmente, los postes se seleccionan para trabajar como columnas, las cuales además deben resistir la flexión provocada por la presión lateral Ph, y

también trabajar contra el empuje del tirante sobre la cara interior lateral del sombrero.

La carga total sobre el sombrero es soportado igualmente por los dos postes, los cuales asumen el bloque final, sobre los sombreros que se hayan desprendido.

$$P = (W_a + W_b) : 2 = (10,000 \text{ Lbs.} + 12,272 \text{ lbs}) : 2$$

$$P = \underline{11,136 \text{ libras}}, \text{ que soporta cada poste}$$

La experiencia enseña, que el empuje contra el sombrero, y no, el miembro actuando como columna, dicta generalmente la sección del poste.

El primer paso sería verificar, el empuje perpendicular de la fibra. En la tabla No. 2 del apéndice pág. No. 5 vemos que el esfuerzo límite de trabajo, perpendicular a la fibra del abeto Douglas, es de 310 lbs/pulg<sup>2</sup>.

Utilizando la fórmula básica:

$$Q = P/A. \text{ Donde:}$$

$$Q = \text{esfuerzo unitario en libras/pulg}^2$$

$$P = \text{Carga en Libras}$$

$$A = \text{Area de la sección transversal en pulg}^2$$

$$P/Q = A; \text{ reemplazando sus valores tendremos:}$$

$$11,136 \text{ lbs} / 310 \text{ Lbs/pulg}^2 = 35.92 \text{ pulg}^2$$

$$A = \underline{35.92 \text{ pulg}^2}$$

Una dimensión del poste debe ser igual al ancho de la sección del sombrero.

Como sabemos 12" x 8" es la sección elegida del sombrero.

$$d = 8''$$

$$A = b \times d = 35.92 \text{ pulg}^2$$

$$b \times 8'' = 35.92 \text{ pulg}^2$$

$$b = 35.92 \text{ pulg}^2 / 8 \text{ pulg} = 4.49 \text{ pulg} = 5''$$

El poste tentativamente, tiene una sección de 5" x 8"

Utilizando la fórmula de la columna

Para el Abeto Douglas, tendremos:

$$P/A = 1,200 \text{ lbs/pulg}^2 \times (1 - h/60.d); \text{ Donde:}$$

P = Carga que soporta el poste

A = Sección del poste

h = Longitud del poste (altura)

d = Dimensión mayor de la sección del poste

b = Dimensión menor de la sección del poste

Reemplazando sus valores respectivos:

$$P/A = 1,200 \text{ lbs/pulg}^2 \times (1 - 93 \text{ pulgs}/60 \times 8 \text{ pulgs})$$

$$P/A = 967.50 \text{ lbs/pulgs}^2 = N \text{ (esfuerzo límite realizado)}$$

También en la fórmula básica

$P/A = Q$ ; reemplazando sus valores respectivos se tiene:

$$11,136/5'' \times 8'' = 278 \text{ lbs/pulgs}^2 = Q$$

Donde  $N > Q$

Por lo tanto, el poste de 5'' x 8'' de sección seleccionada para el trabajo como columna, es ampliamente aceptado.

Poste a la Flexión .- En la fig. No. 3 la sección rectangular de influencia (punteada), más la sección triangular de influencia (punteada), bajo ciertas circunstancias, causan una presión lateral "Ph" sobre el poste.

Varias apreciaciones, pueden tomarse en cuenta, para establecer la máxima carga contra el poste.

1. Asumiendo que la roca es alterada y descompuesta, dentro de la mezcla arenosa, PREDTER y WHITE, sugiere que el promedio de la presión resultante, de esta columna de arena, es representada por:

$$Ph = 0.3 \times p.e \times (0.5 h + H)$$

Donde:

$$p.e = \text{peso específico en lbs/pies}^3 = 160 \text{ lbs/pie}^3.$$

$$h = \text{Altura del poste} = 7'9'' = 7.75 \text{ pies}$$

$$H = \text{Altura de influencia de carga} = 5 \text{ pies}$$

$$0.3 = \text{constante}$$

Reemplazando sus valores respectivos

$$Ph = 0.3 \times 160 \text{ lbs/pies}^3 \times (0.5 \times 7.75 \text{ pies} + \text{pies})$$

$$Ph = \underline{426 \text{ lbs/pie}^2}$$

$$\text{Carga total} = W_t = Ph \times h \times c$$

$$W_t = 426 \text{ lbs/pie}^2 \times 7.75 \text{ pies} \times 5 \text{ pies}$$

$$W_t = \underline{16,507.5 \text{ libras}} \dots (1)$$

2. La carga efectiva sobre el poste es similar al triángulo punteado, que se muestra en la fig. No. 3

La base del triángulo, es igual a la longitud del poste.

El problema se reduce a diseñar el poste a la flexión, teniendo una carga triangular, donde el peso se incrementa uniformemente hacia los extremos:

Luego tendremos como datos

$$\text{Longitud del poste } 93'' = L' \dots (11)$$

$$\text{Carga} = W_t = 16,507.5 \text{ libras. fig. No. (3-b)}$$

Cálculo de las Reacciones  $R_1$  y  $R_2$

Tomando momentos en  $R_2$

$$R_1 \cdot L' - W_t \cdot 1/3 \cdot L' = 0$$

$$R_1 = \underline{1/3 \cdot W_t}$$

Tomando momentos en  $R_1$

$$W_t \cdot 2/3 \cdot L' - R_2 \cdot L' = 0$$

$$R_2 = \underline{2/3 \cdot W_t}$$

En el triángulo Fig. No. (3-b), se tiene:

$$W_t = W \cdot L'/2, \text{ de donde:}$$

$$W = \underline{2W_t/L'}$$

Fuerza cortante vertical "V"

Sea "X", donde la fuerza cortante vertical es máximo, entonces tendremos:

En los triángulos A B C y A B' C' : Fig. (3-c)

$$W/W_x = L' / X, \text{ de donde despejamos } W_x = \underline{W \cdot X / L'}$$

$$\text{En el triángulo A C' B' ; ..... } W_{t_1} = \underline{W_x \cdot X/2}$$

$V = R_1 - W_{t_1}$ , reemplazando sus valores:

$$V = 1/3 \cdot W_t - W_x \cdot X/2, \text{ reemplazando } W_t \text{ y } W_x, \text{ con sus valores respectivos}$$

$$V = \frac{W \cdot L'}{3} - \frac{W \cdot X \cdot X}{2 \cdot L'}$$

$$V = \frac{W \cdot L'}{6} - \frac{W \cdot X^2}{2 \cdot L'}$$

$$V = 0 \longrightarrow \text{Máximo}$$

$$W \cdot L'/6 - W \cdot X^2 / 2 \cdot L' = 0, \text{ de donde}$$

$$X = \underline{L' \sqrt{3/3}}$$

Tomando momentos en X . Fig. No. (3 - c)

$$M_X = R_1 \cdot X - W_{t_1} \cdot 1/3 \cdot X$$

$$M_X = 1/3 \cdot W_t \cdot X - W_x \cdot X/2 \cdot 1/3 \cdot X$$

$$M_x = \frac{\frac{W \cdot L' \cdot X}{2}}{3} - \frac{\frac{W \cdot X \cdot X \cdot X}{L'}}{6}$$

$$M_x = \frac{W \cdot L' \cdot X}{6} - \frac{W \cdot X^3}{6 L'}$$

Reemplazando el valor de  $X = L' \sqrt{3}/3$ , tendremos:

$$M_x = \frac{W \cdot L' \left( \frac{L' \sqrt{3}}{3} \right)}{6} - \frac{W \cdot \left( \frac{L' \sqrt{3}}{3} \right)^3}{6 L'}$$

$$M_x = \frac{W(L')^2 \sqrt{3}}{18} - \frac{W(L')^3 \sqrt{3}}{54 L'}$$

$$M_x = \frac{W(L')^2 \sqrt{3}}{18} - \frac{W(L')^2 \sqrt{3}}{54}$$

$$M_x = \frac{3W(L')^2 \sqrt{3} - W(L')^2 \sqrt{3}}{54}$$

$$M_x = \frac{2W(L')^2 \sqrt{3}}{54} = \frac{W(L')^2 \sqrt{3}}{27}$$

Reemplazando el valor de  $W = 2 \cdot W_t / L'$ , tendremos:

$$M_x = \frac{\frac{2 \cdot W_t}{L'} (L')^2 \sqrt{3}}{27} = \frac{2W_t L' \sqrt{3}}{27}$$

$$\frac{2 W_t L' \sqrt{3}}{27}; \text{ Reemplazando sus valores en esta expresi3n, de (I) y (II).}$$

$$M_x = \frac{2 \times 16,507.5 \text{ lbs} \times 93 \text{ pulgs} \times \sqrt{3}}{27} = 196,965.90 \text{ lbs-pulgs}$$

$$M_x = \underline{196,965.90 \text{ lbs-pulgs}}$$

Utilizando la f3rmula de la flexi3n

**MOMENTO FLEXIONANTE = MOMENTO RESISTENTE**

$$\underline{M = F \times S} \quad S = \frac{l}{n}, \quad n = \frac{d}{2}$$

Haciendo las sustituciones respectivas tendremos:

$$d^2 = \frac{6 M}{f \cdot b} \quad ; \text{ reemplazando sus labores:}$$

$$d^2 = \frac{6 \times 196,965.90 \text{ lbs} \cdot \text{pulg}}{1,200 \text{ lbs/pulg}^2 \times 8 \text{ pulgs}} = 123.1036$$

$$d^2 = 123.1036 = 11.09$$

$$d = 11''$$

De donde se requerirá un poste de 8'' x 11'' de sección, para las condiciones necesarias de un sombrero de 8'' x 12''.

En resumen, para una carga del techo de 22,272 libras y presión lateral de 16,507.5 libras, se necesitaran de:

SOMBRERO de 8'' x 12''

POSTE DE 8'' x 11''

#### 11. Transmisión de las cargas al sostenimiento

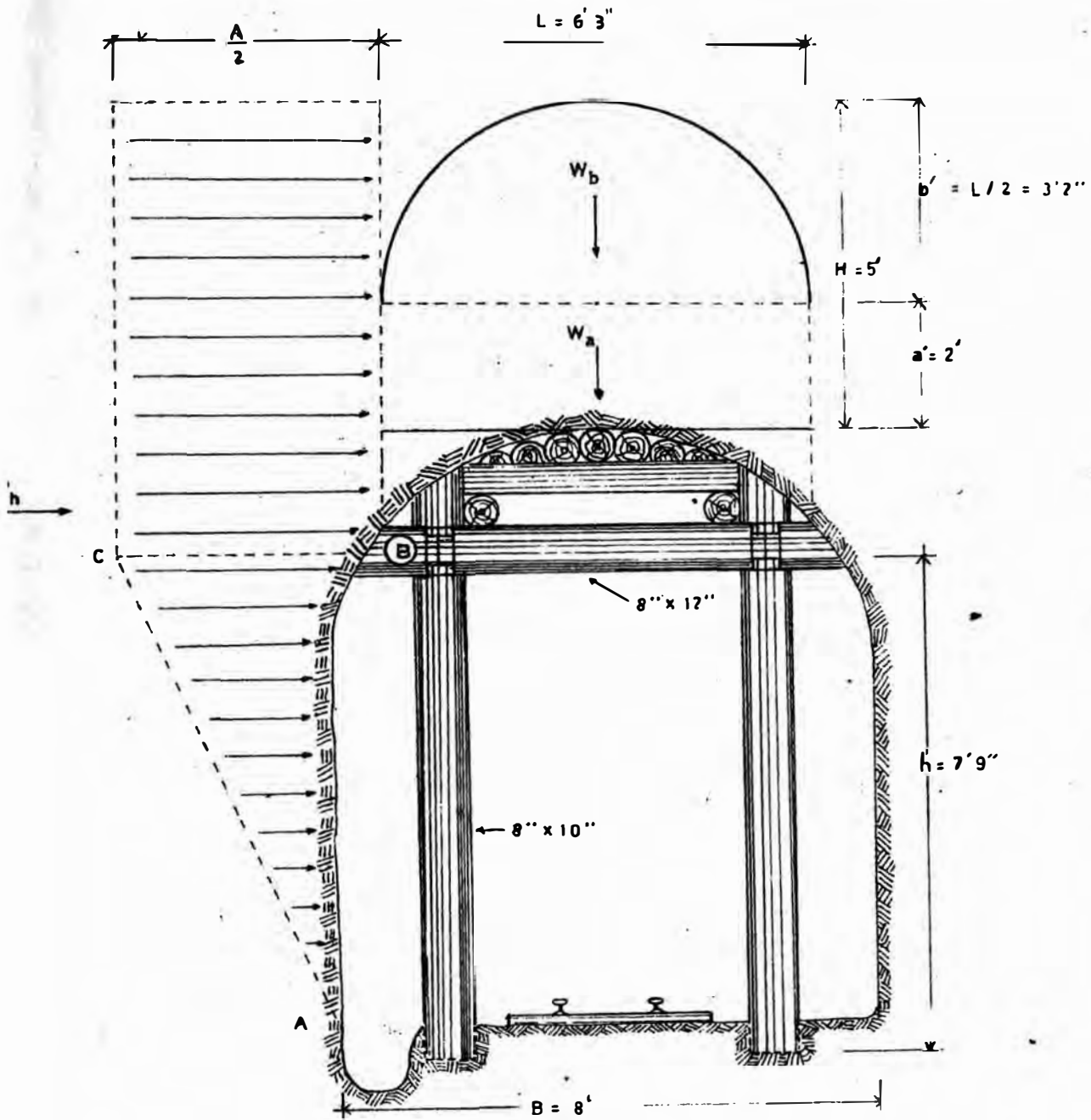
Se puede establecer que elemento principal para el sostenimiento de labores mineras es una estructura resistente a la compresión. Sin embargo, también se emplean elementos que trabajan a la flexión pero no exclusivamente, así por ejemplo, un poste puede servir para resistir las presiones laterales de las cajas, pero al mismo tiempo soporta el techo de la labor.

Los bloques y cuñas tienen como finalidad principal, mantener firmemente las estructuras o elementos de sostenimiento, hasta que las presiones sujetan la madera, pero sirven también para transmitir las cargas del terreno a las piezas del sostenimiento, es decir que hacen el trabajo que comúnmente llamamos tomar la presión.

Como las presiones del terreno deben anularse frente a frente con las reacciones o fuerzas contrarias del mismo terreno, situado al otro lado del vacío es importante que los bloques y el elemento de sostenimiento estén perfectamente alineados.

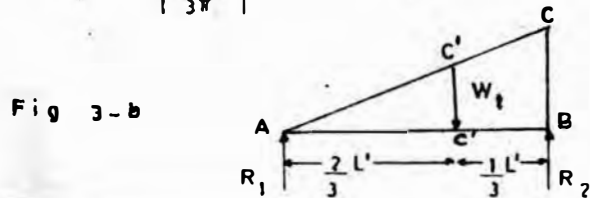
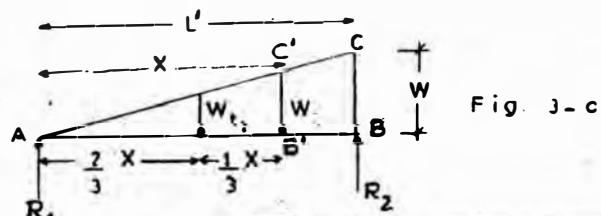
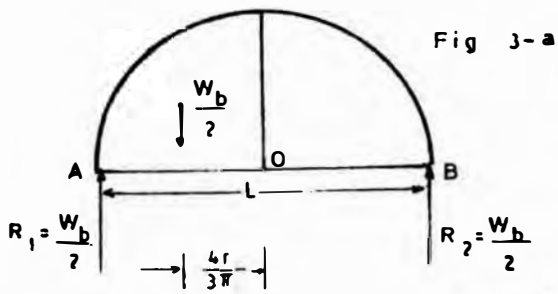


Fig-3



ARENIZCA : P.E. = 160 lbs / pie<sup>3</sup>  
 ARENA HUMEDA : P.E. = 130 lbs / pie<sup>3</sup>

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
CARGAS QUE ACTUAN SOBRE EL	
SOSTENIMIENTO DE UNA GALERIA	
TRAZO Y DIBUJO	FIGURA: 3
VICENTE DONAIRES	FECHA 1973

Las obras de sostenimiento se llaman estructuras justamente porque son diseñadas para permitir la transmisión de cargas y reacciones frente a frente, es decir que las uniones de sus piezas o elementos deben producirse equilibrio o sea la anulación de fuerzas iguales o contrarias. Por esto, la transmisión de cargas deberán realizarse sólo en las uniones, en consecuencia nunca deberán colocarse bloques o cuñas en otros lugares de la estructura.

## 12. Influencia de la Madera Nacional, con respecto a otras maderas Importadas en el Cálculo de las Cargas que actúan sobre el Sostenimiento

En el cálculo de las cargas que actúan sobre el sostenimiento de una galería, hemos determinado las cargas verticales y laterales que soportan el sombrero y el poste respectivamente.

Ahora veremos como influye nuestro material de sostenimiento, utilizando madera nacional (eucalipto *Globulus labill*) con respecto a otras maderas en el sostenimiento de dichas cargas.

Considerando en el sostenimiento de una galería que el sombrero se comporta como una viga AC de 244 cm. de longitud y una carga concentrada en el centro del claro de 10.710 kg. Diseñaremos la viga por flexión.

en el cuadro No. 9 del apéndice página No. 50, vemos que el módulo de rotura es de  $678 \text{ kg/cm}^2$ , para la madera de Eucalipto.

Utilizando la fórmula de la flexión se tiene:

$$M = f \cdot s ; \text{ siendo } s = \frac{l}{n}$$

$$f = \frac{M \cdot n}{l} \quad (1), \text{ en donde:}$$

$$f = \text{módulo de rotura} = 678 \text{ kg/cm}^2 = 0.3 \times 678 = 203.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = \text{momento máximo flexionante} = \frac{P \cdot L}{4}$$

$$M = \frac{10,710 \text{ kg} \times 244 \text{ cm.}}{4} = 653,310 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M = 653.310 \text{ Kg} \cdot \text{cm}.$$

$n$  = Distancia de la superficie neutra a la fibra más alejada =  $h/2$  (para secciones rectangulares)

$$I = \text{Momento de inercia de lado } b \text{ y altura } h = \frac{b h^3}{12}$$

$S$  = Módulo de la sección

Sustituyendo estos valores en la fórmula de la flexión (1) se tendrá:

$$203.4 \text{ Kg/cm}^2 = \frac{653.310 \times h/2 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{b h^3 / 12}$$

$$b h^2 = 19,271.97 \text{ cm}^3$$

Haciendo  $b = h$ .

$$b = 26.81 \text{ cm.} = 10 \frac{35}{64}''$$

La sección de la viga será de  $10 \frac{35}{64}'' \times 10 \frac{35}{64}'' \times 8'$  para soportar la carga concentrada de 10.710 kg.

Ahora diseñaremos la viga AC por flexión, para la misma carga concentrada de 10.710 kg., en el centro del claro de 8 pies de longitud, pero utilizando roble blanco U.S.A.

En el cuadro No. 9 del apéndice, pág. No. 35, se ve que el módulo de rotura para el roble blanco U.S.A. es de  $583 \text{ kg/cm}^2 = 0.3 \times 583 = 174.9 \text{ kg/cm}^2$

Haciendo los cálculos y utilizando la misma fórmula de la flexión se tendrá:

$$174.9 \text{ Kg/cm}^2 = \frac{6 \times 653,310 \text{ cm}^3}{b h^2}$$

$$b h^2 = 22,412.00 \text{ cm}^3 \quad \text{haciendo } b = h$$

$$b^3 = 22,412.00 \text{ cm}^3$$

$$b = 28.20 \text{ cm} = 11.102 = 11 \frac{7}{64}''$$

La sección de la viga AC será de:

11 7/64 x 11 7/64" x 8", para soportar la misma carga de 10.710 kg. pero utilizando Roble Blanco U.S.A.

De la misma manera, calcularemos la sección de la viga AC, para soportar la misma carga de 10.710 kg., pero utilizando pino oregón.

En el cuadro No. 9 del apéndice, página No. 35. tenemos el módulo de rotura del Pino Oregon de  $534 \text{ kg/cm}^2 = 0.3 \times 534 = 160.2 \text{ kg/cm}^2$

Utilizando la fórmula de la flexión y reemplazando valores y haciendo  $b=h$ , se tiene:

$$b^3 = 24,468.53 \text{ cm}^3 =$$

$$b = 29.03 \text{ cm.} = 11 \text{ } 27/64''$$

La sección de la viga AC será de:

11 27/64" x 11 27/64" x 8", para soportar la carga de 10,710 kg., utilizando Pino Oregón.

En resumen tendremos:

Para soportar una misma carga vertical de 10,710 kg., utilizando las siguientes maderas:

Eucalipto se necesita una sección de 10 35/64" x 10 35/64"

Roble Blanco " " " " 11 7/64" x 11 7/64"

Pino Oregón " " " " 11 27/64" x 11 27/64"

De aquí se deduce que la madera de Eucalipto (nacional) para soportar una carga de 10,710 kg., necesita una menor sección que las maderas importadas, para soportar esta misma carga. Además tiene mejor resistencia a la flexión estática, que las maderas importadas, como el roble blanco, pino oregón, pino del incienso etc. Asimismo el eucalipto es superior en compresión paralela a sus fibras, con las demás maderas mencionadas.

## C A P I T U L O   I I

### SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES HORIZONTALES

#### 1. Tipos de Estructuras de Sostenimiento

Existe una gran variedad de tipos de estructuras de sostenimiento debido a las diferentes clases de terrenos y condiciones especiales de cada mina (acceso principal, acceso temporal, y otros).

Cuando la roca y mineral son resistentes no requieren materiales de sostenimiento (terreno duro). El techo debe ir en forma de arco.

La forma más sencilla de sostenimiento con madera es el uso de puntales de caja a caja; cuando una caja es débil se colocan cuadros cojos o de dos piezas; cuando hay que sostener el techo y los costados se colocan cuadros (de tres piezas). Cuando hubiera presión ascendente desde el suelo, se usarán cuadros de cuatro piezas. Igualmente, cuando la galería se encuentra sobre mineral se deben utilizar cuadros de cuatro piezas, añadiendo solera al piso.

En el sostenimiento de labores horizontales, el uso de lamadera es limitado, no es recomendable utilizar secciones mayores de 10" x 10", si las presiones del terreno requieren mayores secciones; en estos casos se debe sostener con otros tipos de estructuras.

La distancia de cuadro a cuadro puede variar normalmente de 2 a 5 pies. En casos muy especiales cuando la presión del terreno es muy fuerte, se podrían doblar los cuadros.

Para sostener y diluir la carga de los costados de la galería se ponen entablados o encostillados detras de los postes.

Contra postes y contra sombreros son muy útiles para hacer reparaciones preventivas. La colocación de los contra postes se pueden hacer con la ayuda de dos pequeños blocks de madera situados en los extremos superior e inferior del contraposte. Detrás del contra-poste se ponen los encostillados o entablados laterales. La flexión del contra-poste dá la idea de la presión lateral existente.

En las labores horizontales se emplean, principalmente los siguientes tipos:

- A. Cuadros de madera
- B. Cuadros reforzados
- C. Arcos de concreto armado
- D. Arcos de riel o de acero
- E. Muros de concreto
- F. Pilares de roca suelta

Se estudiará separadamente, cada uno de estos tipos de estructuras de sostenimiento.

### Cuadros de Madera

El antiguo tipo de cuadro con postes redondos o escuadrados, ensamblados a un sombrero, también redondo o escuadrado es muy usado en esta clase de labores.

Tiene la ventaja de ser simple y fácil de preparar e instalar, además ofrece un buen sostenimiento en terrenos medios (hasta la clase 3) pero para terrenos pesados no es seguro.

Los puntos en que corrientemente se presentan las presiones peligrosas en una labor horizontal son:

- El punto medio del techo, entre los extremos del sombrero
- Los puntos medios de los hastiales, entre la cabeza y el pie de cada poste

En el cuadro común de madera, por lo contrario, estos puntos corresponden a las partes más débiles de la estructura que además, no pueden ser reforzadas sin obstruir la labor.

a) Tipos de cuadros.- Fig. No. 4. El tipo más sencillo consta de un sombrero soportado por dos postes verticales, los cuales resisten también los empujes laterales de los hastiales. Este es el llamado CUADRO RECTO. Fig. (4-a)

Si las presiones del techo son mayores, se reduce la longitud del sombrero inclinando los postes. El cuadro tienen entonces una forma trapezoidal, disposición muy común en minas metálicas y conocida como cuadro cónico. Fig. (4-b)

Cuando el techo y sólo una de las cajas es suelto, se utilizan los cuadros cojos. Fig. (4-c)

Cuando los terrenos son poco resistentes o se presentan empujes del piso, se completa el cuadro con una cuarta pieza, colocada al piso, que se denomina solera. Fig. No. 5

CUADRO RECTO

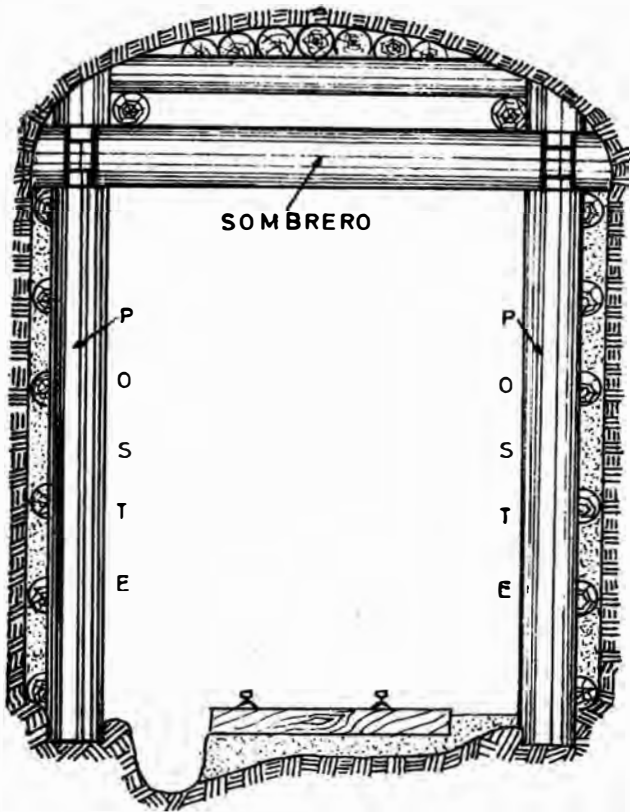


FIGURA 4-a

CUADRO CONICO

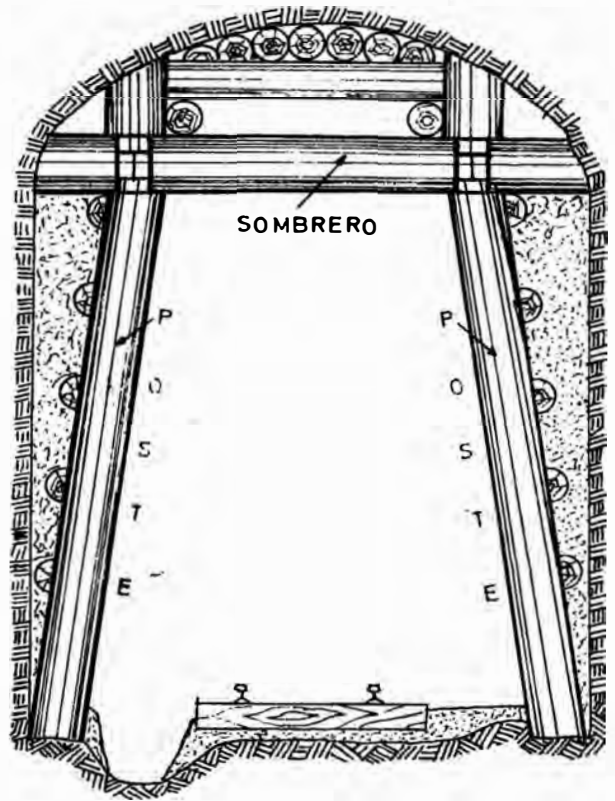


FIGURA 4-b

CUADRO COJO

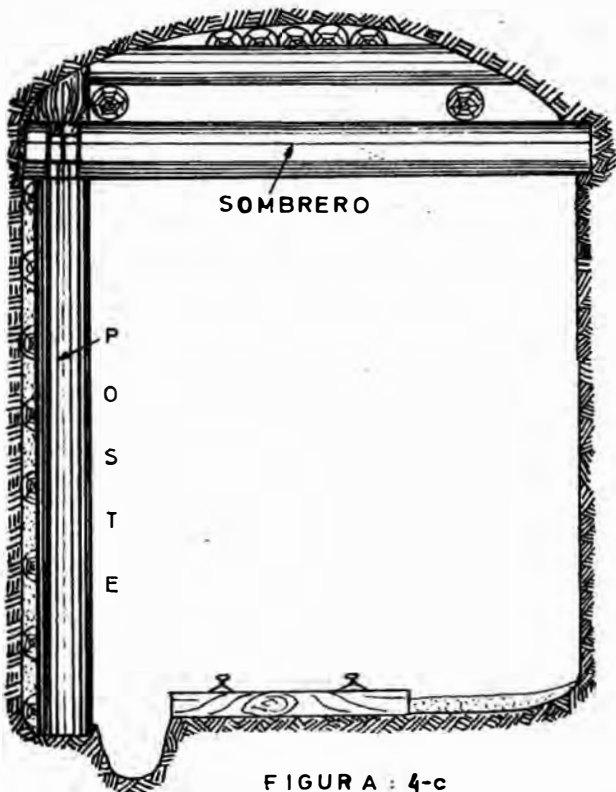


FIGURA : 4-c

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA  
 GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA

TESIS DE GRADO

TIPOS DE CUADROS

TRAZO Y DIBUJO  
 VICENTE DONAIRES

FIGURA : 4  
 FECHA : 1973



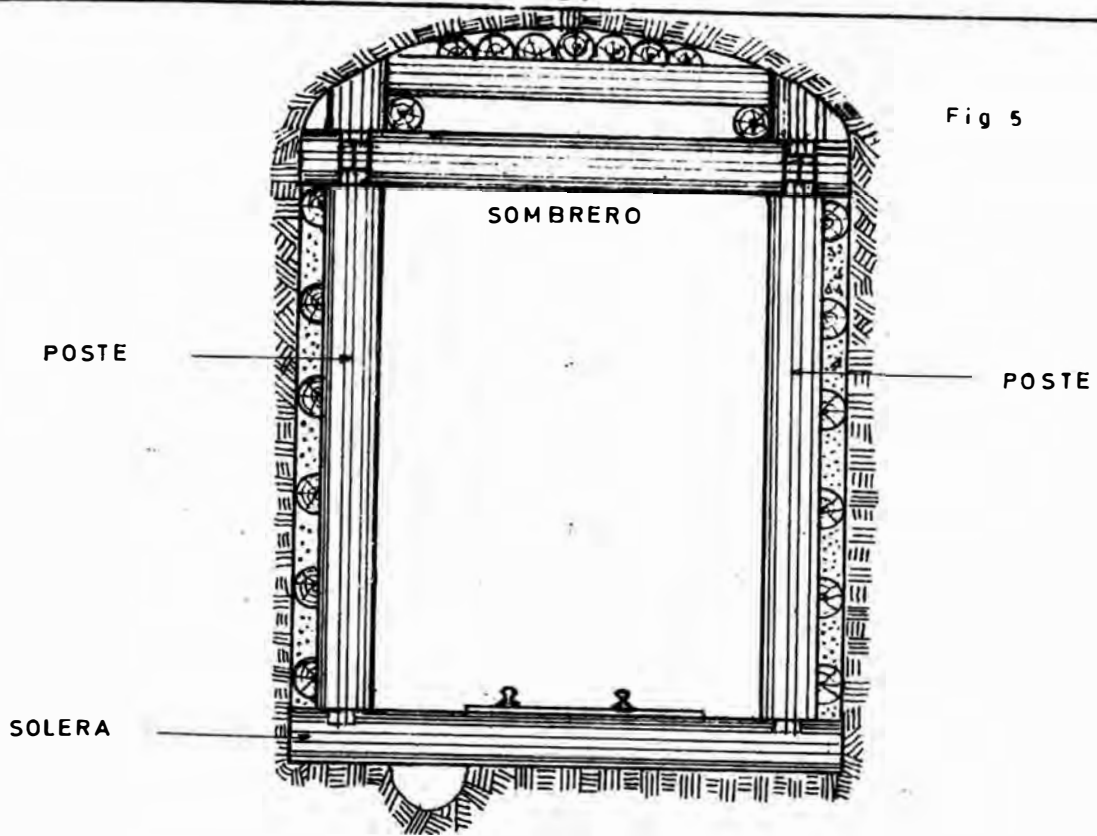


Fig 5

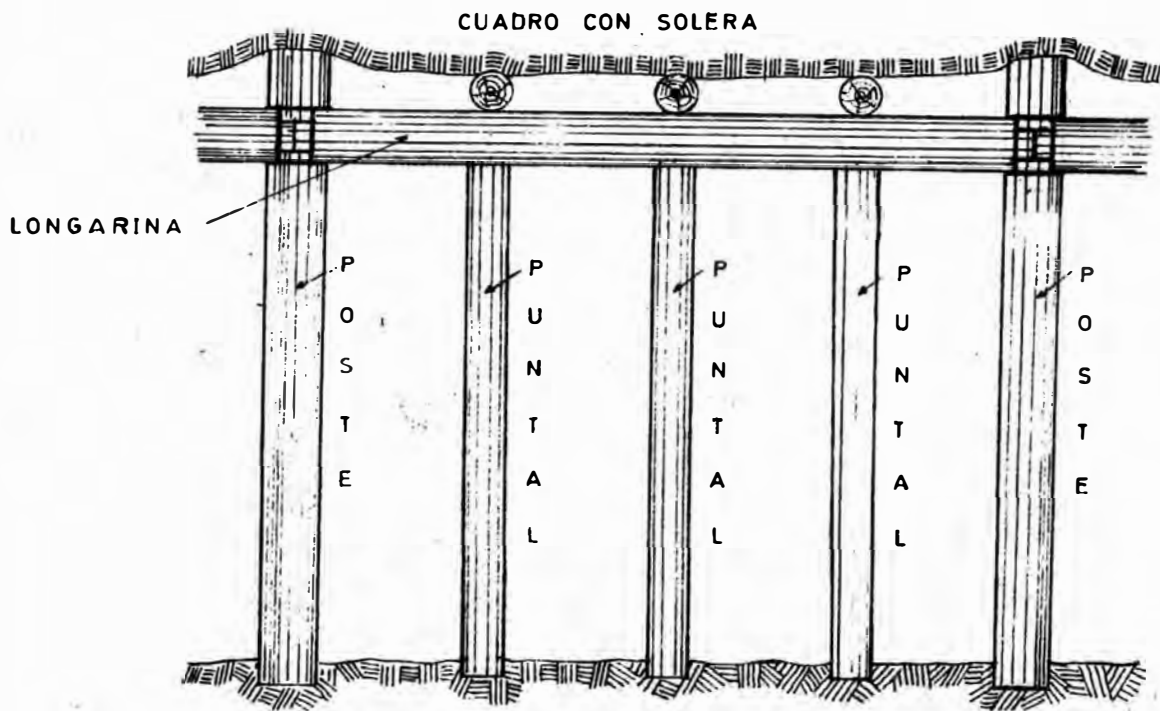


Fig 6

CUADROS LONGITUDINALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
<b>TES. B DE GRADO</b>	
TIPOS DE CUADROS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAYRES	Figuras: 5-6 Fecha: Año 1973

En terrenos bastante fracturados o arcillosos se pueden usar CUADROS LONGITUDINALES de sombrero largo (longarina), que además de sus respectivos postes, pueden recibir tantos puntales y tirantes como sean necesarios para reforzar la labor. Fig. No. 6

Los postes y puntales pueden estar apoyados en una longarina que hace el papel de solera.

b) Distribución de las piezas de un cuadro. En la fig. No. 7, además de los 4 elementos normales del cuadro, sombrero, dos postes y solera, se pueden observar como se mantiene la separación entre cuadros mediante piezas, generalmente de menor sección, llamadas tirantes, que pueden apoyarse en destajes o en tacos.

Existen casos en que los ensambles de las piezas del cuadro no se hacen en base a destajes sino colocando un tope de tabla de 1 a 2 pulgadas de espesor que hace el papel de separador. Corrientemente se emplea un tope entre postes ver fig. No. 8.

c) Esfuerzos en las piezas del cuadro. Como se ha dicho en el capítulo anterior, las estructuras de sostenimiento deben ser principalmente a la compresión, pero por otra parte, no es muy conveniente que la madera trabaje como viga, pues en tal caso, su resistencia dependerá principalmente de la resistencia de sus fibras extremas, superiores e inferiores, y es conocido que una de las características de la madera como material de construcción es precisamente su falta de uniformidad.

Hechas estas aclaraciones veamos los esfuerzos que se desarrollan en las piezas de un cuadro de madera bajo la acción de las cargas.

Sombrero. Normalmente está sujeto a esfuerzos de compresión paralelo a las fibras por recibir la presión de las cajas o paredes laterales de una veta, sin

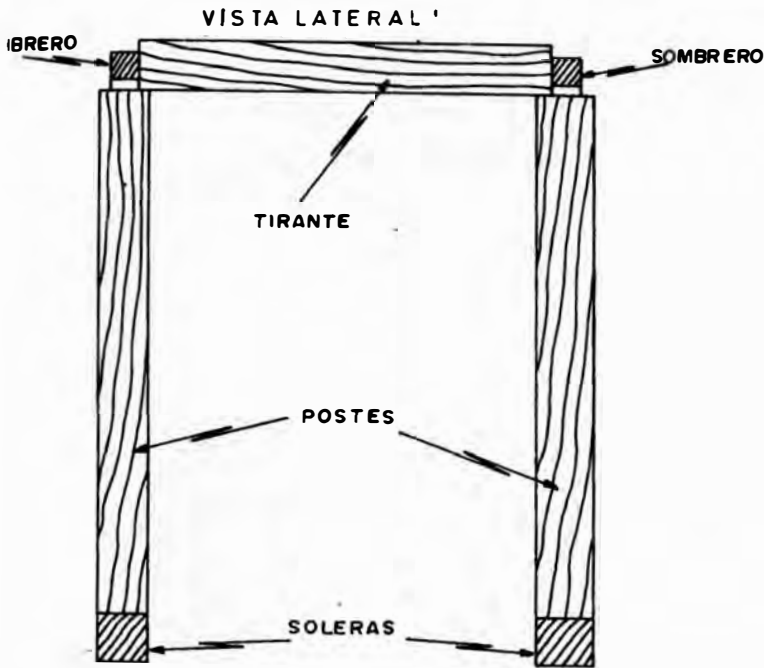


FIG. 7-a

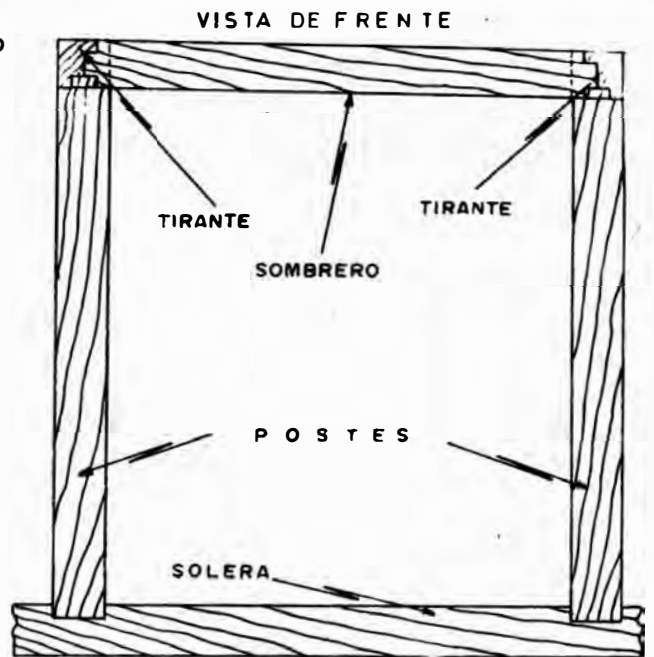
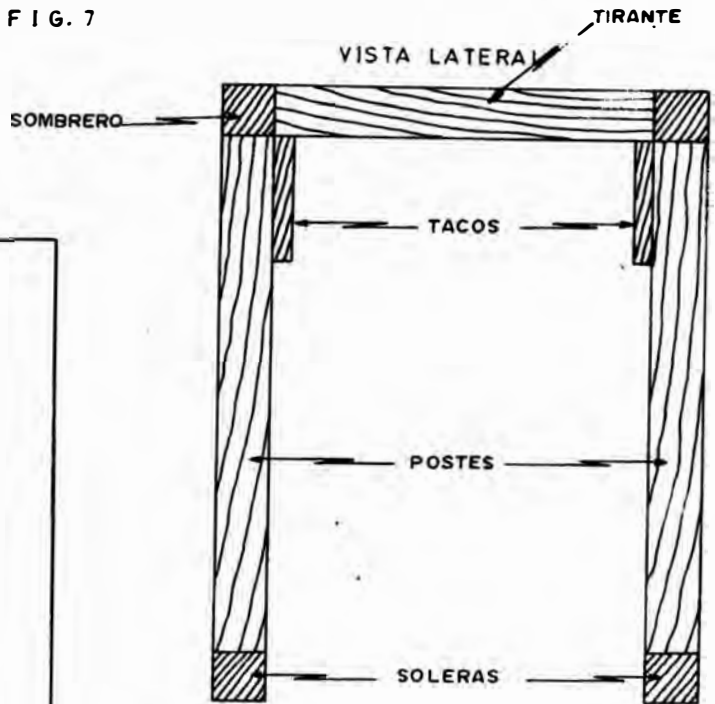


FIG. 7-b

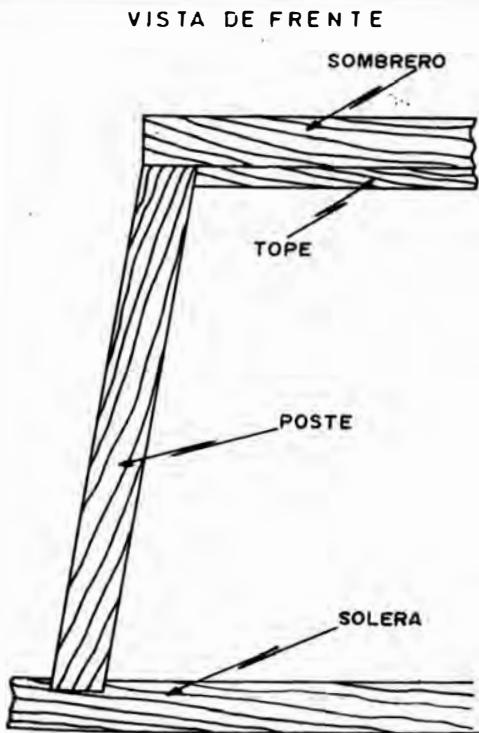
TIRANTE APOYADO EN DESTAJES

FIG. 7



TIRANTE APOYADO EN TACOS

Figura 7-c



UNION SIN UTILIZAR DESTAJE

Figura 8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA-MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
DISTRIBUCION DE LAS PIEZAS DE UN CUADRO	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 7 - 8 FECHA: AÑO - 1973

PUENTE COLOCADO DIRECTAMENTE SOBRE EL SOMBRERO

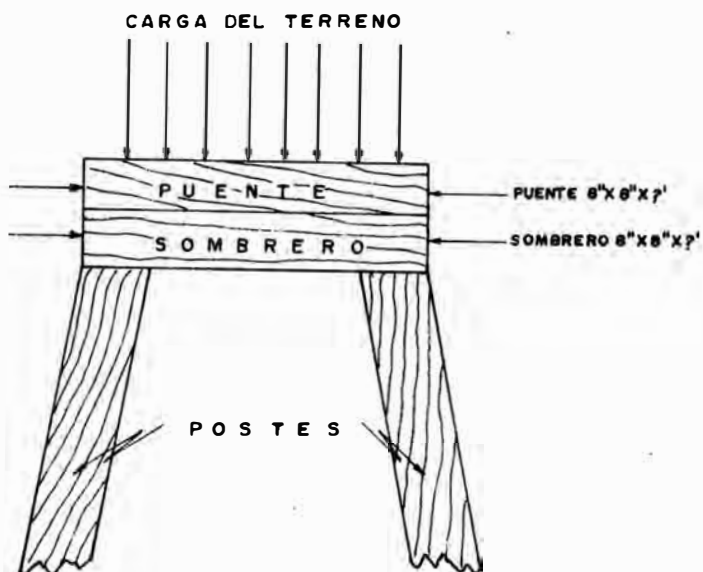


Figura N° 9

SOMBRERO Y PUENTE UNIDOS CON PERNOS

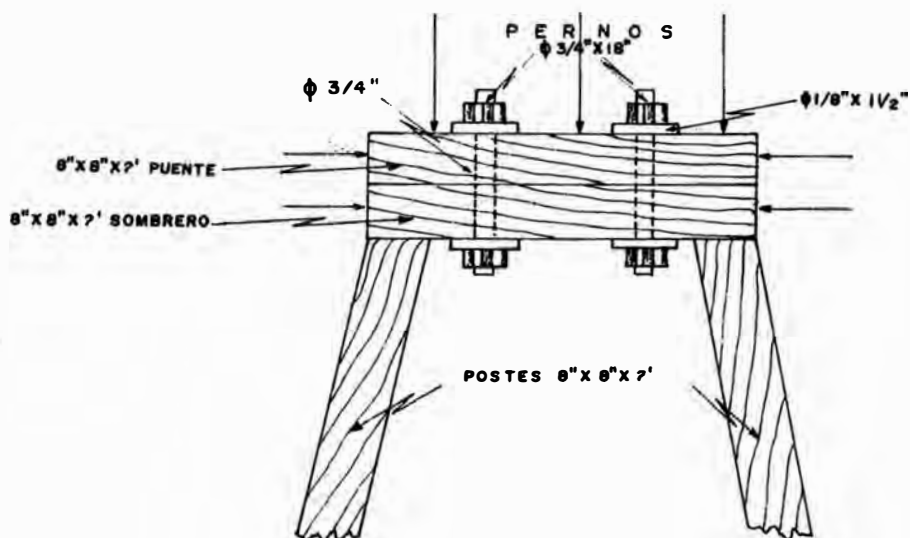


Figura N° 10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ESFUERZOS DE LOS SOMBREROS	
TRAZO Y DIBUJO	FIGURAS: 9 - 10
VICENTE DONAIRES	FECHA : AÑO - 1973

embargo en terrenos molidos o arcillosos pueden estar también a esfuerzos de flexión.

Cuando el punte está colocado directamente sobre el sombrero. Fig. No. 9, ambas piezas trabajan principalmente, a la flexión.

Por elementales reglas de resistencia a la flexión, ésta será el doble de la que ofrecería el sombrero solo, pero si las dos piezas estuvieran sólidamente unidas (con pernos o sunchos) la resistencia sería aumentada al cuádruple de las que ofrecería el sombrero solo. Fig. No. 10.

Si el punte fuera colocado sobre bloques apoyados sobre los extremos del sombrero, éste trabajaría sólo a compresión, mientras que el punte lo haría a la flexión. Ver Fig. No. 11

El esfuerzo de compresión paralelo a las fibras a que está sujeto normalmente el sombrero, siempre es acompañado por un esfuerzo de compresión, perpendicular a las fibras en las uniones con los postes que son, principalmente, los lugares por donde se transmite la carga del techo a dichos postes. Fig. No. 12.

Postes.- Desarrollan esfuerzos de compresión paralelo a las fibras debido a la carga que se toma del techo y la reacción que provocan en el piso de la labor. En la fig. No. 13 podemos apreciar la situación tratándose de un poste vertical.

Cuando se acorta el sombrero para disminuir la carga del techo y los postes, se colocan inclinados, se produce en la cabeza de cada poste un esfuerzo de compresión transversal a las fibras que será mayor cuando más inclinado se encuentre dicho poste. Fig. No. 14.

Sin embargo, cuando la longitud de los postes pasa de cierto límite, éstos trabajan a la flexión, por esta razón se debe calcular sus dimensiones de los postes, para que éstos trabajen solamente a la compresión, y su carga axial sea permisible a los esfuerzos de presión.

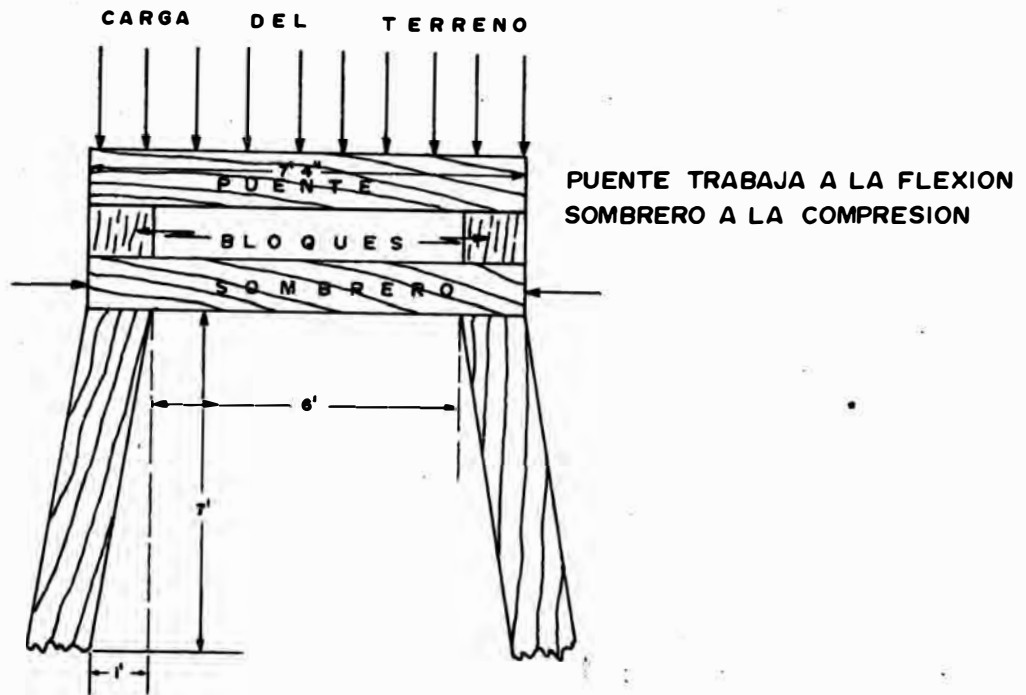
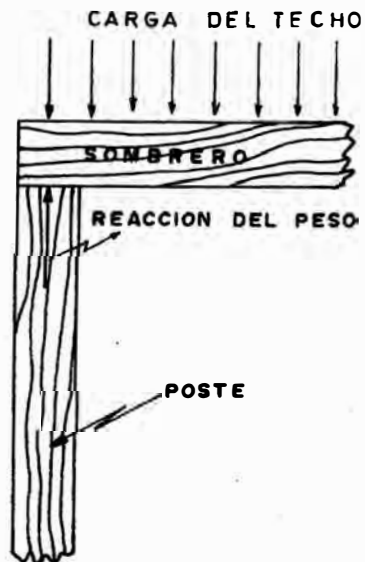


Figura 11



CARGA DEL TECHO, TRASMITE AL POSTE, CON ESFUERZO PERPENDICULAR A LAS FIBRAS DEL SOMBRERO (UNION)

Figura 12

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ESFUERZOS DEL SOMBRERO	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 11 - 12 FECHA: AÑO - 1973

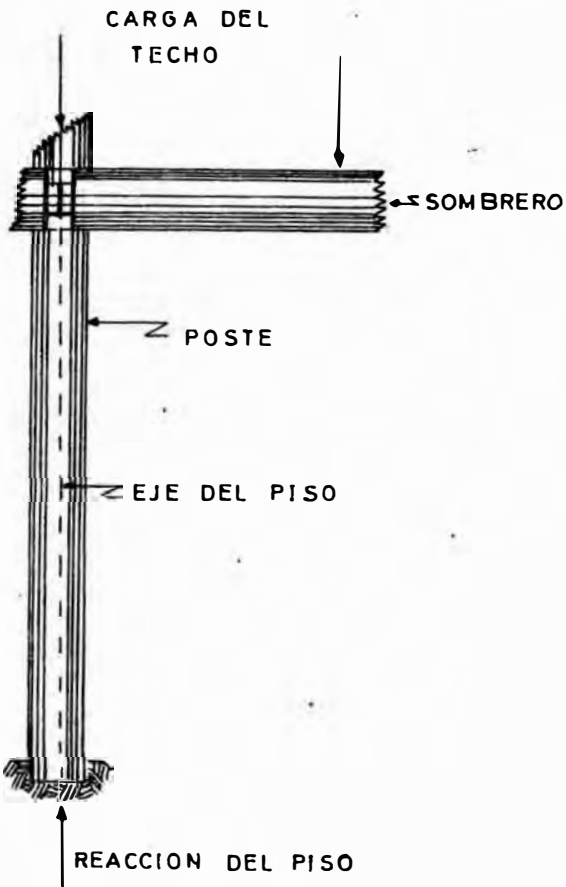


Fig 13

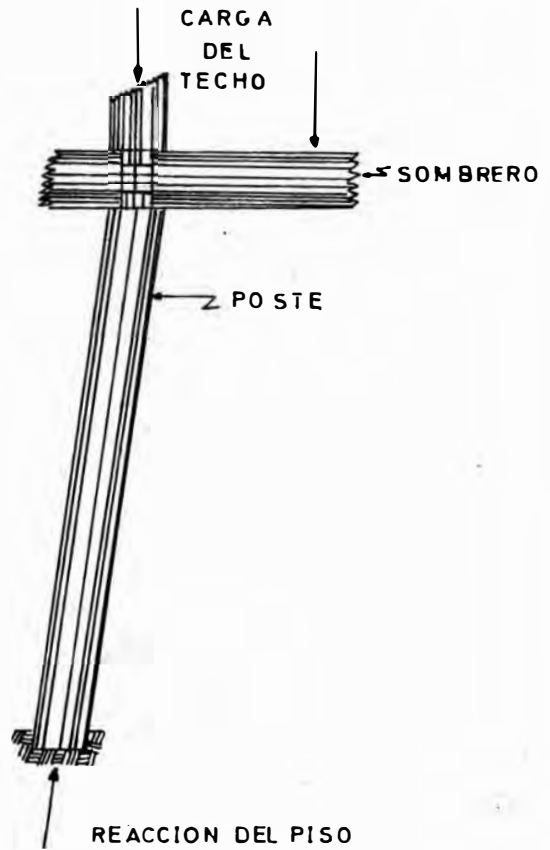
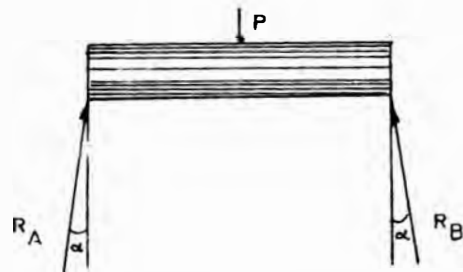
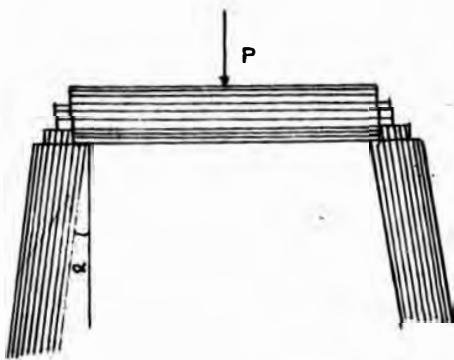


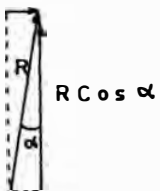
Fig 14

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE



REACCIONES EN LOS POSTES

$R \text{ Sen } \alpha$



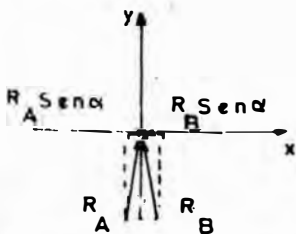
$$\sum F_x = 0 ; R_A \text{ Sen } \alpha = R_B \text{ Sen } \alpha$$

$$R_A = R_B$$

$$\sum F_y = 0 ; R_A \text{ Cos } \alpha + R_B \text{ Cos } \alpha = P$$

$$2 R_A \text{ Cos } \alpha = P$$

$$R_A = R_B = \frac{P}{2 \text{ Cos } \alpha}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
<b>TESIS DE GRADO</b>	
REACCIONES EN EL POSTE	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAYRES	Figuras: 13-14 Fecha: Año 1973

LOS BLOQUES DEBEN PONERSE EN ZONAS DE APOYO

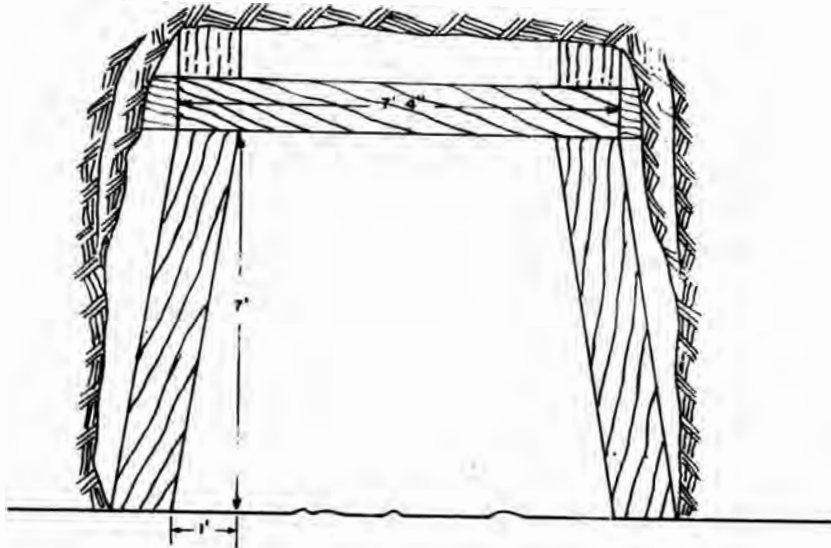
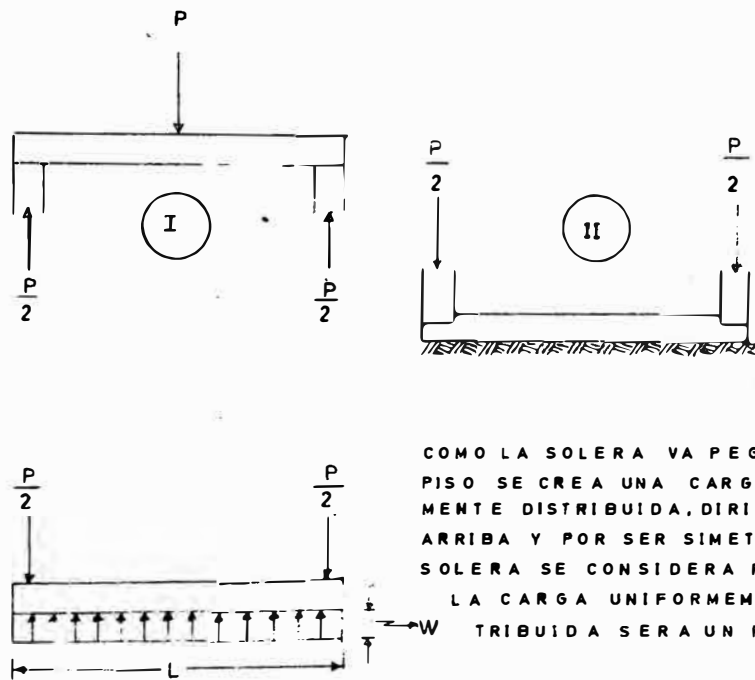
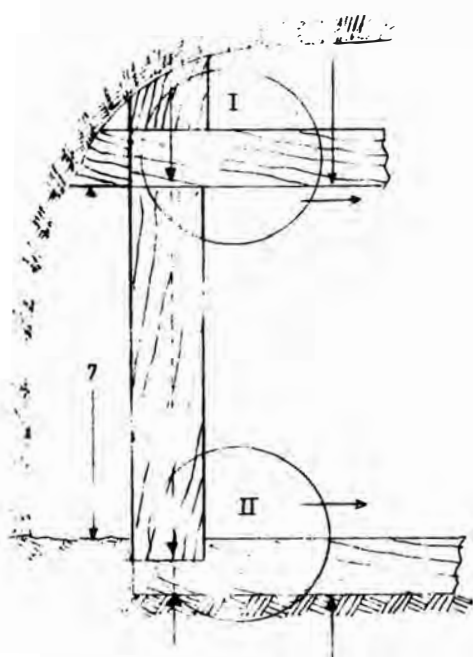


Figura 15



COMO LA SOLERA VA PEGADO AL PISO SE CREA UNA CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA, DIRIGIDO HACIA ARRIBA Y POR SER SIMETRICA Y LA SOLERA SE CONSIDERA RIGIDA, LA CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA SERA UN RECTANGULO

Figura 16

$$\sum F_y = 0$$

$$\frac{P}{2} + \frac{P}{2} = W \cdot L$$

$$W = \frac{P}{L}$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ESFUERZOS EN EL POSTE SOMBRERO Y SOLERA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 15 - 16 FECHA: AÑO - 1973



No es conveniente que las piezas de madera, cualquiera que ellas sean, soporten esfuerzos combinados de compresión y flexión, debido a que las fibras tenderán a doblarse, con lo cual la resistencia decrece enormemente. Por lo tanto, ni a los sombreros ni a los postes se les debe bloquear en otras zonas que no sean los puntos de apoyo. Fig. No. 15

Solera.- Está sometido en sus extremos a esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras por recibir la presión del techo, a través de los postes y la reacción del piso directamente. Fig, No. 16

Además, en terrenos que presentan empujes del piso, la solera trabaja a la flexión, apoyada sobre los postes. Fig. No. 17. Este mismo esfuerzo se manifestará en terrenos poco resistentes cuando las presiones que transmiten los postes al piso son notablemente desiguales. Fig. No. 18.

Tirantes.- Sólo están sujetos a un pequeño esfuerzo de compresión paralelo a las fibras, como resultado de presiones laterales entre cuadros, que siempre se producen por los reajustes del terreno por falta de verticalidad de los mismos cuadros. Fig. No. 19.

Para que el esfuerzo desarrollado en los tirantes sea paralelo a las fibras, es indispensable que ellos sean colocados horizontalmente.

Si se emplean PUENTES, se deben colocar otros tirantes entre sus respectivos extremos. A estos tirantes se les llama, a veces TOPES.

Cuando los tirantes se apoyan en TACOS clavados a los postes, en dichos tacos se producen esfuerzos de corte vertical que es conveniente procurar que sean perpendiculares a las fibras en vista de la mayor resistencia de la madera en dicho sentido. Fig. No. 20.

EN TERRENOS ARCILLOSOS Y MOLIDOS LA SOLERA TRABAJA A LA FLEXION

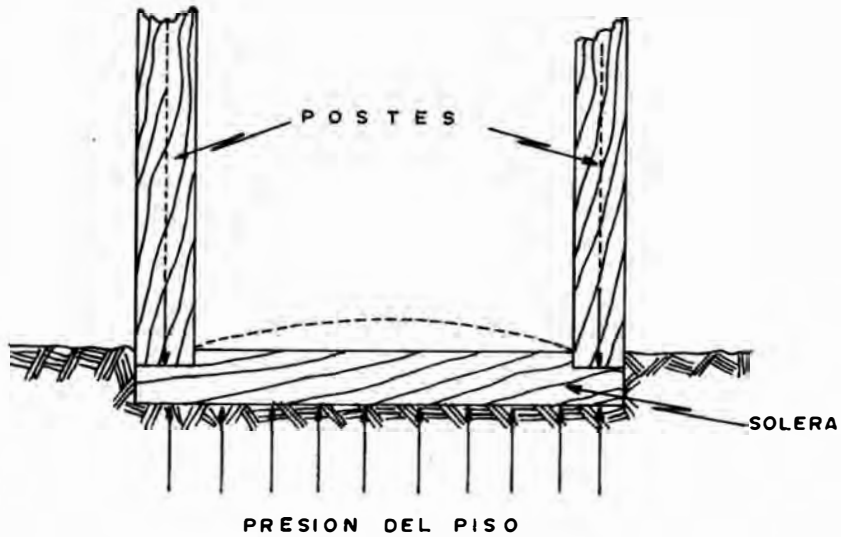


Figura 17

CUANDO LAS PRESIONES QUE TRASMITEN LOS POSTES AL PISO, SON DESIGUALES, LA SOLERA SE FLEXIONA A UN SOLO LADO

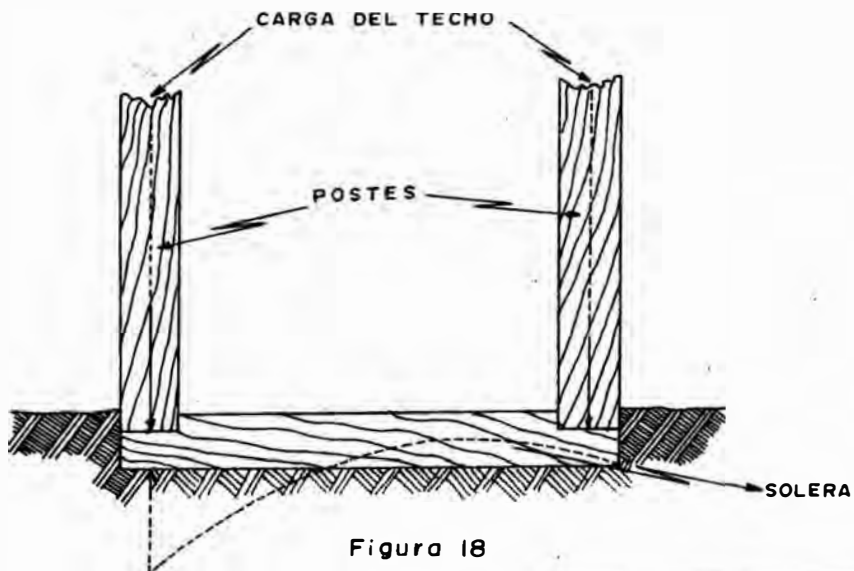


Figura 18

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ESFUERZOS EN LA SOLERA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS . 17 - 18 FECHA : AÑO - 1973

TIRANTE, SOMETIDO A PEQUEÑO ESFUERZO DE COMPRESION

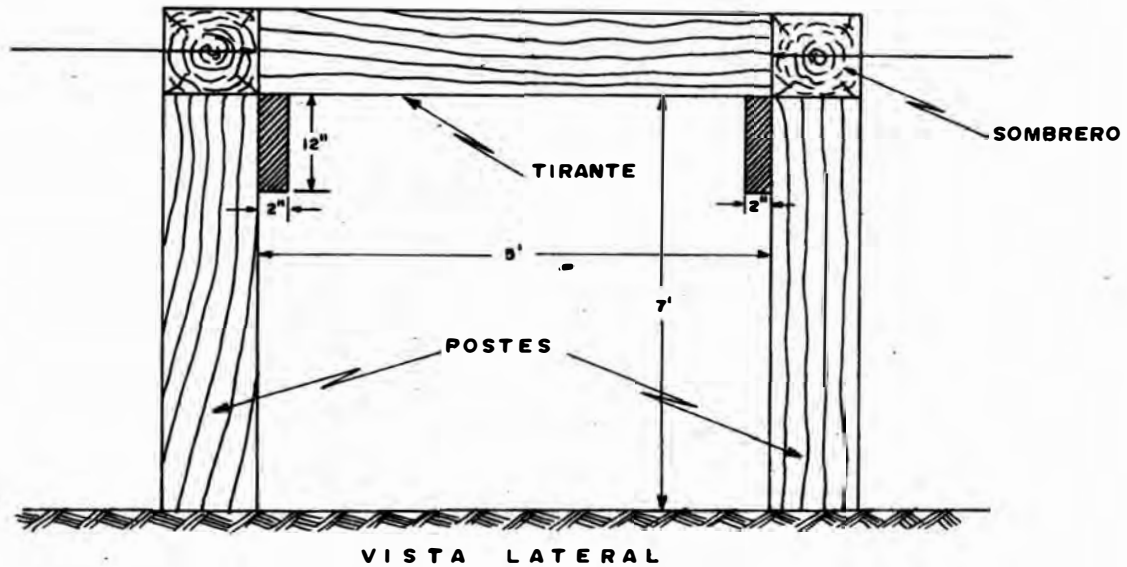
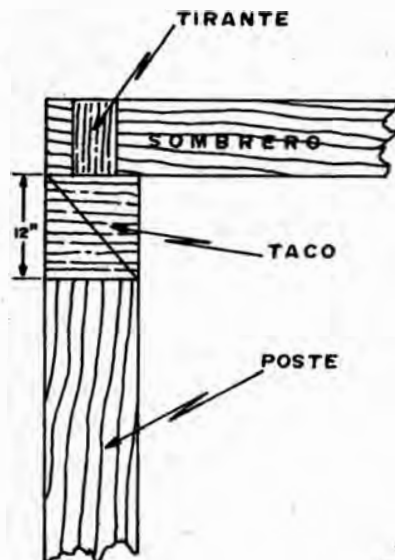


Figura 19

CUANDO LOS TIRANTES SE APOYAN EN TACOS, EN ESTOS SE PRODUCEN ESFUERZOS DE CORTE VERTICAL

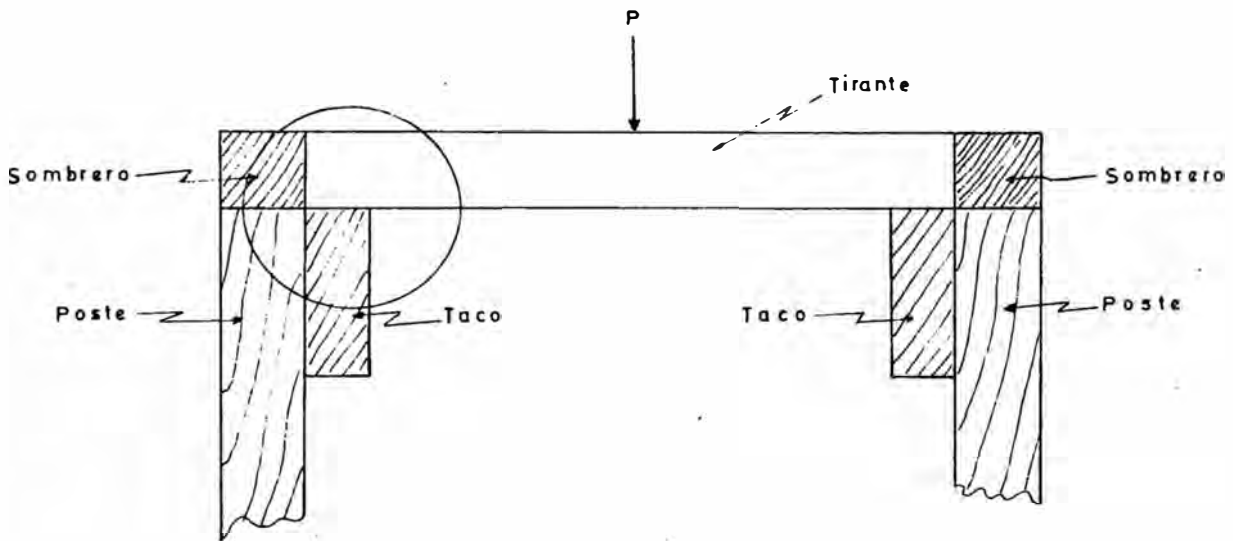


VISTA DE FRENTE

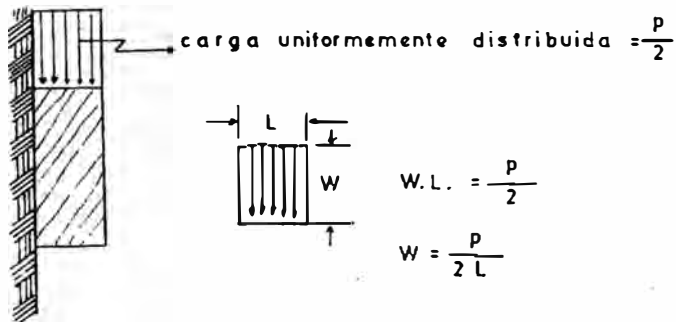
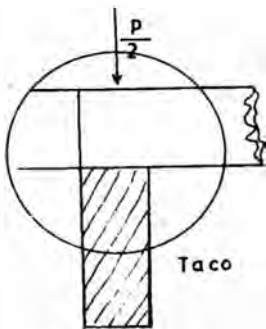
Figura 20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ESFUERZOS DEL TIRANTE	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 19 - 20 FECHA: AÑO - 1973

# DIAGRAMA DEL ESFUERZO VERTICAL QUE SE PRODUCE EN EL TACO

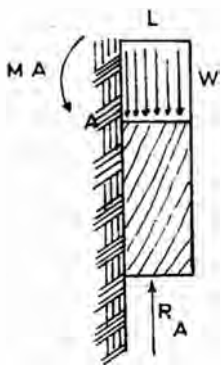


## DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE



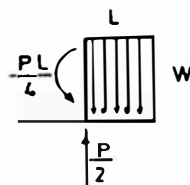
$$W.L. = \frac{P}{2}$$

$$W = \frac{P}{2L}$$

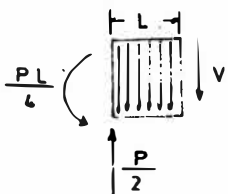


$$\sum F_y = 0 ; R_A = LW = \frac{P}{2}$$

$$\sum M_A = 0 ; M_A = LW \times \frac{L}{2} = L \left( \frac{P}{2L} \right) \cdot \frac{L}{2} = \frac{PL}{4}$$



## Fuerza cortante



$$V = \frac{P}{2}$$

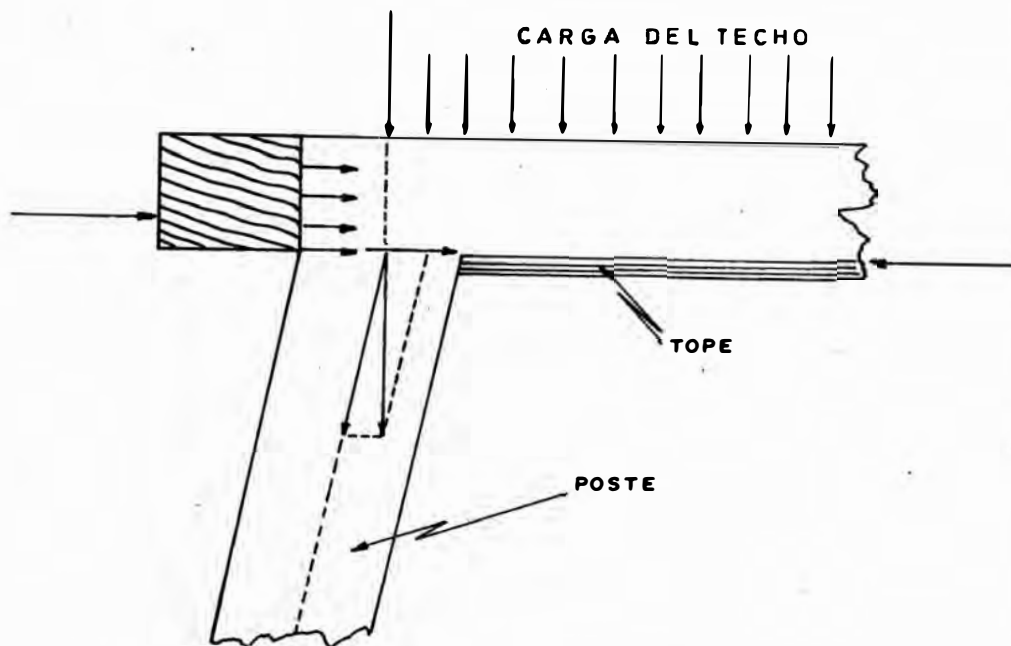
**TOPE, SOMETIDO A UN PEQUEÑO ESFUERZO DE COMPRESION**

Figura 21

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ESFUERZOS EN LOS TOPES	
TRAZO Y DIBUJO	FIGURA: 21
VICENTE DONAIRES	FECHA: AÑO - 1973

Como consecuencia del esfuerzo de corte que se desarrolla en el Taco del tirante es conveniente que éste sea asegurado con 2 clavos sobre la diagonal. Fig. No. 20, pues si tuviera un sólo clavo, la tendencia sería a hacer girar al TACO teniendo como eje al clavo.

Tope.- Normalmente está sometido a un pequeño esfuerzo de compresión paralelo a las fibras, que es algo mayor cuando los postes del cuadro son inclinados o cuando los bloques del sombrero forman parte de la CABEZA del poste. Fig. N°21.

Sin embargo, si el sombrero trabajara a la flexión, el tope estaría sometido a un esfuerzo de tensión paralelo a las fibras (como parte integrante de dicho sombrero) y fallará antes que éste o conjuntamente con él.

d) Espaciamiento de cuadros.- La longitud de los tirantes determina la distancia entre cuadros de la labor. El espaciamiento depende principalmente de la clase del terreno de que se trate. A manera de guía solamente y por la práctica, se puede tomar en cuenta las siguientes distancias:

Terreno consistente	:	6 ó 5 pies
Terreno medianamente consistente	:	4 ó 3 pies
Terrenos flojos o desmoronables	:	3 ó 2 pies
Terrenos muy flojos	:	3 ó 2 pies

#### Cuadros Reforzados

En algunos casos de terrenos muy molidos o arcillosos, los sombreros fallan continuamente a la flexión, y es necesario reforzarlos. Esto se consigue de dos maneras:

1. Si el problema no es muy serio, es decir, si la madera dura entre 9 meses y un año, será conveniente usar PUENTE de acero (rieles usados, que ofrecen mayor resistencia a la flexión que la madera. Fig. No. 22)

2. Si la madera fallara entre los 6 a 9 meses, será mucho más adecuado emplear SOMBREROS DE ACERO, que pueden ser de rieles usados, en caso de secciones

**CUADRO DE MADERA REFORZADA CON PUENTE DE ACERO (riel)**

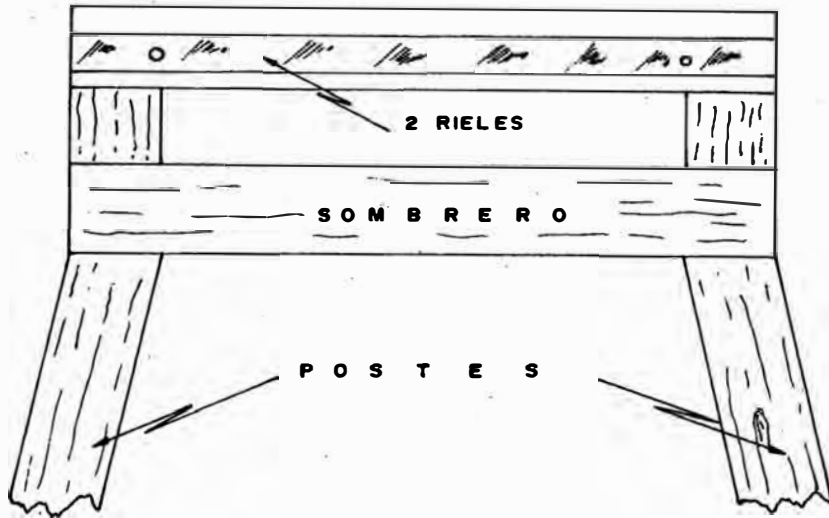


Figura 22

**CUADRO DE MADERA REFORZADA CON SOMBRERO DE ACERO**

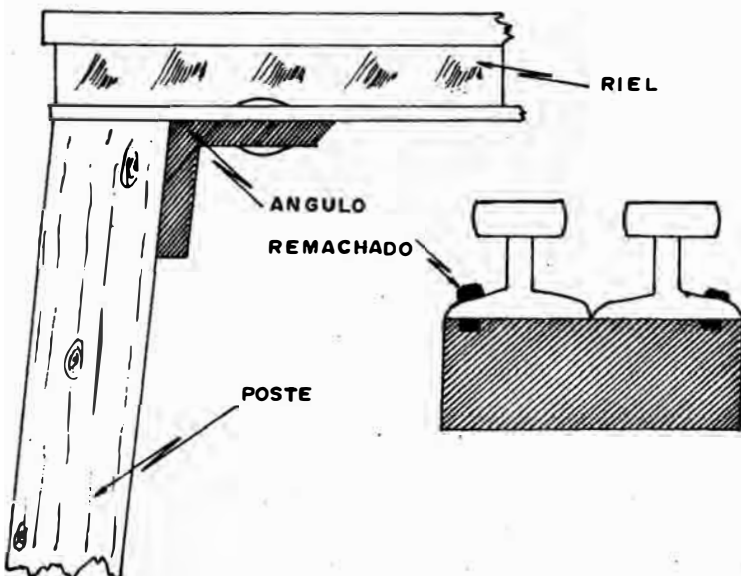


Figura 23

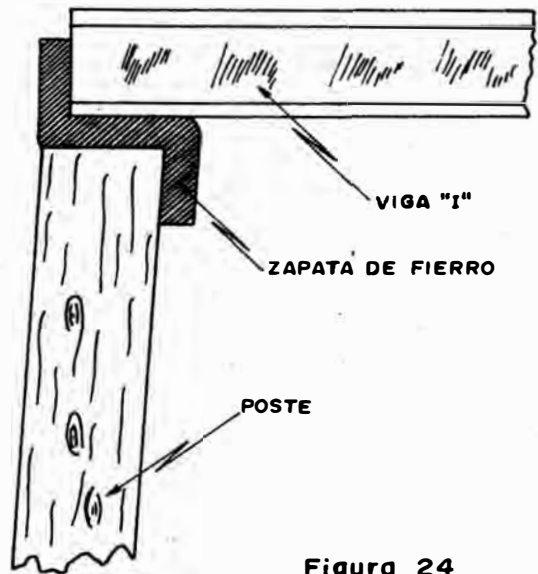


Figura 24

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
CUADROS DE REFUERZOS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 22 - 23 - 24 FECHA: AÑO - 1973

pequeñas (hasta ocho pies de ancho) o de vigas de acero de perfiles en "I", en "H" o en "U", tratándose de anchos mayores (socavones de doble vía, desvíos o cruce de galerías), Figs. Nos. 23 y 24.

Otra ventaja del empleo de estos refuerzos de acero es que cuando ceden por efecto de la presión, pueden ser reforzados y vueltos a usar.

#### Arcos de Concreto Armado

En terrenos muy pesados (molido arcilloso) las cargas son muy superiores a la resistencia de la madera, en consecuencia se necesitará un mejor material para el sostenimiento.

Los arcos de concreto armado como su nombre indica, tienen la forma abovedada. La parte superior de la bóveda se llama "llave", llamándose "sillares de arranque" las superficies de apoyo de la bóveda. El espesor de las paredes pueden variar desde 6" a 18", que depende de la carga del terreno.

En la práctica, por lo general se utilizan bóvedas anulares, y bóvedas en asa de cesto. Las bóvedas anulares con una flecha  $h = a$ , se denominan corridas o semicirculares; las que tienen una flecha  $h$  menor que  $a$ , se llaman bóvedas rebajadas.

Cuando las rocas son firmes y las galerías tienen una anchura considerable, se practica la bóveda en asa de cesto de tres centros (sus partes son circunscritas a partir de tres centros distintos); cuando las rocas son desmoronables, se utiliza la bóveda semicircular. Los cimientos se profundizan en el piso de la galería a una distancia de 10 a 12 pulgadas y del lado de la cuneta de desagüe de 20" a 35". La anchura de la cimentación para las rocas firmes, se adopta igual al espesor de las paredes, siendo aumentada esa anchura en 6" a 9" en caso de rocas desmoronables. En presencia de una presión lateral, se adopta una forma curvilínea para las paredes de sostenimiento, y cuando la presión actúa desde el piso, se practica la bóveda invertida. Fig. No. 26.



## ARCOS DE CONCRETO ARMADO

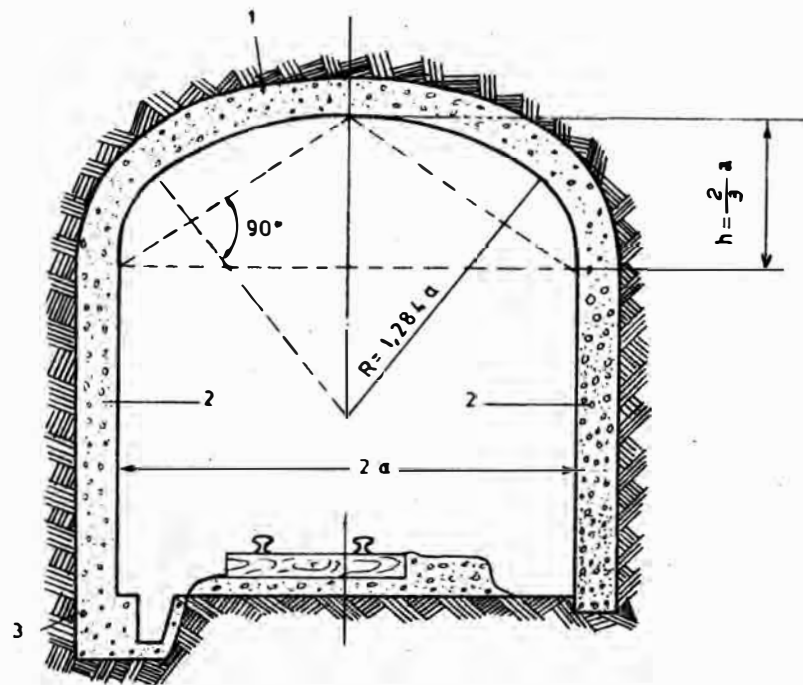


Fig. 25

- 1 BOVEDA
- 2 PAREDES
- 3 FUNDAMENTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES HORIZONTALES	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 25 FECHA : AÑO - 1973

## ARCO DE CONCRETO ARMADO

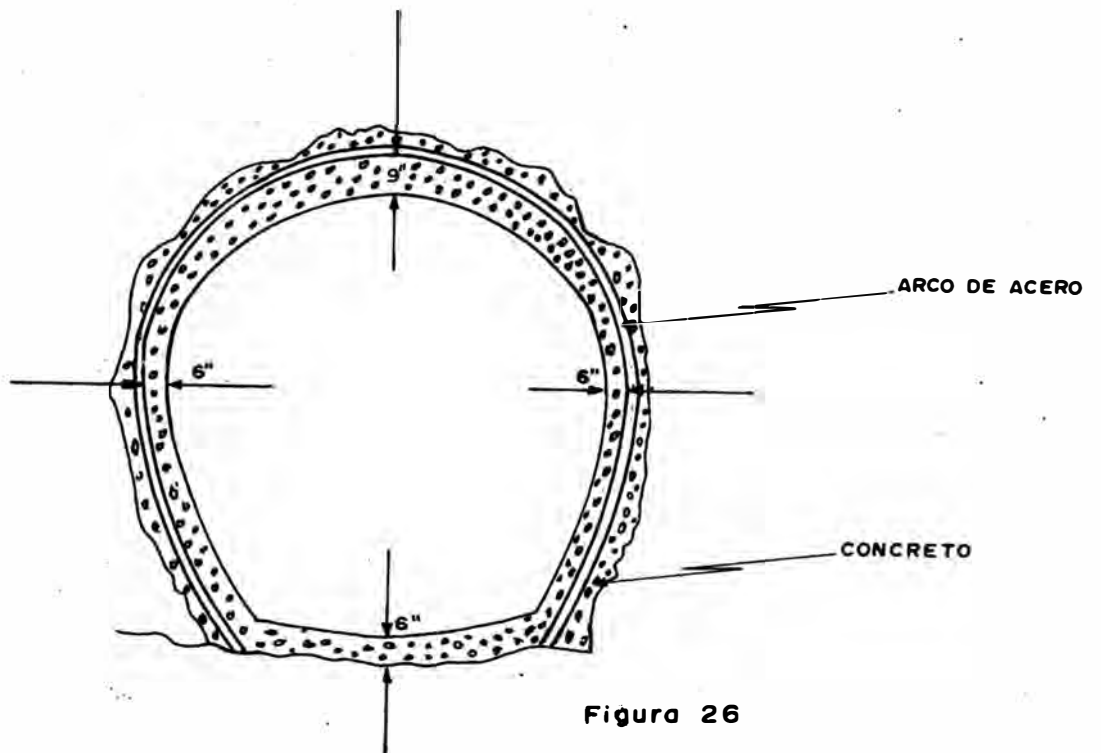


Figura 26

Cuando las presiones de los hastiales y del piso son fuertes, es conveniente una ligera curvatura

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES HORIZONTALES	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 26
	FECHA: AÑO - 1973

Al construir una entibación de concreto armado, para atribuirle la forma necesaria y proporcionar un sostén provisional al concreto hasta fraguado, se colocan en la galería formas especiales, llamados encofrado.

El factor que eleva el costo del sostenimiento mediante arcos de concreto, es la mano de obra. De tal suerte que la mecanización es indispensable. Por otro lado, es importante que cada tramo concretado sea de una sola pieza y esto hace que la rigidez y continuidad del vaciado es importante.

También hay que tener presente, que el vaciado a mano es imperfecto, siempre es preferible el empleo de la escopeta a presión de aire.

Tener presente que en ambiente húmedo, el tiempo mínimo del fraguado es de 28 días y que la mezcla continuará endureciendo durante 90 días. En todo caso, si desea mayor rapidez, será recomendable usar en la mezcla algún aditivo de fragua rápido (vidrio soluble, sika).

Es sabido que la resistencia del material, es mucho mayor a la compresión que a la tensión, sin embargo, reforzándolo con un material como el acero (concreto armado) que desarrolla gran esfuerzo de tensión, se consigue aumentar considerablemente su capacidad a resistir la flexión.

Como el concreto se une fuertemente al acero, no hay separación de un material del otro durante el trabajo con todo, es necesario tener en cuenta que el esfuerzo de acero debe absorber el esfuerzo de tensión y el de concreto es de compresión. En consecuencia, el acero debe ser colocado al lado que sufrirá estiramiento o tensión.

Como acero de refuerzo se puede usar, barras de acero corrugado, barras lisas o torcidas en frío y rieles usados.

La mezcla del concreto no deberá ser más rica que la proporción 1: 1 1/2 3 (cemento, arena cascajo).

Ni más pobre que la proporción 1:2 4

Un término medio es la mezcla: 1: 2 3.

### Arcos de Riel

Los arcos de riel son preparados de rieles de 70 lbs/yard. o de 60 Lbs/yard. que siempre se tiene en stock o son usados. Las uniones se arman mediante sus propias eclisas.

El arco de riel es el tipo de sostenimiento más efectivo y práctico que se conoce, debido a que el arco de riel es el material que mejor resiste a la flexión.

El arco de riel, ofrece la mayor resistencia justamente donde existe la mayor presión del terreno, debido a la forma arqueada de su parte superior.

Al mismo tiempo, el revestimiento o enrejado no ofrece resistencia tan grande, que pueda dañar a la estructura principal, y el material de relleno entre el enrejado y el terreno, absorberá mucho el choque que pudiera producir una presión repentina y violenta.

Se pueden usar también un solo arco de riel que se une a postes de madera mediante bocinas de tubos. Fig. No. 27.

También se puede emplear tubos rellenos de concreto como postes. Fig. No.28; pero las uniones del arco a los postes son puntos débiles. Por lo que es preferible usar estructura íntegramente de acero.

Los arcos de riel se preparan comunmente de dos piezas unidas por eclisas, en la coronación del arco, pero como ésta es precisamente la zona de presión más fuerte. Fig. No. 29-A, en la actualidad se prefieren dos uniones a los costados, como en la Fig. No. 29-B.

Cuando se tienen que sostener lugares amplios, como para estaciones, desvíos, etc., se pueden utilizar arcos de riel con un suplemento (longitud variable) en la parte de arriba, tal como se ve en la Fig. No. 29-C. Las rieles se pueden

ARCOS DE RIEL  
DE 60 LIB / YARD

FIG. 29-A

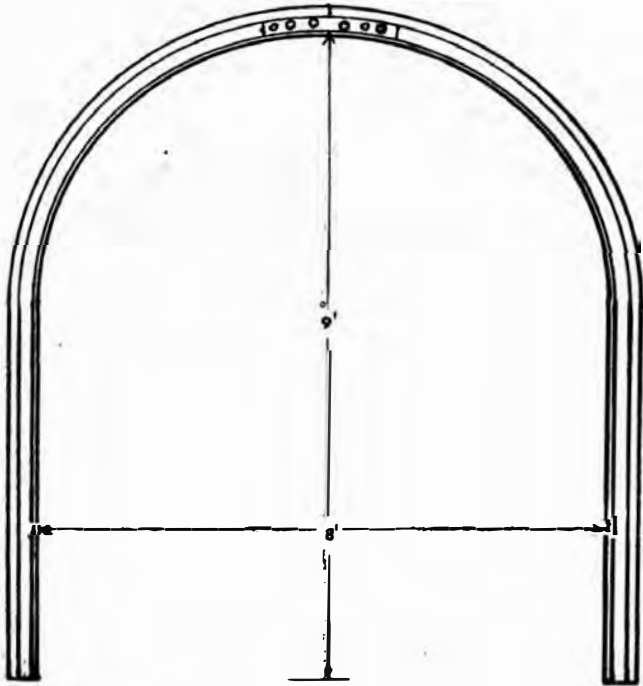


FIG. 29-B

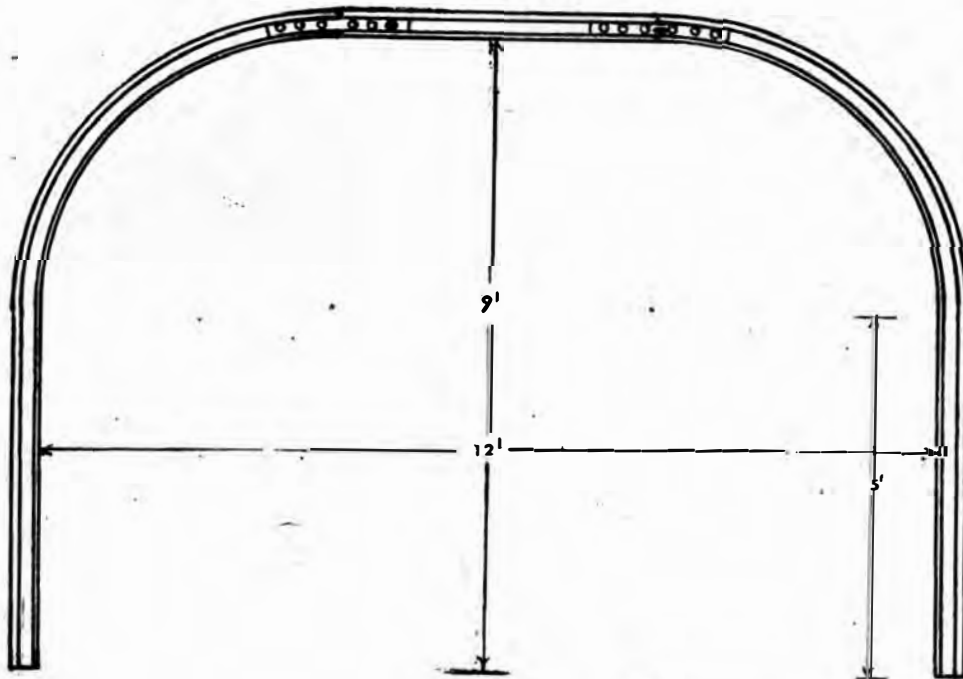
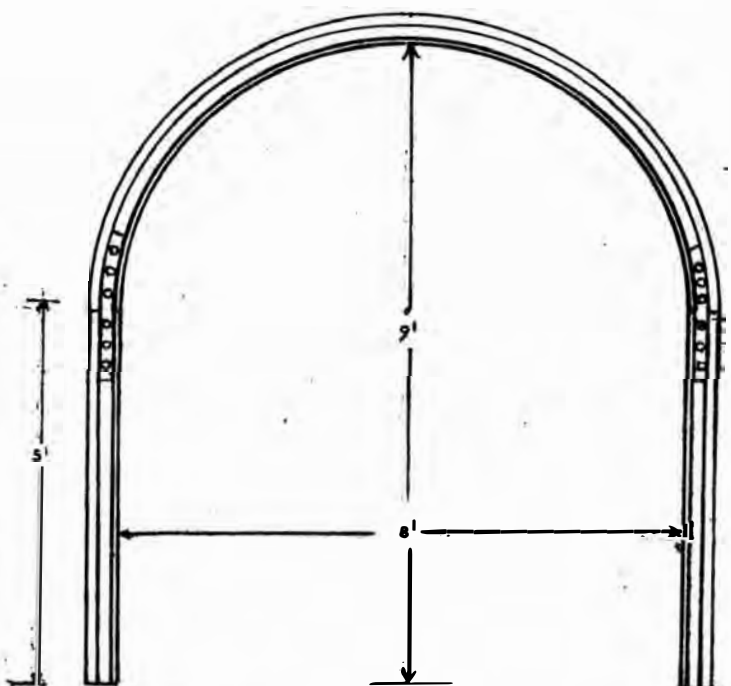
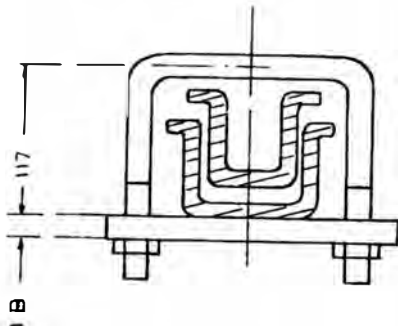


FIG. 29-C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES	
HORIZONTALES	
TRAZO Y DIBUJO	ESCALA 12" = 3/4"
VICENTE DONAIRES	FIGURA: 29
	FECHA: AÑO-1973



## ARCOS DE ACEROS ESPECIALES

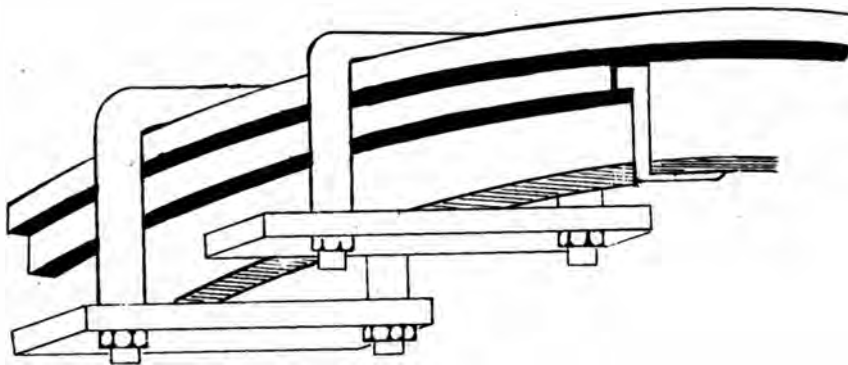


Fig. 29-D

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES HORIZONTALES	
TRAZO Y DIBUJO	FIGURA: 29 - D
VICENTE DONAYRES	FECHA: AÑO -1,973

ARCOS DE RIEL

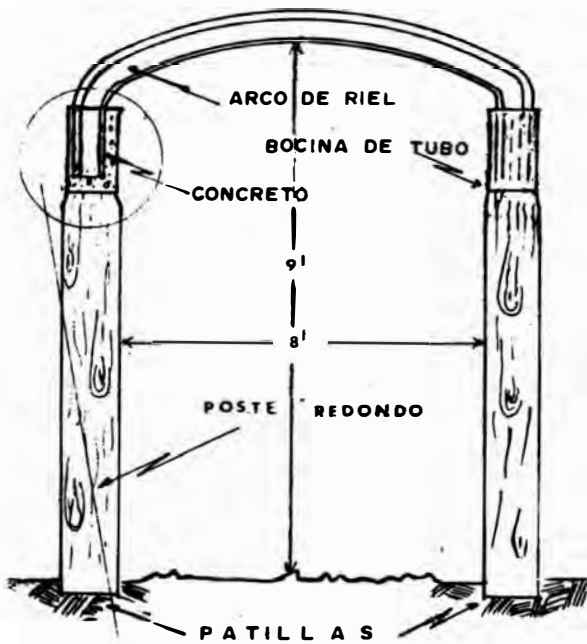


Figura 27

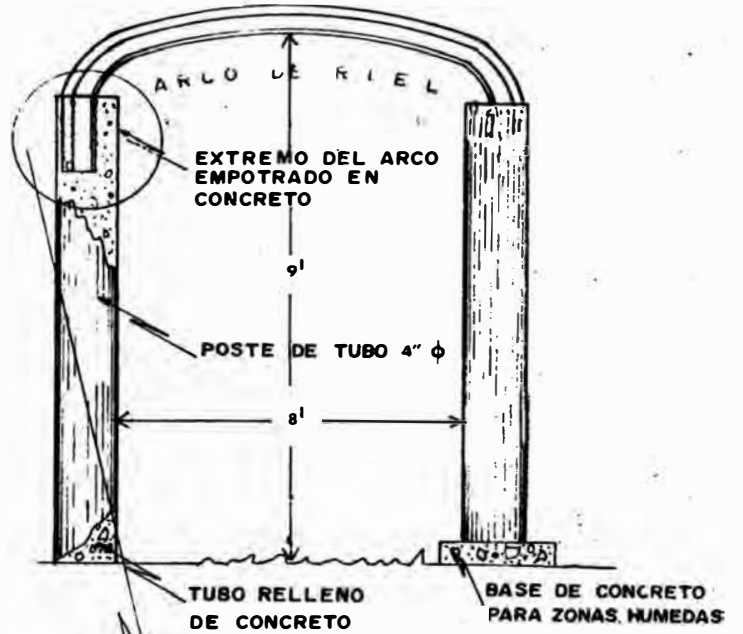
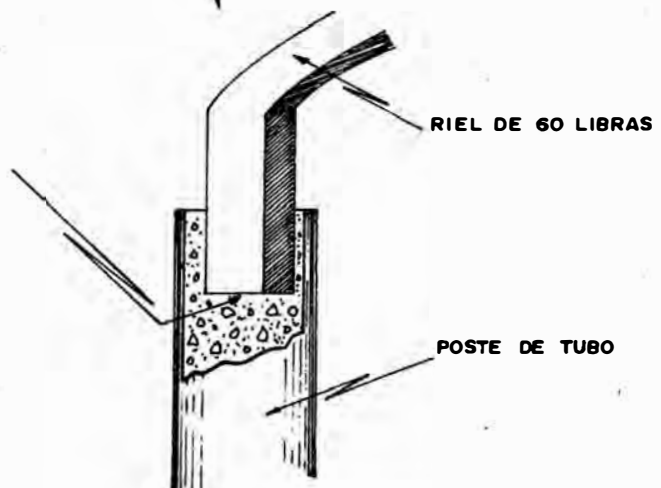
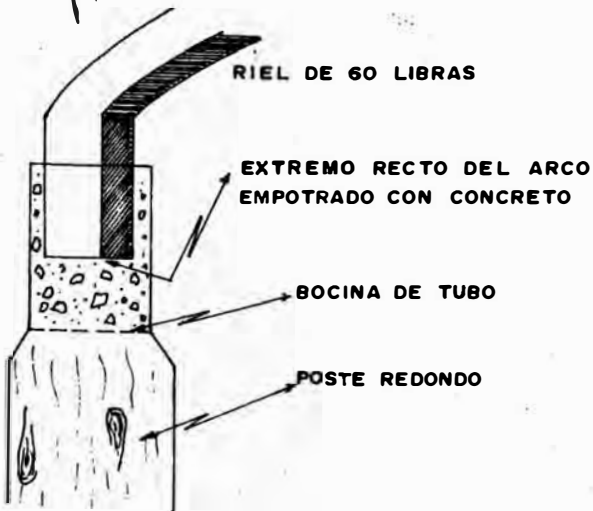


Figura 28



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES HORIZONTALES	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 27 - 28 FECHA: AÑO - 1973

usar hacia abajo o hacia arriba, siendo preferible éste último sentido.

Los arcos especiales de acero, con perfiles en I, H o en U, son patentados en varios países y han sido calculados para observar las cargas mediante el deslizamiento de la fuerza superior (arco) o sombrero, sobre los postes (traslape). De esta manera se consigue una reducción del arco, debido a las fuertes presiones del techo, hasta un límite en la cual hay que reemplazar el sostenimiento por arcos nuevos. Los arcos retirados son luego reacondicionados para emplear los nuevamente.

Para la conexión entre arcos se utilizan pernos "J" que enganchan directamente, o por medio de grampas chicas a los tirantes que, generalmente, se preparan de rieles usados en largos variables de 2, 3, 4 ó 5 pies, según la clase de terreno que se tenga que sostener. También se colocan entre arcos, topes de madera redonda con sus destajes respectivos para soportar los esfuerzos de compresión de dichos arcos entre sí, generalmente se emplean dos topes entre postes y 2 ó 3 entre sombreros.

#### Muros de Concreto

Se usan estos tipos de estructura; casi exclusivamente para revestir o reemplazar pilares, en labores horizontales, y pueden ser de los siguientes tipos:

1. Desvíos o uniones de labores de extracción La unión de estas labores tienen por lo general una forma de ángulo agudo, dejando entre ambas, una parte de terreno de notable debilidad. En este caso, la práctica usual, es revestir la cuña con un muro de concreto o de ladrillo, dejando un vacfo de unos dos pies, entre el muro y el techo, para instalar una pila de madera (encribado) para hacer compresible a la estructura. Figs. Nos. 30 y 31.



Si existiera la posibilidad de que el pilar de madera fuera molido por la presión del techo, se debe reemplazar dicho pilar por un muro totalmente de concreto (muro monolítico)

2. Cámara de máquinas o bombas, talleres subterráneos, sumederos de agua, bodegas etc.- Aunque estas excavaciones normalmente se ubican en terrenos donde no se esperan grandes presiones, el tamaño de dichas labores, ubicación obligada de estas y el valor de las maquinarias instaladas en ellas, hacen necesarios un buen sostenimiento. Para este efecto, muchas veces se emplean muros de concreto como pilares o como paredes.

Cuando estos muros de concreto actúan como pilares, pueden tener sección.

En forma de cuña, con arista más aguda truncada. Fig. No. 31

Cuadrada

Rectangular

Redonda

Para las tres primeras secciones se requieren formas o encofrados de madera, y para la última, planchas de fierro. Una variedad de esta sección son los pilares de anillos que son discos circulares de concreto armado pre-fabricado, aproximadamente de 30 pulgadas de diámetro, 4 o más pulgadas de grosor con un hueco central de unas 4 pulgadas de diámetro que sirve para su manipuleo. Primero se vacía una base a nivel y se deja fraguar durante un día, luego se colocan los anillos, perfectamente alineados, uno sobre otro, con un poco de arena entre ellos para emparejar irregularidades hasta uno o dos pies del techo, y finalmente este espacio es encribado con madera y cuñas para dar compresibilidad. Fig. No. 32.

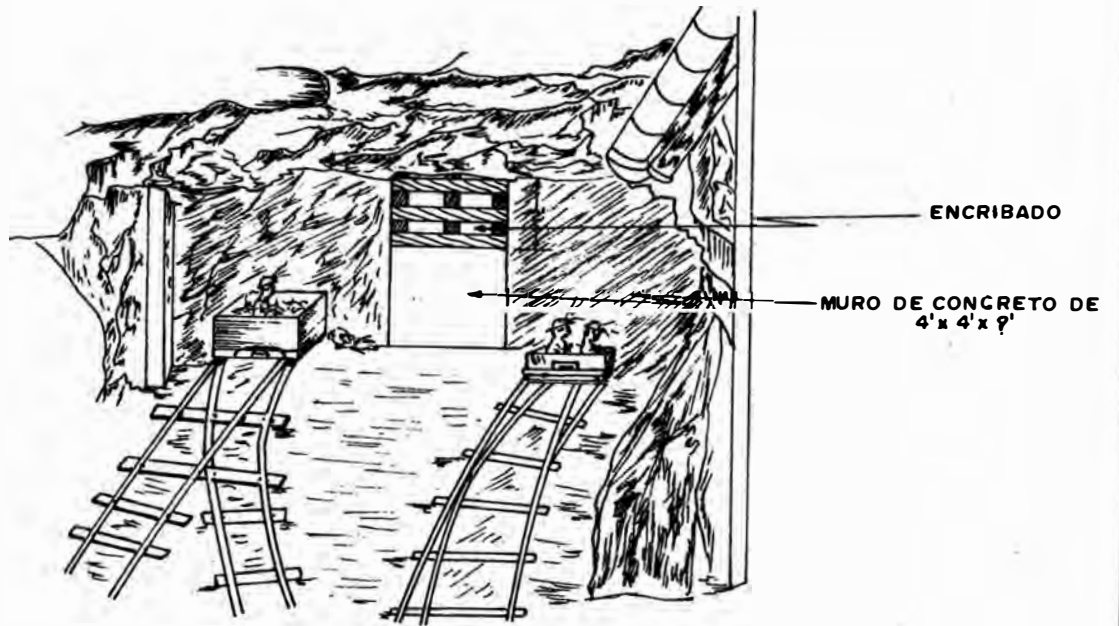


Figura 30

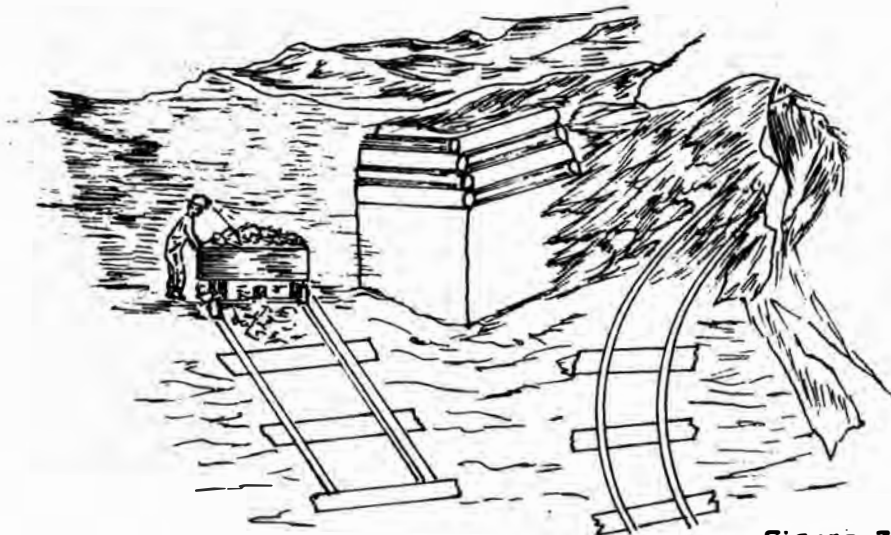


Figura 31

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
MUROS DE CONCRETO, PARA DESVIOS O UNIONES DE LABORES	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 30 - 31 FECHA: AÑO - 1973

PILARES DE ANILLO CON BLOQUES CIRCULARES

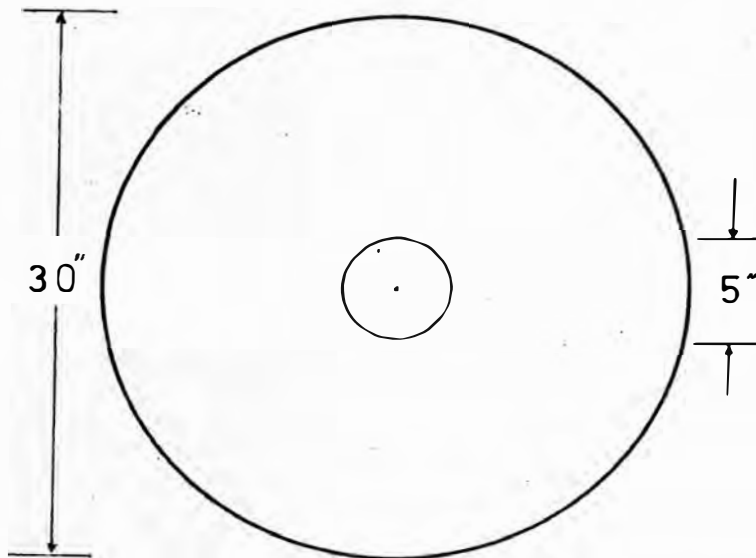
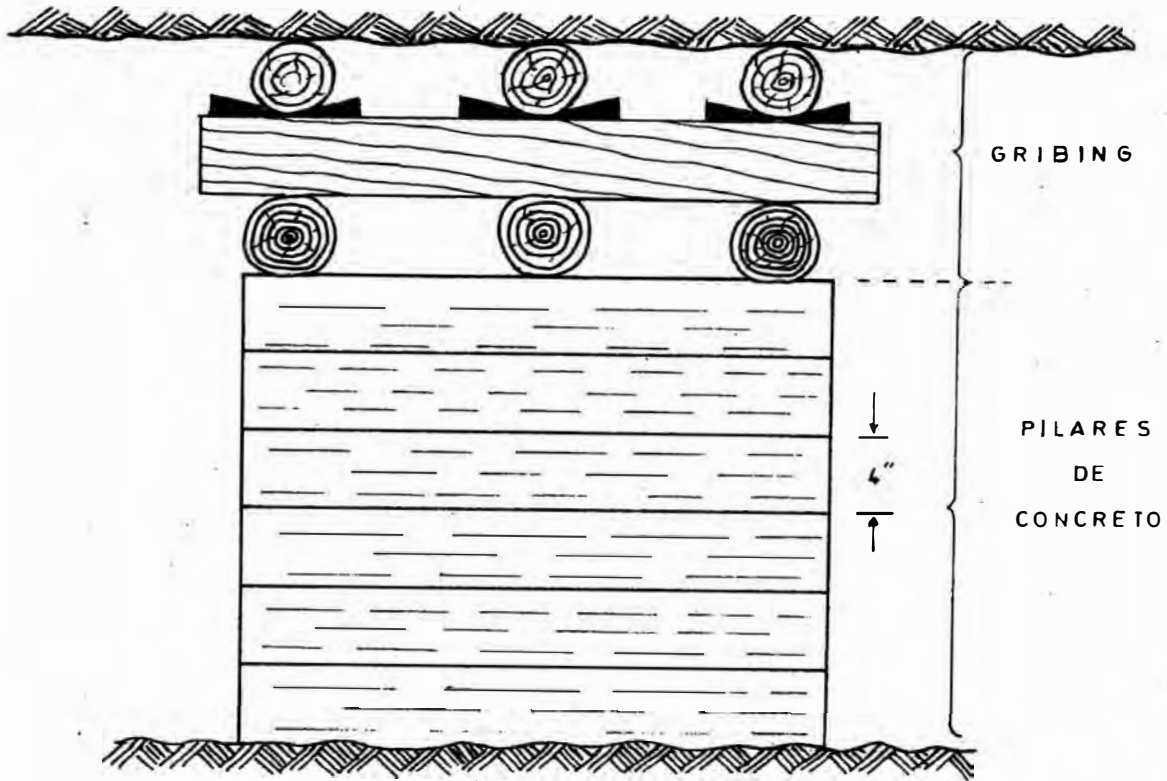


Figura 32

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES HORIZONTALES	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 32 FECHA : AÑO - 1973

Para estos muros de concreto se pueden usar mezclas de riqueza media, ya sea 1: 3: 5. También se puede emplear concreto CICLOPEO, a base de estas mezclas y con un contenido de 30 a 40% de piedra grande.

### Pilares de roca suelta

Aunque actualmente este tipo (pircas) de sostenimiento se usa muy poco en labores horizontales de minas metálicas, no por ello deja de ser efectivo.

La ventaja principal de estos pilares es que pueden ser construidos rápidamente, y de un material relativamente barato y fácil de conseguir en la mina.

En cambio sus desventajas pueden ser: la dificultad de construirlos muy sólidos y el hecho de que cuando fallan, se derrumban dificultando el acceso a la labor.

Se construyen de trozos de rocas, pero no de tamaños muy grandes (mayores de 10"), pues quedarían vacíos considerables, sin embargo siempre habrán vacíos que se deben de rellenar con materiales finos.

Para evitar el derrumbe del pilar, muchas veces se rellenan los espacios entre las piedras interiores con una mezcla pobre de concreto (1: 3: 6) lo que da al pilar el aspecto de estar construido como un muro monolítico.

## 2. Elementos Auxiliares de Sostenimiento

Son algunas piezas de madera, que generalmente complementan el trabajo de la estructura principal de sostenimiento, ya sea transmitiendo las cargas, o fijando a una pieza en su posición (hasta que las presiones la sujeten definitivamente), o evitando la caída de pequeños trozos del techo o de los hastiales sobre las labores.

Entre estos elementos auxiliares, los más comunes son:

Bloques , Cuñas, Tacos y Encribados.

Bloques.- Como hemos dicho en el capítulo anterior, la finalidad principal de los bloques es asegurar las estructuras y transmitir las cargas del terreno a las piezas de sostenimiento.

La forma correcta de transmitir una carga es a través del eje del bloque y sobre el mismo alineamiento de la pieza de la estructura. Fig. No. 33

La madera tiene generalmente, una mayor resistencia a la compresión paralela a sus fibras, por lo tanto se les debe colocar en tal forma que reciban la carga del terreno en el sentido de las fibras, Figs. Nos. 34 y 35.

Además, los bloques deben servir para comunicar (en cada unión de piezas de estructura) a dos fuerzas opuestas y alineado, que precisamente representan al esfuerzo. Fig. No. 36.

Por tal razón, como se ha dicho, no se deberá colocar bloques en puntos intermedios entre tales uniones o apoyos, porque al no existir frente a dichos bloques otra pieza que soporte al empuje, se sometería a los elementos de la estructura a esfuerzos de flexión. Fig. No. 15

Cuando el cuadro es cónico, la carga transmitida al poste a través de su eje, es algo mayor que cuando el cuadro es recto. Fig. No. 37.

Cuñas.- Formada por dos planos inclinados unidos por las bases, es el tipo de cuña presionable, y sirve para fijar y estabilizar la estructura principal, como también para nivelar estas estructuras.

La forma de la cuña, permite descomponer una fuerza aplicada en su base, en dos fuerzas perpendiculares a las otras dos caras, que tienden a producir ajuste por las reacciones que provocan en las paredes del cuerpo en que penetran. Fig. No. 39. En la misma figura se puede apreciar que, si va aumentando la fuerza aplicada, aumenta también sus dos componentes hasta que las reacciones del cuerpo lleguen a su límite (resistencia).

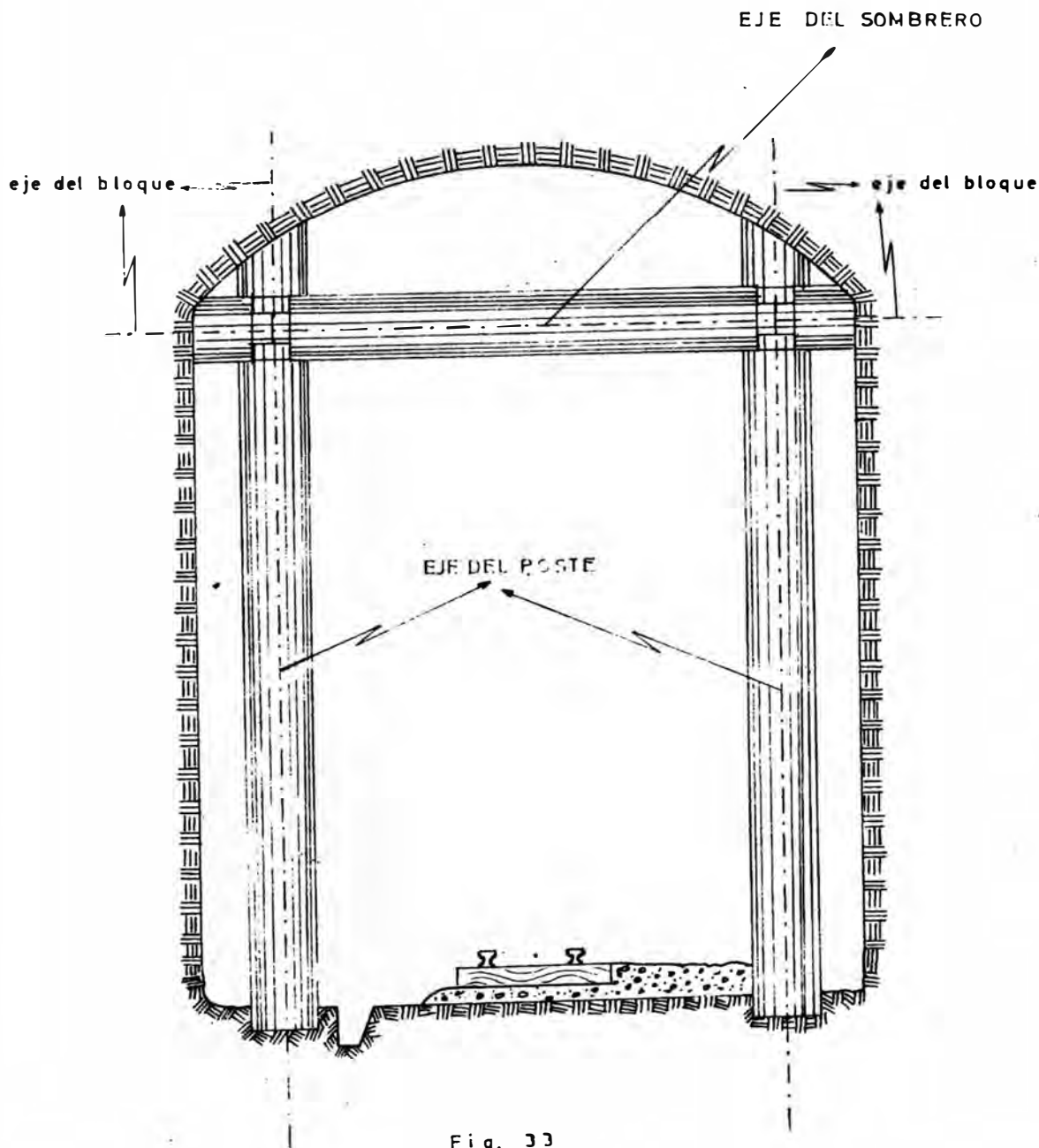


Fig. 33

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
<b>TESIS DE GRADO</b>	
TRANSMISION DE CARGA	
ATRAVES DE SUS EJES	
TRAZO Y DIBUJO	Figura: 33
VICENTE DONAYRES	Fecha: Año. 1973

BLOQUES COLOCADOS EN SENTIDO TRANSVERSAL A SUS FIBRAS

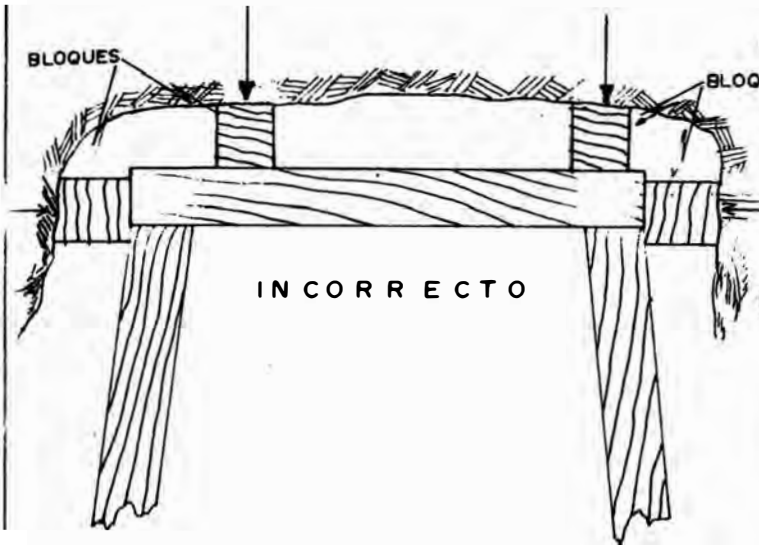


Figura 34

BLOQUES COLOCADOS EN EL MISMO SENTIDO DE SUS FIBRAS

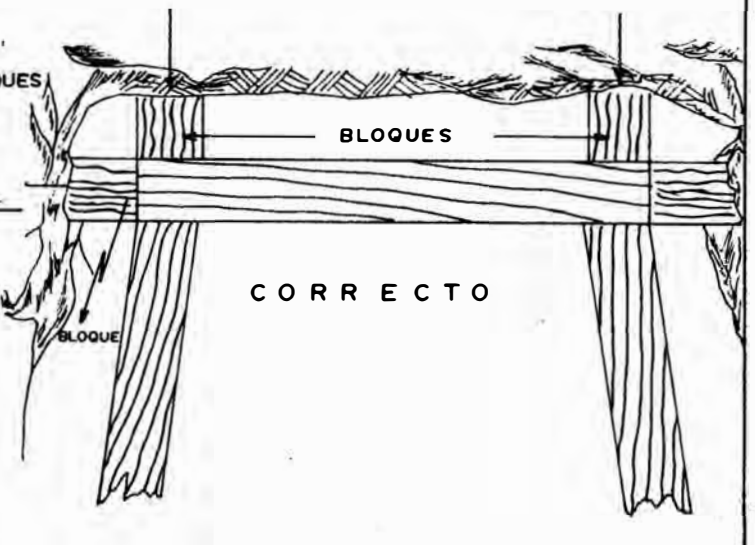


Figura 35

BLOQUES SIRVEN PARA ENFRENTAR EN CADA UNION, A DOS FUERZAS OPUESTAS Y ALINEADAS

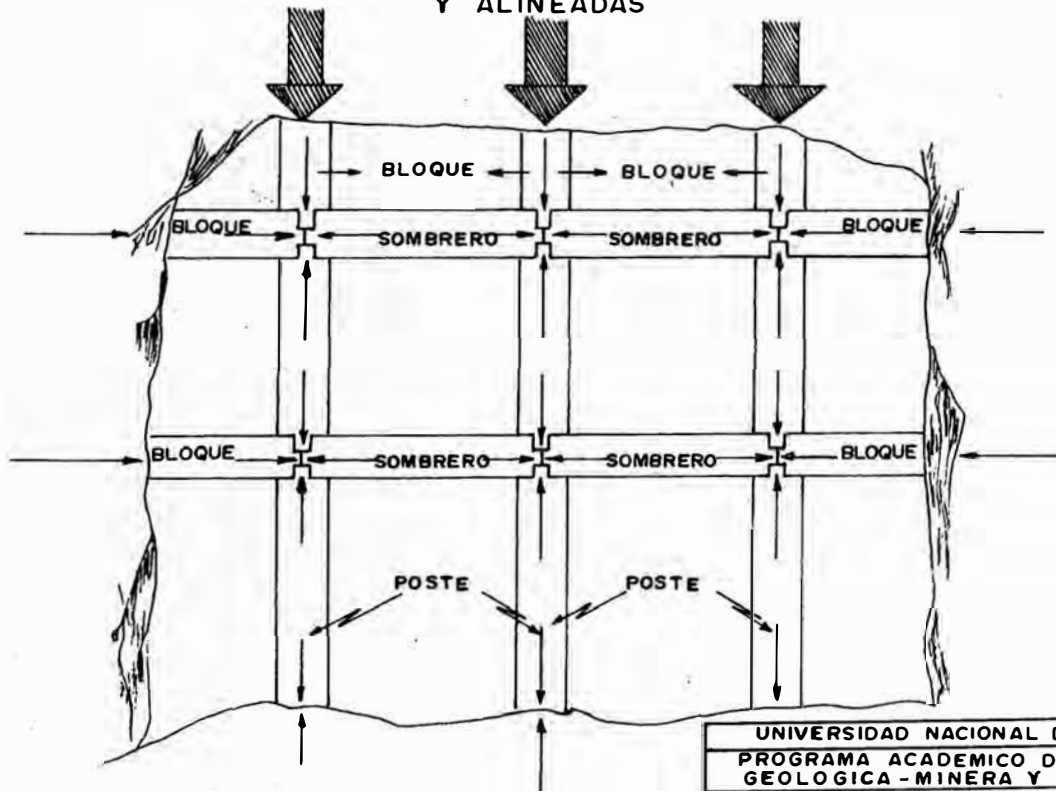


Figura 36

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA-MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
FINALIDAD DEL BLOQUE	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS 34-35-36 FECHA. AÑO-1973

Evidentemente que, mientras más agudo sea el ángulo de la cuña, mayores serán las fuerzas transmitidas, sin embargo el límite práctico es un ángulo de 15 a 20 grados.

Como la cuña tiene la forma de la superposición de dos planos inclinados, de manera que al acuñar una pieza con dos de ellas, se desarrolla un esfuerzo de compresión entre la mencionada pieza y el terreno. Fig. No. 40.

En vista de que es prácticamente imposible que los bloques pueden ser cortados exactamente a la medida necesaria para encajar entre la estructura de sostenimiento y del terreno irregular, se emplean las cuñas para llenar los espacios vacíos e irregularidades, permitiendo el correcto alineamiento entre los bloques y los elementos de la estructura de sostenimiento.

Se presenta casos en que la cuña se usa en sentido horizontal, ya sea para nivelar o aplanar piezas. En la Fig. No. 41, por ejemplo se trata de un bloque que debe encajar a nivel en una patilla muy grande, como también se utilizan en ajustar verticalmente un poste de un cuadro. Fig. No. 42.

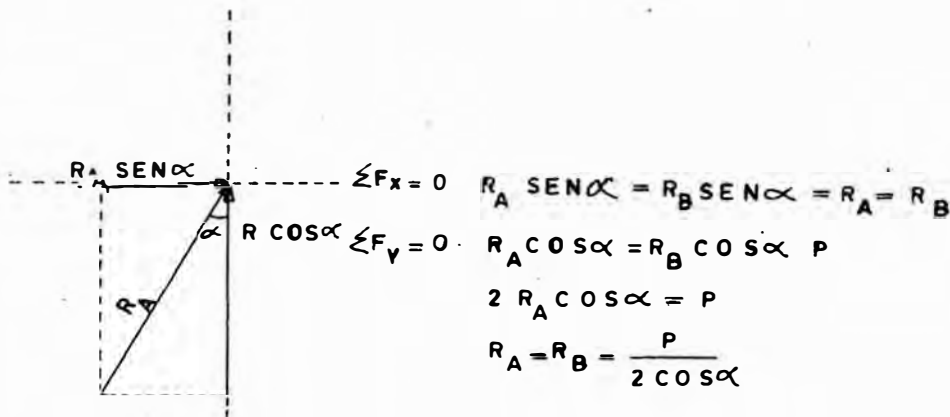
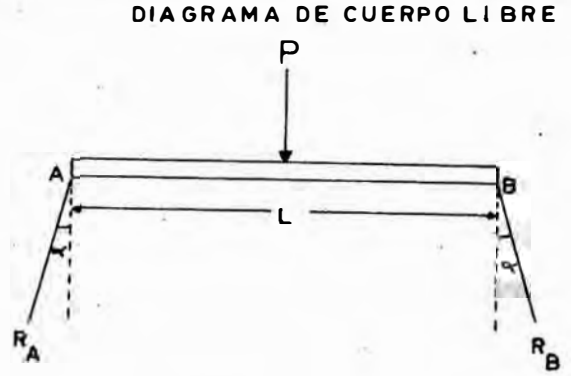
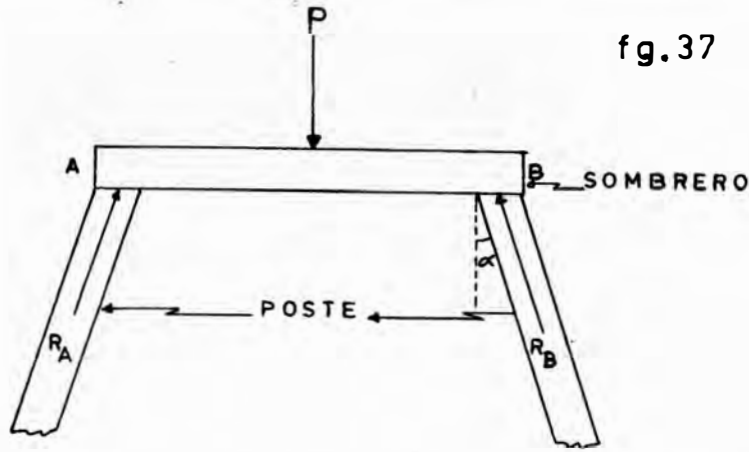
Encribados.- Cuando el techo de una labor horizontal se ha elevado mucho, cosa frecuente en terrenos molidos, arcillosos, será necesario una estructura auxiliar (de madera) para transmitir la presión del terreno sobre el sostenimiento. Esta estructura auxiliar, llamada ENCRIBADO, se construye sobre el puente del cuadro o directamente sobre el sombrero.

En una estructura de este tipo, la madera trabaja a compresión perpendicular a las fibras, y como consecuencia se deforma más en ese sentido, que si se haría en la dirección de la fibra.

En los encribados se utiliza redondos de madera en bruto, de 4 a 8 pulgadas de diámetro, aunque también puede usarse madera partida.



fg.37



SE SABE QUE  $\alpha$  VARIA DE ( $0^\circ - 90^\circ$ ) Y QUE PARA QUE SEA CONICO EL CUADRO  $\alpha$  NO DEBE SER IGUAL A  $0^\circ$  NI A  $90^\circ$

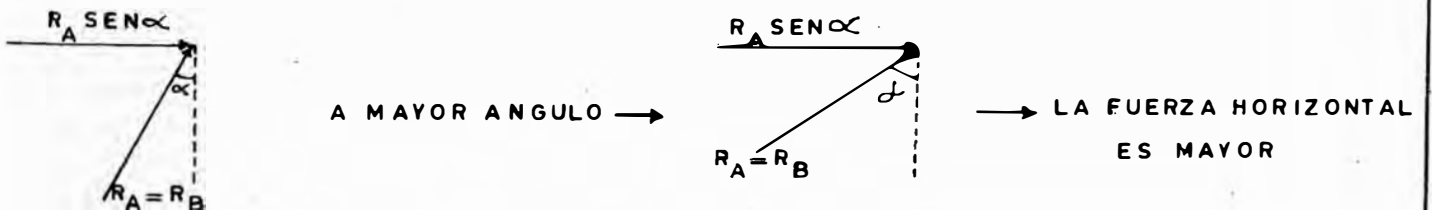
CONOCIENDO PARA:  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  ;  $> \text{COS } \alpha > 0^\circ$

PARA UN CUADRO RECTANGULAR  $\alpha = 0^\circ$  LA FUERZA DE COMPRESION =  $\frac{P}{2}$

PERO PARA UN CUADRO CONICO LA FUERZA DE COMPRESION =  $\frac{P}{2 \text{ COS } \alpha}$

COMO YA SE DEMOSTRO QUE EL  $\text{COS } \alpha$  ES MENOR QUE 1 Y VA DISMINUYENDO A MEDIDA QUE EL ANGULO VA AUMENTANDO SE COMPRUEBA QUE LA CARGA TRASMITIDA AL POSTE A TRAVES DE SU EJE ES ALGO MAYOR Y VA AUMENTANDO A MEDIDA QUE AUMENTA EL ANGULO

FUERZA HORIZONTAL QUE SE DESARROLLA ( $R_A \text{ SEN } \alpha$ )



ANALITICAMENTE  $\alpha$  VARIA:  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$        $0^\circ < \text{SEN } \alpha < 1$

EL SENO VA AUMENTANDO A MEDIDA QUE VA AUMENTANDO EL ANGULO  
 $R \text{ SEN } \alpha$  VA AUMENTANDO A MEDIDA QUE  $\alpha$  AUMENTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA-MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
TRANSMISION DE LA CARGA A UN POSTE INCLINADO	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 37 FECHA : AÑO - 1973

UNA FUERZA APLICADA EN SU BASE DE UNA CUÑA, PERMITE DESCOMPONER EN DOS FUERZAS PERPENDICULARES A LAS OTRAS 2 CARAS

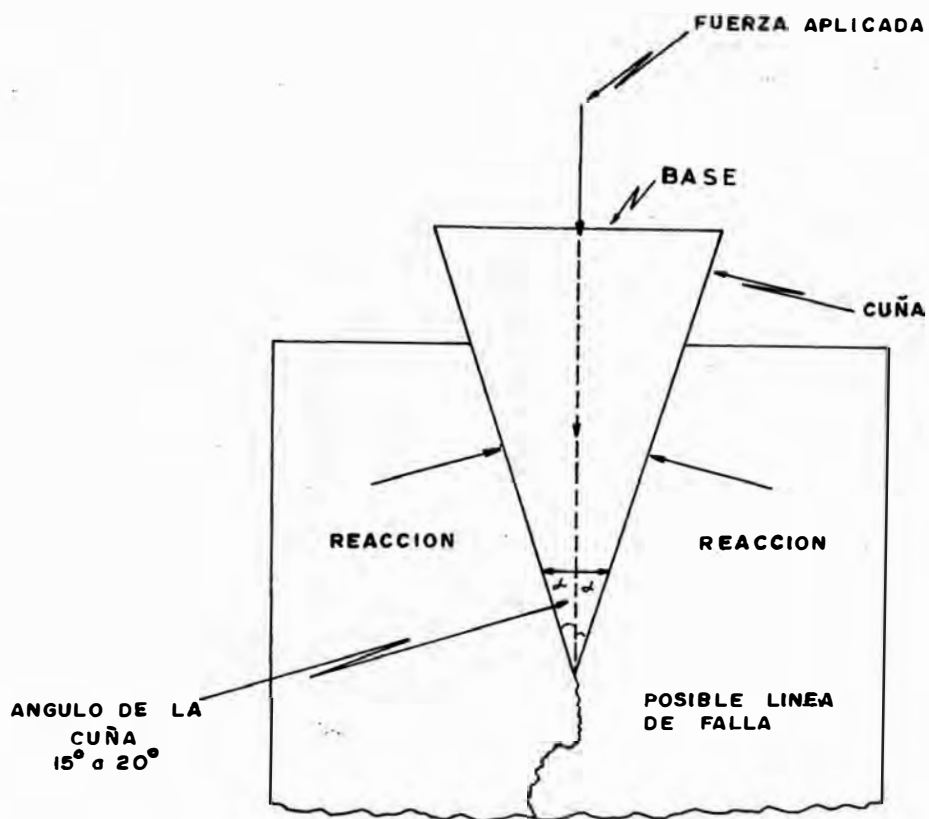


Figura 39

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ESFUERZOS DE UNA CUÑA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 39 FECHA: AÑO - 1973

Como la caída del techo de una labor, según ya se ha dicho da una forma de bóveda, es frecuente que el encribado tenga que ir disminuyendo de sección hacia arriba.

Se debe empezar sólo con dos redondos colocados longitudinalmente y sobre los apoyos del puente o sombrero o lo más cerca posible a esos apoyos. En seguida se cruzan tantos redondos transversales separados de 6 a 8 pulgadas, como lo permita la luz entre cuadros, luego se colocan otros dos cribes longitudinales sobre los apoyos anteriores o lo más cerca de ellos, y así sucesivamente, hasta llegar al techo actual de la labor. Cabe aclarar que en la última hilera de cribes, estos serán longitudinales y espaciados de 3 o 4 pulgadas. Fig. No. 43.

### 3. Otros elementos de sostenimiento

Enrejados y Entablados Estos elementos de sostenimiento tienen por objeto de impedir la caída de trozos del techo o de las cajas.

Se les llama enrejados cuando están constituidos por redondos de 4 a 6 pulgadas. También se pueden confeccionar de redondos partidos longitudinalmente.

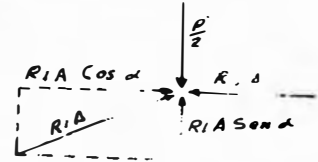
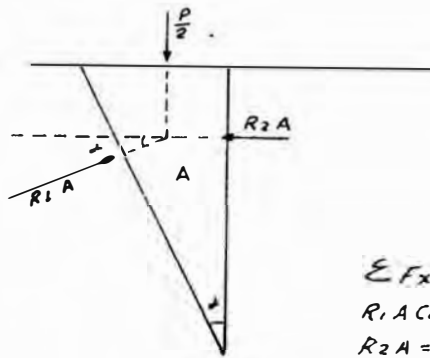
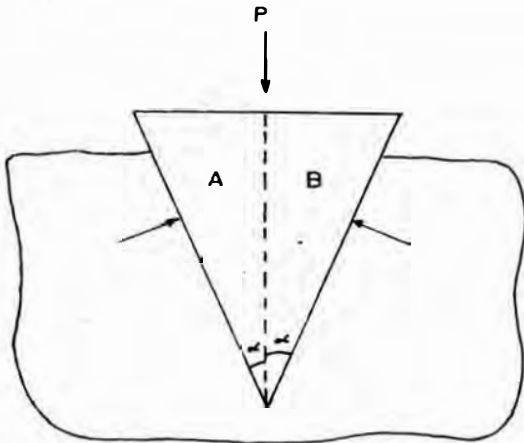
Cuando están conformadas por tablas toman el nombre de ENTABLADOS. Se pueden emplear tablas de 2 pulgadas de espesor y de 6 a 10 pulgadas de ancho con una longitud para dos cuadros o más.

La primera señal de las presiones es la flexión de los entablados o enrejado. cuando aumentan esas presiones, son estos elementos los primeros que deben fallar, por lo tanto, es necesario que sean lo suficientemente débiles para romperse antes que se desarrollen presiones más fuertes, capaces de dañar a las piezas principales de la estructura de sostenimiento.

Se emplean los enrejados en terrenos fracturados y quebrados, en cambio, en terrenos molidos y arcillosos se usan los entablados.

# CALCULO DE LAS FUERZAS DE LAS REACCIONES DEL CUERPO SOBRE LA CUÑA

DIAGRAMA DEL CUERPO LIBRE



① en ②  
 $R_{2A} = \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \alpha$  ③

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{1A} \cos \alpha - R_{2A} = 0$$

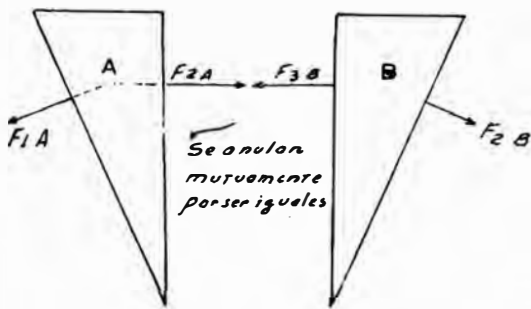
$$R_{2A} = R_{1A} \cos \alpha \dots \textcircled{1}$$

$$\sum F_y = 0$$

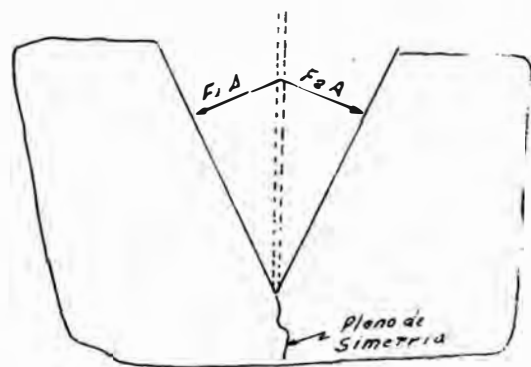
$$\frac{P}{2} - R_{1A} \sin \alpha = 0$$

$$F_{1A} = R_{1A} = \frac{P}{2 \sin \alpha} \dots \textcircled{2}$$

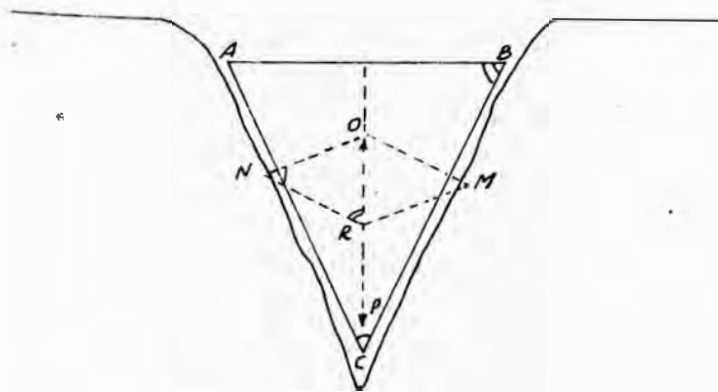
TOMANDO LAS FUERZAS QUE APLICA CADA CUÑA



FUERZAS EN LA ROCA



Por ser iguales la rajadura, tiene que realizarse en el plano de simetria de ambas fuerzas. Si fuera un material homogenio, la rajadura seria una linea perfecta que pasaria por el plano de simetria, pero como los materiales, nunca son completamente homogenios, la rajadura es variable, pero siempre se aproxima al plano de simetria.



Lo que indica, que en esta clase de cuñas mientras mayor sea la dimension AC tanto mayor debera ser la reaccion de la fuerza F, y mientras pequena sea la distancia AC, tanto menor sera la reaccion F.

Cuando no se toma en cuenta el ángulo RO y RP son fuerzas opuestas e iguales OR que es la reaccion del golpe dado a la cuña, representado por la fuerza P

$$\Delta ABC \cong \Delta ORM$$

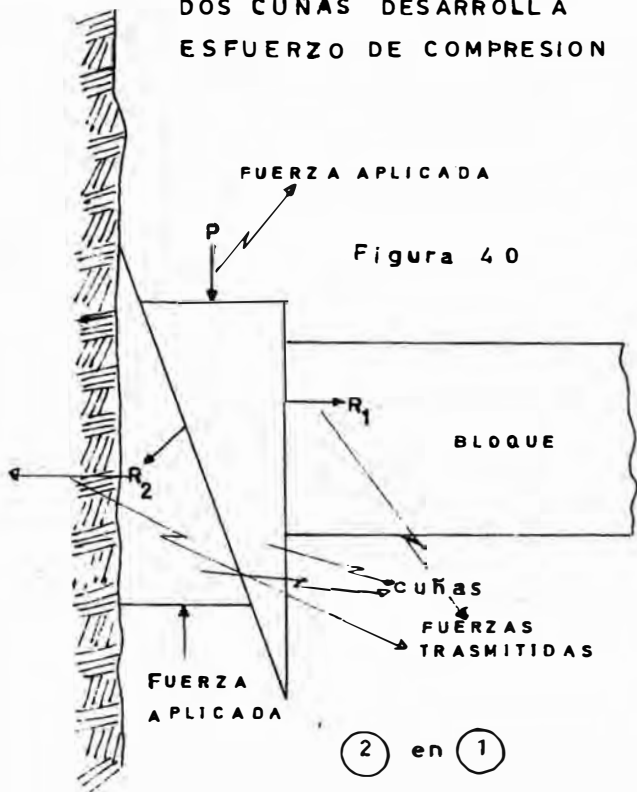
$$\frac{OR}{AB} = \frac{ON}{AC}; \frac{OR}{ON} = \frac{AB}{AC}$$

pero ON representa una fuerza F, que es la reaccion del cuerpo sobre la cuña;

OR que equivale a la potencia P nos da:

$$\frac{P}{F} = \frac{AB}{AC} \quad F = P \frac{AC}{AB} \quad F_{1A} = F_{2B}$$

ACCION DEL BLOQUE CON DOS CUÑAS DESARROLLA ESFUERZO DE COMPRESION



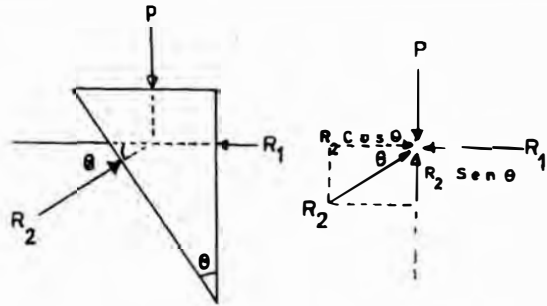
(2) en (1)

$$R_1 = \frac{P \cdot \cos \theta}{\sin \theta}$$

$$R_1 = P \cdot \text{ctg} \theta$$

$$R_1 = P \frac{H}{L} \quad (3)$$

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE



$$\sum F_x = 0$$

$$R_2 \cos \theta - R_1 = 0$$

$$R_1 = R_2 \cos \theta \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$P - R_2 \sin \theta = 0$$

$$R_2 = \frac{P}{\sin \theta} \quad (2)$$

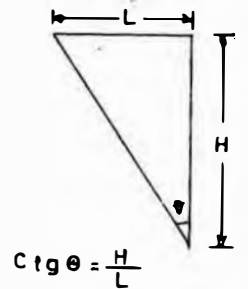
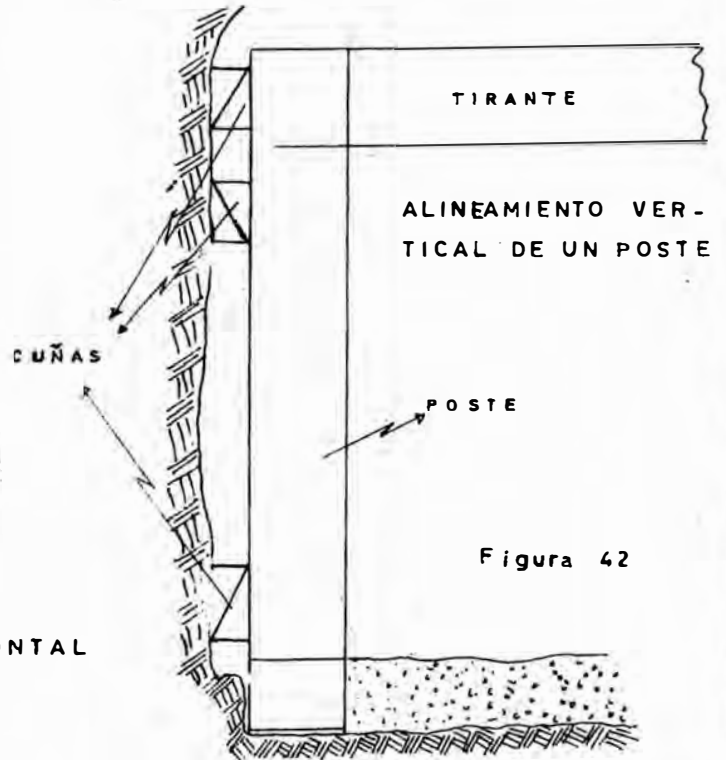
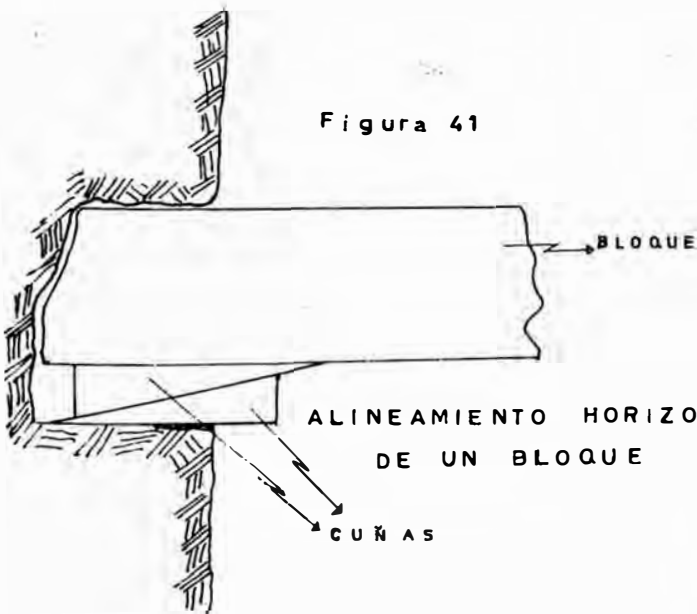


Figura 41



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA-MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
USOS DE LA CUÑA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 40 41 42 FECHA: AÑO - 1973

LOS CRIBES PUEDEN SER REDONDOS DE 8 A 4  
PULGADAS DE DIAMETRO O MADERA ESCUADRADA



Figura 43

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ENCRIBADO DEL TECHO DE UNA GALERIA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 43 FECHA: AÑO - 1975

En terrenos molidos y arcillosos donde la presión es constante, conviene emplear en los hastiales el sistema de CASILLEROS en el cual las tablas se colocan inclinadas y apoyadas sobre TACOS que se clavan en los postes. Fig. 44.

En este sistema cuando los casilleros se llenan, debe limpiarse el material a fin de disminuir la presión y permitir una mayor duración de las tablas.

Una buena práctica consiste en rellenar los espacios entre el terreno y los entablados (o enrejados) con terreno molido que amortigua la caída de trozos del techo o cajas.

En algunos casos, para defender a la estructura de la presión del terreno, los entablados se colocan solamente en el espacio entre cuadros, apoyados sobre TOPES verticales.

Si se tuviera que dejar cuneta para drenaje del agua a uno o ambos lados de la labor, será necesario sostener el relleno que cae de las cajas, mediante tablas horizontales apoyadas sobre el piso con pequeños topes de uno o dos pies de altura que dejan un espacio suficiente para la limpieza de la cuneta. Fig. No. 45.

Longarinas.- Pueden ser de secciones de 8", 10" x 10" y longitud que pueden variar de 10 pies hasta 18 pies; que se emplean sólo en casos especiales como los siguientes:

Cuando se va a comunicar una chimenea o tajeo a un nivel superior, se colocan longarinas longitudinales debajo de las soleras en las galerías que van a ser afectadas. Se pondrá una sola longarina junto a los postes respectivos, cuando va a afectar un sólo lado, en caso contrario se puede colocar en el centro de las soleras o bien se emplearán dos longarinas, una a cada lado. Fig. No. 46.

Si los cuadros no tuvieran soleras, las longarinas podrían colocarse también longitudinalmente pero esta vez sobre el piso de las galerías, y una a cada lado

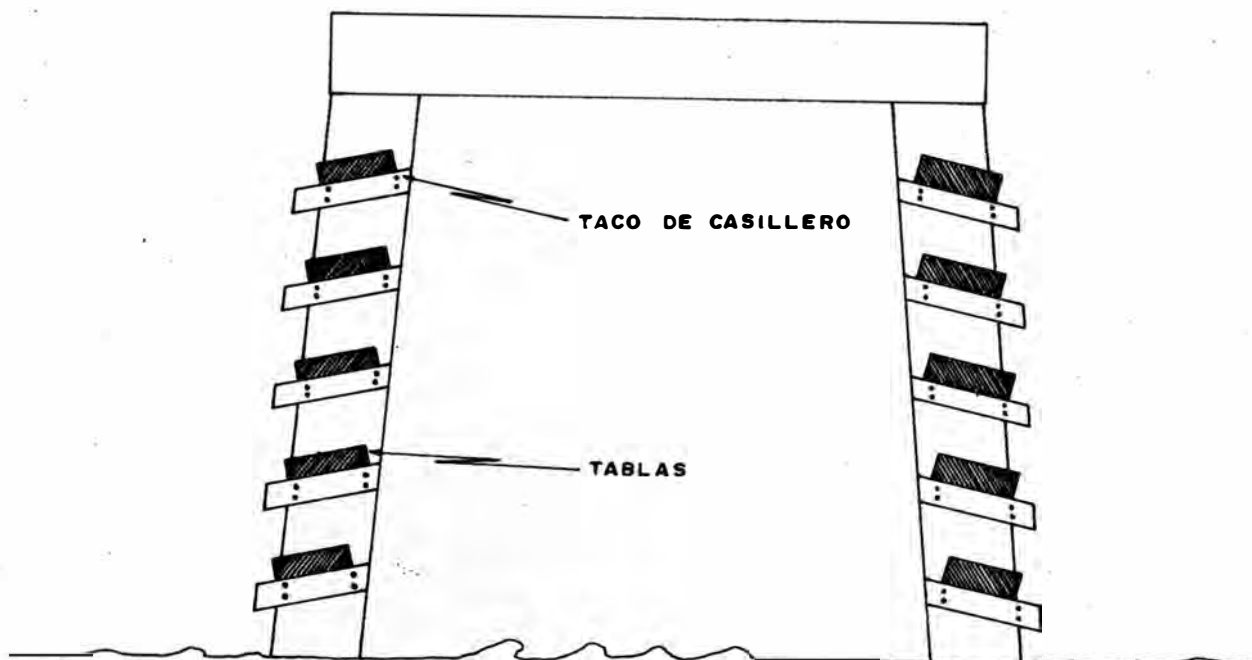


Figura 44

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ENTABLADO POR EL SISTEMA DE CA- SILLEROS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 44
	FECHA: AÑO - 1973



## FORMA DE PROTEGER UNA CUNETETA

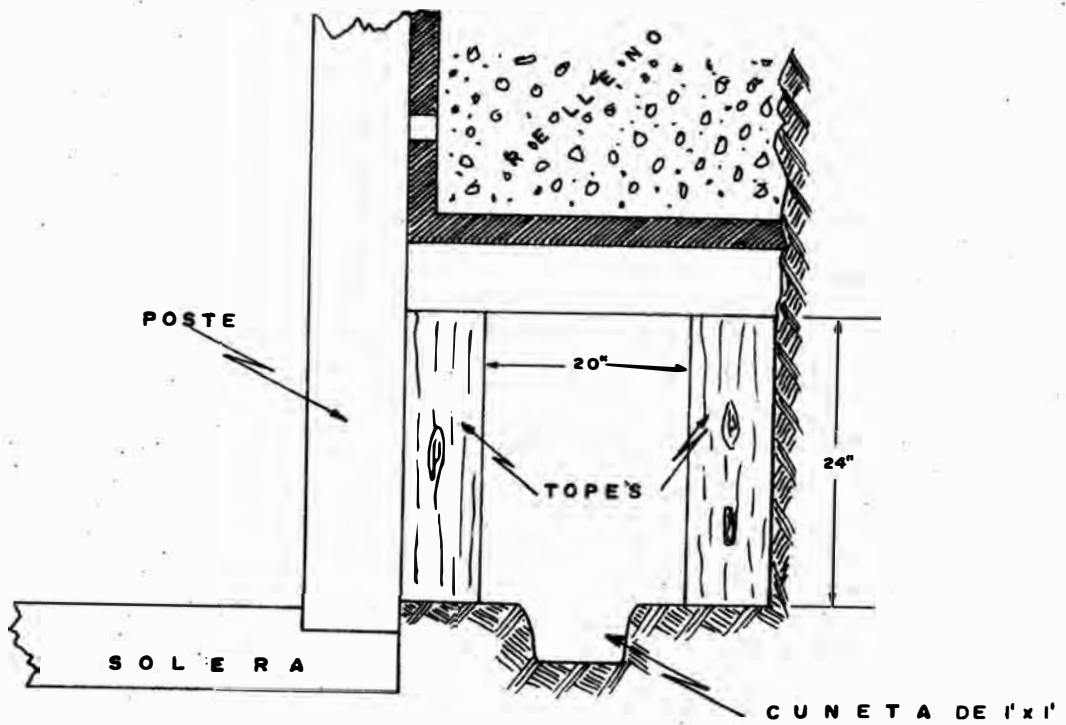


Figura 45

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
DRENAJE DEL AGUA EN LAS GALERIAS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 45 FECHA : AÑO - 1973

de las hileras de postes, luego se apoyarían en ellas, puntales que sostendrán provisionalmente los sombreros. Si se quiere después de retirar los postes, se coloca otra longarina longitudinal en forma permanente, debajo del piso, y en ella se apoyan dichos postes. En este último caso, de ser necesaria la longarina queda como una solera longitudinal, que puede ir igualmente a un sólo lado a ambos lados. Fig. 47.

En este mismo caso de cuadros sin solera, deberá ponerse otra longarina al centro, para soportar el enriado, de no ser posible la interrupción del tráfico de convoyes.

Cuando la distancia entre las cajas de vetas es grande, se requerirían bloques muy largos para bloquear el sombrero y la solera de un cuadro corriente, siendo preferible emplear longarinas transversales en lugar de tales piezas de cuadro. Fig. No. 48

Esta misma solución puede aplicarse, en el caso de que se comunicara un tajo o chimenea desde un nivel inferior, apoyando las soleras en buenas patillas hechas en las cajas.

Cuando se va a confeccionar una tolva en una galería enmaderada, se tiene que cambiar los sombreros y a veces los puentes de los cuadros afectados por longarinas transversales, tal como se indicará más adelante.

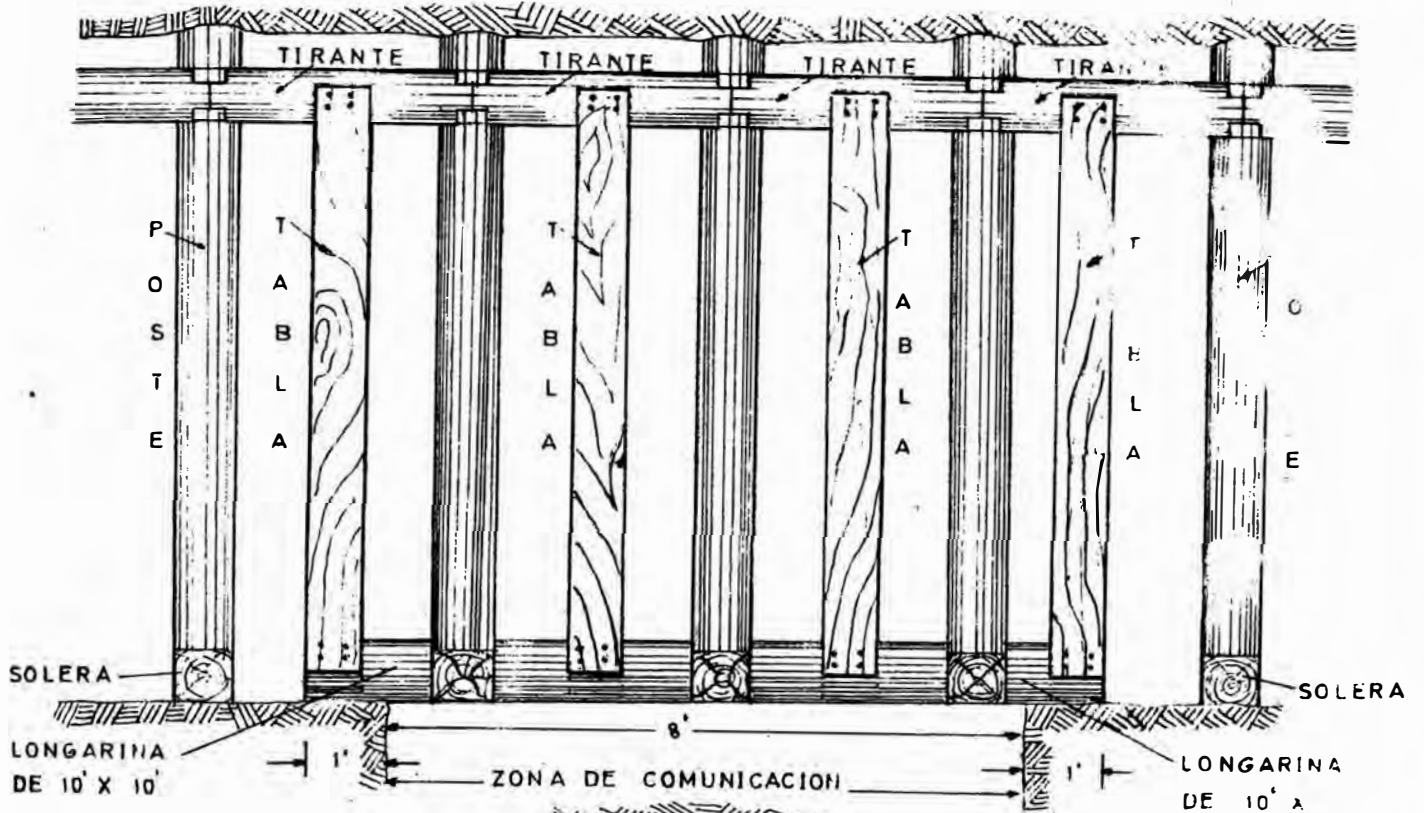
A veces se usan longarinas longitudinales para apoyar postes de refuerzo en labores donde los sombreros de algunos cuadros han empezado a fallar.

También se emplean longarinas longitudinales como sombreros, y otras como soleras, en los llamados cuadros longitudinales.

Muchas veces, cuando las zonas de comunicación van a ser muy amplias, se usan tres longarinas. Se coloca dos de ellas en contacto, tope a tope, y una tercera centrada sobre las otras dos. Las presiones de los postes provisionales situados

Fig 46

CUADRO CON SOLERA



CUADRO SIN SOLERA

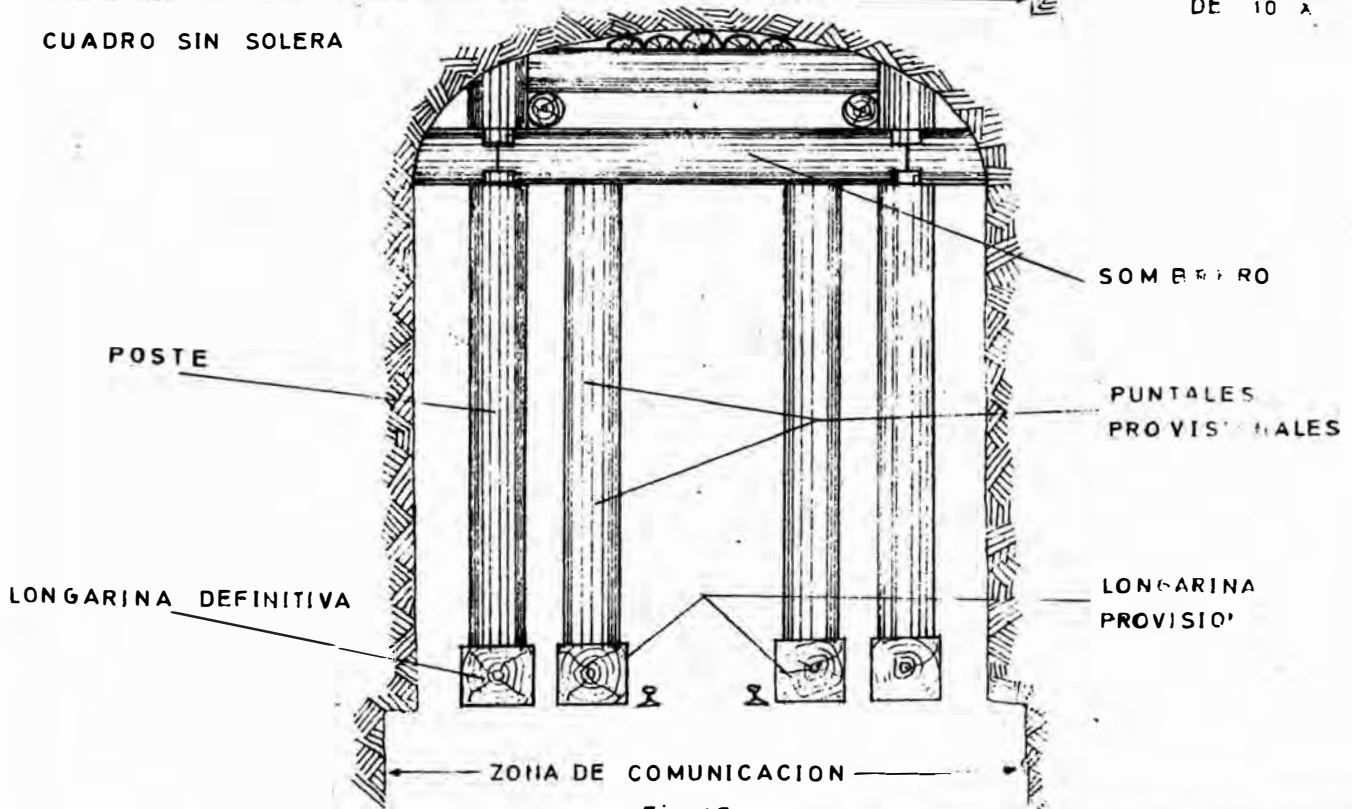


Fig. 47

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA	
<b>TESIS DE GRADO</b>	
USOS DE LA LONGARINA	
TRAZO Y DIBUJO	Figuras: 46, 47
VICENTE DONAY	1973

CUANDO LA DISTANCIA EN LAS CAJAS DE LA VETA  
SE EMPLEAN LONGARINAS GRANDE GRANDE

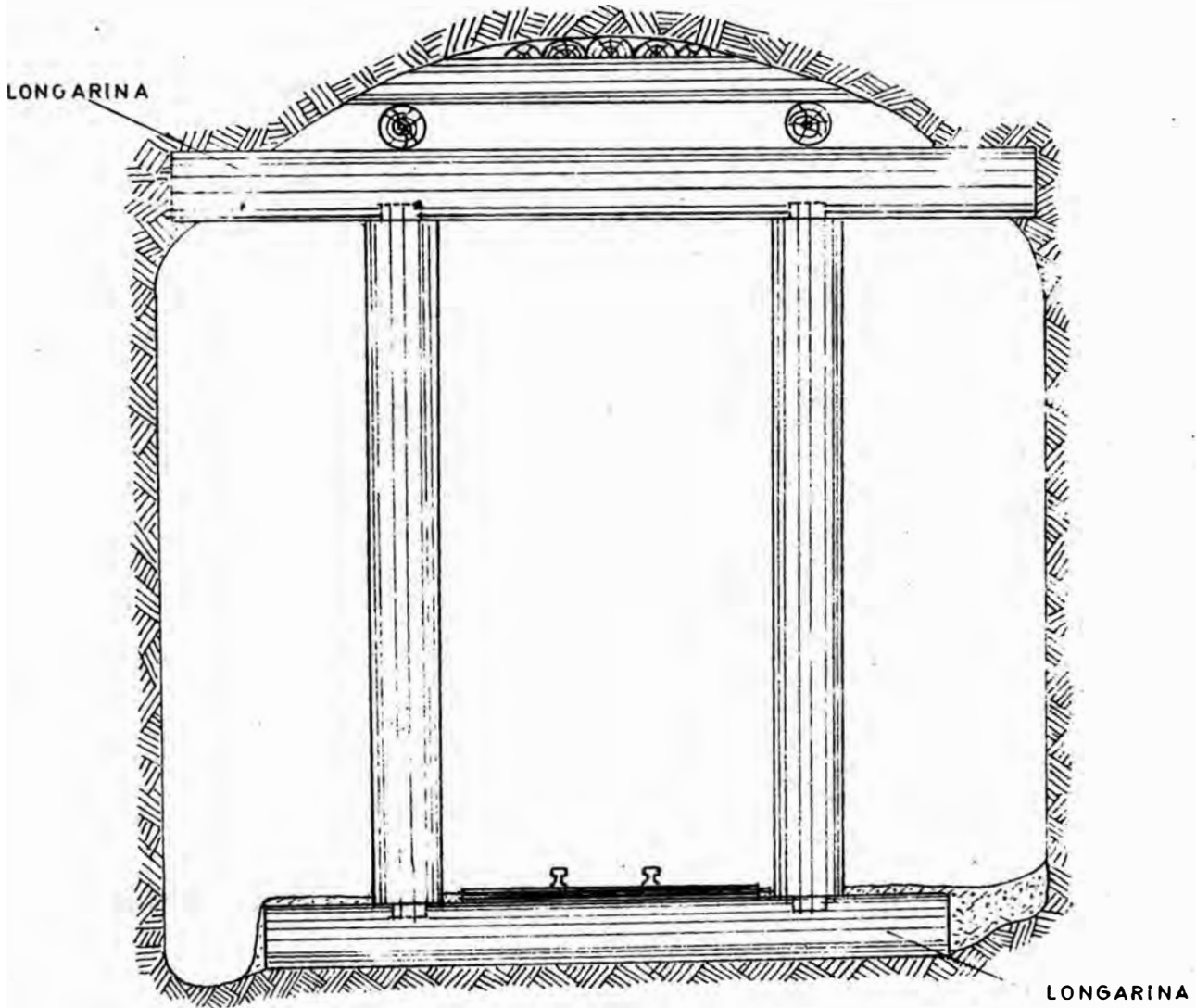


Fig 48

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
USOS DE LA LONGARINA	
TRAZO Y DIBUJO	Fig. 48 - 48
VICENTE DONAYRES	Febrero - Abril 1973

a los extremos compensan las presiones de los postes que se apoyan sobre la zona central pero, en este caso la madera estará sometida a un gran esfuerzo de flexión que no debe prolongarse por mucho tiempo. Fig. No. 49

Existen muchos otros casos especiales en que se emplean las longarinas en conexión con el sostenimiento de labores horizontales, pero se ha referido sólo a los más frecuentes y comunes.

FORMA DE UTILIZAR LONGARINAS PARA COMUNICACIONES AMPLIAS

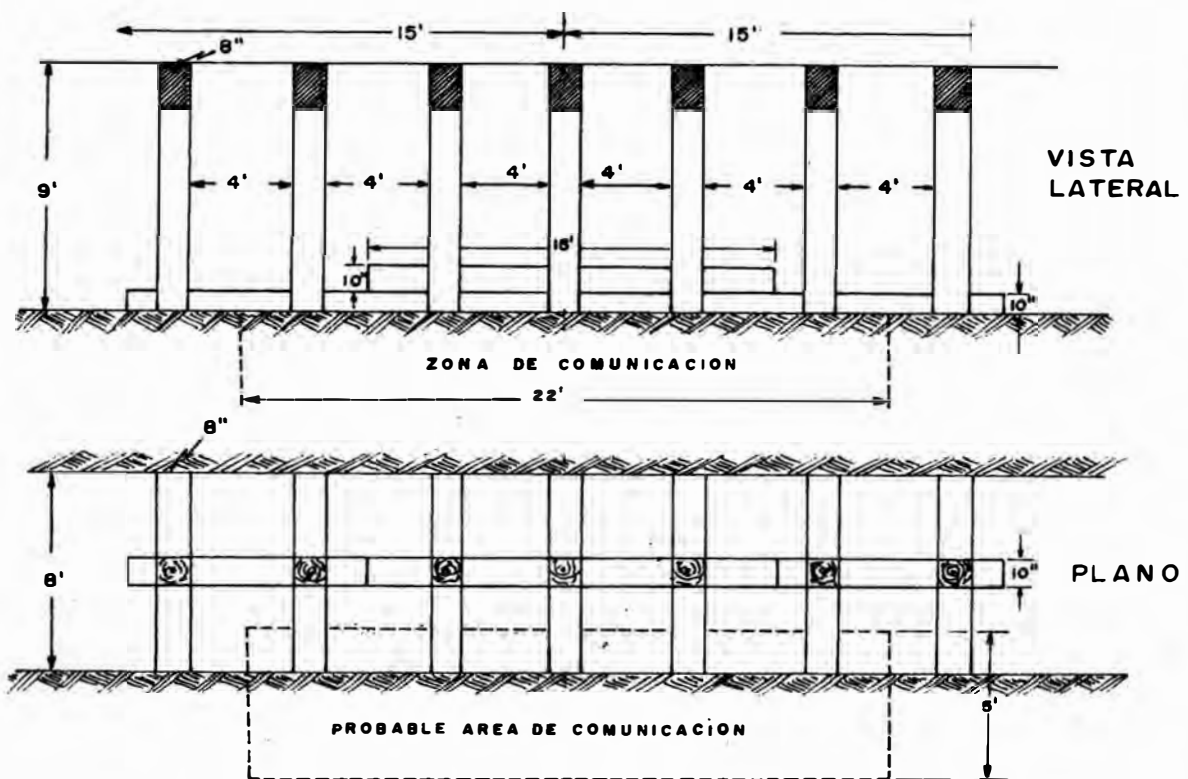


Figura 49

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA-MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
USOS DE LA LONGARINA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 49 FECHA : AÑO - 1973

### C A P I T U L O    I I I

#### SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS

Se pueden considerar las estructuras de los tipos siguientes:

- Puntales.
- Pilares de madera.
- Pilares de madera y roca.
- Cuadros de madera.

1. Puntales.- Son los elementos mas simples y de uso mas frecuente en el sostenimiento de labores mineras inclinadas.

Generalmente, se emplean puntales de madera escuadrada (5" x 8", 6" x 8", 10" x 10") o redondos de 8" a 12" de diámetro, con longitudes de 3 a 10 pies.

Conviene conocer que, al igual que un poste, en un puntal se llama Cabeza al extremo superior (hacia la caja cabeza o techo), Pie, el extremo inferior

(hacia la caja pie o piso) y Cuerpo, a todo el largo del puntal mismo. Además se llama Plantilla a una pequeña tabla de 2" ó 3" de grosor que se coloca, a veces mediante cuñas, en el piso (o en la cajatecho), para alojar el pie del puntal e impedir su deslizamiento. Fig. N°49 a.

Los puntales de madera están sometidos a un esfuerzo de compresión paralelo a las fibras, es decir que en ellos se aprovecha la mayor resistencia de la madera. Sin embargo, en dos casos se puede producir un esfuerzo de flexión inconveniente.

- Cuando la longitud del puntal pase del límite de resistencia de la carga axial. La relación de esbeltez, para secciones de 10" x 10" no debe pasar de 15, y para secciones de 8" x 8" no debe pasar de 15.

Cuando se coloca un puntal fuera de la línea de acción de carga, esto es inclinada en labores horizontales o fuera de la perpendicular en labores inclinadas.

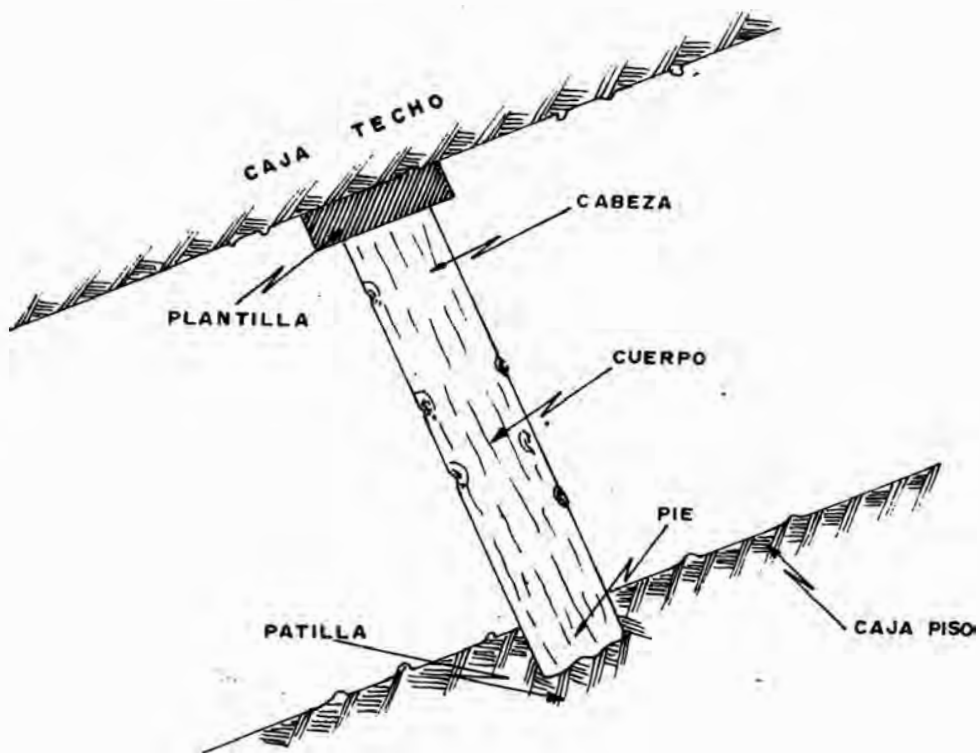
Sin embargo los puntales con una ligera inclinación hacia adelante del pie, fuera de la perpendicular (hacia la caja techo) con el doble objeto de prevenir su caída bajo el peso del mineral o desmonte y de permitir que sean ajustados hacia la verdadera posición perpendicular con un pequeño desplazamiento de la caja techo que si siempre tiende, aunque ligeramente, hacia abajo. El ángulo que se forma entre la perpendicular y la inclinación, del puntal debe estar entre los 5 y 10 grados, siendo mayor a mayor inclinación de las cajas. Fig. N°50.

Más fácil de seguir es la regla que establece adelantar el puntal sobre la caja techo una pulgada por cada pie de distancia perpendicular entre las cajas. Ejemplo, para una distancia de 8 pies, medida a escuadra entre las cajas, se debe adelantar el punto en 8 pulgadas. Fig. N°51.

Como se comprenderá fácilmente, esta práctica debe seguirse, principalmente en puntales de línea, en chimeneas y tajeros donde ellos deben durar un



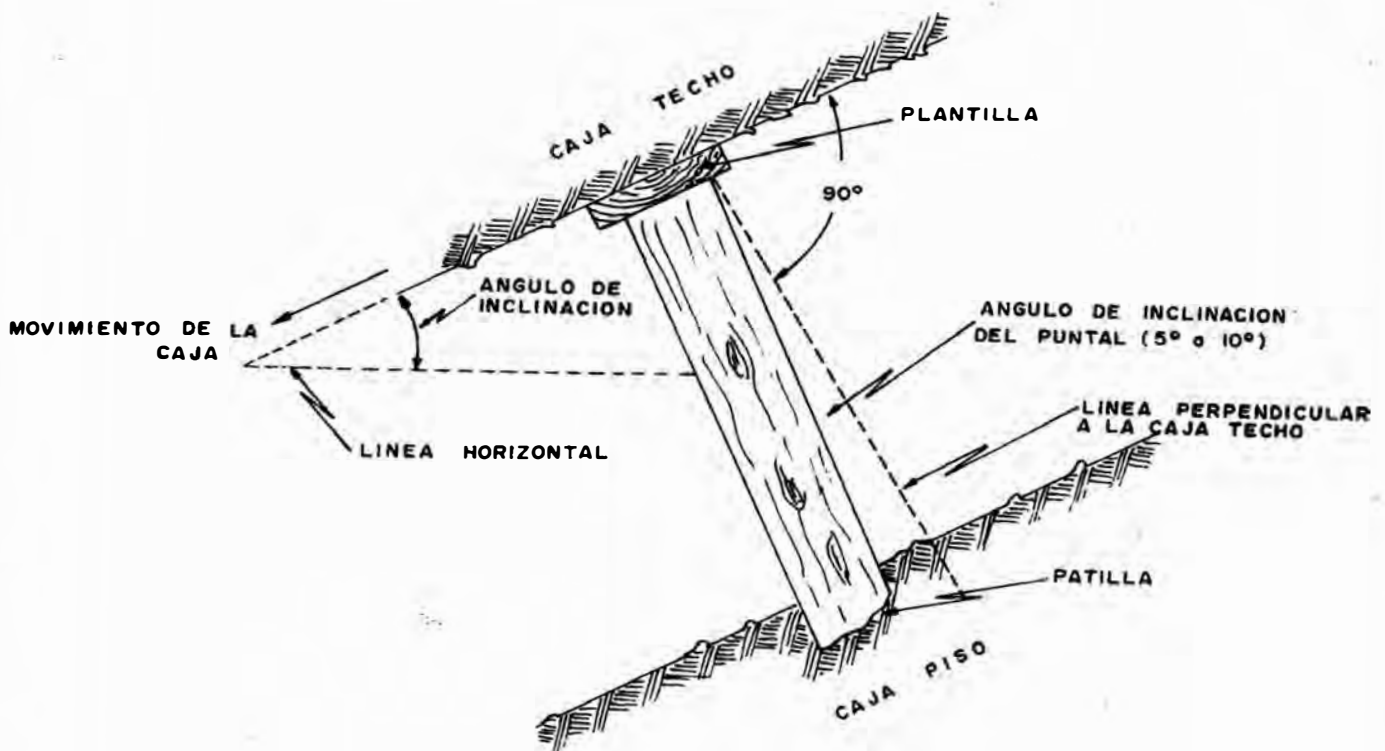
## EL PUNTAL



Sección: 5" x 8", 8" x 8"  
 6" x 8", 10" x 10" } Longitud de 3' a 10'  
 diámetro: 8" a 10"

Figura 49a

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 49a FECHA: AÑO - 1973



Puntal con ligera inclinación (5° a 10°), se consigue a su verdadera posición, posteriormente por movimiento de la caja techo hacia abajo.

Figura 50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 50 FECHA: AÑO - 1973

tiempo mayor o deben soportar la presión del mineral o desmonte. No es en cambio necesaria en puntales de explotación que pronto será cubierto por relleno.

Es conocido que los puntales se usan en las minas hasta el límite de su capacidad de resistencia y que cuando fallan son reemplazados o doblados, es decir que junto a ellos se colocan nuevos puntales. Entonces, de antemano se sabe que han de durar un corto tiempo. Con todo existen algunos recursos que permiten prolongar el tiempo útil de los puntales y que se verá a continuación:

- Colocando, como ya hemos visto, una PLANTILLA sobre la cabeza del puntal. La plantilla sirve para amortiguar la presión, aunque está sujeta a compresión perpendicular a las fibras, permitiendo prolongar la vida del puntal, además la plantilla distribuye mejor la presión del terreno, lo que no sucedería si el puntal fuera colocado directamente sobre las irregularidades de la caja techo. Además la plantilla permite también sostener algunas partes flojas del techo en las proximidades del puntal.

Normalmente las plantillas sólo deben tener una longitud mayor de 6 a 8 pulgadas que el diámetro del puntal, pero en el caso de techo suelto pueden llegar a tener hasta más de 4" x 8" x 24".

- Colocando dos plantillas, una en la cabeza y otra al pie del puntal, permite una mayor duración del puntal y es particularmente útil cuando la caja piso, es suave, de otro modo el puntal terminaría clavándose en el piso.

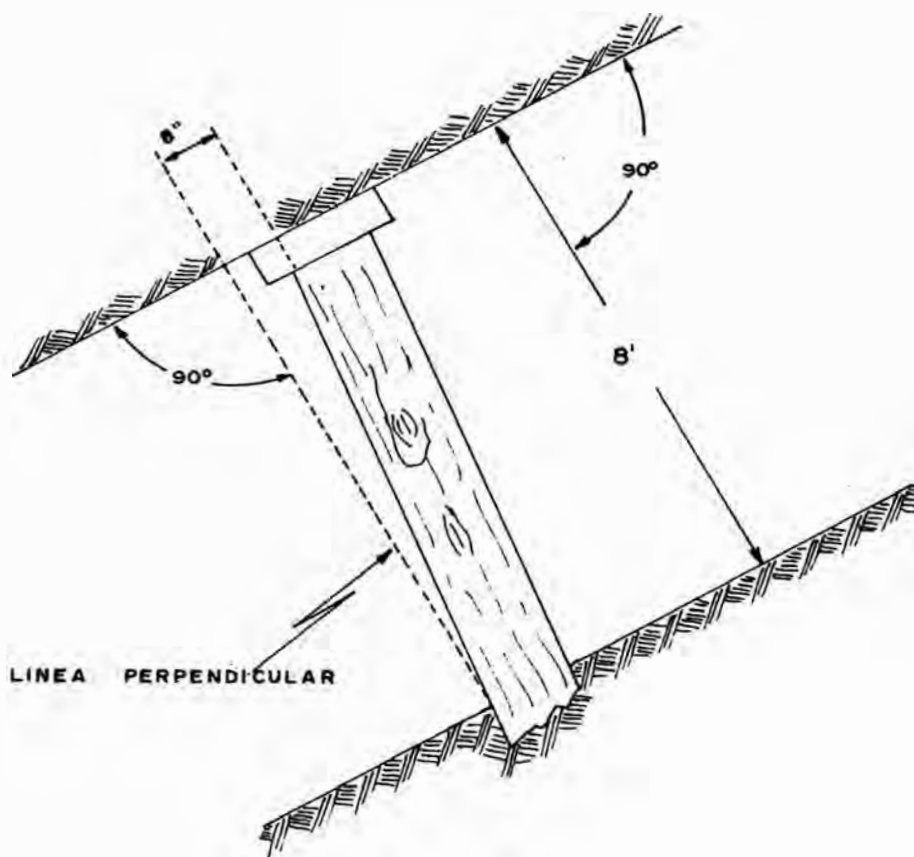
Se debe aclarar que, en el caso de puntales de explotación que han de ser cubiertos pronto con relleno y tratándose de vetas con cajas regulares y sólidas no es indispensable el uso de plantillas. Se puede usar al techo simplemente curñas.

La PATILLA debe tener mayor inclinación que las cajas y más profundamente hacia abajo para impedir el deslizamiento del puntal.

En terrenos compactos y fracturados, la profundidad puede ser de dos a una

**REGLA PRACTICA.-** Adelantar el puntal sobre la caja techo una pulgada por pie de distancia perpendicular entre las cajas.

**EJEMPLO:** Para 8' de distancia perpendicular entre las cajas, se debe adelantar el puntal en 8 pulgadas.



**Figura 51**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS COLOCACION DE UN PUNTAL	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 51
	FECHA: AÑO - 1973

pulgada, en terreno quebrado de 4 a 2 pulgadas. Fig. N°52, y en terrenos molidos y algo arcillosos, de 6 a 8 pulgadas. En general, el terreno rajado o suelto debe ser removido antes de preparar la patilla. Para hacer la excavación se emplea punta y martillo. (de 4 a 6 libras) o máquina patilladora (pick-hamer).

Si los puntales van a soportar presión lateral, por mineral o desmonte, conviene que el fondo de las patillas tenga inclinación adecuada en tal sentido.

Fig. N°53.

El espaciamiento acostumbrado entre puntales es de 3 a 5 pies, en los sentidos de dirección e inclinación de la veta, dependiendo de la dureza y fracturamiento de las cajas.

Raras veces se usan distancias mayores de 6 pies.

Solamente después de haber elegido el sitio de ubicación, tener lista la patilla, arreglada la superficie del techo y cortada la plantilla, se debe medir la longitud del puntal para cortarlo exactamente.

Los puntales de línea deben ser acordelados en la CABEZA y el PIE basándose en el alineamiento de dos o tres puntales ya colocados. Los puntales perpendiculares a las cajas deben ser chequeados con la escuadra en los sentidos de la dirección e inclinación de las cajas.

2. Pilares de madera.- Son construidos con madera redonda o escuadrada entramada constituyendo una estructura. La sección de las piezas de madera puede ser de 4 a 6 pulgadas (redonda o escuadrada) y el área del pilar es comúnmente de 2' x 2' con 4 a 6 piezas cada emparrillado. Raras veces se usan pilares de 4' x 4'.

Las piezas de cada capa de emparrillado se colocan juntas o con espacios de unas 3 ó 4 pulgadas y son unidas por un cable de acero delgado (usado) o por varillas de fierro de 3/8" que pasan por agujeros preparados cerca de los extremos de cada pieza. Fig. N°54.

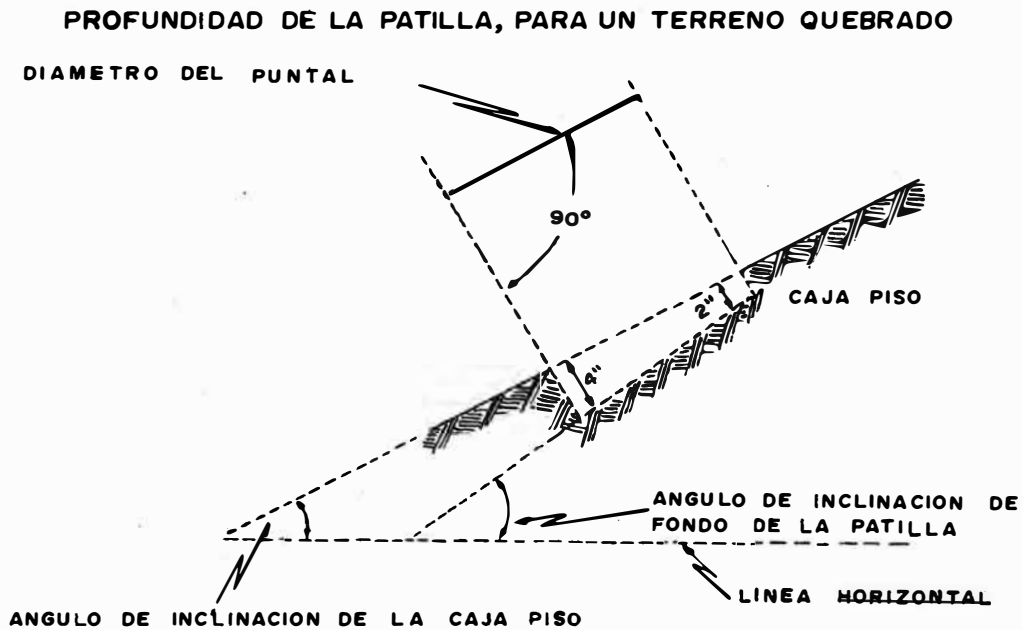


Figura 52

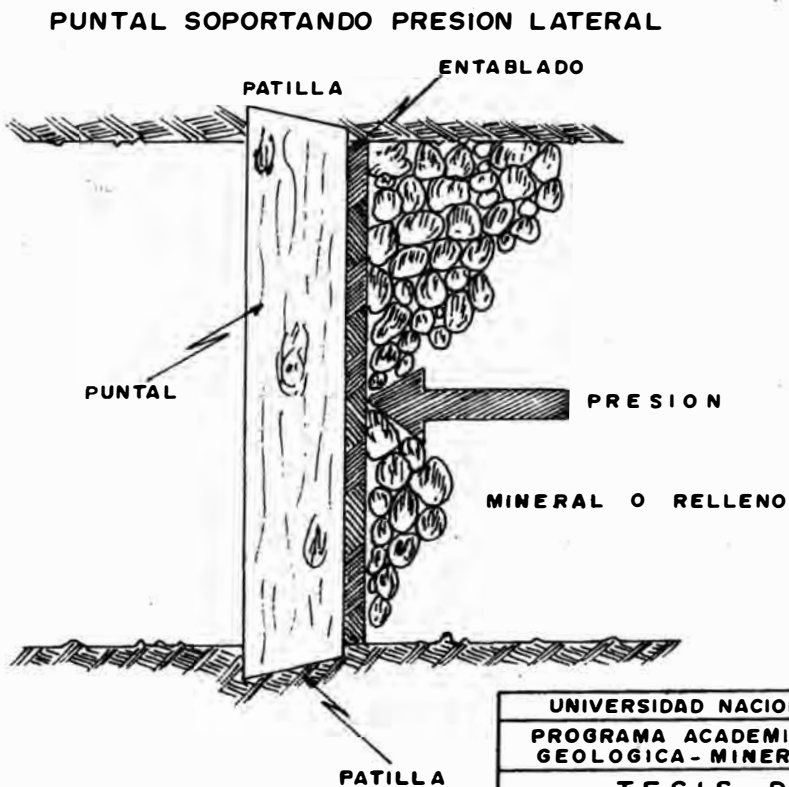


Figura 53

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA-MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS COLOCACION DE PUNTALES	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 52-53 FECHA: AÑO - 1973

Las capas de emparrilados se construyen una encima de otra alternativamente en el sentido de la dirección y de la inclinación de la veta hasta alcanzar la altura del techo, por último se acuña el pilar con bloques o cuñas largas en el tope o a cierta altura. Fig. N°55.

En estructuras de este tipo la madera trabaja a compresión perpendicular a las fibras y, como consecuencia, se aplasta mucho mas que si fuera cargada en el sentido de las fibras.

A veces se construyen pilares HUECOS en las cuales únicamente se colocan dos piezas por capa y solamente a los extremos, pero su resistencia es notablemente menor y, además, se produce cierto esfuerzo de flexión en las capas superiores.

Los pilares de madera y los de madera y roca, han desplazado a los de concreto y a los anillos circulares de su empleo en labores con mas de 30° de inclinación debido a su mayor compresibilidad que permite un mejor control del asentamiento del techo.

Para empezar la construcción de un pilar de madera en labores muy inclinadas, es necesario instalar primero dos pequeños puntales provisionales en los extremos inferiores de lo que ha de ser el pilar. Se puede emplear también barras de acero, graduables; luego se colocan las dos primeras piezas en el sentido de la dirección, apoyándolos en los mismos puntales.

A veces se apoyan los primeros elementos en PLANTILLAS largas especiales.

Las principales ventajas de los pilares de madera son:

1.- Buena resistencia en zonas con mucha carga, como en terreno muy quebrado, zonas de fallas, pequeños derrumbes, etc.

2.- Buen sostenimiento en zonas grandes a los cuales no se puede proporcionar relleno rápidamente.

FORMA DE PREPARAR UN PILAR DE MADERA

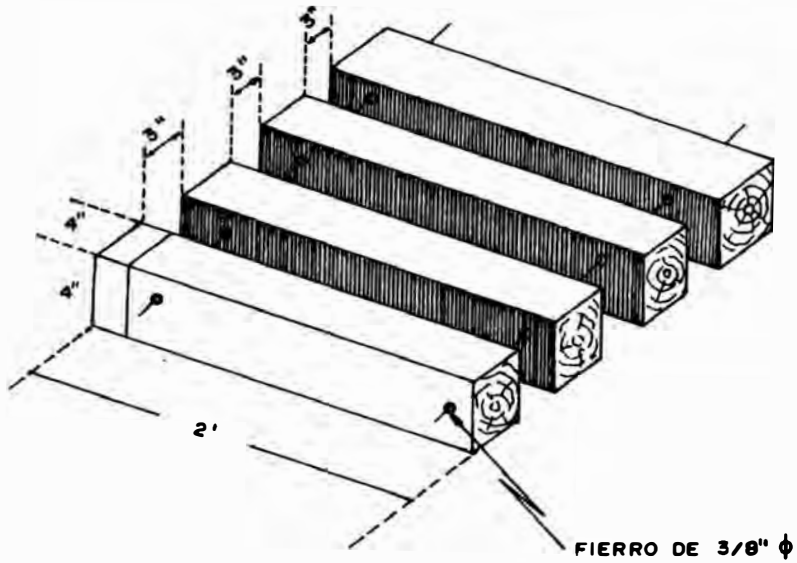


Figura 54

FORMA DE ACUÑAR UN PILAR DE MADERA  
CAJA T E C H O

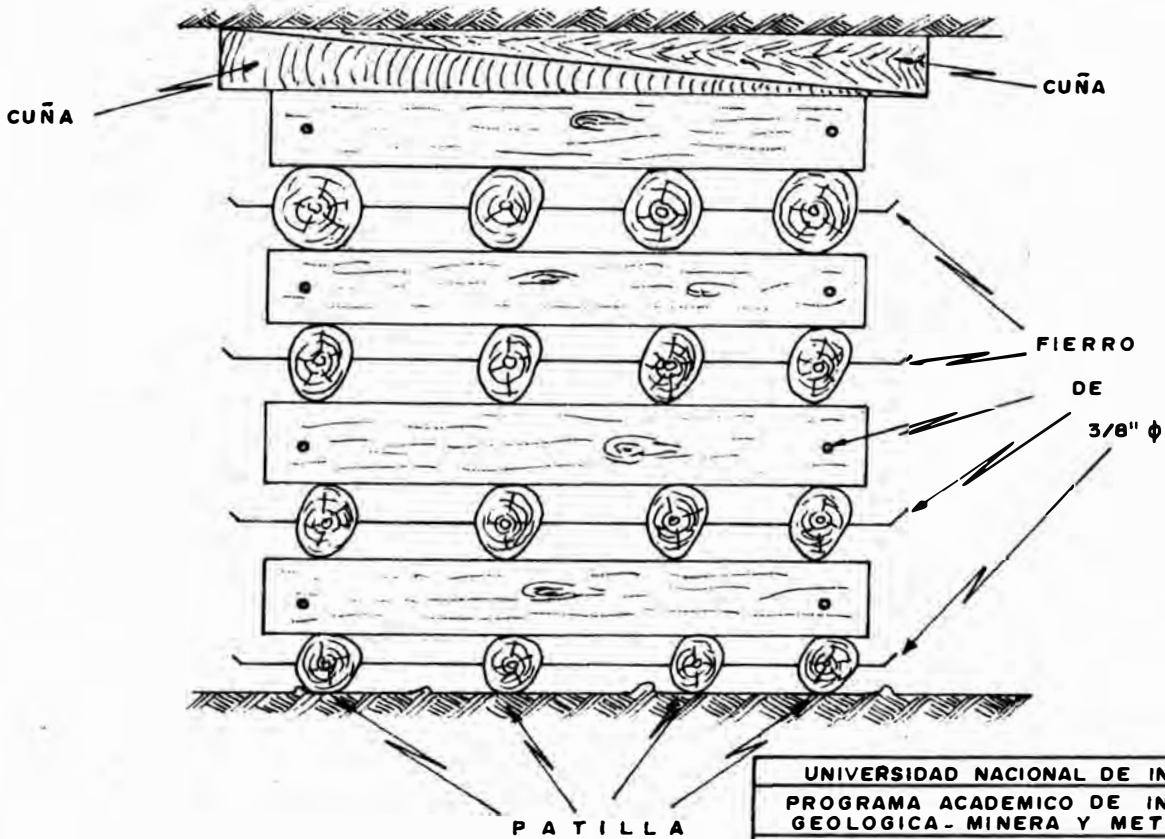


Figura 55

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS PILARES DE MADERA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 54 - 55 FECHA: AÑO - 1973



3.- Fácil y rápida construcción con personal entrenado.

4.- Relativamente bajo costo, debido a la pequeña sección de la madera necesaria.

En cambio las desventajas importantes son:

1.- Por la cantidad de madera que contienen, representan un riesgo de incendio.

2.- Tienen tendencia a fallar por descomposición de la madera.

3.- Cuando se derrumban pueden dificultar el acceso a la zona.

3. Pilares de madera y roca.- Son muy similares a los anteriores en la clase de esfuerzo que desarrollan aún en la construcción, siendo la principal diferencia que sólo es de madera la estructura exterior. El relleno de dicha estructura lo constituyen trozos de roca, que muchas veces provienen del mismo escogido. (pallaqueo).

La estructura exterior, que podríamos comparar con una serie de marcos apoyados uno encima de otro, está constituida por palos redondos de 4 a 6 pulgadas de diámetro. Las uniones se efectúan en las esquinas con trozos de cable delgado o pasadores de fierro redondo de  $3/8''$  que se colocan perpendicularmente. Se pueden emplear tirafones para este objeto. Fig. N°56.

En la construcción de la estructura se puede emplear durmientes de riel usados y desechados, que siempre abundan.

Para uniones más sencillas se pueden hacer destajes curvos cerca a los extremos de las piezas. Fig. N°57.

Se deben colocar lajas (trozos mas o menos planos) de roca entre los vacíos de la estructura exterior para evitar el esfuerzo de flexión de las piezas. Fig. N°58.

Luego se rellena toda la estructura con trozos de roca, que deben ser bien

FORMA DE COLOCAR UN PILAR DE MADERA Y ROCA

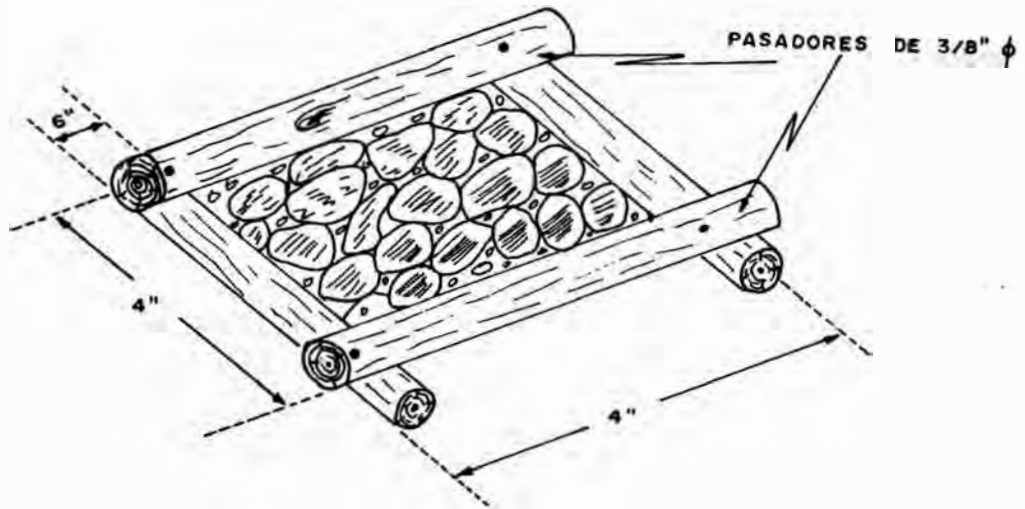


Figura 56

PILAR DE MADERA Y ROCA, CON DESTAJES, CURVAS

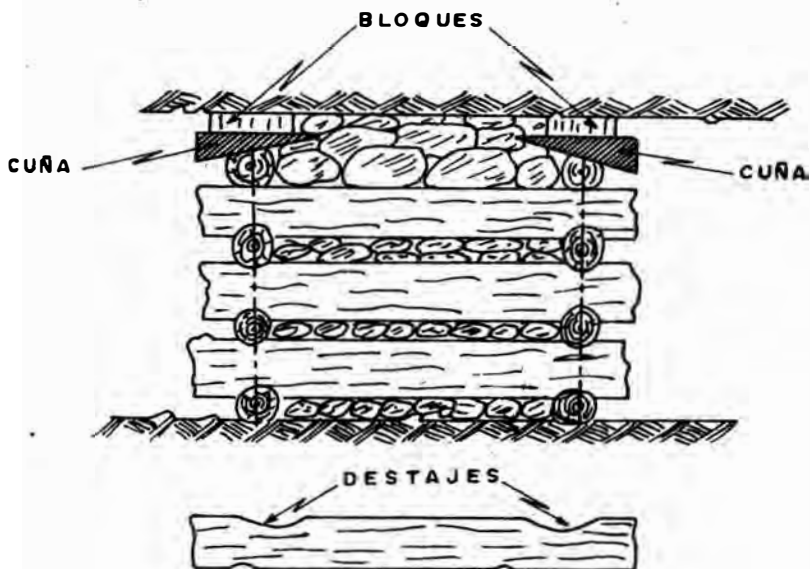


Figura 57

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS PILAR DE MADERA Y ROCA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 56 - 57 FECHA: AÑO - 1973

acomodados para mejor compactación y resistencia a la compresión. Finalmente se bloquea la estructura y se ajusta con cuñas grandes, especialmente en las esquinas.

Estos pilares pueden tener de 4 a 12 pies por lado y hasta 20 pies de altura. La sección mas usada es la de 4 por 4 pies. Algunas veces se les construye de madera escuadrada o de redondos tajados por dos caras. Fig. N°59.

Los pilares de madera y roca tienen las mismas ventajas que los de madera, siendo su costo mucho mas bajo. En cambio sus desventajas son:

1.- Dificultad de construirlos muy sólidos. Generalmente las cuatro esquinas actuan como soporte hasta que se carga un peso considerable.

2.- Tendencia a derrumbarse cuando fallan, dificultando el acceso a las labores.

Con respecto a los pilares en general, sean de madera o de madera-roca, debemos decir que también se les emplea, aunque no frecuentemente, en sostenimiento de labores horizontales.

4. Cuadros de madera.- Se utilizan estas estructuras, principalmente, cuando se trabajan depósitos minerales grandes, irregulares y en los cuales las cajas y el mineral, o uno de ellos, son poco resistentes.

Las razones por las cuales se emplean en tales casos estas estructuras, son de preferencia las siguientes:

1.- Los cuadros se van apoyando entre sí, como si se tratara de una sola estructura, de manera que su resistencia no depende, tanto como en los otros tipos de sostenimiento, de la calidad del terreno y por ello son indicados para la explotación del yacimiento donde el mineral o las cajas, o ambos son difíciles: muy quebrado, molido o arcillosos.

2.- Por el mismo hecho de que los cuadros se sostienen unos a otros, no

PILARES DE MADERA Y ROCA CON MADERA REDONDA

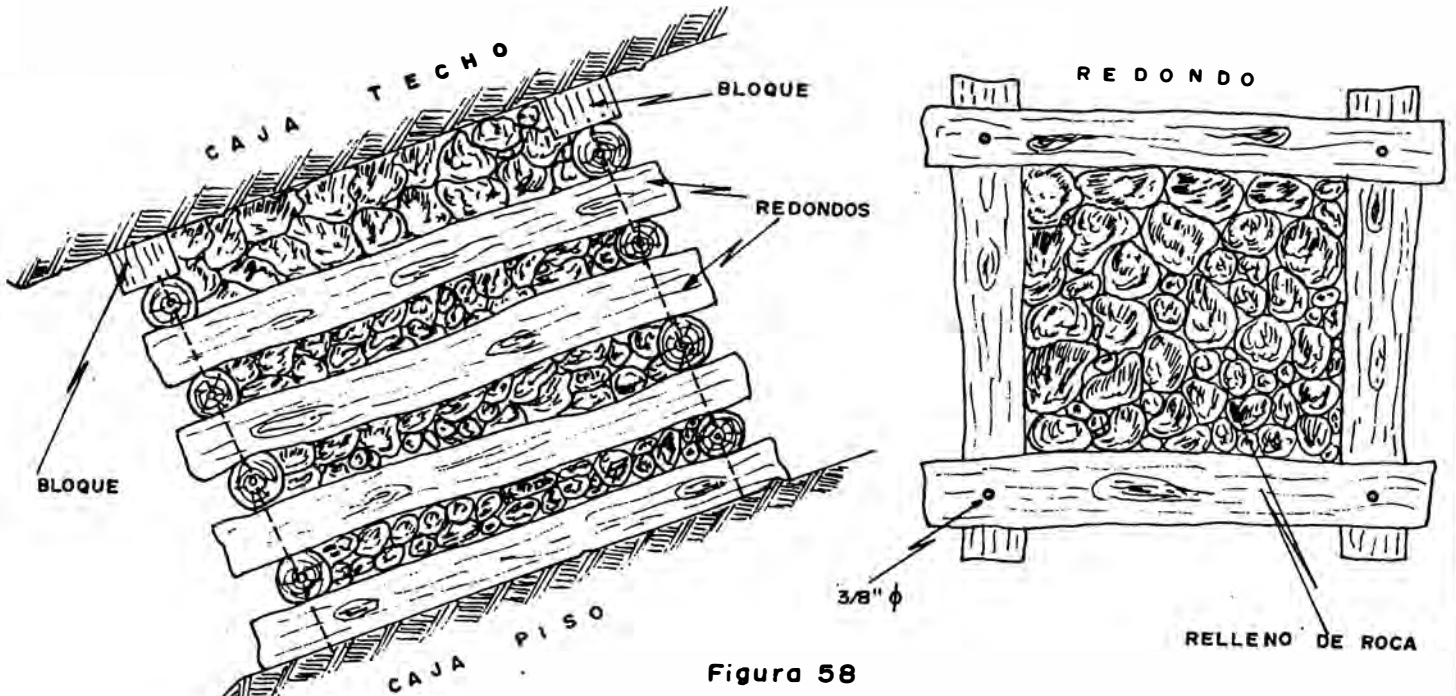


Figura 58

TAMBIEN SE CONSTRUYEN CON MADERA REDONDA TAJADOS POR DOS CARAS

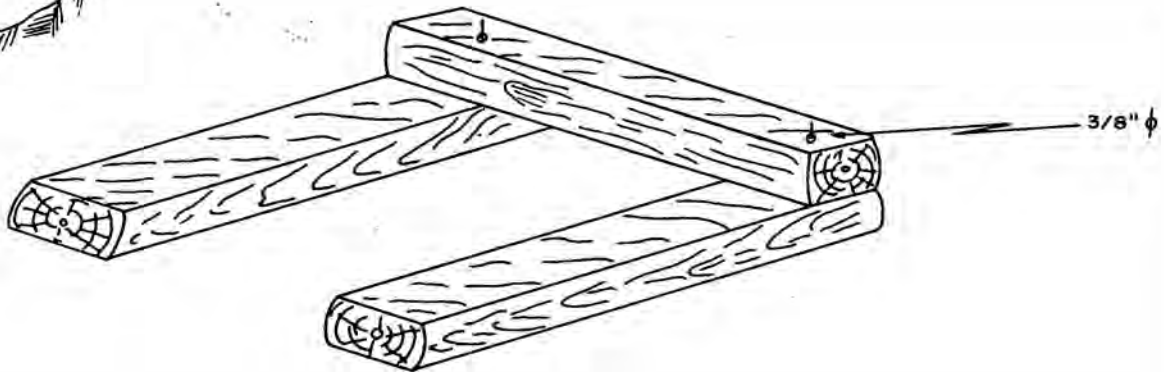


Figura 59

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS	
PILARES DE MADERA Y ROCA	
TRAZO Y DIBUJO	FIGURA: 58 - 59
VICENTE DONAIRES	FECHA: AÑO - 1973

siendo necesario el inmediato apoyo de sus elementos en las cajas, es que se pueden trabajar depósitos grandes en las cuales las cajas o paredes de roca distan mucho una de otra.

3.- Los cuadros de madera que se emplean son de pequeñas dimensiones determinando esto una gran flexibilidad que permite seguir las irregularidades de cualquier depósito, por grande que ellos sean.

Debido a la necesidad de que todo el conjunto trabaje como una sola estructura, los cuadros deben ser rectos y perfectamente escuadrados (a 90°) en tres direcciones: SOMBRERO, POSTE y TIRANTE.

Al igual que en los cuadros de galería, todos los elementos que lo constituyen, (sombbrero, postes y tirantes) trabajan a la compresión en el sentido de las fibras que, como ya se sabe corresponde a la mayor resistencia de la madera. Las uniones o ensambles de piezas de cuadro constituyen, como el punto "A" de la Fig. N°60, verdaderas JUNTAS DE COMPRESION que ofrecen ejes.

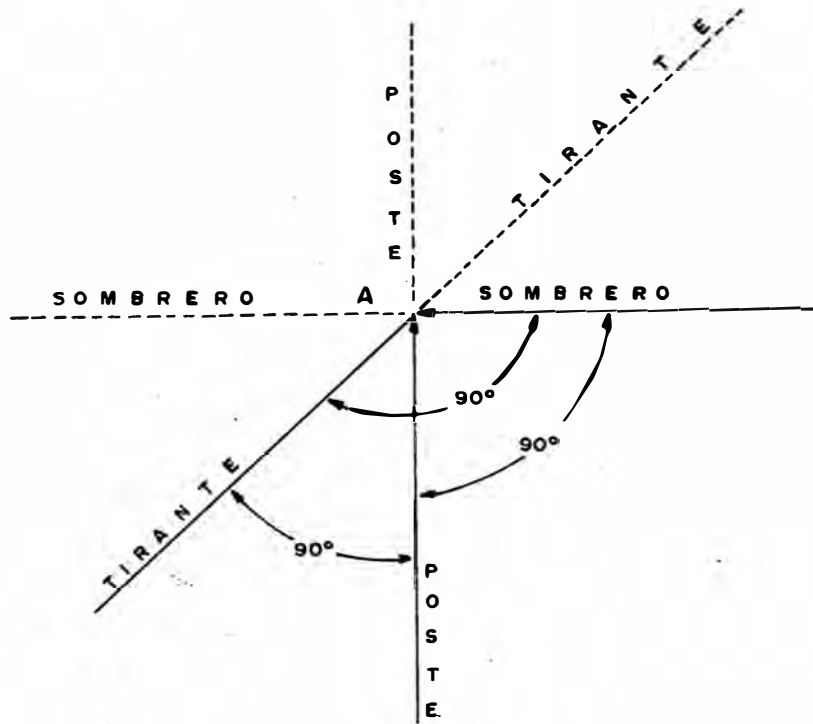
La estabilidad de la estructura de los cuadros depende, entonces, de la correcta alineación de cada dos elementos iguales (poste a poste, sombrero a sombrero, tirante a tirante) y de la correcta escuadra entre cada dos elementos distintos (poste a sombrero, poste a tirante, y sombrero a tirante). Fig. N°60.

Generalmente, los postes y sombreros, son de la misma dimensión (8" x 8" ó 10" x 10"). Los tirantes, comúnmente, tienen la única finalidad de sostener a los postes en la posición correcta. Es por esto que a los sombreros se les alinea en el sentido de la mayor presión:

1. En vetas anchas, perpendicularmente a la dirección de la veta.
2. En cuerpos mineralizados o bolsonadas, en la dirección de la mayor presión lateral.

Sin embargo en muchas minas, para este segundo caso se emplean tirantes de la misma sección que los postes y sombreros.

Figura 60



La estabilidad de la estructura de cuadros depende, de la correcta alineación de cada dos elementos iguales y de la correcta escuadra entre cada dos elementos desiguales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS CUADROS CON MADERA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 60 FECHA : AÑO - 1973

En algunos casos se ponen tirantes gruesos únicamente en los lugares donde la madera debe durar mas. Por ejemplo: en las chimeneas que servirán como echaderos y caminos, y sólo se colocan tirantes delgados en aquellos cuadros llamados COLGANTES, que pronto serán rellenos con desmante.

A los ensambles de las piezas de los cuadros les llamamos "DESTAJES", cuando son simplemente de apoyo de una pieza sobre otra y "ESPIGAS", si son de penetración de una pieza entre dos o más piezas. Fig. No. 61.

Tratándose de los cuadros de madera para labores inclinadas, las espigas pueden ser de dos tipos:

1. Sombrero contra sombrero. Fig. No. 62
2. Poste contra poste. Fig. No. 63

Como la resistencia de la madera a la compresión a través de la fibra es de 10 a 20% mayor de su resistencia en sentido paralelo a dicha fibra, conviene que las espigas estén en contacto en el sentido de mayor carga. Así, cuando las presiones más grandes son laterales, digamos de caja a caja, es mejor la espiga (ensamble) SOMBRERO CONTRA SOMBRERO, en cambio para fuertes cargas verticales convendría la espiga POSTE CONTRA POSTE.

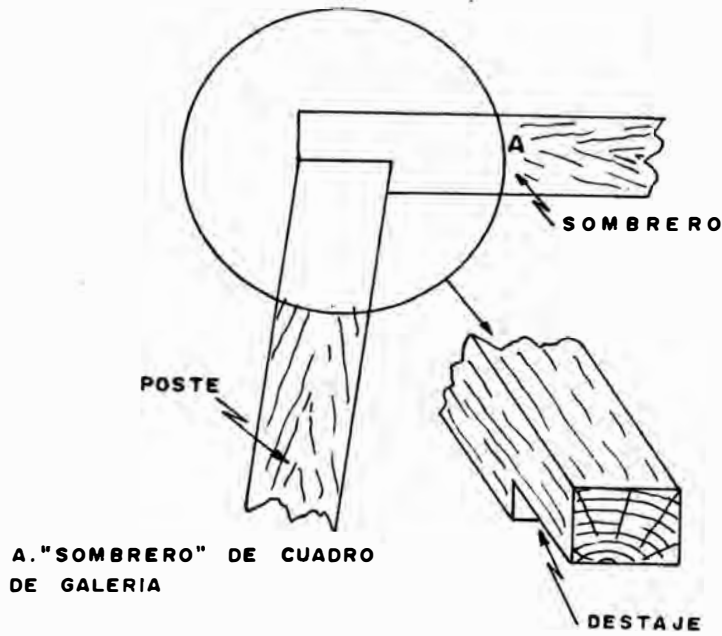
Sin embargo, como regla general, es preferible sólo el ensamble sombrero contra sombrero, porque en esta forma se da mayor comprensibilidad a la estructura en sentido vertical, ya que la superficie ha demostrado que el asentamiento en tal sentido es a menudo, mucho más irregular y produce rápidos y serios desalineamientos del enmaderado.

Con respecto a las espigas se pueden dar algunas reglas prácticas en la experiencia.

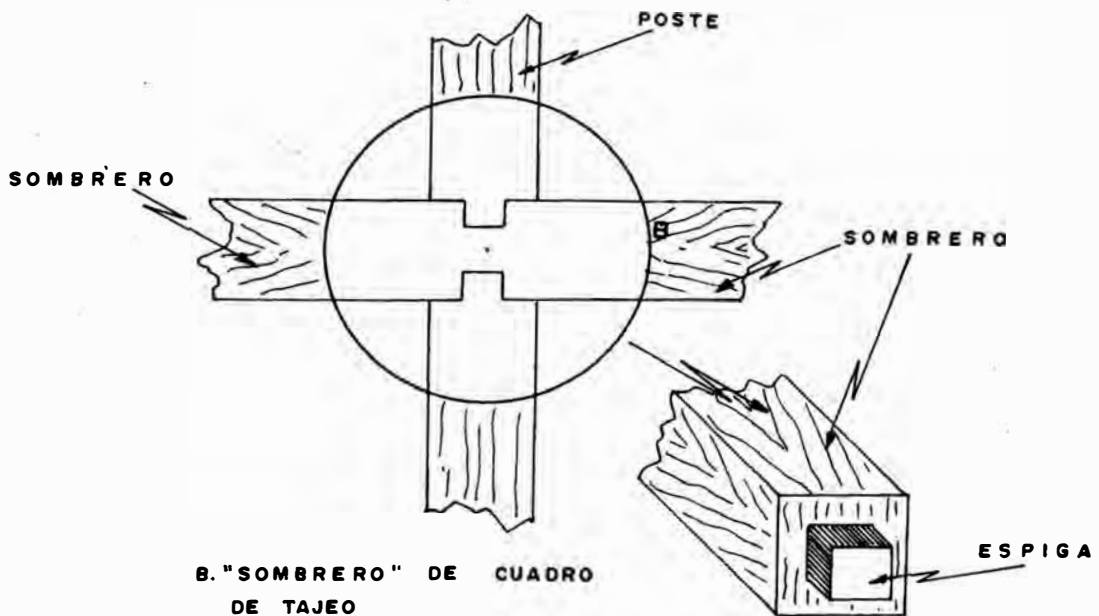
Las espigas deben ser simples y simétricas. De esta manera se consigue un rápido armado del cuadro y, al ser ambos lados iguales, no hay lugar de confusiones

Figura 61

ENSAMBLE POR MEDIO DE DESTAJE



ENSAMBLE POR MEDIO DE ESPIGA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS CUADROS DE MADERA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 61 FECHA : AÑO - 1973



**Ensamble por medio de espigas: sombrero contra sombrero**

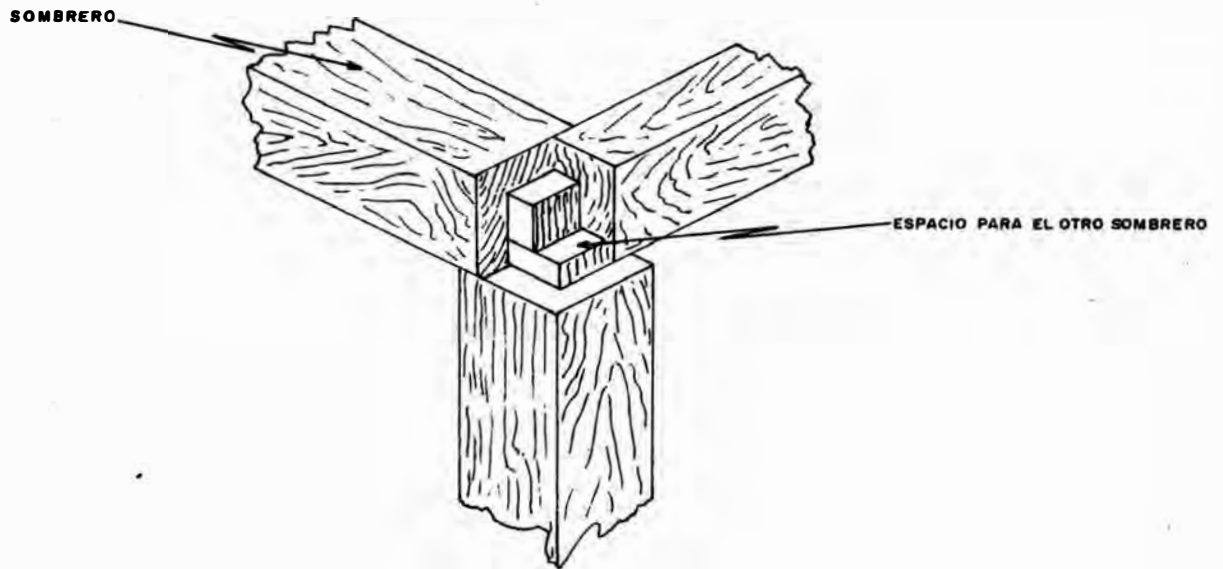


Figura 62

**Ensamble por medio de espigas: poste contra poste**

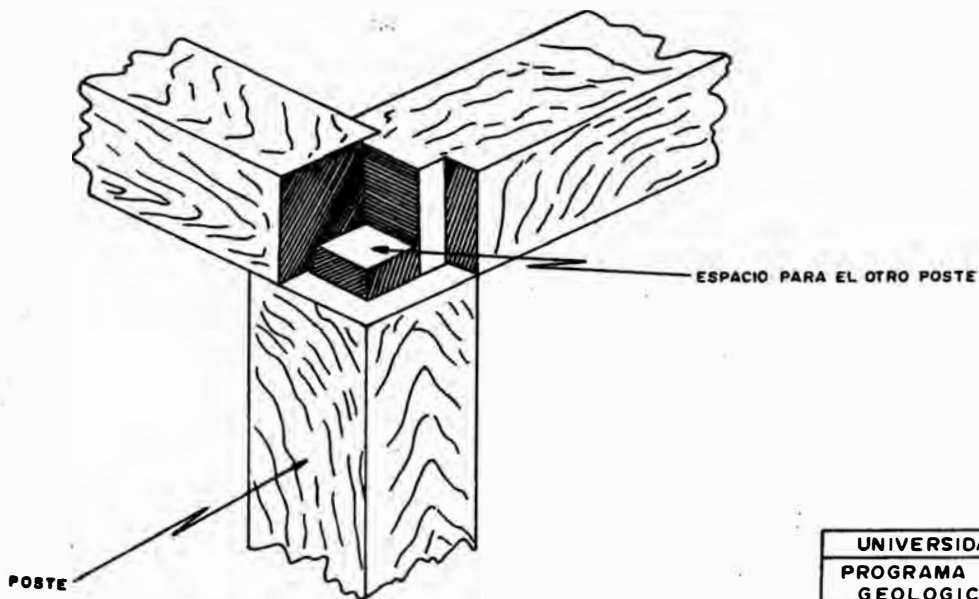


Figura 63

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS ENSAMBLE POR MEDIO DE ESPIGAS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 62 - 63 FECHA : AÑO - 1973

por parte del enmaderador.

Los sombreros y tirantes deben sentar en los postes en no menos de 1 1/2 pulgada de espiga.

La espiga de un poste debe tener menor largo que la dimensión menor de su sección.

No está demás indicar la conveniencia de un correcto bloqueo de estos cuadros para lo cual hay que tener en cuenta para cuadros de galerías.

El encribado de los cuadros de este tipo debe hacerse sobre dos redondos longitudinales, en el sentido al avance y colocados lo más cerca posible de los postes. El espacio que queda entre dichos redondos es empleado para colocar "MARCHAVANTIS" o simples GUARDA CABEZA. Fig. 64.

Por último que, provisionalmente a la instalación del cuadro siguiente, el cuadro se acuñe bien contra el terreno y que se asegure horizontalmente el cuadro anterior mediante tablas clavadas en el sentido del avance y que se denomine AMARRES. Fig. N°65.

Cuadros colgantes.- Este sistema de colgar cuadros de madera se emplea sólo en circunstancias especiales.

En realidad los cuadros siguen sujetos a los mismos esfuerzos de manera que la única diferencia es en el método de su colocación.

De hecho se puede también puntualizar que las principales diferencias en el armado de estos cuadros están en, el empleo de sombreros que se colocan como soleras que van apoyadas sobre el terreno.

La necesidad de sostener provisionalmente uno o varios cuadros, mientras se explota el piso de ellos y se procede luego, al armado de los cuadros inferiores. Esos cuadros que requieren sostenimiento provisional son, precisamente, los llamados cuadros colgantes.

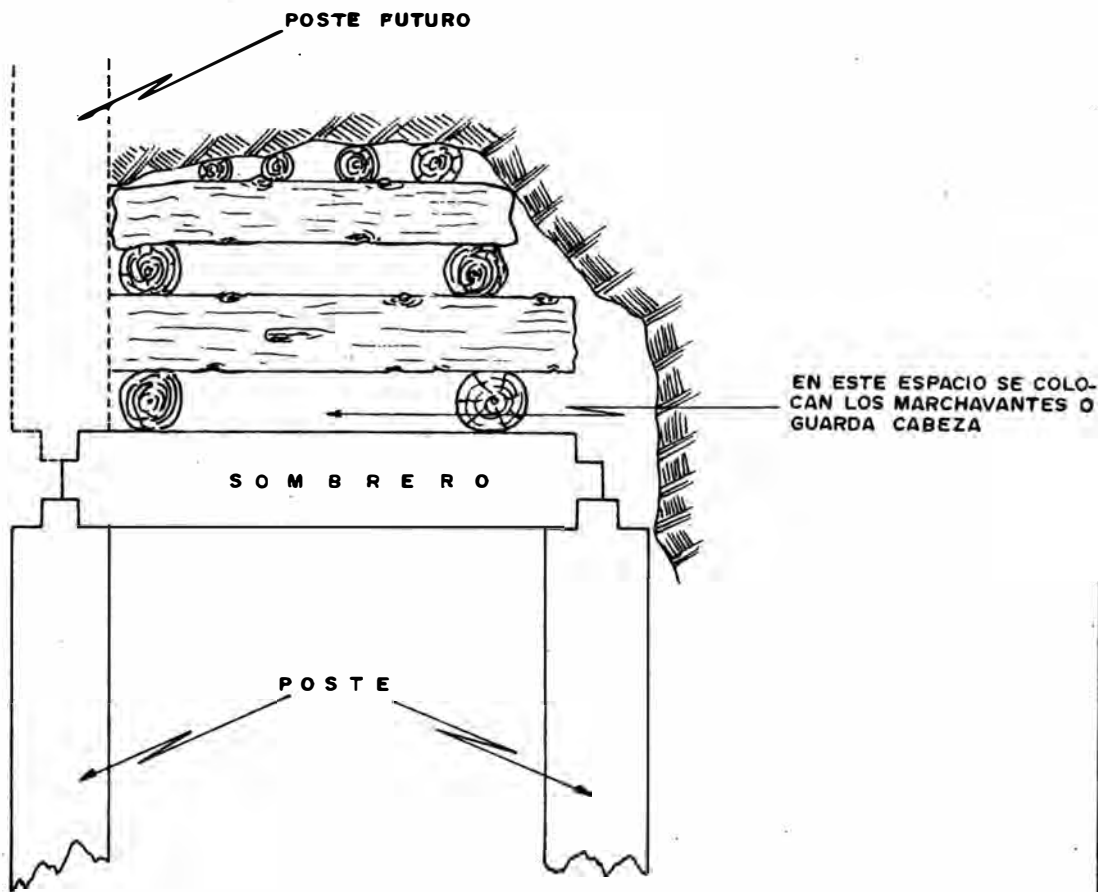


Figura 64

PARA EL AVANCE DE UN CUADRO

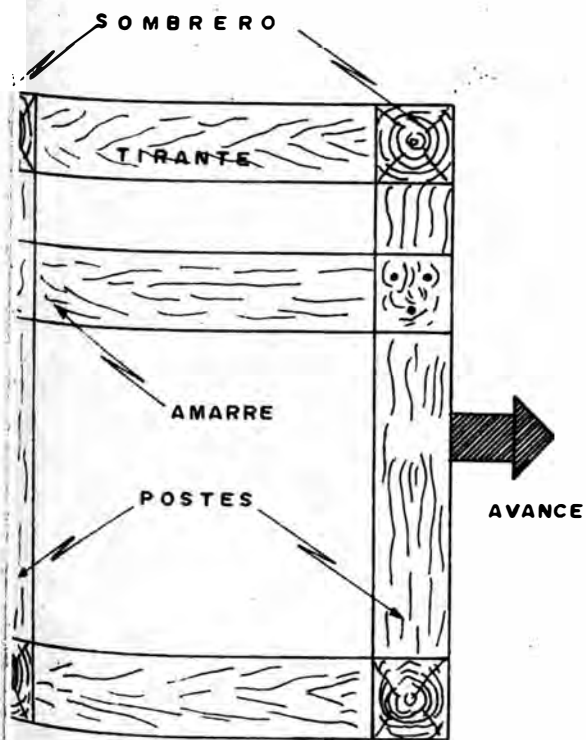


Figura 65

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS CUADROS DE MADERA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 64 - 65 FECHA: AÑO - 1973

Existen varios métodos para sostener los cuadros superiores pero se pueden referir sólo a los principales:

1.- Sostenimiento mediante longarinas.- Se emplea principalmente cuando es posible explotar varios cuadros de un mismo piso a la vez, es decir por franjas horizontales.

2.- Sostenimiento mediante diagonales o tijerales.- Este método se usa para explotar cuadro por cuadro de un piso a otro y franjas verticales.

A veces se emplean cadenas templadas con pernos en lugar de tijeras.

Normalmente, en ambos métodos se ayuda al sostenimiento del cuadro colgante con tablas verticales de madera llamado AMARRES.

Refuerzos de cuadros.- Ninguna estructura de cuadros soportará la presión del terreno por mucho tiempo. Por eso, antiguamente se reforzaba toda la estructura, lo cual, además de costoso impedía el paso por los caminos y echaderos.

En la actualidad, la práctica es considerar a la estructura sólo como sostenimiento temporal siendo el relleno el que proporcione el sostenimiento final. En consecuencia, el relleno no debe estar más alejado que 2 ó 3 cuadros del techo para evitar el empleo de refuerzos cuyo costo eleva aún más el de este método de explotación que, como se comprendera, es el más caro que existe por la cantidad de madera que requiere.

Sin embargo, pese a esta precaución, la madera puede fallar o desalinearse y, en estos casos, el uso de refuerzos será inevitable. En particular, esto es común en los cuadros del piso o piso de solera de tajeos en terreno suave, por la necesidad de conservar abiertas las labores de extracción.

Los tipos de refuerzos corrientemente empleados son los siguientes:

1. Diagonales o Tirantes.- Diagonales, de sección redonda o escuadrada, sin espiga que se colocan transversalmente, asegurados con cuñas delgadas o con

REFUERZOS DE CUADROS MEDIANTE DIAGONALES

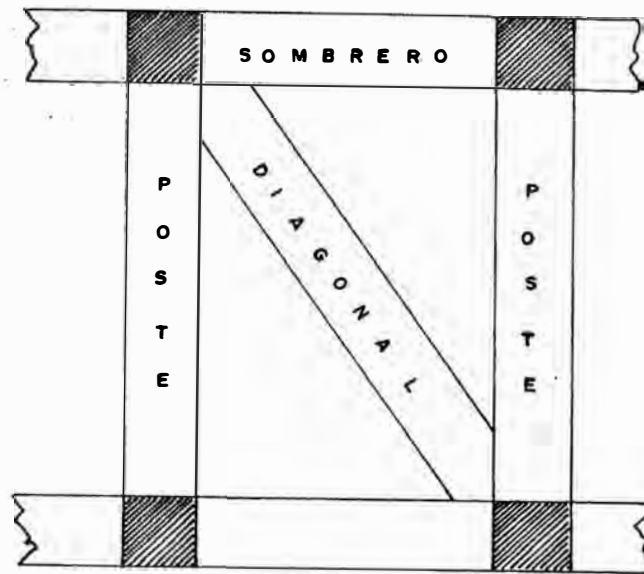


Figura 66

REFUERZOS DE CUADROS MEDIANTE ENES

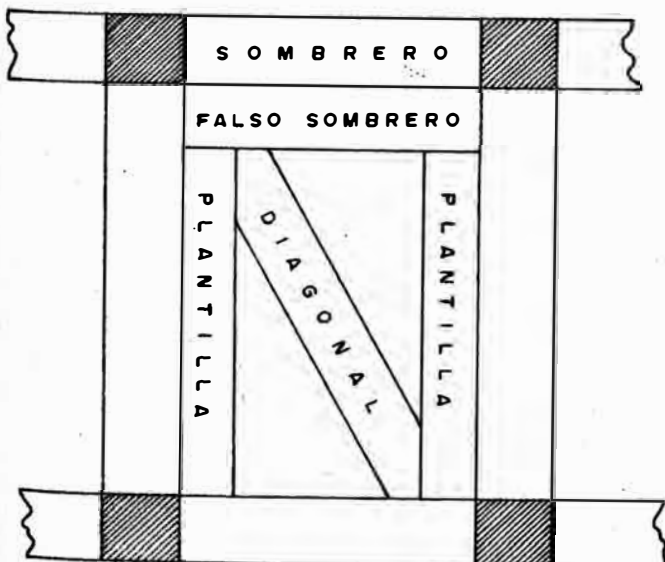


Figura 67

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS REFUERZOS DE CUADROS COLGANTES	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 66 - 67 FECHA: AÑO - 1973

destajes en ángulo en los extremos. Fig. N°66.

Si se emplean diagonales en los cuadros superiores, pueden aflojarse y caer los SOMBREROS o TIRANTES cuando no están bien ajustados por la presión del terreno.

Teóricamente los diagonales deberían colocarse a escuadra con la caja techo pero esto, en la práctica, es imposible. Son aplicables a los cuadros con tendencia a desalinearse sólo en los casos de que la distorsión esté empezando y la presión sea ligera.

Es recomendable que, para usar diagonales, las espigas de los postes sean fuertes.

2. Enes. - Son los mismos diagonales apoyados en un falso SOMBRERO y DOS PLANTILLAS en los postes. Fig. N° 67 y se emplean cuando las piezas de los cuadros o las uniones empiezan a fallar.

3. Cuadros doblados o falsos cuadros. - Son pequeños cuadros que se colocan dentro de los cuadros de estructura normal. Son de las mismas secciones que los cuadros y pueden tener tres o cuatro piezas con espigas o destajes; se usan en los mismos casos que las ENES. Fig. N° 68.

Las diagonales se pueden emplear para QUITAR la carga a un poste que haya dado signos de falla. Fig. N° 69. Esto conviene también para reforzar los postes verticales de la galería sin obstaculizar el tránsito.

Postes de refuerzo, son convenientes para dar apoyo a los extremos fallados de sombrero o tirantes. Pueden ser redondos o escuadrados, desde tablas de 2" de espesor hasta postes de 8" x 8" .Fig. N° 70.

Pilares de madera, son encribados de madera redonda o escuadrada construidos entre los postes de los cuadros, principalmente, cuando existen presiones muy fuertes en la estructura. Fig. N° 71.

En raras oportunidades pueden extenderse de caja a caja o de piso a techo.

También pueden rellenarse con trozos de roca constituyendo verdaderos pilares de madera y roca.

REFUERZO MEDIANTE CUADROS DOBLADOS

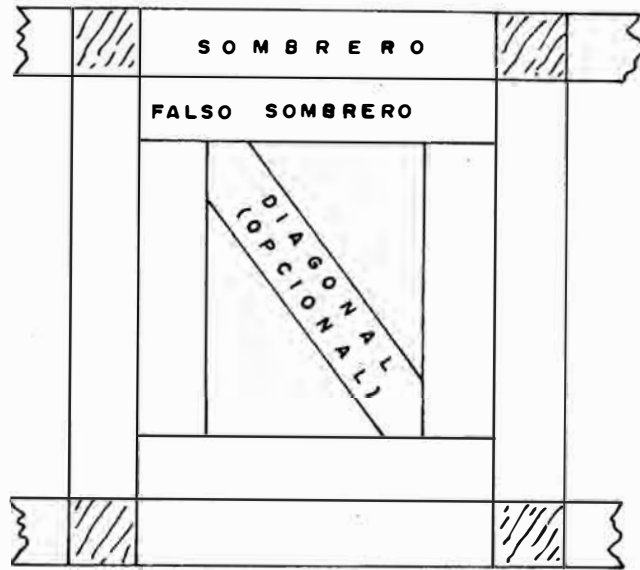


Figura 68

DIAGONAL SE USA TAMBIEN, PARA QUITAR LA CARGA DE UN POSTE QUE HAYA DADO SIGNOS DE FALLA

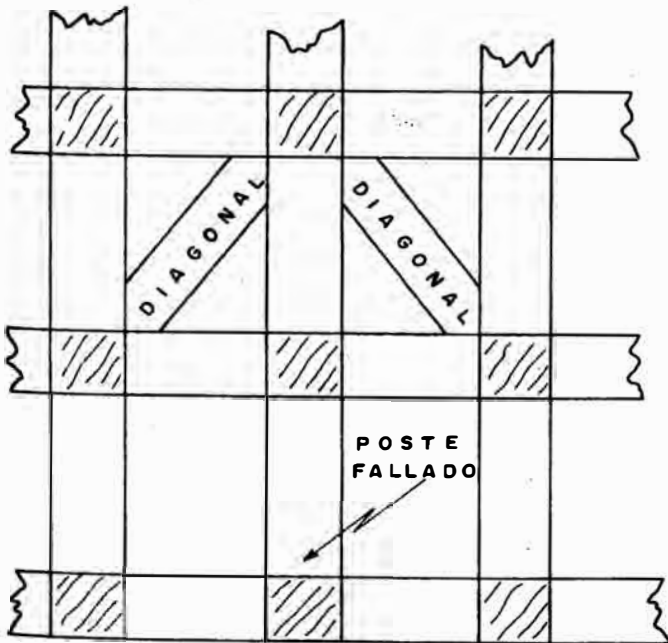


Figura 69

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS REFUERZO DE CUADROS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 68 - 69 FECHA: AÑO - 1973



REFUERZOS DE CUADROS MEDIANTE POSTES DE REFUERZO

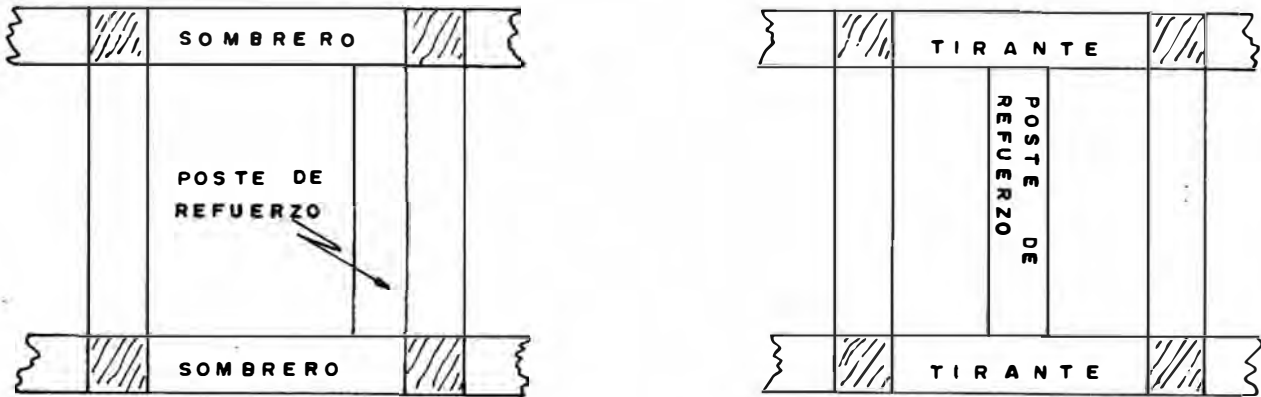


Figura 70

REFUERZO DE CUADROS MEDIANTE PILARES DE MADERA

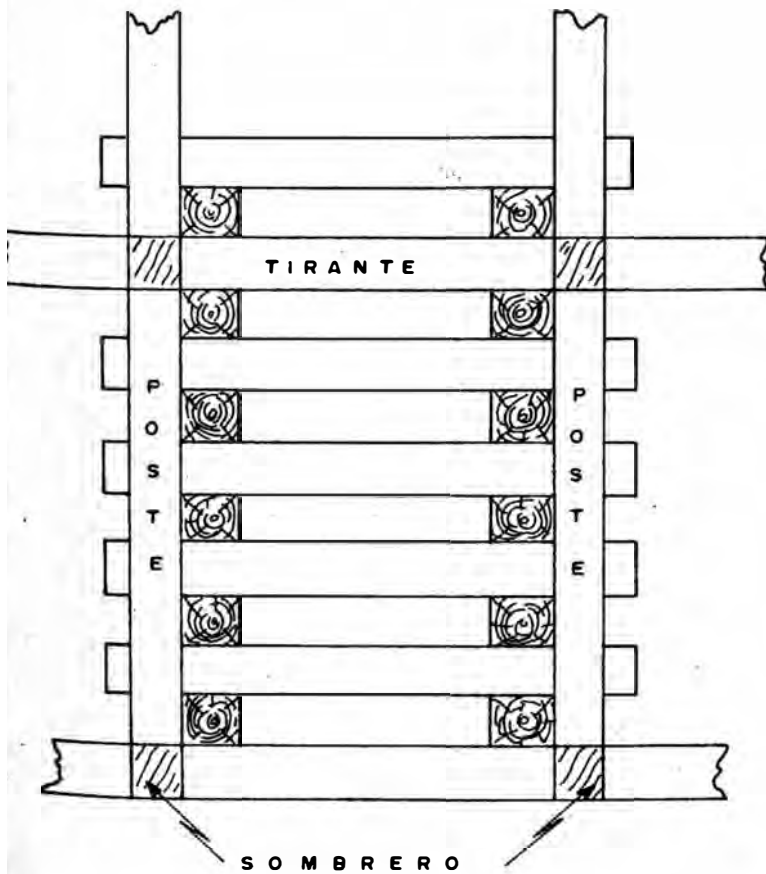


Figura 71

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
SOSTENIMIENTO DE LABORES INCLINADAS REFUERZOS DE CUADROS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 70 - 71 FECHA: AÑO - 1973

## C A P I T U L O I V

### OTRAS ESTRUCTURAS DE MADERA

1)- Echaderos o Chutes.- En realidad los echaderos o chutes, no son estructuras de sostenimiento, sin embargo por su ubicación en los accesos principales y la importancia que tienen ellos, se ha tenido que referirse. Un echadero mal diseñado pronto fallará y toda su carga caerá en la galería y como consecuencia impedirá el acceso a las labores.

En la explotación de una mina se hace necesario movilizar frecuentemente (grandes) cantidades de mineral y relleno. Todo este material se hace pasar a través de unas labores que se llaman echaderos o chutes que consisten en chimeneas verticales o inclinadas que comunican a los niveles inferiores y que terminan en un dispositivo para el carguío del material a los carros.

Si se tiene en cuenta que prácticamente la totalidad del mineral extraído de la mina debe pasar por estos chutes y que, además, el mineral es fuertemente abrasivo produciendo un rápido desgaste del enmaderado, se comprenderá la

necesidad de diseñar y ejecutar con el mayor esmero estas estructuras.

Desde el punto de vista de la economía, se verá que durante la explotación, los chutes constituyen los elementos de primera importancia. De nada serviría que en los tajeos se busque un alto rendimiento del personal (en el derribo del mineral, enmaderado, etc.), si después no se puede conducir el mineral a los niveles de extracción por un echadero defectuoso en el que se producen frecuentemente obstrucciones, pérdidas, etc. Estas dificultades darían lugar a numerosas reparaciones que afectaría, inmediatamente la producción mer\_mándola, teniendo como consecuencia un aumento de los costos. Finalmente la mala construcción de los chutes, especialmente de la parte de la descarga, da origen a numerosos accidentes.

En este capítulo se describirán diferentes tipos de chutes que se usan en la mina de preferencia de madera. El uso de un chute depende del tipo de mineral, de su fragmentación, del método de explotación, etc. de allí una gran variedad de chutes.

#### Condiciones de un buen chute o echadero

- 1.- Una duración de por lo menos la del tajeo en que se halla.
- 2.- Tendencia mínima a obstrucciones.
- 3.- Bajo costo de construcción.
- 4.- Bajo costo de mantenimiento.
- 5.- Que sea adecuado a las condiciones de explotación en el tajeo.

#### Partes de un echadero o chute

Para los fines del estudio del chute se considera como formado de dos Partes.

- 1). El conducto o abertura de forma alargada por donde circula el material y que comunica de un tajeo o cualquier labor a una galería de extracción,

esta parte se llama ECHADERO propiamente dicho, puede variar de una simple abertura en la roca a un sistema de cuadros completamente entablado, o alguna forma de revestimiento de la roca.

2). La parte inferior del chute que consiste en un sistema para controlar el flujo y el carguío del mineral a los carros o a otro sistema de extracción denominado TOLVA.

Echadero o Chute.- Como ya se dijo, es necesario colocar bien el enmadera do en los echaderos a fin de que durante el trabajo no sufran una destrucción prematura. Por eso mismo, se tendrá cuidado de que no se echen trozos muy grandes de mineral desde el tajeo. Esto se controla mejor con parrillas espaciadas a seis pulgadas de ancho.

Los diferentes tipos de chutes o echaderos son los siguientes:

Atendiendo a su inclinación

- a). Verticales.- Como en los tajos de arco o de cuadros.
- b). Inclinados.- Como los que se usan en las vetas con buzamientos pronunciado.

Los chutes verticales son preferibles porque trabajan mejor, ya que el mineral pasa a través de ellos con un mínimo de rozamiento con las paredes.

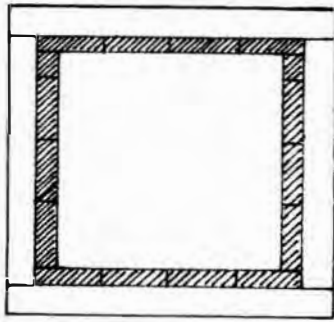
Atendiendo a la forma de la sección, Fig. 72

- a) Cuadrados.
- b) Rectángulos
- c) Circulares.
- d) Poligonales.

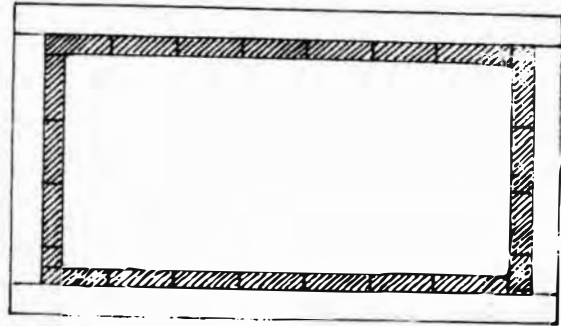
Los dos últimos tipos generalmente se construyen de bloques de concreto Pre-fabricados.

En cuanto al material y forma como están contruídos pueden ser:

Figura 72

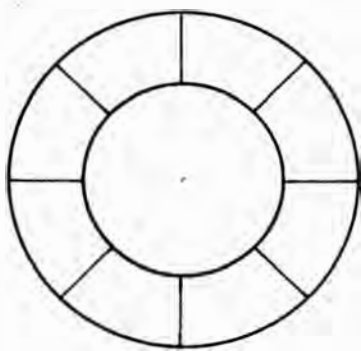


a.) Cuadrados

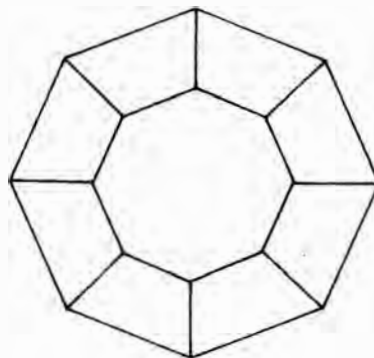


b.) Rectangulares

De madera



c.) Circulares



De bloques de concreto

d.) Poligonales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
CHUTES, ATENDIENDO A SU FORMA	
TRAZO Y DIBUJO	FIGURA: 72
VICENTE DONAIRES	FECHA: AÑO - 1973

CHUTES FORMADOS POR ENCRIBADOS

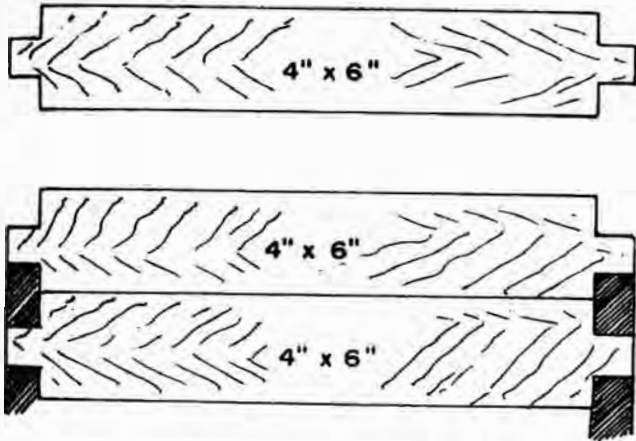


Figura 73

CHUTES ENTABLADOS INTERIORMENTE

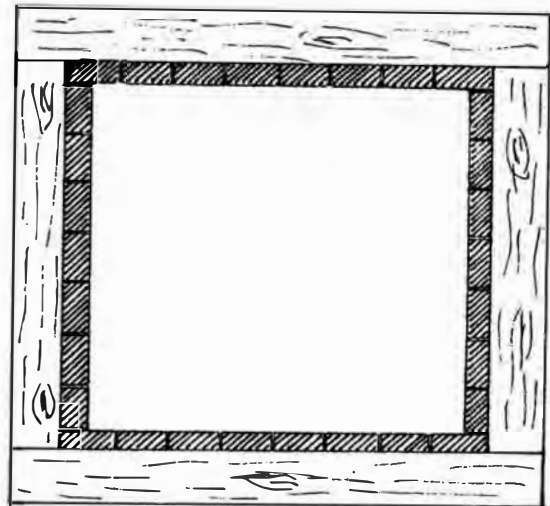


Figura 74

CHUTES FORMADOS POR PUNTALES DE LINEA

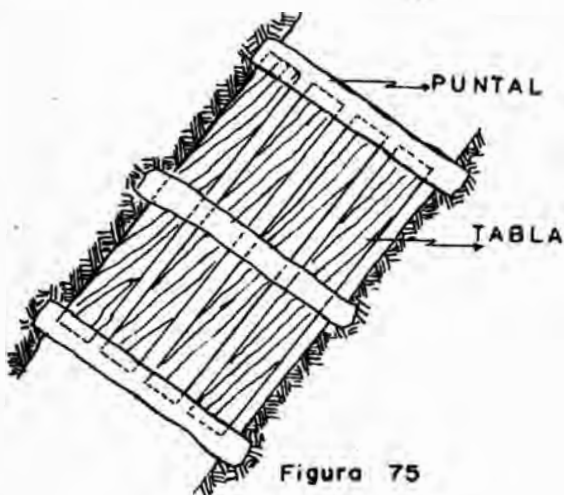


Figura 75

CHUTES FORMADOS MEDIANTE BLOQUES DE CONCRETO PRE FABRICADO

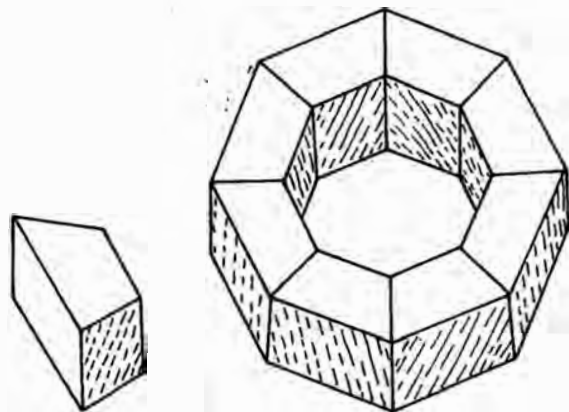


Figura 76

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
OTRAS ESTRUCTURAS DE MADERA CHUTES	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 73-74-75-76 FECHA: AÑO - 1973

a) Los chutes formados por cuadros.- Estos se entablan y en el sentido vertical siendo los cuadros los mismo del tajo. Ejem. Los que se usan en los tajeos del CONJUNTO DE CUADROS.

b) Los chutes encribados.- Que están contruidos por redondos o tallados de madera, ensamblados por los extremos, formando pequeños cuadros horizontales y superpuestos uno sobre otro. Fig. N° 73. A veces también se utilizan los encribados, simultaneamente para camino y chute.

Este tipo de chute es muy usado en los tajeos con relleno, en donde tienen que soportar una gran presión desde las cuatro direcciones debido al relleno. Aunque duren bastante, si se quiere aumentar la vida de estos chutes se les entabla interiormente. Fig. N° 74.

c) Los chutes formados por puntales de línea.- Se usan en vetas de potencia no mayor de 8 pies; consisten en colocar verticalmente dos hileras de puntales entre caja y caja, entablándose luego interiormente. Fig. N° 75.

El chute queda entonces formado por dos caras entablados siendo los otros dos las cajas de la veta. La distancia de los puntales en línea es variable, dependiendo de la naturaleza de las cajas, potencia de la veta, naturaleza del mineral, etc.

d) Los chutes formados mediante bloques de concreto prefabricado.-Estos se colocan formando anillos superpuestos. Fig. N° 76.

El tipo de estos chutes son por lo general de sección circular o poligonal. Los bloques de concreto se fabrican en serie en la superficie, de modo que sean baratos. Su empleo está indicado en los tajeos con relleno, como los encribados pero en lugares donde la madera sea muy cara y se disponga de material de construcción abundante y barato.

e) Los chutes de piedra.- Trozos de roca de cierto tamaño y forma, que se

colocan formando una parte de sección cuadrada rectangular o circular. La ventaja de este tipo de chutes es que son muy durables ya que la piedra es el material que soporta mejor el impacto del mineral o desmonte.

f) Chutes de concreto armado.- Que se hacen sólo para usos permanentes. También se emplean tipos combinados de los chutes ya descritos.

g) Existen chutes de fierro circulares.- vienen de fábrica divididos en dos partes cuyo armado es muy sencillo.

2). Tolvas y compuertas.- Una tolva consiste en un canal convenientemente sostenido y fijado tanto al fondo como a los costados del cuadro que le sirve de estructura de apoyo y que tiene un sistema especial de compuertas para regular la salida del mineral o desmonte. Estas compuertas pueden ser de simples tablas que trabajan dentro de unas guías o correderas, o de una plancha metálica que gira en dos pivotes.

Los detalles del diseño de una tolva varían prácticamente para cada mina de acuerdo al tipo del mineral (tamaño, humedad, etc.), tipos de carros usados y forma y tamaño de la galería etc.

Condiciones de una buena tolva.-

1. Bajo costo de instalación, operación y mantenimiento.
2. Diseño apropiado para un carguío rápido sin que se produzcan pérdidas del mineral o desmonte.
3. Que trabaje normalmente sin obstrucciones y sin que sea necesario usar continuamente la barretilla.
4. Fácil acceso y posición favorable del operador a la compuerta.
5. Espacio suficiente alrededor de la tolva a fin de evitar accidentes, poder desatracaarla cuando ocurren obstrucciones.



Principios en los que se basa la construcción de una tolva.

1) Flujo del mineral a través del chute.- En la Fig. N° 78 hemos representado esquemáticamente un chute completo, es decir, el conjunto del echadero y la tolva. Cuando el chute se halle con mineral se produce una gran carga por el peso del mineral y que viene a ser el peso del paralelepípedo de la sección del chute por 2.5 veces el lado del chute que es de varias toneladas.

Debido al empuje "L" la masa del mineral pasa a través del chute de sección "A" para luego llegar a la tolva misma, de menor sección "A'" debiendo antes cambiar de dirección describiendo el ángulo "B".

Por este cambio de dirección, a la disminución de la sección y a la fricción con el fondo de la tolva, sólo una parte de la fuerza "L" que denominamos "L'" llega a actuar contra las compuertas de la tolva cayendo al carro la carga con una fuerza todavía menor "P'", pues con la ayuda de las componentes se controla la velocidad del flujo del mineral a fin de que no salga con demasiada rapidez, pues de lo contrario se haría más difícil el carguío de los carros.

El cambio de la dirección "L" depende del ángulo de inclinación " $\alpha$ " que se le da la fondo del chute. Si el ángulo de inclinación se hace cada vez mayor, el flujo será mayor, y en el caso que este ángulo llegue a ser  $90^\circ$ , tendremos el caso de un echadero vertical, en el que prácticamente no hay ninguna resistencia al flujo y cuando el ángulo sea de  $0^\circ$  el flujo será también de  $0^\circ$  y en consecuencia no habrá flujo.

2) Fuerza ejercida por el peso de la carga sobre la tolva.- Cuando se lleva la carga a la tolva se le somete a la acción de una fuerza que depende de las dimensiones del echadero y que, generalmente, es considerable. Como se dijo anteriormente, este peso es de un paralelepípedo de sección igual al del echadero y altura  $2 \frac{1}{2}$  veces el lado de la sección; si tenemos un echadero de sección  $4' \times 4'$ , tendremos entonces:  $4' \times 4' (2.5 \times 4') = 160 \text{ pies}^3$  o

FLUJO DEL MINERAL A TRAVES DEL CHUTE

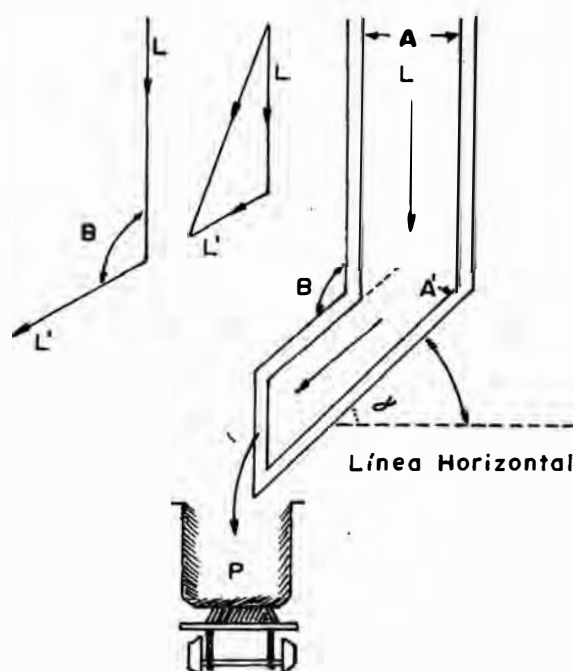


Figura 78

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
PRINCIPIOS EN QUE SE BASA LA CONSTRUCCION DE UNA TOLVA	
TRAZO Y DIBUJO	FIGURA : 78
VICENTE DONAIRES	FECHA : AÑO - 1973

sea 16 toneladas aproximadamente.

Este peso de 16 toneladas, gravitará directamente sobre el área del fondo. Si diseñamos la tolva de modo que este peso se ejerza directamente sobre la jeta o canal como en la Fig. N° 79. La vida de la tolva será muy corta, pues nigún enmaderado podrá soportar directamente la sección el peso de 16 toneladas, por mucho tiempo.

Por consiguiente, la posición de la tolva con respecto al terreno deberá ser como se indica en la Fig. 80, en el que se ve el peso "L" descansa directamente sobre un área "a" que es el mismo mineral IN-SITU o roca encajonante en el lugar indicado se le puede sustituir mediante relleno, para lo que se entablarán los cuadros de la galería en esa zona.

3) Naturaleza del mineral.- Este factor incluye también en el diseño de una tolva, pues hay minerales que son muy difíciles de hacer pasar por un chute y otros por el contrario muy fáciles.

El mineral que es seco (humedad hasta 4%) y formado por partículas de tamaño más o menos uniformes, pasará con facilidad por el chute y, especialmente si es fino, en cuyo caso tendrá una fluidez extrema.

Si el mineral es de diferentes tamaños pero seco, disminuirá la fluidez aunque sin ofrecer todavía muchas dificultades.

El problema se presenta cuando comienza a aumentar el contenido de humedad, y el peor de los casos será cuando el mineral está formado por trozos de tamaños muy desiguales, con cierto contenido de fino y gran humedad que tiene tendencia a aglomerarse o a acampanarse; en este caso será muy difícil hacer una tolva que trabaje satisfactoriamente.

Normas para la construcción de las tolvas.- A continuación se dan las reglas y recomendaciones que hay que tener en cuenta cuando se construye una tolva.

EL PESO L DEL MINERAL DESCANSA DIRECTAMENTE SOBRE EL CANAL DE LA TOLVA

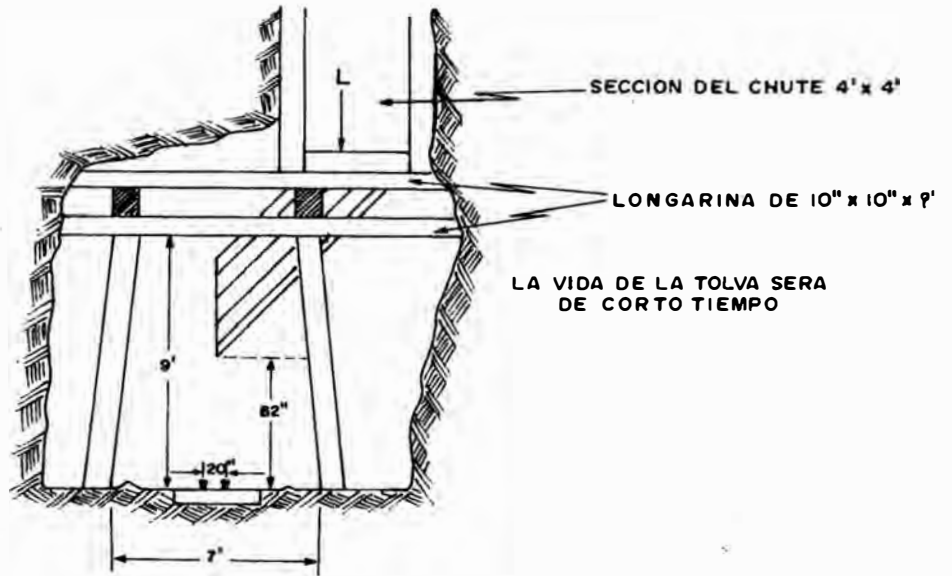


Figura 79

EL PESO L DEL MINERAL DESCANSA DIRECTAMENTE SOBRE EL AREA "A"

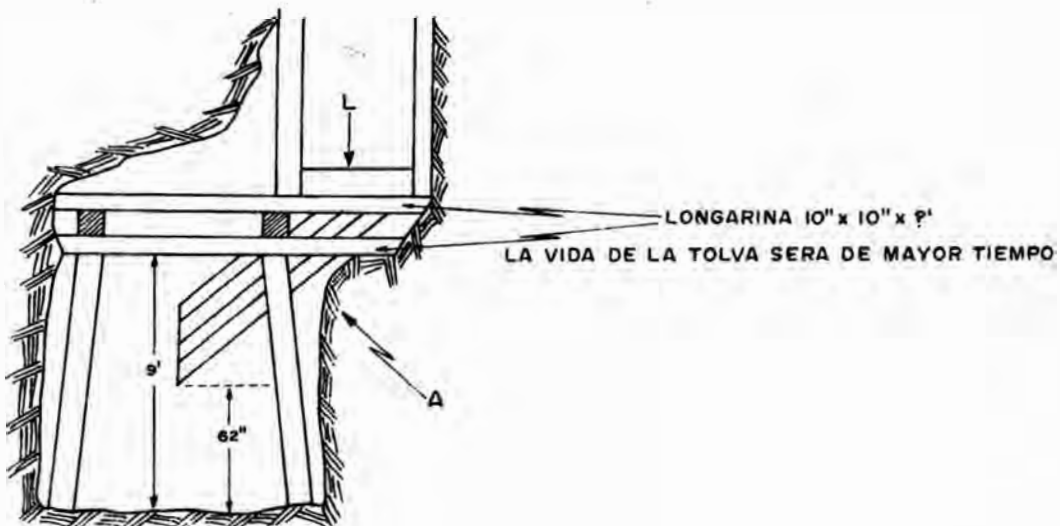


Figura 80

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
FUERZA EJERCIDA POR EL PESO DEL MINERAL SOBRE LA TOLVA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 79 - 80 FECHA: AÑO - 1973

a) Posición de la jeta de la tolva con relación al carro o la línea.- Depende principalmente de la inclinación del fondo del canal y de la altura del carro.

En cada nivel, por lo menos, se debe estandarizar el tamaño y modelo de los carros a fin de que la posición de la jeta (borde de descarga) sea la misma en todas las tolvas. En este caso la construcción se puede guiar sólo por la posición de la jeta con el riel. Fig. N° 81.

Al borde A de la jeta debe estar a 6 ú 8 pulgadas por encima del borde B del carro, y otro tanto más adentro. Se consigue así que el punto C no choque con el carro y además el mineral no rebalse por el borde B cuando el carro queda lleno. Para el caso de un carro U-24 (una tonelada), la distancia del borde de descarga de la tolva o jeta, con relación a los rieles, es como se indica en la Fig. N°82, o sea 62" sobre la cabeza de los mismos.

b) Inclinación del fondo del chute.- Puede tener valores entre los 35° y 50°, fuera de estos límites el chute ya no trabaja bien porque el mineral no corre o porque lo hace con demasiada violencia. Para minerales secos, de tamaño uniforme, se puede usar poca inclinación; pero para los minerales difíciles hay que aumentar la inclinación.

c) Dimensiones del canal (CAMADA).- De acuerdo a la práctica estas dimensiones deben ser:

1. El ancho de la boca de descarga debe ser aproximadamente la mitad del largo del carro a fin de acortar pérdidas.

2. La altura de la boca de descarga que viene a ser también la altura de los costados del canal, será los 3/4 del ancho o más. Si esta altura es pequeña la carga gruesa no puede pasar bien, pues el cambio de dirección del echadero al canal, producirá una reducción del área A - A' muy grande, lo que origina obs

POSICION DE LA JETA (Borde de descarga)  
DE LA TOLVA CON RELACION AL CARRO

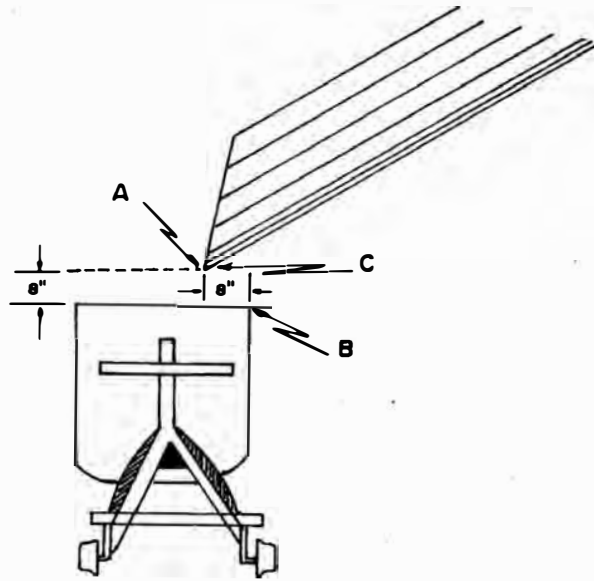


Figura 81

POSICION DE LA JETA PARA UN  
CARRO U- 24

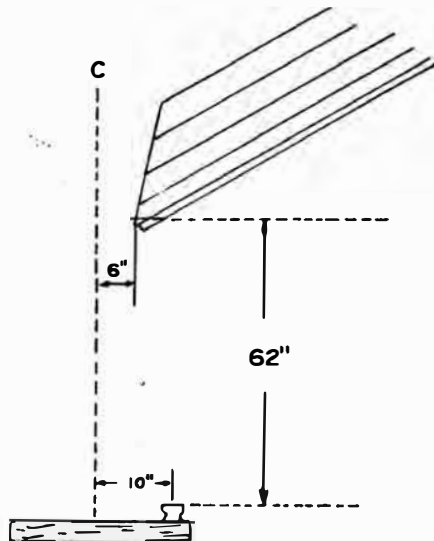


Figura 82

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
NORMAS PARA LA CONSTRUCCION DE LAS TOLVAS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA: 81 - 82
	FECHA: AÑO - 1973

CUANDO SE PRODUCE EL CAMBIO DE DIRECCION DEL ECHADERO  
AL CANAL, UNA REDUCCION (A-A') SEA GRANDE, SE ORIGINA  
OBSTRUCCIONES EN LA TOLVA

$h$  = ALTURA DEL CANAL, DEBE SER  $3/4$  DEL ANCHO O MAS  
DEL CANAL.

ANCHO DEL CANAL: DEBE SER LA MITAD DEL LARGO DEL CARRO MINERO

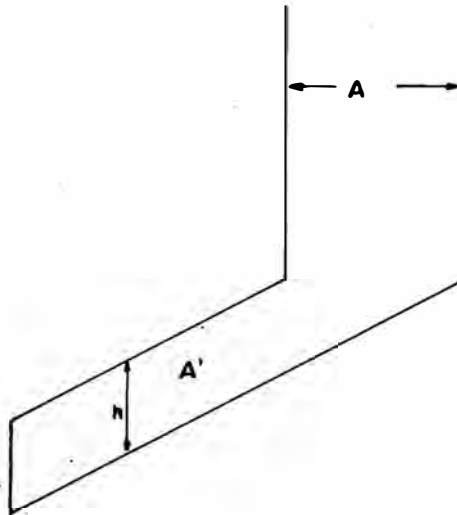


Figura 83

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
NORMAS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA TOLVA - DIMENSIONES DEL CANAL Y SU ALTURA	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 83 FECHA : AÑO - 1973

trucciones.

Aparte de lo mencionado, debemos tener en cuenta lo siguiente:

d) Que el diseño sea lo más simple posible y con el menor número de piezas.

e) Que las formas de las diferentes piezas sean figuras geométricas simples y que se les disponga de manera que cualquier caso se les pueda reemplazar fácilmente.

f) Que el diseño sea hecho de tal modo que el personal de la mina pueda instalar correctamente la tolva sin necesidad de utilizar instrumentos especiales sino erramientas habituales.

Se recomienda que las diferentes partes que componen la tolva deben ser preparadas en el taller de carpintería, según un plano y con las dimensiones que se quiere dar a la tolva, como inclinación del fondo, etc.

3) Compuertas. - Con relación a esta parte de la tolva, podemos clasificar en forma general:

De madera

De fierro

De fierro-madera

Las de madera son las que más se usan en nuestro medio, por su diseño sencillo y barato.

Las compuertas de madera. - Están construídas por tablas que se colocan en el canal apoyadas en sus extremos, en guías o correderas. Se usan en juegos de dos hallándose una algo atrás y en la parte alta y la otra en la parte inferior y más adelante, de tal forma que, entre las dos cubren todo el tren del canal.

Hay que tener cuidado en la colocación de las compuertas para que el mineral o desmonte no salga encima de ellas, para esto basta tener presente que el ángulo entre el borde inferior y el borde superior de las compuertas debe ser



COMPUERTA METALICA

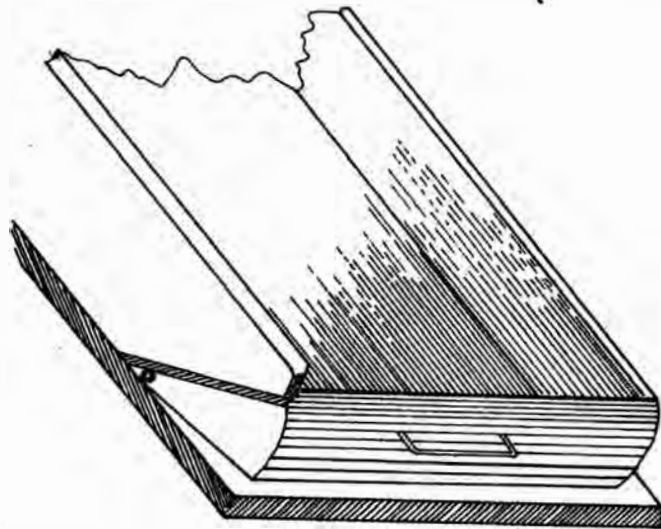
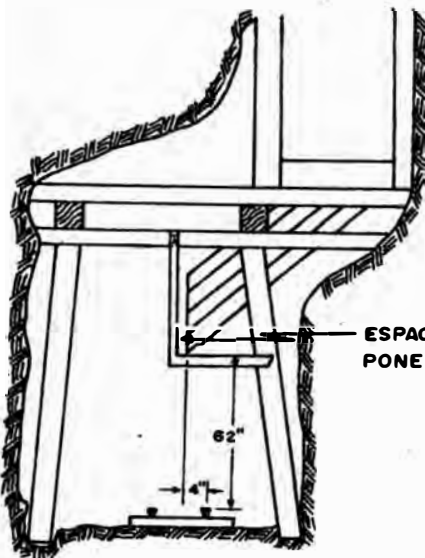


Figura 84

COMPUERTA CANADIENSE (MADERA-FIERRO)

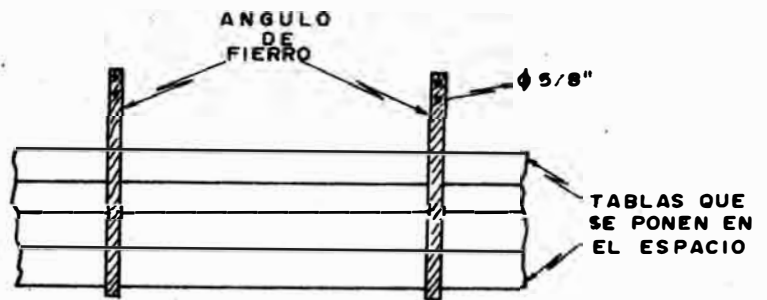


PERFIL

ESPACIO PARA PONER TABLAS

62"

4"



FRENTE

ANGULO DE FIERRO

5/8"

TABLAS QUE SE PONEN EN EL ESPACIO

Figura 84A

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
COMPUERTA PARA TOLVAS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 84 - 84A FECHA: AÑO - 1973

ligeramente superior al del ángulo del reposo del material.

Cuando el mineral es de grano fino y seco, con la compuerta inferior es suficiente, pero cuando tiene algo de trozos, es necesario usar las dos compuertas.

Las compuertas metálicas.- Se construyen con un diseño más avanzado y pueden usarse cuando se justifique su costo.

Adoptan muy variadas formas, dependiendo del grado de mecanización que se quiere dar al sistema. Pueden trabajar movidos, mecánicamente, eléctricamente y de aire.

Un tipo de compuerta movido mecánicamente es el que se muestra en la Fig. N° 84 y es muy usado en minas metálicas, por tener poco peso, permitiendo que el operador pueda levantarla fácilmente.

Este tipo de compuerta es ideal por su bajo costo y fácil manejo inclusive la barretilla para desatracar casi ya no se usa, pues con un golpe violento de la compuerta contra el fondo se consigue hacer correr la carga.

La otra ventaja que no tiene comparación con los otros tipos de compuertas, es que la salida de la carga se controla completamente a voluntad sin producirse pérdidas, por la forma violenta como se corta el flujo de la carga y por la rapidez con que se llenan los carros al levantarse la compuerta.

Compuerta de madera-fierro.- Es de diseño muy simple, como se muestra en la Fig. 84-A y se le llama tolva canadiense.

4) Enmaderados de curvas y desvíos.- En la mina encontramos muy a menudo que las galerías o socavones se cruzan o describen una curva que puede variar prácticamente desde 90°, hasta una curva muy suave de radio muy amplio (hasta 100 pies). Los encuentros, cruces o desvíos como también se les llama, pueden hallarse en terrenos que necesitan sostenimiento, en cuyo caso, el enmaderado

debe ser capaz de sostener una gran amplitud del terreno, estando los elementos del mismo sometidos a grandes cargas.

Es necesario que el sostenimiento se ejecute siguiéndose algunos principios que se dan más adelante, por los siguientes motivos:

a) En el punto mismo del desvío, debido a las grandes luces, se produce una mayor carga que el enmaderado debe sostener.

b) La seguridad y velocidad de las locomotoras y carros en las curvas y, por consiguiente, el rendimiento de estas máquinas depende de que el enriellado se halle por el centro de la galería siguiendo exactamente la curva de modo que ninguna parte del convoy o la carga que lleve, roce con el enmaderado por haberse hecho éste irregularmente. Otro tanto se puede decir desde el punto de vista de la seguridad, ya que el motorista y el ayudante se hallan expuestos a este tipo de accidentes.

c) En el interior de la mina, es agradable observar los trabajos bien hechos, especialmente, los enmaderados y en las curvas donde se aprecia la labor de un buen personal de enmaderadores.

#### 5) Tipos de cruces y forma del enmaderado

a) Cruce a 90°.- Es el caso más sencillo. Fig. N° 85, en el que lo normal es una tornamesa en vez de cambios en el enriellado.

En el socavón recto se usan los cuadros normalmente, pero frente al desvío, los sombreros de los tres cuadros se apoyan en longarinas que a su vez está soportada por dos postes en sus extremos. Como lo indica la Fig. N° 85.

b) Ligero ángulo de desvío.- En este caso los sombreros de dos postes que se encuentran frente al desvío, se hallan apoyados sobre una longarina que a su vez se apoya por sus extremos en dos postes junto a los postes de los cuadros contínuos. En el desvío, el primero y a veces el segundo cuadro tienen más luz

que lo normal. Fig. N° 86.

c) Curva de desvío a un lado.- Para el trazado de la curva se hace necesario el uso de un radio de curvatura conveniente. Se enmadera la galería recta como siempre. En la curva lo que varía son los sombreros del punto inicial (P.I.) mismo de la curva y algunos que están más próximos, pero el resto son normales.

Lo que cambia son los largos de los tirantes, que en la pared exterior de la galería conserva siempre la misma longitud, pero que en la pared interior de la curva varía, siendo necesario calcularlos. Fig. N° 87.

En la Fig. N° 88, se ve otra disposición para sostener la longarina en el punto de separación de la curva. Si se dispone de madera selecta (pino), se puede adoptar la forma de la Fig. N° 89.

6) Doble curva o bifurcación de una galería.- En este caso es algo más complicado el enmaderado y demanda el empleo de madera de primera calidad y de dimensiones especiales.

Para el enmaderado de las curvas mayores de cierto radio, es necesario calcular el punto inicial, radio de curvatura, punto terminal, después con la ayuda de una tabla se puede replantear en el terreno la ubicación de los cuadros.

Es importante hacer notar que lo ideal para el sostenimiento en el punto de cruce, en terrenos malos, es usar vigas metálicas en vez de longarinas de madera.

7) Curvas simples.- Se producen en un cambio de dirección del socavón o galería.

Todas las curvas que se usan en las labores de la mina son circulares, ya que este tipo de curva satisface ampliamente todas las necesidades del tráfico de las locomotoras y carros mineros.

El enmaderado de una curva simple es más sencillo que de un cruce, pues la

CRUCE A 90°

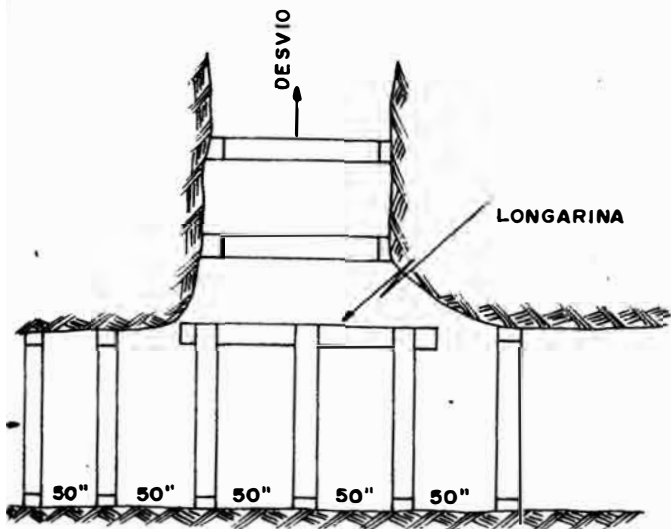


Figura 85

LIGERO ANGULO DE DESVIO

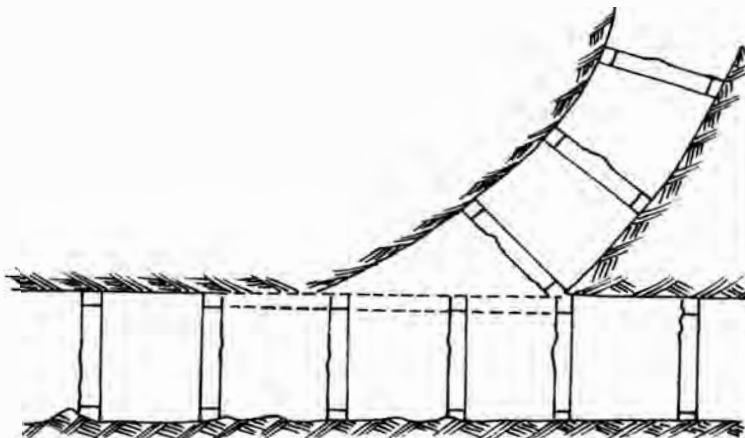


Figura 86

CURVA DE DESVIO A UN LADO

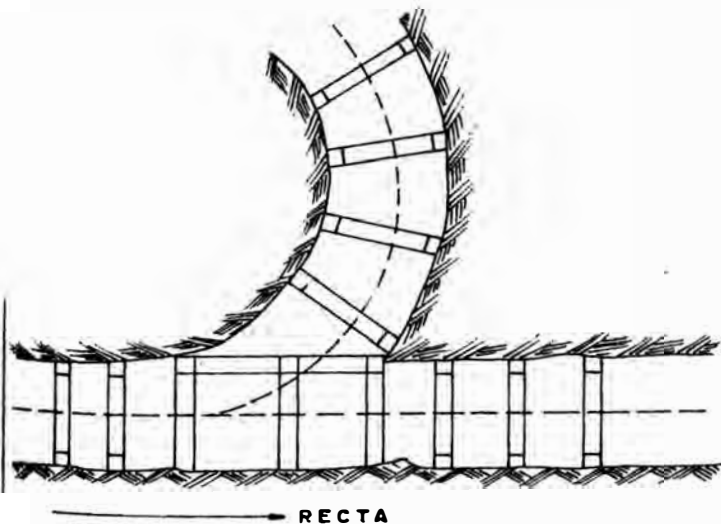
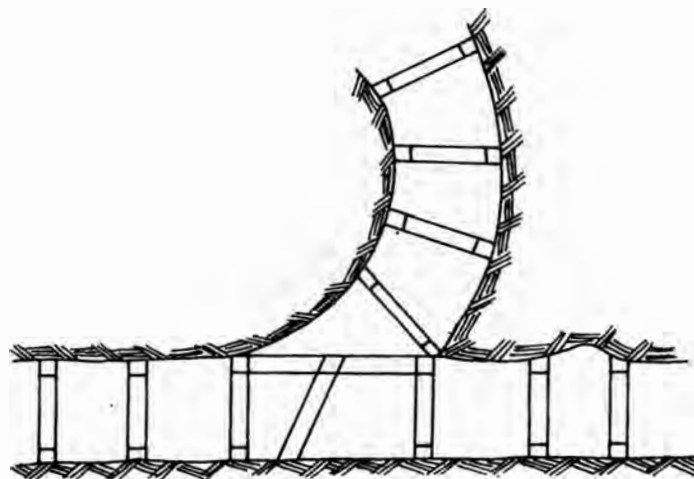


Figura 87



CURVA DE DESVIO A UN LADO  
OTRA DISPOSICION

Figura 88

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ENMADERADO DE CURVAS Y DESVIOS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 85-86-87-88 FECHA: AÑO - 1973

distancia de los cuadros en la curva exterior son los mismos que de las rectas, y los de la curva interior se calcula por triángulos semejantes.

Ejemplo, deseamos conocer las distancias interiores (largo de los tirantes interiores) para una curva de 30 pies de radio teniendo una separación de 50' entre cuadros. Fig. N° 92.

El cálculo consiste en hallar los valores de los cuadros del tirante interior  $x$  y se reduce a obtener el lado de un triángulo semejante de otra más grande, cuyos datos se conocen.

Siendo el ancho 8 pies:

$$34' = \text{radio} + 4'$$

$$26' = \text{radio} - 4'$$

$$\frac{26}{x} = \frac{34}{50'}$$

$$x = \frac{26' \times 50'}{34'} = 38 \text{ pulgadas}$$

Esta será la longitud de los tirantes interiores de 90°.

En general para el trazado de una curva cualquiera se procede de la siguiente manera. Fig. N° 93.

Teniendo como datos conocidos, el radio de curvatura ( $r = 22$  pies) y el ángulo que forman los ejes de las alineaciones ( $\alpha = 62^\circ 50'$ ).

Mediante unas tablas de replanteo de curvas se calculan:

Longitud de las tangentes  $AB = BC$  ( $AB = 13' 6''$ ).

Longitud de la flecha  $BD$  ( $BD = 3' 10''$ )

Longitud de la curva  $ADC$  ( $ADC = 24'$ )

Luego

1. Se traza uno de los ejes, con una recta cualquiera.
2. En dicha recta se toma la distancia  $AB$

3. Se mide el ángulo (con un transportador)  $\alpha$  , tomando como referencia el eje trazado y el punto B .
4. La abertura del ángulo  $\alpha$  nos dará el otro eje.
5. En este otro eje se mide  $AB = BC$
6. Por los puntos A y C, se trazan perpendiculares a los ejes respectivos. En estas perpendiculares se toma el radio (  $r = 22'$  ).
7. La intersección de estas perpendiculares nos dará el centro de la curva O.  $AO = CO$ .
8. Luego se traza la curva, tomando como centro O y  $radio = AO = CO$ .
9. El punto A es el principio de curva y el punto C es el final de la curva.
10. Finalmente se procede a calcular el número de cuadros, tomando en cuenta el espaciamiento de cuadro a cuadro, en la longitud del arco ADC.

BIFURCACION DE UNA GALERIA

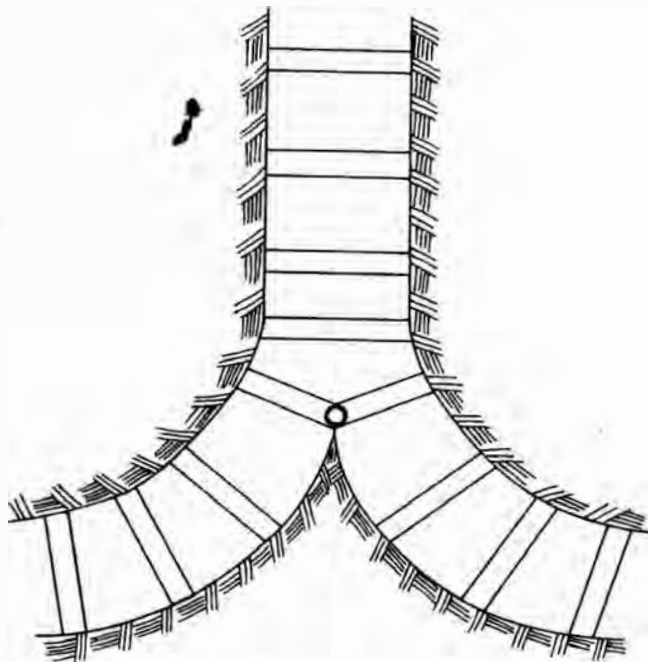


Figura 90

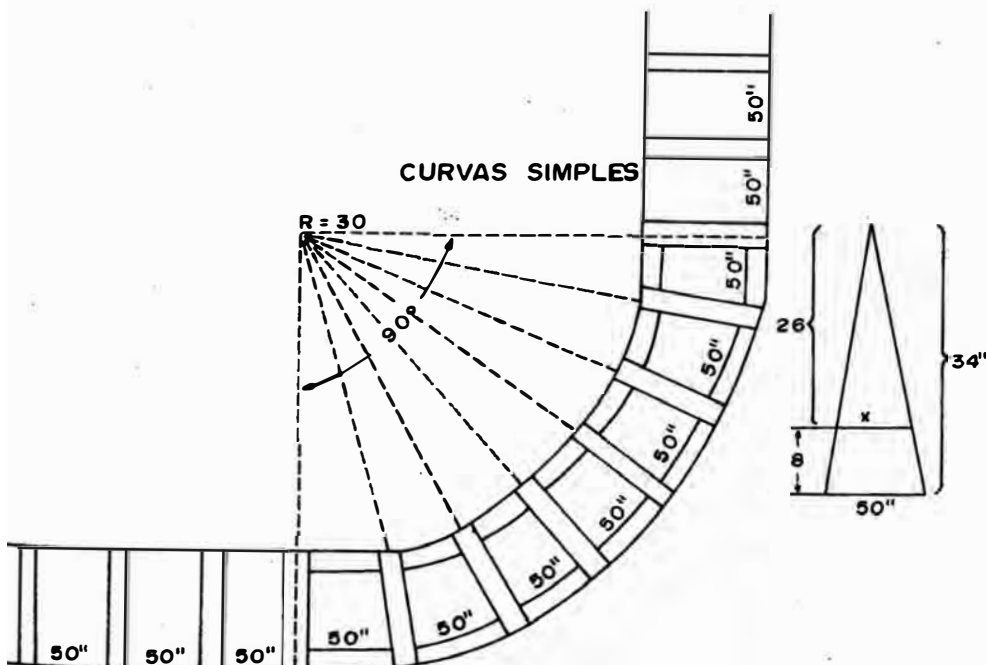
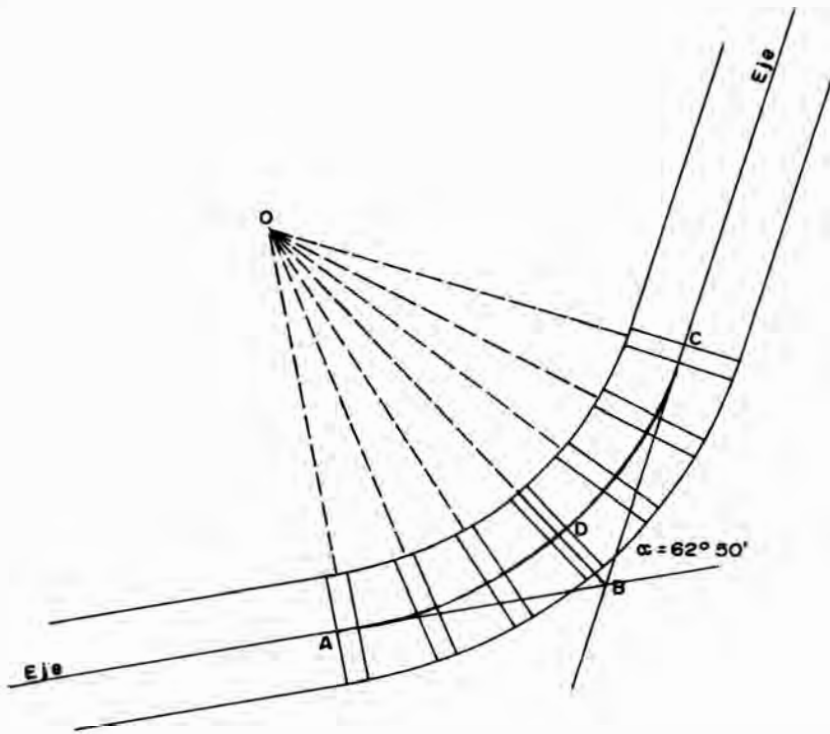


Figura 92

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ENMADERADO DE CURVAS SIMPLES	
TRAZO Y DIBUJO	ESCALA
VICENTE DONAIRES	FIGURAS: 90 - 92
	FECHA: AÑO - 1978





REPLANTEO DE CURVAS

$\alpha = 62^\circ 50'$

$r = 22'$

$AB = r \operatorname{Tg} \frac{\alpha}{2} = 22' \times 0.61080$

$AB = BC = 13' 6''$

$BD = r (\sec \frac{\alpha}{2} - 1) = 22' \times 0.17178$

$BD = 3' 10''$

LONGITUD DE LA CURVA ADC

$ADC = r \frac{\pi \alpha}{180} = 22 \times 1.09665$

$ADC = 24'$

Figura 93

CURVA DE DESVIO A UN LADO CON ENMADERADO DE PINO

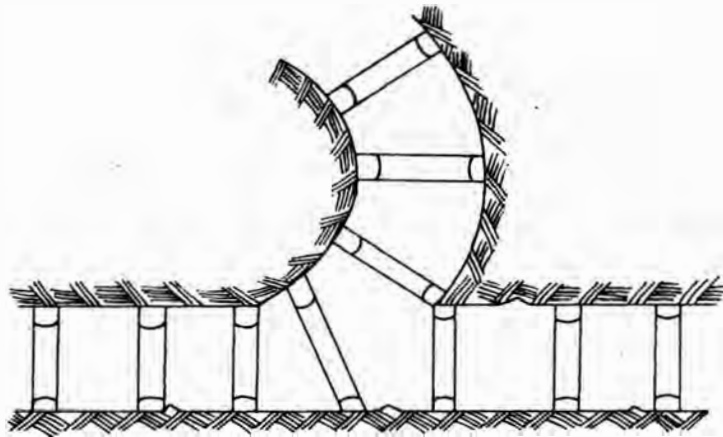


Figura 89

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ENMADERADO DE CURVAS	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 89 - 93 FECHA : AÑO - 1973

## C A P I T U L O V

### S O S T E N I M I E N T O D E P I Q U E S

Los piques son labores que deben durar mucho tiempo hasta que termine la explotación de la mina por lo regular. Siguiendo el criterio general es preferible construirlos en terrenos firmes, para que los costos de mantenimiento sean menores.

Los piques más comunes son de secciones rectangulares de 2 ó 3 compartimientos, fortificados con madera. Como se puede ver en las páginas números: del 136 al 140.

Para protección de la filtración del agua superficial y mejor sostenimiento se construye un anillo de concreto en el cuello del pique.

La madera de pino es usado comúnmente para los cuadros de piques, normalmente madera cuadrada de 8" x 8" hasta 10" x 10" de sección.

Para piques en terrenos muy firmes, los cuadros pueden ser incompletos o con madera de inferior calidad.

Soleras o longarinas de anclaje (bearing) se colocan a unos 35 pies de distancia (altura) o más. Para soportar el peso de la estructura.

Para bajar o ajustar cada cuadro se utiliza ganchos de fierro (5/8" a 1"), los cuales se pueden suprimir posteriormente, pero se recomienda dejarlos por que siempre ayudan a la resistencia general de la estructura.

Para completar el enmaderado se colocan tablas de dos o tres pulgadas de espesor detrás de cada par de cuadros consecutivos.

Cuando se coloca el entablado, se puede hacer uso de otro sistema, que consiste en clavar listones en la parte inferior y superior de dos largueros consecutivos, tras de ellos se colocan las tablas, esto puede ser satisfactorio en terrenos medianamente resistentes. Al tener presión, las tablas, los listones fallarían y serían reemplazados.

Al profundizar piques, los disparos pueden dañar los cuadros que están muy cerca al fondo del pique. Para prevenir esto, se usan tableros o planchas de fierro los cuales sirven, además como plataformas de trabajo, los tableros se suspenden por medio de cadenas o cables que permiten colocarlos a la altura deseada. El enmaderado debe ir tan lejos del fondo como sea posible.

Se recomienda establecer inspecciones periódicas del sostenimiento de los piques. Se llevará el record de estas inspecciones y de las reparaciones que se hagan en un libro apropiado.

En piques de sección circular, se utilizan por lo general fortificaciones de concreto armado. Cuando se utiliza este tipo de sostenimiento es necesario montar previamente una fortificación provisional de madera o de acero y tener una plataforma colgante que debe subir o bajar a voluntad. La fortificación definitiva de concreto se construye por secciones escalonadas en sentido descendente, cada una de las cuales se construye en sentido ascendente a partir

de un anillo de anclaje, hasta llegar a la sección inmediatamente superior.

Estos tipos de piques son utilizados en minería grande y se requiere una técnica muy especializada, así tenemos estos piques en la Ex- Cerro de Pasco Corporation (Casapalca, Cerro de Pasco).

## FORTIFICACION DE UN PIQUE DE TRES COMPARTIMIENTOS

Prefijo a : Todo referente a madera

Prefijo b : Todo referente a fierro

Clave	Dimensiones	Descripción
a - 1	8" x 8" x 15' 8"	Longarina para tres cuadros
a - 2	8" x 8" x 4' 7"	Tirante de los cuadros
a - 3	8" x 8" x 6' 9"	Poste de los cuadros
a - 4	8" x 8" x 55"	TIRANTE DE LOS CUADROS ( EXTREMOS )
a - 5	4" x 4" x 15'	Guías de los cables
a - 6	2" x 4" x 8"	Cuñas
a - 7	2" x 6" x 7'	Tablas
a - 8	3" x 4" x 16' 6"	Escaleras
b - 1	2" x 1/4" x 12"	Platinas
b - 2	5/8" x 57"	Varillas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA-MINERA Y METALURGICA
TESIS DE GRADO
FORTIFICACION DE UN PIQUE
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES
FIGURA : FECHA : AÑO - 1973

PLANTA DEL PIQUE

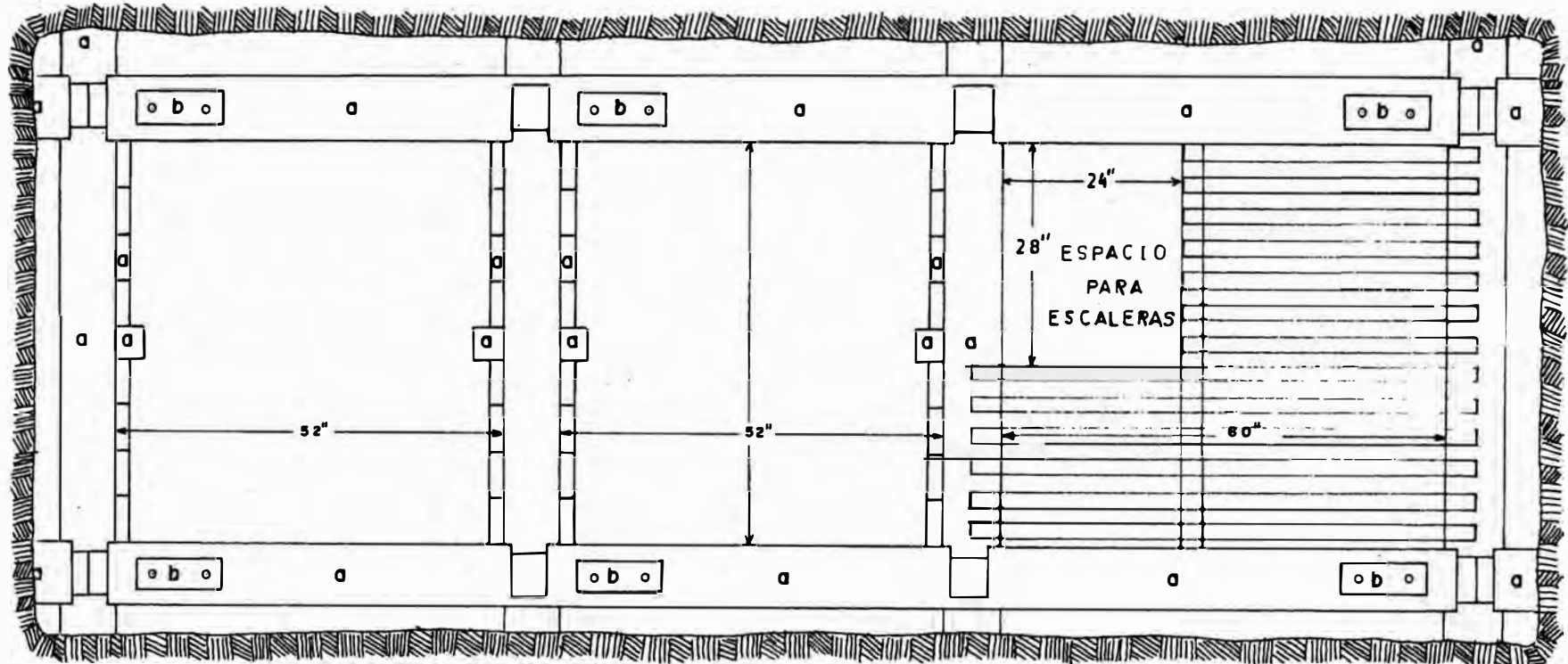


Fig. 126

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
PIQUE DE TRES COMPARTIMIENTOS	
Escala : 12" = 4'	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	FIGURA : 126 FECHA : AÑO - 1973

FRENTE DEL PIQUE

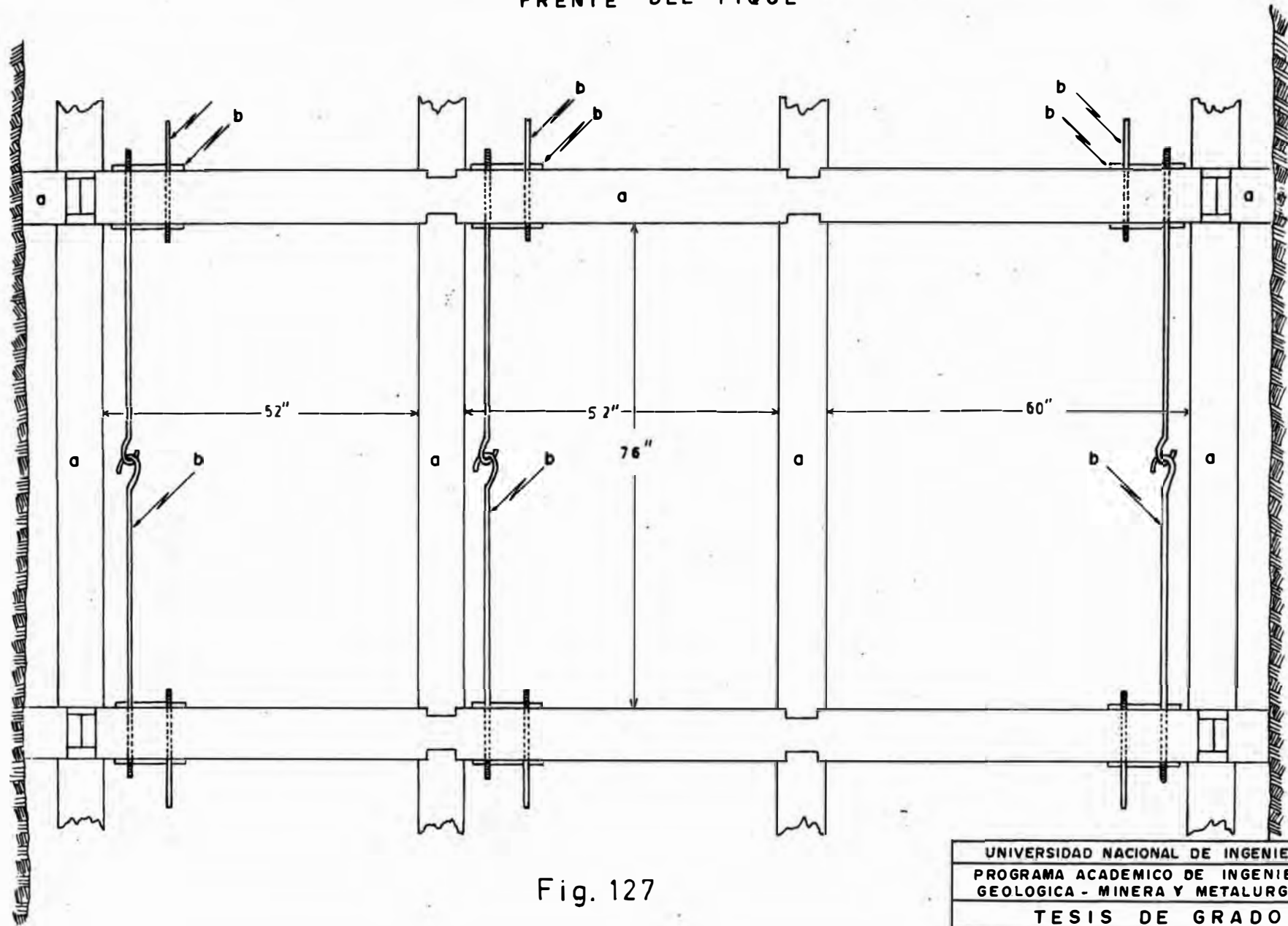
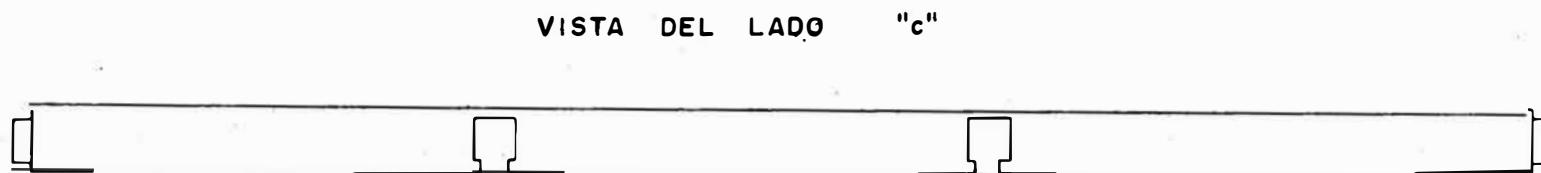
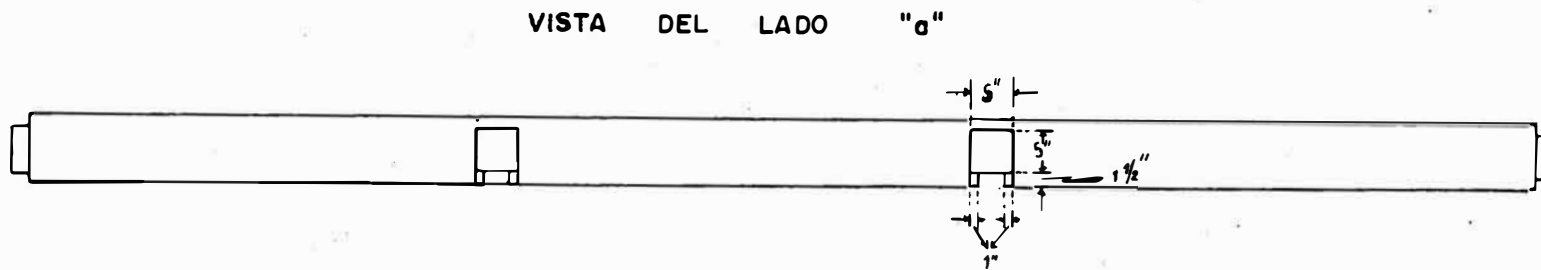
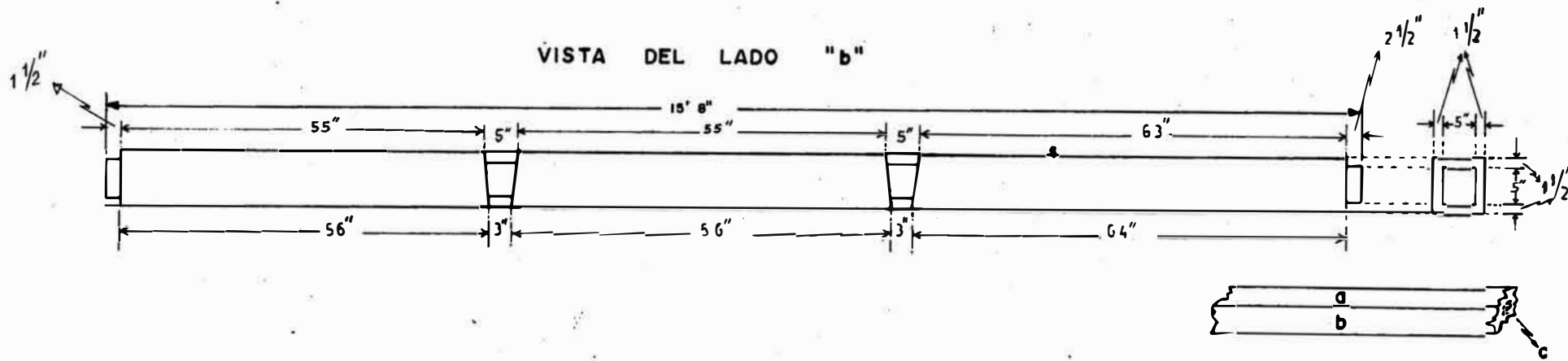


Fig. 127

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
PIQUE DE TRES COMPARTIMENTOS	
Escala : 12 = 1/2"	
TRAZO Y DIBUJO	FIGURA: 127
VICENTE DONAIRES	FECHA: AÑO - 1973

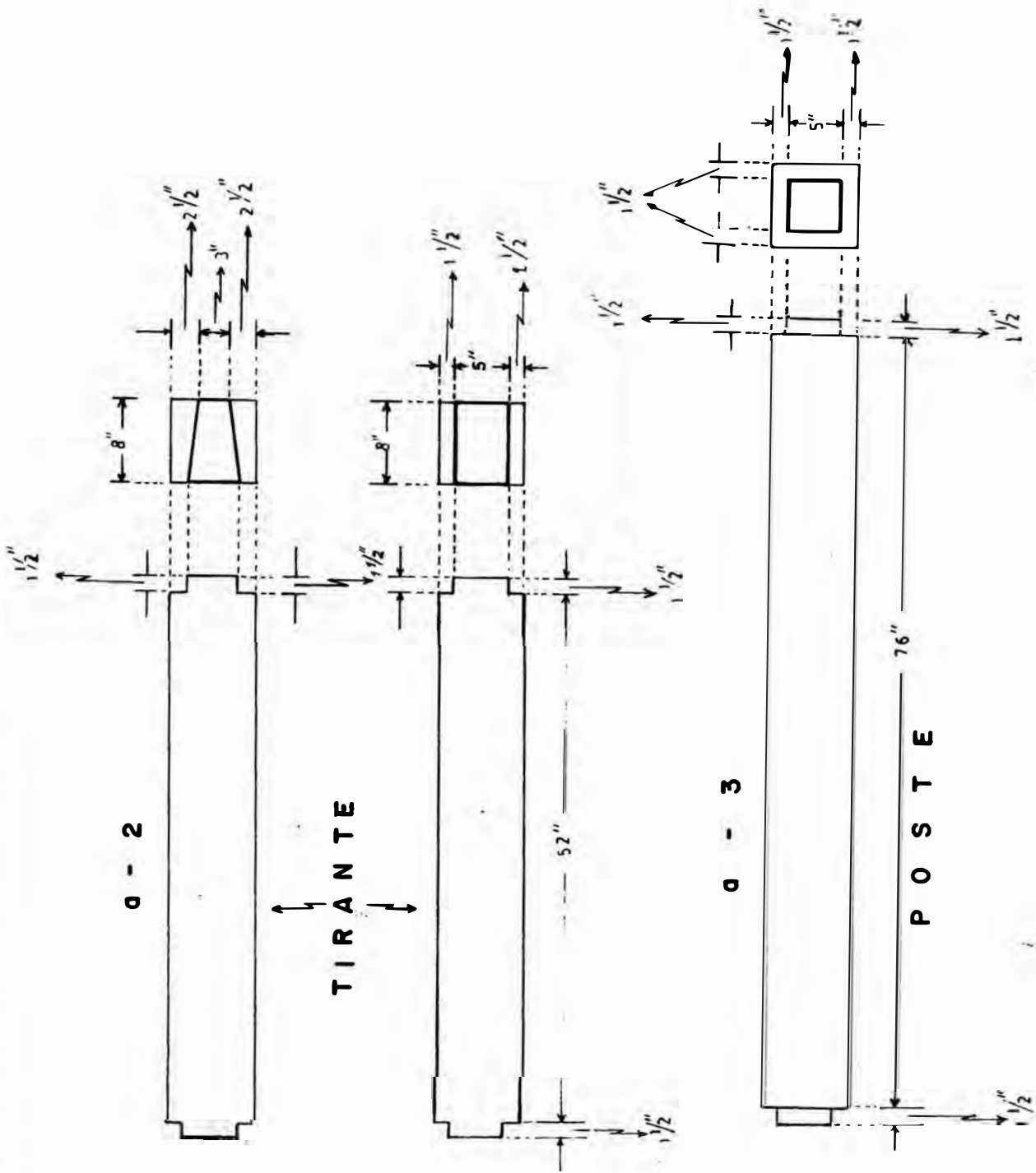


a - 1

Fig. 128

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
LONGARINA DEL CUADRO	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	Escala: 12" = 4"
	FIGURA: 128
	FECHA: AÑO - 1973





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA	
GEOLOGICA - MINERA Y METALURGICA	
TESIS DE GRADO	
ELEMENTOS PRINCIPALES DEL	
CUADRO DEL PIQUE	
TRAZO Y DIBUJO VICENTE DONAIRES	Escala : 12" = 3/4"
	FIGURA : 129
	FECHA : AÑO - 1973

C A P I T U L O   V I

C O S T O S   D E   S O S T E N I M I E N T O

I N T R O D U C C I O N

Como el sostenimiento del presente trabajo está basado en su mayor parte de MADERA, por ser el material que más abunda y es el mas usado, cuya utilización se ha generalizado en casi todas las minas que existen en nuestro país.

Por estas consideraciones, se ha preferido realizar los costos de sostenimiento utilizando madera.

Para obtener el costo de sostenimiento de labores mineras, influyen muchos factores, tales como las variaciones que presentan cada clase de roca, precios del material, jornales, calidad de las vías de comunicación, ubicación del centro minero, con respecto a las plantaciones forestales, su tecnología, etc.

Los costos efectuados en una determinada fecha pueden no ser aplicables en el futuro cuando cambian las condiciones sobre las que fueron efectuados.

Así mismo se ha dado la importancia de estudiar la madera en sus diferentes aspectos, como su estructura, propiedades físicas, propiedades mecánicas, etc.

La madera que más se utiliza es el eucalipto y la especie del Globulus-Labill es el más indicado para el sostenimiento por sus propiedades tecnológicas apropiadas.

### 1. Medición de la Madera

Normas comerciales.- La madera viene en dos formas:

1. Redondas
2. Aserrada.

En el caso de la madera redonda, el largo de las piezas viene de acuerdo al pedido, en la madera aserrada también se pueden obtener los largos deseados.

La madera no cepillada, o sea de corte en bruto, se acepta una tolerancia de 1/4" por dimensión, es decir, que una viga de 12" x 12", puede ser hasta de 11 1/2" x 11 1/2".

### Sistemas para medir la madera.-

La madera aserrada se mide siempre en pies cuadrados; y la madera redonda se puede medir:

- a) En pies cuadrados.
- b) En peso.

### Medida de la madera aserrada.-

La Unidad de medida es el () Pie Cuadrado, que es el volumen de una pieza o tabla de 12" x 12" x 1".

Para reducir a pies cuadrados una pieza cualquiera de madera, se multiplica el espesor por el ancho, en pulgadas, y por el largo en pies; este total se divide por 12.

Ejemplos:

$$3'' \times 4'' \times 6' = 72/12 = 6 \text{ pies cuadrados}$$

$$2'' \times 8'' \times 8' = 128/12 = 10.66 \text{ pies cuadrados}$$

En la práctica se usa mucho para estos cálculos tablas de pies cuadrados con las que no hay necesidad de hacer muchas operaciones. Cuadro No. 3, apéndice Pag. No. 6.

Medida de los troncos o redondos.-

Para medir la madera redonda por peso, bastará tener en cuenta el peso neto de la madera llegada en los camiones, dado por la balanza. Pero en el caso de que quisiéramos conocer el peso de cada pieza o de cada redondo, se tiene que usar las tablas que se dan en el cuadro No. 4, apéndice Pag. No. 8

También se mide en pies cuadrados ( $\square$ ), se multiplica el área promedio de la sección del redondo en pulgadas por el largo en pies; este total se divide por 12. Ejemplo:

Un redondo de 6'' a 8'' x 10'

Diámetro promedio            7''

Radio                                - 3.5''

$$\text{Area} = (3.5)^2 = 38.4846$$

$$= \frac{38.4846 \times 10}{12} = 32.07$$

$$\text{redondo } 6'' \times 8'' \times 10' = 32.07$$

Cuadro No. 3, apéndice Pag. No. 6

2. Costo de Sosténimiento de Un Pique de Tres Compartimientos

Se considera los costos de:

- A) Enmaderado propiamente dicho.
- B) De la mano de obra.

Costo de Enmaderado Propiamente Dicho -

En el sostenimiento del pique, se va utilizar madera de pino oregón de sección cuadrada de 8" x 8".

El pique será de las características siguientes:

Jaula y Skip de .....	52" x 52"
Camino .....	60" x 52"
Profundidad del pique .....	172 pies
Altura para la polea .....	24 pies
Altura de un piso .....	7 pies

El pique se hará de interior mina.

Teniendo en cuenta las características del enmaderado en el diseño tendremos.

1. Número total de pisos del pique.- Repartidos en la forma siguiente:  
172 pies, longitud propiamente dicho del pique  
24 pies, longitud a partir del nivel a la polea.

Entonces tendremos:

$$\text{Número total de pisos} = 196' / 7' = \underline{28 \text{ pisos}}$$

2. Número total de pies en longarinas.- Número de longarinas por piso 2  
y todo el piso será :  $28 \times 2 = 56$

Siendo la longarina de 15' 8" de longitud, en 56 longarinas tendremos:

$$56 \times (15' 8'') = 877.33' = \underline{878 \text{ pies}}$$

3. Número total de pies en los postes del pique.- Número de postes por piso 6 y en todo el pique será:  $28 \times 8 = 224$

Siendo la longitud de cada uno de ellos 6' 7", en todo el pique se tendrá:

$$224 \times (6' 7'') = \underline{1,475 \text{ Pies}}$$

4. Número total de pies en longarinas de anclaje.- Se pondrán en cuatro zonas, en la forma siguiente:

1 zona, en estación superior.

2 zona, en los intermedios.

zona, en estación inferior.

Número de longarinas para cada zona, son 4, y en las 4 zonas serán  
 $4 \times 4 = 16$ .

Cada longarina tiene una longitud de 10 pies y en las 4 zonas serán:  
 $16 \times 10 = \underline{160 \text{ pies}}$

5. Número total de pies en tirantes "cabeza de toro" (cuadro bearing)

En cada zona se necesitan 6, en las 4 zonas serán:

$6 \times 4 = 24$  tirantes.

16 de 55 '' de longitud

8 de 63 '' de longitud

Total de pies en tirantes:

$16 \times 55'' = 880.00' = 73.33' = 74 \text{ pies}$

$8 \times 63'' = 504.00' = 42.00' = \underline{42 \text{ pies}}$   
 116 pies

6. Número total de pies en sombreros del pique.- Número de sombreros por cada piso son 4, y en todo el pique será:  $28 \times 4 = 112$ .

Siendo la longitud de cada sombrero 55'' y en 112 sombreros tendremos:  
 $55'' \times 112 = 513.33' = \underline{514 \text{ pies}}$

En resumen, el total general de pies de madera en el sostenimiento del pique de sección de 8'' x 8'' será:

En longarinas .....	878 pies
En postes .....	1,475 pies
En logarinas de anclaje .....	160 pies
En tirantes .....	116 pies
En sombreros .....	<u>514 pies</u>
Total .....	3,143 pies
Teniendo en cuenta la utilización en TOPES.	
Se estima el 10% de 3,143 .....	<u>314 pies</u>
Total general .....	3,457 pies

Cálculo de pies cuadrados (  $\square$  )

$$\frac{8'' \times 8'' \times 3,457'}{12} = 18,427.33$$

El precio de la madera de pino oregón, puesto en la mina es de S/. 16.50  
el pie cuadrado.

a.- Costo parcial del sostenimiento del pique será:

$$16.50 \times 18,427.33 = S/. 304,215.90$$

$$\frac{304,215.90}{196} = \dots\dots\dots S/. 1,552.12 \text{ Por pie de PIQUE.}$$

b.- Madera para guías sección 4'' x 4''

Teniendo 4 hileras de guías, para todo el pique será: 196 x 4 = 784 pies

$$\frac{4'' \times 4'' \times 784'}{12} = 1045.33 \square$$

$$1045.33 \times 16.5 = S/. 77,248.00$$

$$77,248.00 : 196' \dots\dots\dots S/. 88.00 \text{ por pie de pique}$$

c.- Considerando en forma estimada, el costo de escaleras, parrillas, descansos,  
platinas, varillas, cuñas etc. .... S/. 352.00 por pie de Pique.  
Costo del enmaderado .....S/.1,992.12' por pie de Pique.

Costo de mano de obra:

a. Preparación de la madera en taller de carpintería.

Para preparar la madera en el taller de carpintería, en un piso completo necesitan:

Un carpintero.....	S/. 306.23	(Cuadro N° 5, del apénd.pág.12)
Dos ayudantes carpinteros a		
S/. 292.13 c/u.....	<u>584.24</u>	
	S/. 890.47	

El tiempo de preparación es de 12 horas (1.5 tareas), por lo tanto, el costo en la preparación de un piso será:

$$1.5 \times S/. 890.47 = S/. 1,335.70$$

$$\frac{28 \times S/. 1,335.70}{196} = S/. 190.81$$

a. En la preparación en la carpintería de un piso

será:..... S/. 190.81 por pie de pique.

b. En el armado de un piso del pique

Se necesitan:

Un enmaderador.....	S/. 330.17	(Cuadro N°5, del apénd.pág.12)
Un ayudante enmaderador.....	316.05	
Dos peones a S/.303.49 c/u.....	<u>616.98</u>	
	1,263.20	

Tiempo de armado 2 tareas, incluyendo el tiempo de transporte del material al lugar de operación.

Luego en el armado de un piso, el costo:

$$S/. 1,263.20 \times 2 = 2,526.40.$$



El costo en el armado por pie de pique será:

$$\frac{28 \times S/. 2.526.40}{196'} = S/. 360.91$$

b. En el armado de un piso..... 360.91 Por pie de pique.

Costo de la mano de obra a + b = 551.72 Por pie de pique.

Finalmente el costo general del sostenimiento de un pique de tres compartimientos será:

$$S/. 1,992.12 + S/. 551.72 = S/. 2 543.84 Por pie de pique.$$

### 3. Costo de un cuadro de tres piezas en el sostenimiento de una galería

Se considera el costo de:

- Del enmaderado propiamente dicho
- De la mano de obra.

#### Costo del enmaderado propiamente dicho

Calcularemos el costo del enmaderado, utilizando madera redonda de eucalipto de secciones de 8" y 6" de diámetro.

Se considera un cuadro de tres piezas, cuando el cuadro está constituido de tres elementos principales que son: dos postes y un sombrero.

Siendo una de sus propiedades del eucalipto, que su tallo es de conicidad no muy pronunciada y para facilidad de los cálculos, se considera sus diámetros iguales en ambos extremos de los redondos.

Las características de los elementos del cuadro son:

2 postes de 8"  $\emptyset$  x 8'

1 sombrero de 8"  $\emptyset$  x 6'

2 tirantes de 6"  $\emptyset$  x 5'

6 redondos de 6"  $\emptyset$  x 5', para el encribado

12 redondos de 6"  $\emptyset$  x 5', para el enrejado.

#### Calculo del peso de los elementos del cuadro

Utilizando el cuadro N° 4 del apéndice pág. N° 8 se encuentran los pesos de los redondos.

2 postes de 8"  $\emptyset$  x 8' = 2 x 86.9760 = 173.952 Kg.

1 sombrero de 8"  $\emptyset$  x 6' = 65.2320 = 65.232 Kg.

2 tirantes 6"  $\emptyset$  x 5' = 2 x 30.5770 = 61.154 Kg.

6 redondos 6"  $\emptyset$  x 5' = 6 x 30.5770 = 183.462 Kg.

12 redondos 6"  $\emptyset$  x 5' = 12 x 30.577 = 366.924 Kg.

Total ..... 850.724 Kg.

Considerando el 10% de 850.724, para cuñas y topes..... 85.072  
Total peso de los elementos del cuadro..... 935.796 Kg.

Cálculo del transporte de la madera

Para el transporte de 935.796 Kg. de la madera de eucalipto del Valle del Mantaro a la mina; suponiendo que la Unidad Minera se encuentra a 258 Km. del lugar de la compra y el flete por el transporte sea de S/. 600.00 la tonelada.

Cuadro N° 6 del apéndice página N° 14.

$$\frac{S/. 600.00 \times 935.80 \text{ Kg.}}{1,000} = S/. 561.48$$

Flete por el transporte..... S/. 561.48

Cálculo de los pies cuadrados de los elementos del cuadro

Utilizando las tablas para calcular los pies cuadrados, tendremos:

2 postes de 8" x Ø x 8' = 2 x 33.5104 = 67.0208  
1 sombrero de 8" x Ø x 5' = 25.1328 = 25.1328  
2 tirantes de 6" x Ø x 5' = 2 x 11.7810 = 23.5620  
6 redondos de 6" x Ø x 5' = 6 x 11.7810 = 70.6850  
12 redondos de 6" x Ø x 5' = 12 x 11.7810 = 141.3720  
Total pies cuadrados..... 327.7726

La madera se compra en pies cuadrados o en precios unitarios. Depende del contrato de los madereros con las compañías mineras.

Para nuestro caso se considera el precio de la madera redonda de eucalipto, puesto en el Valle del Mantaro, a S/. 2.80 el pie cuadrado.

El costo de la madera en el enmaderado será:

$$S/. 2.80 \times 327.7726 = S/. 917.76$$

Luego, el costo del enmaderado propiamente dicho:

Flete por el transporte + costo de la madera = S/. 561.48 + S/. 917.76 =  
S/. 1,479.24.

Costo de la mano de obra

Se considera:

a. Preparación de la madera en el taller de carpintería.

b. En el armado del cuadro.

a. Preparación de la madera en el taller de carpintería.

Para preparar los elementos del cuadro en el taller, se necesitan:

1. carpintero S/. 306.23

1 ayudante carpintero 292.13

S/. 598.36

En una jornada de 8 horas se preparan tres juegos de cuadros.

Para un cuadro el costo: S/. 598.36 : 3 = S/. 199.45

Por el transporte de la madera al lugar del armado, se requieren de dos peones, que lo realizan en dos horas (0.25 tareas).

2 peones a 308.49 c/u. = S/. 616.98 x 0.25 S/. 154.24

Preparación de la madera..... S/. 353.69

b. En el armado del cuadro

Tiempo de armado de un cuadro, de tres piezas, lo ejecutan en 1.00 tarea

luego tendremos:

1 enmaderador..... S/. 330.17

1 ayudante enmaderador..... 316.05

Total S/. 646.22

Armado del cuadro 1.00 T x 646.22 S/. 646.22

Costo de la mano de obra..... S/. 999.91

Por consiguiente el costo total del armado de un cuadro de tres piezas, en el sostenimiento de una galería será:

a. Costo de la madera	S/. 1,479.24
b. Costo de la mano de obra	<u>999.91</u>
Costo total	S/. 2,479.15

En la práctica, la madera es transportada en camiones del lugar de la compra a las Unidades Mineras, el receptor de madera clasifica los redondos por diámetros y largos.

Así por ejemplo en una Unidad Minera se han recibido dos camionadas de madera redonda de eucalipto, con las siguientes piezas.

22 redondos 6" de diámetro y 10' de largo

18 redondos 8" de diámetro y 6' de largo

14 redondos 8" de diámetro y 10' de largo

20 redondos 8" de diámetro y 10' de largo

15 redondos 10" de diámetro y 10' de largo

12 redondos 10" de diámetro y 15' de largo

Cálculo de pies cuadrados y el costo de cada redondo.

22 redondos 6" $\emptyset$ x 10' = 23.5620 $\square$ x S/. 2.8 = S/. <u>65.97</u> x 22 = S/. 1,451.34
18 redondos 8" $\emptyset$ x 6' = 25.1328 $\square$ x S/. 2.8 = S/. <u>70.37</u> x 18 = S/. 1,266.66
14 redondos 8" $\emptyset$ x 8' = 33.5104 $\square$ x S/. 2.8 = S/. <u>93.83</u> x 14 = S/. 1,313.62
20 redondos 8" $\emptyset$ x 10' = 41.8880 $\square$ x S/. 2.8 = S/. <u>117.28</u> x 20 = S/. 2,345.60
15 redondos 10" $\emptyset$ x 10' = 65.4500 $\square$ x S/. 2.8 = S/. <u>183.26</u> x 15 = S/. 2,748.90
12 redondos 10" $\emptyset$ x 15' = 98.1750 $\square$ x S/. 2.8 = S/. <u>274.89</u> x 12 = S/. 3,298.68

Cálculo del peso de madera para cada tamaño

Utilizando el cuadro N° 4, del apéndice página N° 8, tendremos:

$$22 \text{ redondos } 6'' \varnothing \times 10' = 61.1540 \times 22 = 1,345.38 \text{ Kg.}$$

$$18 \text{ redondos } 8'' \varnothing \times 6' = 65.2320 \times 18 = 1,174.18 \text{ ''}$$

$$14 \text{ redondos } 8'' \varnothing \times 8' = 86.9760 \times 14 = 1,217.66 \text{ ''}$$

$$20 \text{ redondos } 8'' \varnothing \times 10' = 108.7200 \times 20 = 2,174.40 \text{ ''}$$

$$15 \text{ redondos } 10'' \varnothing \times 10' = 169.8860 \times 15 = 2,548.29 \text{ ''}$$

$$12 \text{ redondos } 10'' \varnothing \times 15' = 254.8290 \times 12 = 3,057.94 \text{ ''}$$

Flete por el transporte para cada tamaño de madera redonda

Si hemos considerado S/. 0.60 el kilo, por el transporte del redondo hasta la Unidad Minera, tendremos:

$$22 \text{ redondos de } 6'' \varnothing \times 10' = 1,345.38 \text{ Kg.} \times 0.60/\text{Kg.} = \text{S/}. 807.23$$

$$18 \text{ redondos de } 8'' \varnothing \times 6' = 1,174.18 \text{ Kg.} \times 0.60/\text{Kg.} = \text{S/}. 704.50$$

$$14 \text{ redondos de } 8'' \varnothing \times 8' = 1,217.66 \text{ Kg.} \times 0.60/\text{Kg.} = \text{S/}. 730.60$$

$$20 \text{ redondos de } 8'' \varnothing \times 10' = 2,174.40 \text{ Kg.} \times 0.60/\text{Kg.} = \text{S/}. 1,304.64$$

$$15 \text{ redondos de } 10'' \varnothing \times 10' = 2,548.29 \text{ Kg.} \times 0.60/\text{Kg.} = \text{S/}. 1,528.97$$

$$12 \text{ redondos de } 10'' \varnothing \times 15' = 3,057.94 \text{ Kg.} \times 0.60/\text{Kg.} = \text{S/}. 1,834.76$$

Costo unitario de la madera redonda puesto en la mina

$$6'' \varnothing \times 10' = 1,451.34 + \text{S/}. 807.23 = \text{S/}. 2,258.57 \quad 22 = \text{S/}. 102.66$$

$$8'' \varnothing \times 6' = 1,266.66 + \text{S/}. 704.50 = \text{S/}. 1,970.98 \quad 18 = \text{S/}. 109.49$$

$$8'' \varnothing \times 8' = 1,313.62 + \text{S/}. 730.60 = \text{S/}. 2,044.08 \quad 14 = \text{S/}. 146.00$$

$$8'' \varnothing \times 10' = 2,345.60 + \text{S/}. 1,304.64 = \text{S/}. 3,650.24 \quad 20 = \text{S/}. 182.51$$

$$10'' \varnothing \times 10' = 2,748.90 + \text{S/}. 1,528.97 = \text{S/}. 4,277.87 \quad 15 = \text{S/}. 285.19$$

$$10'' \varnothing \times 15' = 3,298.68 + \text{S/}. 1,834.76 = \text{S/}. 5,133.44 \quad 12 = \text{S/}. 427.78$$

En Resumen:

$$6'' \emptyset \times 10' = S/. 102.66$$

$$8'' \emptyset \times 10' = S/. 182.52$$

$$8'' \emptyset \times 6' = S/. 109.49$$

$$10'' \emptyset \times 10' = S/. 285.19$$

$$8'' \emptyset \times 8' = S/. 146.00$$

$$10'' \emptyset \times 15' = S/. 427.78$$

Estos cálculos se realizan para conocer el precio unitario de la madera redonda puesto en la mina, conocido este precio el flete se calcula directamente pesando el camión y destarando el peso del camión.

Teniendo los precios unitarios de la madera, puesto en la mina se puede calcular los costos de sostenimiento, para cualquier tipo de enmaderado, considerando la preparación de la madera en el taller de carpintería y la de mano de obra.

En general para saber los costos de sostenimiento de las operaciones mineras, es necesario clasificarlo por labores.

Se presenta un cuadro mensual de sostenimiento con madera de eucalipto, donde se puede controlar mes a mes, los costos por metro de avance y por T.M.H. sostenido, Cuadro N° 7 del apéndice página N° 15.

### RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Antes de elegir un sistema de sostenimiento evaluar los siguientes factores: importancia de la labor, método de explotación, tiempo que debe servir, forma y dimensiones de las secciones de sostener y considerando el costo unitario y su mantenimiento.

En el sostenimiento de labores mineras es recomendable hacer estudios de mecánica de rocas del yacimiento, para lo cual las empresas mineras deben a menudo clasificar las rocas teniendo en cuenta sus particularidades de su propia región, con el fin de conocer las fuerzas contra las que hay que luchar en la mina.

La madera es el material más usado y muy común para el sostenimiento de labores mineras, se estima que por lo general el eucalipto es el más barato y abundante que otras clases de maderas.

- La madera es considerada como el elemento de producción en la explotación minera (detalles con respecto a la madera en el apéndice página N° 17).
- En cuanto sea posible, tanto la madera, como los otros materiales utilizados en el sostenimiento, deben trabajar a compresión.
- Los ensambles deben ser del tipo más simple posible, deben ser diseñados para trabajar a la compresión, debilitar la madera lo menos posible, con la mínima pérdida de material, y evitar riesgos de rotura en la manipulación.
- Es recomendable la preparación de la madera, en el taller de carpintería, estandarizando las piezas a utilizar. Si se preparan las piezas en el interior de la mina por lo general se pierde tiempo y se desperdicia mucha madera.
- Cuando se tiene que utilizar madera para el sostenimiento de piques, galerías



principales, tajeos con cuadros completos, se recomienda madera preparada.

- Se transportará la madera a las bocaminas y en estos lugares se podrá mantener un pequeño stock. Cuando se tenga estaciones de madera dentro de la mina deben ser limpios y ventilados.

La práctica recomienda, después de armar tres cuadros, es necesario completar todos los elementos auxiliares de sostenimiento como cuñas, blocks, encribados enrejados, rellenos, etc.

Los elementos de refuerzo solamente se usarán cuando sean indispensables.

- El Perú posee grandes extensiones de bosques, unos 65 millones de hectáreas, compuestas de más de 2,500 especies forestales. Entre ellas deben seleccionarse aquellas que tengan características adecuadas para ser usadas en las minas.
- Debe continuarse la investigación, iniciada mediante el Convenio "Investigación, Normalización de madera de eucalipto" entre la Universidad Nacional Agraria La Molina, el Ministerio de Energía y Minas e ITINTEC (Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas).
- Los cuadros rectos en las galerías se utilizan, cuando se requiere sostener sólo el techo; cuadros "cojos" cuando se requiere sostener el techo y una de las cajas, cuadros "cónicos" cuando se requiere sostener el techo y las cajas.
- Cuando los terrenos son poco resistentes o se presentan empujes del piso, se completa el cuadro con una cuarta pieza, denominado "solera".
- El empleo de madera tratada está justificado cuando sea preciso que dure largo tiempo.
- La madera para el entibado debe ser sana, seca (tala invernal).
- En los piques, con corriente de aire fresco, la entibación con pino dura 15 a

20 años. En galerías en que circula un aire viciado, el entibado de pino dura de 3 meses a 5 años y el eucalipto un poco menos.

- Se protege el entibado contra la putrefacción impregnándolo con soluciones especiales de sustancias químicas, que contribuyen a aumentar el plazo de servicio de la madera. El plazo de servicio de la madera impregnada con antisépticos aumenta 2 a 3 veces.
  - No deben dejarse espacios abiertos tras los soportes principales tales espacios deberán rellenarse con madera (encribado) o relleno.
  - Cuando en la explotación de grandes masas minerales, en donde pueden producirse movimientos de bloques, deberán rellenarse todos los tajeos.
- El sostenimiento de una mina debe ser objeto de estudios basados en la experiencia obtenida en la propia mina. La experiencia obtenida en la experiencia con diversos métodos y materiales debe registrarse y conservarse para ser utilizada al planear nuevas labores. La experiencia adquirida por las minas colindantes puede ser de gran valor para la dirección de una mina nueva.
- Los informes especiales y mensuales de mina, ayudan a resolver problemas de sostenimiento.
  - Cuando se efectúan disparos, voladuras en las galerías, socavones y demás labores horizontales se deben tomar las precauciones necesarias para que se formen los arcos o bóvedas de seguridad. Producido el disparo se debe proceder al desatajo con una buena barretilla y solamente se entibará cuando sea necesario sostener dichas labores.
  - Cuando se atraviere rocas deleznales o fracturadas o cuando las labores presenten probabilidades de deslizamiento o derrumbes, se procederá inmediatamente a su fortificación, sin esperar que tales labores amenacen riesgo eminente.

- En rocas firmes el sostenimiento resulta innecesario, pues no sufren prácticamente desintegración, en tales casos las galerías se llevarán en forma de bóvedas o arco, para darles aún mayor solidez. Esto resulta particularmente interesante cuando la sección es grande.

Para seleccionar acertadamente los materiales de sostenimiento es necesario conocer la ubicación del yacimiento, el ritmo de laboreo, la vida de la mina y de sus diferentes accesos.

El metal es uno de los materiales de entibación más perfecto, dotado de alta resistencia mecánica y resistencia al fuego, y que soporta bien los esfuerzos de la tracción.

- Para la fortificación de las labores subterráneas se utilizan arcos de riel, vigas con doble T en U, H y otros. Para las uniones de los elementos de entibación se utilizan así mismo piezas de sujeción metálicas; pernos, clavos, espigones, tornillos, etc.

Además el metal tiene la ventaja de que permite reducir el volumen de las excavaciones para conseguir determinada sección neta. Sus principales inconvenientes son su costo elevado y las mayores dificultades que exige su empleo, su corrosibilidad bajo la acción de la humedad, gases y aguas de mina ácidas.

- La protección del metal contra la corrosión en las condiciones mineras se lleva a efecto aplicando en la superficie del metal pinturas anticorrosivas, barnices, esmaltes, cintas, etc.
- El empleo de concreto armado en el sostenimiento de minas subterráneas es ideal en las galerías, también se emplean en el sostenimiento de tajeos (método de corte y relleno descendente Michi).
- El hormigón o concreto, tiene elevada resistencia frente a las solicitaciones

de compresión, buena longevidad, es resistente al fuego y a la acción del agua y aire y su costo es relativamente reducido.

- Los defectos del concreto estiban en su peso volumetrico considerable, fragilibilidad frente a los golpes, escasa resistencia a los esfuerzos de tracción y de flexión (8 a 10 veces menor que la resistencia a compresión), laboriosidad del proceso de entibación con concreto.
- El concreto armado es un concreto reforzado con armadura de metal. En el concreto armado son aprovechadas ventajosamente las propiedades de ambos materiales; el concreto soporta bien los esfuerzos de compresión y protege el acero contra la oxidación, y el acero tiene elevada resistencia a los esfuerzos de tracción.
- El conocimiento de los tipos de rocas y de sus características físicas constituye una gran ayuda para el minero, para determinar la necesidad de fortificar las labores. La observación de la existencia de planos de debilitamiento, diagñasas, la existencia de filtraciones, grietas, etc., unida al examen de los terrenos golpeándolos con un martillo o con una barretilla constituyen recursos interesantes, para determinar la estabilidad de una determinada masa de rocas.

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

- Mining Engineers Hand Book - Peele.
- Elementos Of Mining - Young.  
Diversos trabajos presentados en anteriores convenciones de Ingenieros de Minas.
- Anuario de la Industria Minera del Perú.
- Elección y Crítica de los Métodos de la Explotación en Minería de B. Stoces
- Postes de madera para líneas aéreas de conducción de energía. Presentado por el Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Diseño simplificado de concreto reforzado de Harry Parker.
- Prontuario de la madera de Pedro Coma Baulenas.
- Cubicación de la madera de Ismael Badia.  
Resistencia de Materiales de William A. Nash.  
Mine Plant Design por W.N. Stanley.
- Replanteo de Curvas de Serrazin Oberbeck - Hofer.  
Labores Mineras S. Borisov. M.Klokov. B.Gornovoi.

A P E N D I C E S

MEDIDAS DE LA MADERA USADA EN LA MINA

P I E Z A S	M E D I D A S
Postes (Galería)	10'' x 10'' x (8' a 10')
Postes (Especiales para galería)	8'' x 8'' x 8'
Postes (Especiales para galería)	8'' x 8'' x 7'
Postes (Especiales para reparaciones de galería)	10'' x 10'' x 6' 8''
Postes (Tajeo)	8'' x 8'' x 6' 8''
Sombreros y puentes (Galería)	10'' x 10'' x 8'
Sombreros (Especiales para reparación de galerías)	10'' x 10'' x 5'
Sombreros (Tajeos)	8'' x 8'' x 5'
Soleras (Galería)	10'' x 10'' x 8' 8''
Soleras (Galería)	10'' x 10'' x 9'
Tirantes (Galerías)	5'' x 10'' x 50''
Tirantes (Tajeo)	4'' x 8'' x 4' 8''
Tirantes (Especiales para tajeos)	8'' x 8'' x 4' 8''
Longarines	10'' x 10'' x 15'
Longarines (Especiales)	10'' x 10'' x 10'
Longarines (Tajeo)	8'' x 8'' x 15'
Longarines (Especiales)	8'' x 8'' x 10'
Listones (Parrillas de caminos)	3'' x 3'' x 5'
Listones (Parrillas de caminos)	3'' x 3'' x 3'
Tablas (Galerías)	2'' x 8'' x 7'
Tablas (Galerías y Tajeo)	2'' x 8'' x 5'
Tablas (Casilleros)	2'' x 8'' 4' 1'' (49'')
Tablas (Galería)	2'' x 6'' x 7'
Tablas (Galería y Tajeo)	2'' x 6'' x 5'
Tablas (Especiales para tolvas)	3'' x 8'' x 10'
Tablas (Echaderos)	3'' x 8'' x 7'
Tablas (Galería)	3'' x 8'' x 5'
Tablas (Plantillas)	3'' x 8'' x 3'
Tablas (Especiales para canales y otros)	1'' x 8'' x 10'
Cribes	4'' x 6'' x 3' 8''
Cribes	4'' x 8'' x 3' 8''
Marchavantes	4'' x 6'' x 10' (a 12')
Marchavantes (Especiales)	12' ó 15'
Durmientes (Galería)	5'' x 8'' x 3'
Durmientes (Galería)	5'' x 5'' x 3'
Durmientes (Galería)	4'' x 4'' x 3'
Durmientes (Especiales para desvíos)	5'' x 8'' x 6'
Cuñas	4'' x 12'' de largo
Tacos (Casilleros)	2'' x 4'' x 13''
Peldaños (Especiales)	1 1/4'' x 3'' x 18''
Redondos (Puntales especiales)	10'' (diámetro) x 10' ó 15'
Redondos (Puntales)	8'' (diámetro) x 7' a 10'

LISTA DE HERRAMIENTAS DEL ENMADERADOR

A.- DE USO CORRIENTE:

- 2 Barretillas para desatar, una de 5 y otra de 8 pies
- 4 Puntas de 12 pulgadas
- 1 Martillo de 6 libras
- 1 Combo de 12 libras
- 1 Escuadra de plancha de 24 pulgadas
- 1 Serrucho
- 1 "Corvina de 42" pulgadas
- 1 Hacha pequeña de 3 1/2 pulgadas
- 1 Formón de 12 pulgadas
- 1 Rollo de cordel
- 1 Medida de 2 metros
- 1 Nivel de carpintero de 18 pulgadas, horizontal y vertical
- 2 Tizas
- 1 Regla de madera de 8, 6, 10 pies
- 1 Regla especial para gradientes
- 1 Pico
- 1 Lampa
- 1 Lápiz de carpintero

B.- PARA CASOS ESPECIALES:

- 1 Tacle pequeño de 1/2 tonelada
- 1 Soga de 3/4" de diámetro, del largo necesario
- 1 Berbiquí
- 1 Barra de acero de 6 a 8 pies
- 1 Llave de torque
- 1 Regla para carrilano y 1 llave de boca 5/8 pulgadas

EQUIPO DE SEGURIDAD

- Anteojos de protección
- Respirador para polvo



PRECAUCIONES ANTES DE CUALQUIER TAREA

1. COMPROBAR LA VENTILACION:

Efectuar la prueba del fósforo: al techo y al piso.

Si el fósforo no arde: salir inmediatamente; hay peligro de muerte.

2. DESATAR EL TECHO, HASTIALES Y FRENTE:

Usar la barretilla de largo adecuado.

Probar el sonido del terreno; si es sordo (hueco) seguir-desatando.

Si el sonido es hueco y el trozo no cae, hay que sostener.

3. SOSTENER PROVISIONALMENTE:

El terreno rajado que no cae debe sostenerse mediante puntales de seguridad.

4. COLOCAR "GUARDA-CABEZA":

Cuando el terreno sea muy quebrado, molido o arcilloso.

Pasar marchavantes de 4" x 8" entre el "sombrero" y el puente del cuadro anterior, inclinándolo hacia arriba y clavándolo contra el terreno.

Si los marchavantes no penetran al terreno, sostenerlos con puntales provisionales y plantillas largas.

5. LIMPIAR EL PISO:

De la zona de trabajo.

6. TRAER LA MADERA, HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE SEGURIDAD:

Al lugar del trabajo.

Emplear una plataforma.

CUADRO N° 1

PESO DE LAS ROCAS MAS COMUNES

MATERIAL	'P.E insitu (Lbs/pie <sup>3</sup> )
Basalto	175 - 192
Dolomita	131 - 168
Gneiss	165 - 182
Granito	145 - 176
Caliza	131 - 138
Arena seca	120
Arena húmeda	133
Arenisca	125 - 168
Esquisto	168 - 182
Lutita	125 - 168
Pizarra	170 - 180

CUADRO N° 2

ESFUERZO LIMITE PARA MADERA SECADA AL AIRE

(Libras por p.419.cuadrada)

Clase de Madera	Fibra extrema de flexión	Comp. Perpend. al grano	Comp. paralela al grano	Fórmula de columna: P/A=
Fresno blanco comercial	1,100 (7,000)	450 (1,300)	1,300 (6,400)	1,300(1-L/60d)
Cedro rojo del Oeste	800 (5,300)	230 (610)	900 (5,000)	900(1-L/60d)
Ciprés sureño	900 (7,200)	170 (900)	1,100 (6,400)	1,100(1-L/60d)
Abeto Douglas mater rocoses	1,200 (6,300)	310 (820)	1,200 (6,100)	1,200(1-L/60d)
Abeto Douglas grano estrecho	1,700 (8,100)	345 (970)	1,600 (7,400)	1,600(1-L/60d)
Abeto blanco comercial	1,200 (6,300)	300 (610)	900 (5,400)	900(1-L/60d)
Pinabete oeste	1,100 (6,800)	220 (680)	1,200 (6,200)	1,200(1-L/60d)
Roble rojo comercial	1,100 (8,100)	450 (1,300)	1,300 (7,000)	1,300(1-L/60d)
Arce azúcar y negro	1,200 (8,900)	450 (1,500)	1,400 (7,200)	1,400(1-L/60d)
Pino blanco del oeste, blanco del norte, ponderosa y azúcar	800 (6,000)	150 (600)	900 (5,100)	900(1-L/60d)
Pino Noruega	900 (6,400)	150 (830)	900 (7,300)	900(1-L/60d)
Pino amarillo del Sur, hoja larga	1,300 (9,300)	260 (1,200)	1,300 (8,400)	1,300(1-L/60d)
Pino amarillo d.S.H. corta	1,100 (7,700)	170 (4,000)	1,100 (7,100)	1,100(1-L/60d)
Proche rojo blanco	1,000 (6,700)	180 710	1,100 5,600	- - 1,100(1-L/60d)

CUADRO N° 3

(1). PIES CUADRADOS DE MADERA REDONDA DE EUCALIPTO

Ø	1'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
4.0	1.0472	5.236	6.283	7.330	8.377	9.424	10.472
4.5	1.3251	6.625	7.950	9.275	10.600	11.925	13.254
5.0	1.6362	8.181	9.817	11.453	13.089	14.725	16.362
5.5	1.9798	9.890	11.878	13.858	15.838	17.818	19.798
6.0	2.3562	11.781	14.137	16.493	18.849	21.205	23.562
6.5	2.7652	13.826	16.591	19.356	22.121	24.886	27.652
7.0	3.2070	16.035	19.242	22.449	25.656	28.863	32.070
7.5	3.6815	18.407	22.089	25.770	29.452	33.133	36.815
8.0	4.1888	20.944	25.132	29.321	33.510	37.699	41.888
8.5	4.7287	23.643	28.372	33.100	37.829	42.558	47.558
9.0	5.3014	26.507	31.808	37.109	42.411	47.712	53.014
9.5	5.9060	29.530	35.436	41.342	47.248	53.154	59.060
10.0	6.5450	32.725	39.270	45.815	52.360	58.905	65.450
10.5	7.2148	36.074	43.288	50.503	57.718	64.933	72.148
11.0	7.9194	39.597	47.516	55.435	63.355	71.274	79.194
11.5	8.6557	43.278	51.934	60.589	69.245	77.901	86.557
12.0	9.4248	47.124	56.548	65.973	75.398	84.823	94.248
12.5	10.2265	51.132	61.359	71.585	81.812	92.038	102.265
13.0	11.0610	55.305	66.366	77.427	88.488	99.549	110.610
13.5	11.9282	59.641	71.569	83.497	95.425	107.353	119.282
14.0	12.8282	64.141	76.969	89.797	102.625	115.453	128.282
14.5	13.7608	68.804	82.564	96.325	110.086	123.847	137.608
15.0	14.7262	73.631	88.357	103.083	117.809	132.535	147.262
15.5	15.7743	78.621	94.345	110.070	125.794	141.518	157.243
16.0	16.7552	83.776	100.531	117.286	134.041	150.796	167.552
16.5	17.8187	89.093	106.912	124.730	142.549	160.368	178.187
17.0	18.9150	94.575	113.490	132.405	151.320	170.235	189.150
17.5	20.0440	100.220	120.264	140.308	160.352	180.396	200.440
18.0	21.2058	106.029	127.234	148.440	169.646	190.852	212.658
18.5	22.4002	112.001	134.401	156.801	179.201	201.601	224.002
19.0	23.6774	118.137	141.764	165.391	189.019	212.646	236.274
19.5	24.8873	124.436	149.323	174.211	199.098	223.985	248.873
20.0	26.1800	130.900	157.080	183.260	209.440	235.670	261.800

FUENTE: El autor.

CUADRO N° 5 CONTINUACION

(□) PIES CUADRADOS DE MADERA REDONDA DE EUCALIPTO

Ø	11'	12'	13'	14'	15'	16'	17'
4.0	11.519	12.566	13.613	14.660	15.707	16.755	17.802
4.5	14.576	15.901	17.226	18.551	19.876	21.201	22.526
5.0	17.998	19.634	21.270	22.906	24.543	26.179	27.815
5.5	21.777	23.757	25.737	27.717	29.697	31.676	33.656
6.0	25.918	28.274	30.630	32.986	35.343	37.699	40.055
6.5	30.417	33.182	35.947	38.712	41.748	44.243	47.008
7.0	35.277	38.484	41.691	44.898	48.105	51.312	54.519
7.5	40.496	44.178	47.859	51.541	55.222	58.904	62.585
8.0	46.076	50.265	54.454	58.643	62.832	67.020	71.209
8.5	52.015	56.744	61.473	66.201	70.930	75.659	80.387
9.0	58.315	63.616	68.918	74.219	79.521	84.822	90.123
9.5	64.966	70.872	76.778	82.684	88.590	94.496	100.402
10.0	71.995	78.540	85.085	91.680	98.175	104.720	111.265
10.5	79.862	86.577	93.792	101.007	108.222	115.436	122.651
11.0	87.113	95.032	102.952	110.871	118.791	126.710	134.629
11.5	95.212	103.868	112.524	121.179	129.835	138.491	147.146
12.0	103.672	113.097	122.522	131.947	141.372	150.796	160.221
12.5	112.491	122.718	132.944	143.171	153.397	163.624	173.850
13.0	121.671	132.732	143.793	154.854	165.915	176.976	188.037
13.5	131.210	143.138	155.066	166.994	178.923	190.851	202.779
14.0	141.110	153.938	166.766	179.594	192.423	205.251	218.079
14.5	151.368	165.129	178.890	192.651	206.412	220.172	233.933
15.0	161.988	176.714	191.440	206.166	220.893	235.619	250.345
15.5	172.967	188.691	204.415	220.140	235.864	251.588	267.331
16.0	184.307	201.062	217.817	234.572	251.328	268.083	284.838
16.5	196.005	213.824	231.824	249.461	267.280	285.099	302.917
17.0	208.065	226.980	245.895	264.810	283.725	302.640	321.555
17.5	220.484	240.528	260.572	280.616	300.660	320.704	340.748
18.0	233.263	254.469	275.675	296.881	318.087	339.292	360.498
18.5	246.402	268.802	291.202	313.602	336.003	358.403	380.803
19.0	259.901	283.528	307.156	330.783	354.411	378.038	401.665
19.5	273.760	298.647	323.534	348.422	373.309	398.196	423.084
20.0	287.980	314.160	340.340	366.520	392.700	418.880	471.240

CUADRO N° 4

PESO DE MADERA REDONDA DE EUCALIPTO EN KILOGRAMOS

$\varnothing''$	A=(dm <sup>2</sup> )	V=(dm <sup>3</sup> )	Pe= 1.1 i:	5'	6'	7'
4.0	0.810	2.470	2.717	13.587	16.304	19.022
4.5	1.026	3.127	3.439	17.199	20.639	24.079
5.0	1.266	3.860	4.246	21.232	25.479	29.725
5.5	1.532	4.671	5.138	25.693	30.832	35.971
6.0	1.824	5.559	6.115	30.577	36.692	42.808
6.5	2.141	6.524	7.176	35.884	43.061	50.238
7.0	2.482	7.567	8.324	41.621	49.945	58.269
7.5	2.850	8.686	9.555	47.777	57.332	66.888
8.0	3.242	9.383	10.872	54.360	65.232	76.104
8.5	3.661	11.158	12.274	61.371	73.645	85.919
9.0	4.104	12.509	13.760	68.800	82.560	96.320
9.5	4.572	13.938	15.331	76.659	91.991	107.323
10.0	5.067	15.444	16.988	84.943	101.931	118.920
10.5	5.586	17.027	18.729	93.648	112.378	131.107
11.0	6.131	18.687	20.556	102.781	123.337	143.893
11.5	6.701	20.424	22.467	112.335	134.802	157.269
12.0	7.296	22.231	24.463	122.315	146.778	171.241
12.5	7.917	24.131	26.544	132.722	159.266	185.810
13.0	8.563	26.100	28.710	143.554	172.265	200.976
13.5	9.234	28.147	30.962	154.810	185.772	216.734
14.0	9.931	30.270	33.297	166.486	199.783	233.080
14.5	10.653	32.471	35.718	178.593	214.311	250.030
15.0	11.400	34.749	38.224	191.122	229.347	267.571
15.5	12.173	37.104	40.814	204.073	244.887	285.702
16.0	12.971	39.537	43.491	217.456	260.947	304.438
16.5	13.795	42.047	46.251	231.259	277.510	323.762
17.0	14.643	44.633	49.096	245.484	294.581	343.678
17.5	15.517	47.298	52.028	260.141	312.169	364.198
18.0	16.417	50.039	55.042	275.214	330.257	385.300
18.5	17.341	52.856	58.143	290.719	348.863	407.007
19.0	18.291	55.753	61.329	306.645	367.974	429.303
19.5	19.267	58.727	64.599	322.998	387.598	452.197
20.0	20.268	61.777	67.955	389.777	407.732	475.687

FUENTE: El autor

CUADRO N°4 CONTINUACION

PESO DE MADERA REDONDA DE EUCALIPTO EN KILOGRAMOS

<u>Ø'</u>	<u>8'</u>	<u>9'</u>	<u>10'</u>	<u>11'</u>	<u>12'</u>	<u>13'</u>
4.0	21.739	24.456	27.174	29.891	32.609	35.326
4.5	27.519	30.959	34.399	37.838	41.278	44.718
5.0	33.972	38.218	42.465	46.712	50.958	55.205
5.5	41.110	46.248	51.387	56.526	61.665	66.808
6.0	46.923	55.039	61.154	67.269	73.385	79.500
6.5	57.415	64.592	71.769	78.946	86.123	93.300
7.0	66.594	74.918	83.242	91.566	99.891	108.215
7.5	76.443	85.999	95.554	105.110	114.665	124.221
8.0	86.976	97.848	108.720	119.592	130.464	141.336
8.5	98.193	110.467	122.742	135.016	147.290	159.564
9.0	110.080	123.840	137.601	151.361	165.121	178.881
9.5	122.655	137.987	153.319	168.650	183.982	199.314
10.0	135.908	152.897	169.886	186.874	203.863	220.851
10.5	149.837	168.567	187.297	206.026	224.756	243.486
11.0	164.449	185.005	205.565	226.118	246.674	267.230
11.5	179.736	202.203	224.670	247.137	269.604	292.071
12.0	195.704	220.167	244.630	269.093	293.556	318.019
12.5	212.355	238.899	265.444	291.988	318.532	345.077
13.0	220.687	258.398	287.109	315.619	344.530	373.241
13.5	247.696	278.658	309.620	340.582	371.544	402.506
14.0	266.377	299.674	332.972	366.269	399.566	432.863
14.5	285.748	321.467	357.186	392.904	428.623	464.341
15.0	305.796	344.020	382.245	420.469	458.694	496.918
15.5	326.516	367.331	408.146	448.960	489.775	530.589
16.0	347.930	391.421	434.913	478.404	521.895	565.386
16.5	370.014	416.266	462.518	508.769	555.021	601.273
17.0	392.775	441.872	490.969	540.065	589.162	638.259
17.5	416.226	468.254	520.283	572.311	624.339	676.367
18.0	440.343	495.386	550.429	605.471	660.514	715.557
18.5	469.151	523.295	581.439	689.582	697.726	755.870
19.0	490.632	551.961	613.290	674.619	735.948	797.277
19.5	516.797	581.397	645.997	700.596	775.196	839.796
20.0	543.643	611.598	679.554	747.509	815.464	883.420

CUADRO N° 4 CONTINUACION

PESO DE MADERA REDONDA DE EUCALIPTO EN KILOGRAMOS

Ø"	14'	15'	16'	17'	18'
4.0	38.044	40.761	43.478	46.196	48.913
4.5	48.156	51.598	55.038	58.478	61.918
5.0	59.451	63.698	67.944	72.191	76.437
5.5	71.942	77.081	82.220	87.358	92.496
6.0	85.616	91.731	97.847	103.962	110.078
6.5	100.477	107.654	114.831	122.008	129.185
7.0	116.539	124.863	133.188	141.512	149.836
7.5	133.776	143.332	152.887	162.443	171.998
8.0	152.208	163.080	173.953	184.825	195.697
8.5	171.838	184.113	196.387	208.661	220.935
9.0	192.641	206.401	220.161	233.921	247.681
9.5	214.646	229.978	245.310	260.642	275.974
10.0	237.840	254.829	271.817	288.806	305.794
10.5	262.215	280.945	299.675	318.404	337.134
11.0	287.791	308.343	328.899	348.455	370.011
11.5	314.538	337.005	359.472	381.939	404.406
12.0	342.482	366.945	391.408	415.871	440.336
12.5	371.621	398.166	424.710	451.256	477.799
13.0	401.952	430.663	459.374	488.085	516.796
13.5	433.468	464.430	495.392	526.354	557.316
14.0	466.160	499.458	532.755	566.052	599.349
14.5	500.060	535.667	571.497	607.216	642.934
15.0	535.143	573.367	611.592	649.816	688.041
15.5	571.404	612.219	653.033	693.848	734.662
16.0	608.878	652.369	695.860	739.352	782.843
16.5	647.525	693.777	740.028	786.280	832.532
17.0	687.356	736.453	785.550	834.647	883.744
17.5	728.396	780.424	832.452	884.481	936.509
18.0	770.600	825.643	880.686	935.729	990.772
18.5	814.014	872.158	930.302	988.446	1,046.590
19.0	858.606	919.935	981.264	1,042.593	1,103.922
19.5	904.395	968.995	1,033.599	1,098.194	1,162.794
20.0	951.375	1,019.331	1,087.286	1,155.241	1,223.197



CUADRO N° 5

CUADRO DE JORNALES

Para el cálculo del jornal del trabajador, se consideran los conceptos siguientes:

- a) Jornal básico
- b) Beneficios obtenidos por ley, que son:
  - Vacaciones
  - Tiempo de servicios
  - Feridos no laborables
  - 1° de Mayo.
- c) Beneficios obtenidos por Convenios Colectivos, que pueden ser:
  - Gratificación por 28 de Julio
  - Gratificación por Navidad
  - Altura
  - Horas nocturnas
  - Sub-suelo
  - Quinquenio
  - Asignación familiar, etc.
- d) Leyes Sociales:
  - 2.5% por Remuneraciones
  - 5.0% Por sistema Nacional de Pensiones
  - 6.0% Por Seguro Social del Perú
  - 7.0% Por accidente y enfermedad profesional.
- e) Herramientas 9.0% (estimado)
- f) Por implementos de seguridad 20% (estimado)

Tomando todas estas consideraciones se ha elaborado el siguiente cuadro:

CUADRO N° 5 CONTINUACION

CUADRO DE JORNALES

OCUPACION	JORNAL BASICO	BENEFICIOS OBTENIDOS POR LEY	BENEFI- CIOS OB- TENIDOS POR CON- VENIOS COLECT.	LEYES SOCIA- LES	IMPLEMEN- TOS DE SE- GURIDAD ESTIMADO 20%	HERRA- MIEN- TAS ES- TIMADO 9%	TOTAL S/.
Enmade- rador	124.00	25.13	71.73	45.27	44.17	19.87	330.17
Ayte. en maderador	117.50	23.81	70.10	43.34	42.28	19.02	316.05
Peón	114.00	23.11	69.24	42.30	41.27	18.57	308.49
Carpinte- ro	134.00	27.15	43.70	41.99	40.96	18.43	306.23
Ayte. car- pintero	127.50	25.84	42.07	40.06	39.08	17.58	292.13

Los detalles de cada columna, se han obtenido de la siguiente manera:

PARA EL ENMADERADOR:

A.-	<u>Jornal Básico</u> .....	S/. 124.00	
B.-	<u>Beneficios obtenidos por Ley:</u>		
B-1.-	Vacaciones... S/.124.00 x 30 : 12 : 30	S/. 10.33	
B-2.-	Tiempo de servicios: S/.124.00x30:12:30	10.33	
B-3.-	1° de mayo : S/.124 : 12 : 30	0.34	
B-4.-	Feriados no Laborables D.L. 21106 (variable 12) : S/.124x12:12:30 .....	<u>4.13</u>	S/.25.13
C.-	<u>Beneficios Obtenidos por Convenios Colectivos:</u>		
C-1.-	Gratificación 28 de Julio: S/.124x30:12:30	S/. 10.33	
C-2.-	Gratificación por Navidad: S/.124x30:12:30	10.33	
C-3.-	Altura	4.00	
C-4.-	Horas Nocturnas: S/.6.5 x 8 x 13:30	22.53	
C-5.-	Quinquenio: S/.124 x 30 x 0.05 :30	6.20	
C-6.-	Asignación Familiar:		
C-6-1.-	Por Esposa: 90 : 30	3.00	
C-6-2.-	Por Hijos: 40 x 2 : 30	2.66	
C-6-3.-	Por Escolar: 200 : 12 : 30	0.55	
C-7.-	Gratificaciones 12 jornadas por Vacaciones S/.124.00 x 12 : 12 : 30	4.13	
C-8.-	Sub-suelo	<u>8.00</u>	S/.71.73
D.-	<u>Leyes Sociales:</u>		
D-1.-	<u>Por Remuneraciones 2.5%</u> S/.220.86 x 0.025 .....	S/. 5.52	
D-2.-	<u>Por Sistema Nacional de Pensiones 5%</u> S/.220.86 x 0.05 .....	11.04	
D-3.-	<u>Por Seguro Social del Perú 6%</u> S/.220.86 x 0.06	13.25	
D-4.-	<u>Por Accidentes y Enfermedades Profesionales 7%</u> S/.220.86 x 0.07 .....	<u>15.46</u>	S/.45.27
E.-	<u>Implementos de Seguridad:</u> S/.220.86 x 0.2 .....		S/.44.17
F.-	<u>Herramientas 9%:</u> S/.220.86 x 0.09 .....		<u>S/.19.87</u>
	<b>TOTAL GENERAL</b> .....		<b>S/.330.17</b>


CUADRO N° 6

FLETES DE TRANSPORTE POR CAMION

D I S T A N C I A			S/.	S/.
DE	A	(Km)	Tonelada	Tonelada/Km.
Lima	Abancay	917	1,400	1.53
"	Arequipa	1,020	1,300	1.27
"	Ayacucho	569	1,100	1.93
"	Cajamarca	848	1,300	1.53
"	Cerro de Pasco	315	600	1.90
"	Cuzco	1,115	1,600	1.43
"	Chiclayo	757	1,000	1.32
"	Huamachuco	732	1,300	1.77
"	Huancayo	310	600	1.93
"	Huánuco	420	800	1.90
"	Huaraz	400	600	1.50
"	Juliaca	1,357	2,000	1.47
"	La Oroya	187	300	1.60
"	Nazca	452	600	1.33
"	Otuzco	620	1,000	1.61
"	Pampas	380	800	2.10
"	Piura	1,029	1,200	1.17
"	Tacna	1,335	1,500	1.12
"	Tarma	254	500	1.96
"	Trujillo	548	850	1.55
"	Tumbes	1,306	1,500	1.15
Huancayo	Abancay	655	1,000	1.53
"	Ayacucho	258	600	2.33
"	Cerro de Pasco	252	300	1.19
"	Cuzco	852	1,200	1.41
"	La Oroya	124	200	1.61
"	Pampas	70	150	2.14
Cuzco	Abancay	197	400	2.03
"	Arequipa	623	800	1.28
"	Ayacucho	594	800	1.35
"	Juliaca	346	500	1.44
La Oroya	Ayacucho	382	700	1.83
"	Cerro de Pasco	129	200	1.55
"	Huánuco	233	400	1.72
Huánuco	Cerro de Pasco	105	200	1.90
Ayacucho	Pampas	210	400	1.90
Trujillo	Huamachuco	184	400	2.17
"	Otuzco	72	150	2.08
Tarma	Pampas	172	350	2.03

CUADRO N° 7

COSTO MENSUAL DE SOSTENIMIENTO CON MADERA DE EUCALIPTO

LABORES	AVANCE M.TS.	T.M.H.	PIE ZAS	DIMENSIONES	PRECIO UNIT.S/.		IMPORTE S/.
EXPLORA- CIONES			76	2''x8''x10'	98.00	1,013.33	7,448.00
Y			41	7''a8''x13'	208.54	1,962.24	8,550.14
DESARRO- LLOS			45	5''a6''x5'	43.74	445.45	1,968.30
			30	6''a7''x10'	120.48	829.56	3,614.40
			70	Ø 8''x10'	182.52	2,932.16	12,776.40
			40	Ø 6'' x 10'	102.66	942.48	4,106.40
<b>TOTAL</b>	<b>980.25</b>	<b>1,249.50</b>	<b>302</b>			<b>8,125.22</b>	<b>38,463.64</b>
EXPLOTA- CION			130	2''x8''x10'	98.00	1,733.33	12,740.06
Y		6,130.39	120	Ø 8''x14'	253.52	7,037.18	30,422.40
PREPARA- CION	248.70		66	6''a8''x12'	167.68	2,539.94	11,066.88
			42	7''a8''x10'	160.41	1,546.23	6,737.22
			90	Ø 6''x10'	102.66	2,120.58	9,239.40
		2,394.00	70	5''a6''x10'	86.20	1,385.86	6,038.20
<b>TOTAL</b>	<b>248.70</b>	<b>8,524.39</b>	<b>518</b>			<b>16,363.12</b>	<b>76,244.10</b>
REPARA- CION			25	7''a8''x10'	160.41	920.37	4,010.25
			40	Ø 6'' x10'	102.66	942.48	4,106.40
			20	Ø 8'' x10'	219.01	1,005.31	4,380.20
<b>TOTAL</b>			<b>85</b>			<b>2,868.16</b>	<b>12,496.85</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1,228.95</b>	<b>9,773.89</b>	<b>905</b>			<b>27,356.50</b>	<b>127,204.59</b>

CUADRO No. 7 CONTINUACION

COSTO MENSUAL DE SOSTENIMIENTO CON MADERA DE EUCALIPTO

LABORES	S/.	VARIOS S/.	TAREA	IMPORTE S/.	TOTAL S/.	COSTO POR METRO	COSTO POR T.M.H.
EXPLORA- CIONES	7.35						
Y	4.35						
DESARRO- LLOS	4.41						
	4.35						
	4.39						
	4.35						
<b>TOTAL</b>	<b>4.73</b>	<b>1,325.70</b>	<b>123.875</b>	<b>40,223.45</b>	<b>80,012.79</b>	<b>81.62</b>	<b>64.03</b>
EXPLOTA- CION Y PREPARA- CION							
<b>TOTAL</b>	<b>4.65</b>	<b>2,745.20</b>	<b>283.825</b>	<b>92,160.81</b>	<b>171,150.11</b>	<b>688.18</b>	<b>20.07</b>
REPARA- CION							
<b>TOTAL</b>	<b>4.35</b>	<b>890.35</b>	<b>95.125</b>	<b>30,880.95</b>	<b>44,268.15</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>4.64</b>	<b>4,961.25</b>	<b>502.825</b>	<b>163,265.21</b>	<b>295,431.05</b>	<b>240.40</b>	<b>30.22</b>

## LA MADERA COMO ELEMENTO DE SOSTENIMIENTO

### 1. Origen y características de la madera

Las maderas, empleadas, tanto para entibación en labores mineras, como en las industrias de construcción y en oficios artísticos, procede de troncos y ramas arbóreas. Como la madera es un material orgánico y por lo tanto heterogéneo y complejo, su conocimiento y diferenciación se basa en sus características estructurales y en sus propiedades físicas, químicas y tecnológicas y de todos ellos derivan sus diferentes aplicaciones.

Estas características y propiedades no sólo difieren según la especie vegetal de que procede la madera, sino que para una misma clase varían según su clima, el suelo, la orientación y cultivo de la planta; y también serán distintas aunque en menor grado, según los procedimientos de apeo, preparación y tratamiento especial a que sean sometidos.

### 2. Estructura de un tronco

Al cortar un tronco perpendicularmente a su eje, se observa que está formado a primera vista, de dos partes distintas, una exterior, la corteza y la otra interior la madera.

La parte leñosa o madera está compuesta de capas sensiblemente concéntricas, constituidas por las fibras porosas unas y densas las otras.

Observando minuciosamente la masa del sistema leñoso de muchos árboles, se perciben unas líneas que van del centro a la periferia, son los radios medulares; de ellos, los llamados grandes o primarios son los que van desde el centro, en donde existe la médula van y llegan hasta el liber, mientras los que están limitados por dos capas concéntricas son los llamados pequeños o secundarios.

Mientras el árbol está creciendo, los radios medulares conducen la humedad de la albura al duramen.

#### Duramen y Albura

La masa de la madera mas interior constituye el duramen o corazón de madera, y la que existe entre el duramen y la corteza formando una corona circular se llama albura o falsa madera.

La albura tiene poca resistencia y la savia que contiene está compuesta en gran parte de una sustancia azucarada que se origina al ser atacada la

madera por los insectos, o sea lo que se llama el apolillamiento (polilla carpintera).

### Sistema Cortical

Está compuesto por tres capas diferentes, una interior llamada primaria y la otra exterior, corteza.

### Cambium

La zona que existe entre la madera y el sistema cortical se denomina cambium y contiene además de la savia el protoplasma vivo, sustancia blanca de sabor dulce, e inodora sin la cual no puede vivir ningún árbol. Esta capa tiene la propiedad de ir formando por un lado la madera y por el otro la capa interior del sistema cortical, llamada LIBER, de manera que únicamente por la energía vital de esta zona puede el árbol aumentar el diámetro.

### Savia

Es el jugo que nutre a las plantas. La savia sobre todo al llegar la primavera sube desde las raíces en condiciones insuficientes para nutrir el vegetal, por lo cual se llama savia bruta o no elaborada y también savia ascendente. En las hojas se va transformando hasta hacerse nutritiva. El camino que sigue la savia al subir está formando por los vasos de la madera, se origina el descenso de la savia y es cuando toma el nombre de JUGO NUTRITIVO.

La madera producida en primavera es cuando la savia circula con mayor intensidad; la madera de primavera es pobre en fibras y por lo tanto es poco compacta. La madera producida en el otoño, (la savia circula con poca actividad) es más rica en fibras, o sea más dura y compacta.

### Anillos o Capas Anuales.

Cuando los anillos son visibles permiten determinar la edad del árbol, calculándose el número de anillos nos permitirá conocer en número de años. No obstante debe tenerse en cuenta la posibilidad de que se interrumpa el desarrollo del árbol por fuertes heladas u otras causas que originan la formación de líneas fibras de separación y esto puede producirse dos o más veces en un año, por todo lo cual se llega a la conclusión de que resulta expuesto el pretender conocer la edad de un árbol siendo muy visible las capas o anillos.

En zonas cálidas o tropicales el crecimiento del árbol es constante, por lo cual no se aprecian los anillos anuales en su estructura.

### 3. Composición Química de las Maderas

En las maderas la composición química varía muy poco de unas a otras. Como



término medio se admite los siguientes valores redondeados:

Carbono	51%
Oxígeno	42%
Hidrógeno	6%
Nitrógeno	0.5%
Cenizas	0.5%

#### 4. Propiedades Elementales de las Maderas

##### 4.1. Higroscopicidad.

La madera es notablemente higroscópica situada en un ambiente húmedo absorbe agua e inversamente colocada en un ambiente seco pierde agua. La variación de ésta agua voluble (independiente del agua de constitución contenida y de la simple adherencia a las paredes de los vasos) lleva aparejada variación del peso y del volumen de la madera.

El agua de la madera se halla en tres formas:

- Constituyendo el 90% del protoplasma de las células vivas.
- Satura las paredes de las células
- Llena los poros de la masa de la madera.

Basándose en el contenido de la humedad total podemos hacer la siguiente clasificación:

<u>Tipos</u>	Humedad
Madera verde	más de 30%
Madera semiseco	entre 15% a 30%
Madera seco	menos de 15%

Finalmente hay que tener presente que las maderas recién cortadas tienen al rededor de 1.8 veces más que cuando están secas

##### 4.2. Retractabilidad.

A la pérdida de agua corresponden las maderas una reducción de dimensiones o retracciones y un cambio de forma o deformación y con frecuencia una fisuración. Inversamente la absorción de agua provoca en las maderas un hinchamiento con un corretativo descurvado.

La v.ariación en sentido de las fibras es casi inapensable. Los radios medulares son los elementos de máxima retracción.

### 4.3. Peso Específico

El peso específico de la madera depende del contenido de humedad de la madera al momento de pesarla y también de algunas sustancias minerales, resinas, gomas, etc. Las maderas como el eucalipto son bien pesadas, que tienen el peso específico aún mayor que la del agua por lo que se hunden y otras maderas mas livianas como es el palo de balsa cuyo (p.e) es de 0.4 a 0.12.

Interesa conocer el p.e. de las maderas no solo por su repercusión en el transporte y labrado, si no por la relación que tiene con la dureza y resistencia.

### 4.4. Compacidad y Porocidad

El volumen auténtico de la madera, es decir la madera sin huecos constituye la compacidad; y el completo de aquel volumen para alcanzar el aparente mide la porosidad.

### 4.5. Dureza

Es la resistencia que opone la madera al rayado, desgastado, penetración (de las herramientas y clavos) y la composición que en ellas ejercen. La dureza es la cualidad que sirven para los mangos de las herramientas y para piezas sometidas a rocas, y el defecto cuando encarece el trabajo de la madera.

Para determinar la dureza de la madera, se usan varios sistemas, pero el más empleado es el de Brindell, que consiste en medir la huella dejada por una bolita de acero de cm. de  $\emptyset$  cuando se le aplica a la madera con una presión de 3,000 Kg. durante un minuto.

### 4.6. Dilatación por el Calor

En la madera seca es insignificante sobre todo en la dirección del eje del tronco.

### 4.7. Conductibilidad

Las maderas son malas conductoras del calor, principalmente las livianas por tener mayor volumen de poros, y en consecuencia mayor cantidad de aire en su interior.

Son malos conductores de la electricidad pudiéndose considerar como aislantes, cuando están secas.

## 5. Propiedades Mecánicas de la madera

### 5.1 Resistencia a la tracción

Es el mayor esfuerzo que la madera puede desarrollar antes de que sobrevenga la rotura. Este tipo de esfuerzo se presentan dos casos:

a) Esfuerzos paralelos a las fibras: Si el esfuerzo paralelo a las fibras, la resistencia de la madera alcanzará su punto máximo, y al final cuando la fuerza cede, la rotura es ocasionada por esfuerzos oblicuos que hacen que se separen las fibras. Este es debido a que todas las fibras trabajan juntas.

b) Esfuerzos perpendiculares a las fibras: Se debe a la oposición que ofrecen las fibras al separarse, siendo esta resistencia mucho menor que en el sentido de las fibras, la resistencia en dirección normal a las fibras es sólo 1/10 a 1/20 de la resistencia en sentido longitudinal a aquellos.

### 5.2. Resistencia a la Compresión

Este tipo de esfuerzo se presentan dos casos:

a) Esfuerzos paralelos a las fibras: La madera tiene una resistencia debido a que las fibras trabajan todas en conjunto y lo hacen como si fueran columnas huecas.

b) Esfuerzos perpendicular a las fibras: La madera tiene mucha menor resistencia, pues las primeras fibras que reciben la presión ceden fácilmente al apretarse contra otras fibras ya que entre ellas solo hay materia celulósica.

La resistencia de la madera en dirección perpendicular a las fibras es solo 1/4 a 1/6 que en la dirección paralela o longitudinal.

### 5.3. Resistencia al esfuerzo cortante

Su valor está también en relación con el sentido de las fibras.

a) Esfuerzos paralelos a las fibras: Al contrario que en los casos anteriores, la resistencia de la madera al corte en sentido paralelo a las fibras, es muy pequeño; pues ya sabemos que las fibras son las que le dan la resistencia a la madera, o sea que la materia que hay entre las fibras es mucho mas blanda que aquellas, este es particularmente notable en maderas fibrosas.

b) Esfuerzos perpendiculares a las fibras: En este sentido la resistencia de la madera es de 4 a 6 veces mayor que la resistencia paralela a las fibras.

**5.4. Resistencia a la flexión:** El comportamiento de la madera en esta resistencia, es una consecuencia de las resistencias a la tensión, compresión y esfuerzo cortante.

Los esfuerzos de compresión son máximos en las fibras extremas superiores de la viga, y los esfuerzos de tensión en las fibras extremas inferiores. Las vigas raramente ceden por esfuerzos de compresión, son pues los esfuerzos de tensión aquellos que llegan al límite cuando fallan una viga.

## **6. Propiedades Especiales de la Madera**

**6.1. Inflamabilidad y combustibilidad:** Las maderas arden lo cual constituye una cualidad considerable como combustible; pero que es defecto para las maderas usadas en construcciones.

Hay maderas que al arder estallan lo que le hace mas peligrosas, como son el roble, cedro; otros solo chisporrotean como el eyo, akosa, etc. Algunas maderas dan poco humo y brasas incandescentes hasta el final como el nogal, otros dan mucho humo y brasas que ennegrecen como el pino, finalmente hay maderas que se inflaman súbitamente produciendo una llama peligrosa, como el olivo, sauce.

Esta propiedad (inflamabilidad) de la madera, debe tenerse muy en cuenta cuando se trabaja en zonas mineras donde hay probabilidad de incendio.

**6.2. Durabilidad de la madera:** La duración de la madera es muy variable, no solo según la especie vegetal, sino su robustez vegetativa, la forma de apeo y secado de la parte del árbol, el medio y condiciones de la puesta en obra.

El crecimiento normal del árbol en climas y suelos optimos son garantía de gran duración para cada especie, porque llevan aparejada una mayor fibrosidad, predominio de madera tardía, menos robustez y desarrollo del tronco. El mayor peso es un indicio seguro de mayor duración para una misma clase de madera.

La madera se marchita, altera y pudre más rápidamente en suelos porosos, secos y calientes; los calcáreos son los peores terrenos, los silíceos son medianos y los arcillosos ligeramente húmedos son los mejores. En las labores mineras la duración de la madera también está en función de la ventilación de la zona en que se hace trabajar.

## 7. Defectos notables de la Madera

1. Acebolladura: Las grietas que se observan con cierta frecuencia en el cuerpo de los árboles en dirección de las capas anuales.

Estos defectos es posible a consecuencia de los hechos siguientes:

a) La flexión producida en los árboles por las sacudidas de los vientos fuertes.

b) Los incendios de los bosques.

c) La congelación de la savia, ocasionada por los frios intensísimos, que separa la corteza de los árboles, tales defectos se producen casi siempre cerca de la base del tronco y los acusa un aumento normal del grueso de éste.

2. Corazón partido: Son las grietas que aparecen en el centro de los troncos. Si es una sola grieta, no es defecto muy importante. Pero cuando las grietas forman una estrella, llamada Pata de gallina, es un defecto serio.

En los árboles en pie, estas grietas son producidas por la concentración de las capas anuales al perder su vitalidad. En el caso de un árbol apeado, la concentración desigual producida por los cambios bruscos de la temperatura puede producir estas grietas.

3. Nudos: Los nudos pueden ser muertos o vivos. Los nudos muertos provienen de las ramas desgajadas o que se han podrido por cualquier causa y han muerto en el árbol. Los nudos vivos son los producidos al cortar ramas vivas del árbol.

4. La Putrición: Es la desintegración de la sustancia leñosa debida al defecto destructor de los hongos. La putrición se recorre facilmente, porque la madera se hace blanda esponjosa o se desmorona. El aire, la humedad y una temperatura favorable propician el crecimiento de los hongos. Si se elimina el aire, como por ejemplo, cuando la madera está mojada (gotera en las minas) o sumergida constantemente, los hongos no pueden existir.

5. Las bolsas de resina: Son aberturas paralelas a los anillos anuales que contienen resina, ya sea sólida o líquida.

6. Fractura: Es la separación transversal de la madera producida por compresión o flexión excesiva durante el crecimiento o tumbado del árbol.

7. Grietas: Es la separación de la madera en dirección radial longitudinal cuyo desarrollo no llega a afectar dos puntos opuestos de la circunferencia del redondo (tronco).

8. Rajadura: En la separación de la madera en dirección radial longitudinal cuyo desarrollo afecta dos puntos opuestos de la circunferencia del redondo.

9. Curvatura: Es la desviación general del redondo en relación a una recta de referencia.

10. Torceduras: Es la desviación localizada del redondo.

## 8. Preservativos de la Madera

Son productos puros o mezclados que, aplicados convenientemente a la madera, la hacen más durable y resistente por largos períodos al ataque de hongos, insectos, etc.

Los preservativos varían en su naturaleza, eficacia y costo. Un buen preservativo debe reunir una serie de requisitos tales como:

1. Ser tóxico y producir un efecto letal, en bajas concentraciones a los organismos a los cuales se requiere repeler.

2. Penetrar bien en la madera.

3. No ser peligroso en lo que respecta a su uso y manejo.

4. No debe tener efectos deteriorantes sobre la madera.

5. No debe tener efectos corrosivos para los metales.

6. Debe encontrarse disponible en cantidades suficientes y a precios aceptables.

7. No debe incrementar la inflamabilidad de la madera por lo contrario, se prefiere que la disminuya.

Los preservativos de madera son clasificados generalmente en tres grupos:

a) Las creosotas.

b) Los preservativos hidrosolubles.

c) Los preservativos orgánicos.

El preservativo a utilizar y el método de aplicación depende del uso que se dará a la madera tratada.

Las Creosotas.- Se derivan del alquitrán de hulla, generalmente tiene una gran resistencia al lavado y se utilizan para tratar la madera que se va usar en la mina.

Las creosotas suelen utilizarse diluídas en petróleo para disminuir el costo del producto.

Los Preservativos Hidrosolubles.- Están constituidos por sales metálicas solubles al agua. Este preservativo generalmente está compuesto a base de zinc, cromo, cobre, arsénico y hierro o combinaciones.

La sal boliden K-33, es un compuesto de cobre, cromo y arsénico. El tratamiento se hace con una solución en agua al 2%. Hasta en concentraciones bajas pueden proteger la madera contra todos los hongos comunes que la pudren y también contra aquellos que tienen especial resistencia al cobre y arsénico.

Es interesante notar, que la sal de boliden K-33, en todos los ensayos de campos y bajo diferentes condiciones ha probado ser más efectiva que la creosota.

Los Preservativos Orgánicos.- Están compuestos de materias activas fungicidas e insolubles en agua que, para ser utilizadas, se disuelven en solventes orgánicos. Los principales materiales activos empleados en su preparación son los fenoles clorados, los naftenatos metálicos de cobre y de zinc, los neftenatos clorados y los bencenos clorados.

El más tóxico que ha resultado es el pentaclorofenol (PCF).

Los ensayos realizados han demostrado que la madera tratada con aceites de petróleo, que contienen 5% de PCF, o con naftenato de cobre con un 5% de cobre metálico, han tenido buena protección contra hongos y comejenes.

## 9. Conservación y Protección de las Maderas

Datos Generales.- Por buena que sea una madera y cualesquiera que sea su empleo, no dura infinitamente, y sufre modificaciones, más o menos rápidas, que acaban por alterar lo suficiente como para que no pueda llenar el fin a que ha sido destinada. Las maderas que se emplean en las contrucciones de entramados de los edificios bien abrigados y continuamente secos pueden durar siglos; pero las maderas que se emplean en labores subterráneas por el medio que se encuentran se alteran rápidamente.

Se ha observado en la mayoría de las veces, las maderas cuando trabajan a los esfuerzos normales se encuentran en contacto con el agua y por consiguiente, al abrigo del contacto directo del aire, pueden conservarse mucho tiempo, a menos que sean atacadas por parásitos especiales. Mantenidas en estas condiciones endurecen y toman un tinte oscuro.

Las maderas que se encuentran sumergidas en agua que contiene sales especialmente sulfatos, sufren una alteración profunda y rápida. Las maderas puestas en contacto con la tierra o que sufren alternativamente la acción del aire y del

agua están sujetas a una profunda alteración, tal es el caso de los postes y de los durmientes.

En general, cuando más cálida y húmeda es la temperatura del ambiente más rápidamente se deteriora la madera.

La existencia de hongos que se presentan en las maderas que se usan en las minas es debido a que dichas maderas han sido cortadas en verano y por lo tanto contienen una menor cantidad de agua y además poseen una composición química distinta, o sea una cantidad mucho menor de potasio y ácido fosfórico, que son los elementos que favorecen el crecimiento de los distintos hongos que se presentan en las maderas utilizadas en las minas.

Las maderas pueden alterarse por vejez o por accidente; por vejez, cuando se alteran por la oxidación lenta de sus elementos por el oxígeno del aire, consumiéndose por así decirlo, hasta caer en polvo. Por accidente, cuando a los efectos ya descritos se les une la acción de los parásitos, las bacterias y los hongos, que no tardan en producir una especie de fermentación, poniendo la madera fuera de uso. Hay además los insectos y otros animales, cuya acción destructora es grande.

La causa de alteración está muchas veces en la misma naturaleza de la madera. En los vasos de la madera se encuentra aún la savia que contiene, no solamente agua, sino también sustancias albuminosas y al mismo tiempo almidón, si estas sustancias se hacen desaparecer en la madera cortada por procedimiento apropiado, se evita que ellas constituyan alimentos para toda clase de micro organismos que pululando, no tardan en deteriorarla.

Si se quiere aumentar la duración de la madera debe hacerse desaparecer por completo la savia. Con ello la madera se convierte en imputrecible, si es mantenida en estado seco, aunque no deja de estar expuesta a causas de alteración, o sea la del oxígeno del aire. Queda la sustancia leñosa, cuyos elementos son poco quemados por los oxidantes y el oxígeno, y tanto más aún que los vasos de la madera constituyen largos canales por donde circula el aire.

Queda establecido que para aumentar la duración de la madera se necesita practicar varios tratamientos, que pueden hacerse aisladamente o todos ellos simultáneamente y son los siguientes:

1. Desembarasarla de todas las sustancias que puedan constituir un alimento para un ser viviente, como la savia con agua, lo que se consigue por desecación o secaje.



2. Impedir la circulación del aire, se consigue mediante la aplicación de capas superficiales, o por inyección de sustancias que solidificándose obstruyen los poros.

3. Hacer penetrar en sus canales sustancias antisépticas, formando por lo tanto un medio en que no puedan vivir los microorganismos, lo que se consigue por diferentes métodos.

Secaje o desecación.- Este es el procedimiento de conservación más simple y más económico, pero el menos eficaz.

Consiste este en eliminar el agua de la savia más o menos pronto, en tanto se depositan las sustancias disueltas en los vasos de la madera. Al desaparecer el agua, la oxidación se hace más lentamente, las sustancias de la savia se hacen impropias para la alimentación de los microorganismos y además crece la resistencia de la madera.

Los procedimientos de desecación empleados son tres: por desecación natural, por previo lavado con agua y artificial.

Desecación Natural.- El secado de la madera comienza desde el apeo del árbol, que es entonces cuando se inicia el secado debajo de la corteza.

La desecación se hace más rápidamente aún después del descortezado y del aserrado. La evaporación se efectúa libremente, entonces por las partes de la madera puesta al desnudo y por las secciones transversales. Es realmente activa cuando la madera ha sido aserrada por lo que su contacto con el aire acelera el proceso de desecación.

La desecación de las maderas al aire reclama el apilado o encastillamiento de ellas. El modo más simple de apilar maderas consiste en colocarlas en el terreno, unas sobre otras cubriendo la parte superior. Este procedimiento primitivo es inconveniente y no debe emplearse; hoy se está más al corriente de las causas de alteración de las maderas. En efecto, las maderas en contacto unas contra otras y el suelo, son bien pronto atacadas por los insectos y la putrefacción, que se transmiten rápidamente de una pieza a otra. Una buena pila seca da debe estar dispuesta de manera que el aire puede circular entre todas las piezas y este protegida de la lluvia. Para mayor eficacia de este procedimiento, es conveniente remover las pilas, de tiempo en tiempo, poniendo arriba las piezas que estaban debajo e inversamente. Este procedimiento tienen el inconveniente de ser imperfecto y de larga duración y se prefiere el método de secaje artificial.

Desecación por lavado previo con agua corriente.- Empleando este procedimiento, el desecamiento se realiza directamente sobre los troncos. Para ello, se sumergen completamente en agua corriente, anclándolos y colocando los troncos con el extremo mayor en dirección de agua arriba.

La sumersión dura de dos a cuatro semanas, y al sacarlos se apila bien y se colocan al aire libre, pues así se evapora rápidamente el agua que ha reemplazado la savia. Este procedimiento produce lo que se denomina desaviado de la madera. Es más rápido y completo el desaviado al vapor.

Ventajas e Inconvenientes.- Este medio de desecación es mucho más rápido que el natural y disminuye las posibilidades de alabeo.

En cambio, presenta el inconveniente de que las fibras quedan debilitadas y por tanto resulta la madera menos resistente, más quebrada y de menor duración.

Una variante del sistema es por chorros de vapor de agua.

Desecación Artificial.- Puede realizarse por varios procedimientos: en estufas, por corriente de aire caliente en estufas de aire húmedo, y por medio de la corriente eléctrica con cuyo medio se lleva a cabo la extracción de la savia y pasa a ocupar el lugar de ésta, en las cédulas, una solución caliente de bórax, carbonato de sodio y resina.

Este método tiene el inconveniente de que la gran cantidad de resina, que contiene la madera hace muy difícil su labrado, por embotarse muy pronto las herramientas cortantes.

Por el mismo sistema de la corriente eléctrica, y empleando soluciones especiales, se logra una mayor rapidez de desecación; imputrescibilidad de la madera y se hace incombustible.

Ventajas e inconvenientes comunes a los sistemas de desecación artificial. En términos generales, la mayor ventaja consiste en el empleo de menor tiempo. En cambio presentan el inconveniente del mayor costo, que la desecación natural y el de la pérdida de algunas propiedades mecánicas de la madera.

#### 10. Conservación de la Madera por procedimientos Naturales

Pintura y Barnizado.- Aplicados en buenas condiciones constituyen un excelente medio para evitar el deterioro de la madera.

Alquitranado.- En obras y estructuras que se encuentran libres en la intemperie (castillo de piques), resulta un preservativo el dar a las maderas varias manos de alquitrán o brea.

**Carbonización Superficial.-** En postes uno de cuyos extremos debe permanecer enterrados, es un medio de conservación el carbonizar con fuego de leña, aquel extremo hasta que la carbonización haya penetrado unos 10 a 12 mm. en su superficie.

En especial en todos los métodos manuales de conservación, el aplicarlos en madera perfectamente seca o desecada.

## EL EUCALIPTO

Nuestro país se abastece por lo general de madera de eucalipto para el sostenimiento de labores subterráneas, salvo casos especiales de allí este material se tratará con mayor interés.

### Características del Eucalipto

El eucalipto es una escencia exótica, introducida y aclimatada al país, es de origen australiano.

Pertenece a la familia de los Mirtáceas, al género Eucaliptus L'Hertier. Las especies de Eucaliptus son numerosas, posee más de 600 especies de las que unas 50 se han difundido en el mundo, y entre éstas al rededor de 20 son las que mejor éxito han tenido por sus características silviculturales y tecnológicas.

Generalmente son árboles de crecimiento rápido, verdaderos gigantes vegetales que alcanzan altura hasta 150 metros de alto, con un tronco hasta 10 metros de diámetro.

El tallo es derecho y en los árboles de cierta edad se limpia muy bien las ramas inferiores, hasta una altura considerable, a esto se llama "fuste" la parte superior es la copa que por lo general es piramidal; el tallo es de conicidad no muy pronunciada y por esta propiedad se le utiliza para postes.

En cuanto al color, puede ser madera blanca las que no exhiben diferencias entre albura y el duramen, aunque a veces el duramen es ligeramente más colorado. Y las de madera oscura en la que la albura es perfectamente diferente del duramen y su color varía entre el blanco cremoso, amarillo o rosado. El duramen varía en su color desde el rosado hasta el rojo oscuro y morado.

El eucalipto es generalmente rústico y de fácil cultivo. En el Perú viven desde el nivel del mar hasta grandes alturas sobre el nivel del mar y lo vemos muchas veces en plena cordillera soportando fríos intensos.

Requieren de temperaturas medias anuales que varían entre 10°C a 7°C, siendo sus límites de resistencia al frío de -5°C a -7°C, durante cortos períodos. La altura óptima de crecimiento, es de los 2,500 a 3,500 metros sobre el nivel del mar. En una hectárea se puede cultivar 2,000 a 2,600 plantaciones de eucalipto.

Una vez llegado al estado adulto y cortado para usarlo, las "cepas" que quedan tienen la propiedad de retoñar y de producir en menos tiempo troncos más gruesos que la planta criada de semilla.

### Plantaciones del Eucalipto

En todo el país hay 106 mil hectáreas con plantaciones de eucaliptos, de los cuales 60 mil han sido reforestadas entre los años 1,964-1,977 con la directa participación del Gobierno que ha invertido 150 millones de soles.

La campaña de reforestación, emprendida por el Estado a partir del 64 está dando algunos resultados pero dentro de 10 años más las 60 mil hectáreas producirán 18 millones de metros cúbicos de madera, que generará alrededor de 500 millones de soles.

La mayor parte de las Plantaciones están ubicadas en los departamentos de Cuzco, Apurímac, Junín, Huánuco, Cajamarca, Ancash y La Libertad.

Hasta 1,974 esta campaña se realizó merced al Plan de Créditos Supervisados con préstamos pagaderos en 20 y 25 años con una tasa de interés del 2% al rebatir, provenientes de los fondos del Gobierno Peruano, de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID) y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Nuestro Gobierno Revolucionario, decretó una Ley muy importante para el desarrollo del país el D.L.21147. La Ley Forestal y de Fauna Silvestre, donde se consagra la importancia de la forestación declarándosele de "interés público y necesidad nacional" en todo el territorio de la República, y donde fija los dispositivos necesarios para la obtención de la riqueza maderera contemplando la organización de empresas de propiedad social y otras formas asociativas para la extracción, transformación y comercialización de los productos forestales.

La Ley asume funciones participatorias, al establecer que los trabajadores de las empresas privadas dedicadas a la explotación forestal recibirán, además de su remuneración, una participación del 33% de la renta anual que se genere.

### Eucalyptus Globulus Labill

Es el más conocido de todos los eucaliptos y el pionero de todas las plantaciones fuera de Australia. Fue esta especie el primero en cultivarse en nuestro país y ésta se extendió hacia la sierra donde encontró muy buenas condiciones para su perfecto desarrollo y su gran utilidad para el consumo en nuestras minas.

Este árbol crece hasta 40 metros de altura, de tronco derecho y fuste generalmente largo, la corteza es caduca, desprendiéndose en largas lonjas, que siguen la dirección espiralada que muchas veces adquiere el tronco en su desarrollo, con frecuencia la persistente en la base del tronco.

Esta especie la encontramos desde la costa hasta la sierra y se desarrolla en cualquier suelo, aunque prefiere los ricos limosos y húmedos, pero sin exceso.

En la costa el *Globulus* crece difícilmente derecho.

La madera es clara pardo amarillento, con vetas verdes rosado pálido, sin albura diferenciada. Es semidura y con p.e. de 0.57 a 0.8. Es de textura mediana, grano ancho o entre cruzado, de mediana resistencia, seca con gran dificultad, en particular si proviene de árboles crecidos aisladamente, que suelen tener sus fibras en giro helicoidal. (Los crecidos aisladamente, que suelen tener sus fibras en giro helicoidal.) Los crecidos en masa densa son derechos y no exhiben este defecto.

#### Eucalyptus Robusta SM.

Arbol de porte mediana hasta alto de 15 metros a 30 metros; de tronco derecho y grueso, la corteza es persistente y gruesa, oscura y hendida.

Crecimiento óptimo en zonas costeras, con clima algo pesado y liviano.

Presenta madera de buena calidad, color castaño rojizo es dura, con p.e. de 0.8; resistente y de mediana duración cuando está enterrada.

También esta especie se utiliza en las minas.

#### Eucalyptus Rostrata

Conocida también como camaldulensis este árbol crece de 25 a 50 metros, exhibe alta conicidad y largo fuste. La corteza es caduca, clara y verde pardusca, se desprende en láminas o placas alargadas, dejando al descubierto el tallo.

En una especie que resiste fuertes calores, siempre vegeta en suelos húmedos. Es también relativamente resistente al frío, en regiones con poca agua, exige suelos profundos.

La madera es de buena calidad, con albura clara, blanco grisácea, el duramen es rosado castaño, p.e. de 0.7 a 0.9, duro, de textura mediana a fina. Especie utilizado en la Mina.

Las demás especies de eucalipto que han sido introducidas en el Perú, por el gobierno del Canada que están en experimentación en viveros forestales, situados en Huaraz, Huancayo y Cuzco.

### Propiedades Tecnológicas de la Madera de Eucalyptus Globulus Labill

Habiendo sido la primera especie del género Eucalyptus Globulus Labill, introducido al país y dadas sus condiciones de adaptabilidad, actualmente constituye al rededor del 95% de las plantaciones existentes, de allí que se han preferido estudiar las propiedades tecnológicas de esta especie y compararlas con maderas importadas.

#### Propiedades Físicas

La madera de Eucalyptus Globulus Labill, tiene una densidad básica que varía de 0.45 a 0.72; se clasifica de acuerdo al promedio, como una madera de densidad mediana.

Las maderas de densidad similar con otras especies se encuentra en el cuadro No.8.

La contracción radial (r) de la madera de acaulipto varía de 5.0% a 11.1%; la contracción tangencial (t) varía de 11.4% a 23.2%; la relación de contracción  $T/R$  es 2.3.

De acuerdo a la relación  $T/R$  se clasifica como mediana y corresponde al grupo de maderas de secado moderadamente difícil a difícil.

Tiene una concentración volumétrica muy alta: 20.00.

#### Propiedades Mecánicas

Conforme se puede observar en el cuadro No.8 Apéndice Pág. No.34 de Eucalyptus Globulus, tiene una resistencia mecánica superior o igual a las especies de las maderas importadas de igual densidad promedio. En lo que respecta a las propiedades mecánicas básicas en el uso de los redondos (troncos), como esfuerzo máximo de flexión y compresión paralela de la madera de acaulipto, se considera superior al pino oregón, roble blanco y otras especies de igual densidad.

Cuadro No.9. Apéndice página No. 35

CUADRO No.8

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL  
EUCALYPTUS GLOBULUS CON ESPECIES DE DENSIDAD SIMILAR

Nombre Científico Nombre Común	CHV	D E N S I D A D			C O N C E N T R A C I O N		
		DB	DH	Radial	Tangen- cial (T)	Volumé- trica	Relación T/R
<u>Eucalyptus</u> <u>Globulus</u> Eucalipto	96	0.57	0.74	6.1	14.6	20.0	2.3
<u>Pseudotsuga</u> <u>Menxiesil</u> Douglas Fir Pino Oregon	48	0.45	---	5.0	7.8	11.8	1.6
<u>Querucus Albs</u> White Oak Roble Blanco	68	0.60	---	5.3	9.0	15.8	1.7
<u>Juniperus</u> <u>Virginiana</u> Eastern Rodoedar (Larix)	35	0.44	---	3.1	4.7	7.8	1.5
<u>Occidentalis</u> Western Larch Larice Occidental	58	0.51	---	4.2	8.1	13.2	1.9
<u>Pinus Palustris</u> Longleaf Pino-Pino	63	0.54	---	3.1	7.5	12.2	1.4
<u>Pinus Taeda</u> Loblolly Pine Pino del Incienso	81	0.47	---	4.8	7.4	12.3	1.5
<u>Pinus Resinosa</u> Red Pine Pino Rojo	92	0.41	---	4.6	7.2	11.5	1.5
<u>Pinus Echinata</u> Shortleaf Pine Pino Shortleaf	81	0.46	---	4.4	7.7	12.3	1.7

CHV: Contenido de humedad de la madera.

DB: Densidad básica, basado sobre peso seco al horno, volumen húmedo.

DH: Densidad basado sobre peso y volumen seco al horno.



CUADRO No.9

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL EUCALIPTO  
CON MADERA DE DENSIDAD SIMILAR

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	Contenido de humedad	FLEXION ESTATICA		COMPRESION PARALELA			Compresión Perpendicular	DUREZA		Cizallamiento	Tensión Perpendicular
			Médulo de ruptura	Médulo de Elasticidad	Esfuerzo Límite proporcional	Carga Máxima	Médulo de Elasticidad		Extremos	Lados		
UNIDADES	%	Kg <sub>2</sub> cm	Kg/cm <sup>2</sup> x 1000	Kg <sub>2</sub> cm	Kg <sub>2</sub> cm	Kg/cm <sup>2</sup> x 1000	Kg <sub>2</sub> cm	Kg.	Kg.	Kg <sub>2</sub> cm	Kg <sub>2</sub> cm	
<u>Eucalyptus globulus</u> Eucalipto	90	678	122.211	232	305	134.964	50	511	571	91	63	
<u>Pseudotsuga Menziesii</u> Douglas Fir Pino Oregón	48	534	110.000	220	271	-. -	30	258	226	65	21	
<u>Quercus Alba</u> White Oak Roble blanco USA	68	583	87.000	217	250	-. -	58	508	480	87	54	
<u>Pinus taeda</u> Pino del Incienso	81	513	99.000	179	293	-. -	33	190	204	59	18	
<u>Pinus resinosa</u> Red Pine Pino Rojo	92	407	89	151	191	-. -	19	158	159	48	21	
<u>Pinus echinata</u> Shortlesf Pine	81	513	97	175	241	-. -	30	185	199	59	22	
<u>Juniperus virginiana</u> Eastern Redcedar	35	492	45	178	250	-. -	60	344	294	71	23	
<u>(Larix) Occidentalis</u> Western Larch Lárice Occidental	58	576	107	211	280	-. -	29	263	231	63	23	
<u>Pinus Palustris</u> Longleaf Pine	63	611	112	241	302	-. -	41	249	267	73	23	

En las otras propiedades, tales como dureza, cizallamiento, tensión perpendicular, también son comparables con las especies mencionadas. Cuadro No. 9.

Durabilidad Natural

El criterio aplicado para clasificar las especies de madera por durabilidad natural se encuentra midiendo el peso seco inicial y la cantidad de sustancia leñosa destruida por los hongos, para ello se necesita conocer el peso seco final.

La pérdida de peso expresada en porcentaje se determina según:

$$Psi = Pi - \frac{Pi \cdot Hi}{100}$$

$$Pp = \frac{Psi - Psf}{Psi} \times 100$$

Donde:

Psi = Peso seco inicial (gr)

Pi = Peso inicial en las probetas (gr)

Hi = Humedad inicial (%)

Se ha confeccionado un cuadro para clasificar las especies de madera por durabilidad natural.

CATEGORIAS DE RESISTENCIA DE LA MADERA A LA ACCION DE HONGOS XILOFAGOS

CATEGORIAS	Muy Resistentes	Resistentes	Moderadamente resistentes	No Resistente	Susceptibles
Pérdida de peso en %	Menos de 1	1 a 5	5.1 a 10	10.1 a 30	mas de 30

Se utilizaron 4 especies diferentes de hongos típicos de la madera, las cuales provienen de cultivos puros que desarrollan bien en condiciones normales de laboratorio. Dichos hongos son:

- Agar - Agar..... 25 gramos
- Extracto de malta ..... 20 gramos

Dextrosa..... 20 gramos  
Peptona..... 1 gramo  
Agua destilada..... 1,000 c.c.

La inoculación se realizó con las precauciones normales, para evitar las contaminaciones, poniendo aproximadamente un  $\text{cm}^3$  de micelio en los frascos de cultivo que contendrán posteriormente a las probetas de madera. La exposición de probetas a la acción de los hongos tuvo una duración de 90 días realizándose observaciones mensuales del desarrollo de los mismos.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados de la acción destructora de los xilófagos empleados en el estudio, así como la clasificación por resistencia a ella de las muestras estudiadas.

CUADRO No. 10

DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE EUCALIPTO

Zonas de donde provienen las muestras de eucalipto	HONGOS - XILOFAGOS				Clasificación de las muestras por categorías
	Polyp Sang	Fomes ann.	Polyp vers	Ganod appl	
Ayacucho	0.98	1.37	1.16	0.88	Resistente
Apurimac	1.13	1.62	1.37	0.40	Resistente
Ancash	1.18	1.43	1.11	0.90	Muy resistente
Cajamarca	0.70	1.22	0.90	0.55	Muy resistente
Cuzco	0.85	1.18	0.93	0.50	Muy resistente
Junin	1.25	1.63	1.12	0.90	Resistente
Huánuco	1.41	1.13	1.18	0.82	Resistente
Pasco	1.45	1.28	1.42	0.75	Resistente

FORMULAS PARA EL CALCULO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA

1. Propiedades Físicas

1.1. Densidad Básica

$$DB = \frac{Ps \ h}{Vh}$$

1.2. Densidad seca al horno

$$DSH = \frac{Psh}{Vsh}$$

En las que:

DB = Densidad básica

Psh = Peso seco al horno (grs)

Vh = Volumen húmedo (cm<sup>3</sup>)

Dsh = Densidad seca al horno

Vsh = Volumen seco al horno (cm<sup>3</sup>)

1.3. Contenido de Humedad

$$C.H = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100$$

Donde:

C.H. = Contenido de humedad (%)

Ph = Peso húmedo (grs)

Psh = Peso seco al horno (grs)

1.4. Contracción de la madera desde húmedo hasta seca al horno

1.4.1. Contracción Radial

$$C R = \frac{DRH - DRS}{DRH} \times 100$$

Donde:

CR = Contracción radial (%)

DRH = Dimensión radial de la madera húmeda con más del 30% de contenido de humedad (cm).

DRS = Dimensión radial de la madera seca al horno, con 0 % de contenido de humedad.

#### 1.4.2. Contracción Tangencial

$$CT = \frac{DTH - DTS}{DTH} \times 100$$

Donde:

CT = Contracción Tangencial (%)

DTH= Dimensión tangencial de la madera húmeda con más del 30% del contenido de humedad (cm.).

DTS= Dimensión tangencial de la madera al horno con 0.% de contenido de humedad.

#### 1.4.3. Contracción volumétrica

$$CV = \frac{VH - VS}{VH} \times 100$$

Donde:

CV = Contracción volumétrica (%)

VH = Volumen de la madera húmeda, con más del 30% de contenido de humedad (cm<sup>3</sup>).

## 2. PROPIEDADES MECANICAS:

### 2.1. Flexión estática:

#### 2.1.1. Esfuerzo de las Fibras en el límite proporcional

$$ELP = \frac{3 P' L}{2 bh}$$

#### 2.1.2. Máxima Resistencia:

$$MR = \frac{3 PL}{2 bh^2}$$

#### 2.1.3. Módulo de Elasticidad.

$$ME = \frac{P' L^3}{4 b h^3 y}$$

En las que:

ELP = Esfuerzo de las fibras en el límite proporcional ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

P' = Carga al límite proporcional en Kg.

L = Luz (cm)

b = Ancho de la probeta (cm)

h = Altura de la probeta (cm)

p = Carga máxima (Kg)

V = Deformación en el centro de la luz hasta el límite proporcional (cm).

## 2.2. Compresión paralela al grano

### 2.2.1. Esfuerzo de las fibras en el límite Proporcional

$$\text{ELP} = \frac{P'}{A}$$

### 2.2.2. Máxima resistencia.

$$\text{MR} = \frac{P}{A}$$

### 2.2.3. Módulo de Elasticidad

$$\text{ME} = \frac{P'L}{AY}$$

En las que:

ELP = Esfuerzo de las fibras en el límite proporcional ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

P' = Carga al límite proporcional (Kg)

A = Area de la Sección transversal de la Probeta ( $\text{cm}^2$ )

MR = Máxima resistencia ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

P = Carga máxima (Kg)

ME = Módulo de elasticidad ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

L = Luz (cm)

Y = Deformación hasta el límite proporcional (cm).

## 2.3. Compresión Perpendicular al grano

### 2.3.1. Esfuerzo de las fibras al límite proporcional.

$$\text{ELP} = \frac{P'}{A}$$

Donde:

ELP = Esfuerzo de las fibras al límite proporcional ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )  
 $P'$  = Carga al límite proporcional (Kg)  
 $A$  = Area de la sección ensayada ( $\text{cm}^2$ )

#### 2.4. Cizallamiento

$$CZ = \frac{P}{A}$$

Donde:

CZ = Resistencia al cizallamiento paralela al grano ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )  
 $P$  = Carga máxima (Kg)  
 $A$  = Area de cizallamiento ( $\text{cm}^2$ )

#### 2.5. Tensión Perpendicular al grano

$$T_p = \frac{P}{A}$$

Donde:

$T_p$  = Tensión perpendicular al grano ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )  
 $P$  = Carga Máxima (kg).  
 $A$  = Area de la sección ensayada ( $\text{cm}^2$ )

#### 2.6. Clivaje

$$C.L. = \frac{P}{b}$$

Donde:

C.L. = Clivaje ( $\text{Kg}/\text{cm}$ )  
 $p$  = Carga máxima (Kg)  
 $b$  = Ancho de la probeta (cm)

## ESFUERZOS UNITARIOS

Fuerza: Puede definirse a una fuerza como lo que modifica o tiende a cambiar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo; que hace que cambie de forma, si lo sujetan en su sitio otra fuerza o fuerzas.

Cargas: Una carga es la magnitud de una presión o tensión debida a la superficie de un peso. Los dos tipos más comunes, son los que se refieren a cargas concentrados a cargas uniformes distribuidas.

Esfuerzo Unitario: Como una resistencia interna, por unidad de área que resulta ocasionada por la aplicación de una fuerza externa. Puede describirse como una fuerza resistente distribuida internamente.

$$F = \frac{P}{A}$$

P = Carga externa, en Lb.

A = Area de la sección Transversal, en pulg<sup>2</sup>.

F = Esfuerzo unitario en lb/pulg<sup>2</sup>.

Tipos de Esfuerzos: Los tres tipos de esfuerzos diferentes son: compresión, tensión y corte.

Un esfuerzo de compresión.- Es el que se produce cuando una fuerza tiende a comprimir o aplastar un miembro estructural.

Esfuerzo de tensión.- Es el que se produce, al aplicar una fuerza que tiende a estirar o alargar un miembro.

Se produce un esfuerzo cortante, cuando dos fuerzas iguales paralelas y de sentido contrario, tiende hacer resvalar, una sobre otra, las superficies contiguas de un miembro.

Deformaciones: Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo, se produce en él un cambio de tamaño o de forma; a este cambio se llama deformación. Cuando las fuerzas axiales, son de compresión y de tensión, las deformaciones son acortamientos o alargamientos, respectivamente. Cuando una fuerza obra en un miembro flexionándolo, como lo hacen las cargas en las vigas, la deformación se llama flecha.

Límites de Elasticidad: Para explicar los términos que se usan para identificar los diferentes esfuerzos, estudiemos el ejemplo siguiente:

Se coloca una pieza corta de madera en una máquina de pruebas de compresión.



Se le aplica una carga que produce un esfuerzo unitario de 1,000 lib/pulg<sup>2</sup> y se encuentra que la deformación es de 0.0006 pulg. Cuando la carga produce un esfuerzo unitario de 2,000 lib/pulg<sup>2</sup> la deformación total es de 0.0012 pulg. Duplicamos la carga, se duplica la deformación. Al continuar la prueba se encuentra que las deformaciones aumentan en proporción directa a la carga aplicada, hasta que llegamos a un esfuerzo unitario de aproximadamente 6,000 lib/pulg<sup>2</sup>. A partir de este punto encontramos que las deformaciones comienzan a aumentar en mayor proporción que las cargas aplicadas. A este esfuerzo unitario se llama límite de elasticidad o límite de proporcionalidad del material.

Elasticidad: Es la propiedad que permite a un cuerpo recuperar sus dimensiones originales, cuando se suprime la carga que las modificó. Sin embargo, esto ocurre solamente cuando el esfuerzo unitario no excede el límite de elasticidad. Después de este esfuerzo, se produce un alargamiento o acortamiento permanente, llamado deformación permanente.

Esfuerzo de Ruptura: Supongamos que se continúa con la prueba de compresión de la muestra anterior. Se encuentra que la rotura ocurre cuando el esfuerzo unitario ha alcanzado el valor de aproximadamente 8,500 Lib/pulg<sup>2</sup>. A este esfuerzo se le llama esfuerzo de ruptura por compresión.

Se hace notar que las resistencias de las diferentes especies de mader no están claramente definidas como para otros materiales estructurales, por ejemplo el acero. Si se hacen pruebas empleando muestras de la misma especie y tamaño, en las mismas condiciones, los resultados pueden ser muy diferentes.

Módulo de Elasticidad: El módulo de elasticidad de material es la medida de su rigidez.

Se llama módulo de elasticidad del material, la relación entre el esfuerzo unitario y la deformación unitaria; con tal que el esfuerzo unitario no exceda el límite de elasticidad del material.

Para el abeto Douglas y para el pino del sur es de 1'700,000 lbs/pulg<sup>2</sup>, y para el acero estructural es de 29'000,000 lib/pulg<sup>2</sup>.

Esfuerzo Unitario Permisible: Al esfuerzo unitario permisible se le dan varios nombres, esfuerzo de trabajo de seguridad, esfuerzo permisible, esfuerzo unitario de trabajo. El esfuerzo que se usa en los cálculos de diseño y representa el esfuerzo unitario máximo real, que se considera conveniente en los miembros estructurales. Por lo general se lo determina, tomando una fracción del esfuerzo a la ruptura.

## CONCRETO

Llamado también hormigón, es un conglomerado pétreo artificial, que se prepara mezclando una pasta de cemento y agua, con arena, piedra triturada, grava y otros materiales.

La sustancia químicamente activa de la mezcla es el cemento, el cual se une física y químicamente con el agua y al endurecerse liga los agregados, para formar una masa sólida semejante a una piedra.

Tiene elevada resistencia a la compresión y reducida a la tensión (tracción). La resistencia a tracción del concreto es al rededor de 1/10 de su resistencia a compresión; no pudiendo usarse por lo general para miembros fleccionados o tendido sin adición de refuerzo. Las varillas de acero para refuerzo de concreto se hacen a partir de acero relaminado y de acero de lingote. Existen tres grados de este último, que son: estructural, intermedio y duro, las varillas de grado estructural pueden usarse con esfuerzos unitarios permisibles de  $1,265 \text{ Kg/cm}^2$ . Aunque el acero relaminado tiene características físicas similares a las del acero duro, es más quebradizo y difícil de doblar.

El grado intermedio del acero de lingote es probablemente el más utilizado para refuerzo.

Para el uso del acero de concreto armado, una de las suposiciones fundamentales en las que se basa el diseño del concreto reforzado es que el acero y el concreto actúan juntos, como una unidad. Si se utilizan varillas lisas, la transmisión de esfuerzos depende de la adhesión entre el acero y el concreto; para suministrar una mejor adherencia, las varillas de refuerzo se hacen con salientes o corrugaciones y se conocen entonces como varillas corrugadas. Estos salientes tienen el propósito de suministrar una adhesión entre concreto y acero; por lo tanto se permiten esfuerzos de adherencia más altos cuando se utilizan varillas corrugadas, y todo refuerzo es de este tipo.

Para dar forma al arco de concreto, se utiliza un armazón de madera en que se construye un arco o bóveda, utilizadas para mantener el concreto en su lugar hasta que se encurezca, se llaman CIMBRAS, éstas deben armarse con exactitud y de acuerdo a dimensiones precisas. Las Cimbras deben ser rígidas y bastante fuertes para soportar el peso del concreto sin deformarse mucho; además deben ser suficiente herméticos, para evitar las filtraciones de agua, y de un diseño que permita desarmarlas con facilidad. (adherencia de grasa o aceite).

Las maderas que se utilizan en CIMBRAS es generalmente de pino cubierta en la superficie, que estará en contacto con el concreto; frecuentemente se aceita la madera, con lo cual se eliminan los poros, se reduce la absorción del agua del concreto, se obtienen superficies más lisas y pueden quitarse más fácilmente las tablas; los tabloncillos deben ensamblarse en las áreas de concreto y tienen como ventaja principales su fácil armado y pueden utilizarse varias veces, con el acero se obtienen superficies más lisas que con el concreto.

Generalmente en el Cimbrado o encofrado, se suministra un soporte adicional, esto se llama re-cimbrado o apuntalamiento. El tiempo de descimbrado depende del tipo de concreto y de las condiciones del tiempo. El tiempo de descimbrado depende del tipo de miembro, del tipo de concreto y de las condiciones del tiempo. El tiempo de descimbrado debe estar de acuerdo con los requisitos del reglamento de construcción del ACI y deben registrarse y tomarse en cuenta las temperaturas existentes durante el período de curado, que el concreto se mantiene semifluido a temperaturas bajas y fragua más rápidamente a temperatura alta. Para propósitos prácticos podemos suponer que el concreto alcanza la resistencia deseada después de 28 días.

En estructuras donde los esfuerzos son totalmente de compresión, como en los pilares monolíticos o reemplazar pilares de roca, fortificación en labores horizontales, como concreto simple o masivo. A veces por economía, se colocan piedras de gran tamaño en el concreto, reduciendo así las cantidades de arena y cemento.

#### MATERIALES QUE SE UTILIZAN EN EL CONCRETO

Agua.- El agua utilizada en la fabricación del concreto debe estar limpia y exenta de cantidades nocivas de aceites, ácidos, álcalis, materias orgánicas y otras sustancias perjudiciales. No debe permitirse la utilización de agua con un contenido de sal común de 5% o mayor. Puesto que sólo cierta cantidad del agua se combina con el cemento, un exceso de esta diluye la pasta, y da como resultado un concreto de resisténte impermeabilidad y durabilidad reducida.

Cemento.- Entre los distintos tipos, el cemento Portland normal es el que se utiliza más ampliamente en las construcciones. Se obtiene mezclando y sometiendo dos materias a fusión incipiente, uno de ellos compuesto de cal y el otro de material arcilloso con contenido de silicio, aluminio y fierro.

**Arena.-** Los materiales unidos entre sí por la pasta de cemento y agua son los agregados; son materiales inertes, como arena natural, piedra triturada, guijarros, etc. los materiales con diámetro menor de 3/8 de pulgada se llaman agregados finos. Una especificación común para la graduación del agregado fino requiere que no menos del 95% al 100% pase por la malla No.4 y que no más del 30% ni menos del 10% pase por la malla No.50.

**Piedra Triturada.-** Todo material mayor de 3/8 de pulgada de diámetro se llama agregado grueso, este incluye piedra triturada, grava escoria, y otros materiales inertes. Los cantos rodados son los mejores agregados.

No existe reglas para el proporcionamiento de los agregados finos y gruesos, pero la práctica usual se utiliza para el agregado grueso, el doble del volumen del agregado fino (2:4, 2.5:5 o 3:6).

**Aditivos.-** Las sustancias que se agregan al concreto para mejorar la trabajabilidad, acelerar su fraguado, endurecer su superficie o aumentar sus propiedades de impermeabilidad, etc. se conoce con el nombre de ADITIVOS. Mucho de los compuestos comerciales contienen cal hidratada, cloruro de calcio y caolin; el cloruro de calcio y el oxiclорuro de calcio se utilizan generalmente como aceleradores.

### REQUISITOS PARA EL CONCRETO

Como el concreto es una mezcla, en la cual una pasta de cemento y agua sirve para ligar partículas finas y gruesas de materiales inertes, es fácil observar que se pueden lograr innumerables combinaciones al variar las proporciones de los ingredientes. El período de endurecimiento se llama CURADO y requiere de tres condiciones: tiempo, temperatura adecuada y presencia continua de agua.

El concreto endurecido debe tener resistencia y durabilidad, otra propiedad esencial es su trabajabilidad en esta plástica; la calidad del concreto depende de los siguientes factores: materiales apropiados, proporciones correctas, métodos adecuados de mezclado y colocación y suficiente protección durante el curado.

Relación Agua-Cemento.- La calidad de la pasta la determinan las proporciones de agua y cemento. Esta relación se expresa mediante un número que indica la cantidad de litros de agua por cada saco de cemento de 50 kilos.

Debemos recordar que el concreto en esta plástico siempre debe ser manejable, no tiene que estar muy seco ni tener demasiada agua. Si está muy seca, será difícil colocarlo en las cimbras y al rededor del refuerzo, lo cual dará como resultado defectos de acabado. Si tiene demasiada agua habrá segregación de los ingredientes. Para producir un concreto manejable, se debe utilizar mayor cantidad de agua que se requiere para la combinación química con el cemento; por consiguiente, una parte del agua se distribuye dentro de la pasta y que al evaporarse deje pequeños vacíos. Vemos entonces que la relación agua-cemento determina las densidades de la pasta, la cual a su vez determina la resistencia, la durabilidad y la permeabilidad del concreto endurecido.

Para el uso del concreto armado se debe utilizar el Reglamento de Construcción de ACI. Este reglamento establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de los elementos estructurales de concreto reforzado o elementos estructurales compuestos de cualquier estructura construída conforme a los requisitos del reglamento general de construcción.