



Universidad Anáhuac  
del Sur

323817  
6  
203

**UNIVERSIDAD ANAHUAC DEL SUR**

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA

**Universidad Nacional Autónoma de México**

ESCUELA DE INGENIERIA

FABRICACION DE EQUIPO DE  
MONTAÑISMO PARA SUBSTITUCION  
DE IMPORTACIONES

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

**P R E S E N T A**  
GUILLERMO SCHIAFFINO AGUILAR

DIRECTOR DE TESIS:

ING. JOSE FERNANDO OCAMPO CANABAL

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1993



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## INDICE DE MATERIAS

| CAP. |  | Pág. |
|------|--|------|
| I.   | INTRODUCCION .....   | 1    |
| II.  | MATERIALES UTILIZADOS EN LOS PROCESOS DE FABRICACION<br>DE EQUIPO DE MONTAÑA ..... | 9    |
| III. | CARACTERISTICAS DEL EQUIPO .....   | 22   |
|      | 3.1 La Cuerda .....  | 22   |
|      | 3.2 El Mosquetón .....   | 29   |
|      | 3.3 El Ocho .....  | 33   |
| IV.  | FABRICACION Y COSTO DEL EQUIPO .....   | 36   |
|      | 4.1 La Cuerda .....  | 36   |
|      | 4.1.1 Proceso de Fabricación. ....   | 36   |
|      | 4.1.2 Pruebas del Equipo. ....   | 41   |
|      | 4.1.3 Costo del Equipo. ....   | 56   |
|      | 4.2 El Mosquetón y el Ocho .....   | 60   |
|      | 4.2.1 Proceso de Fabricación. ....   | 60   |
|      | 4.2.2 Pruebas del equipo. ....   | 72   |
|      | 4.2.3 Costo del Equipo. ....   | 78   |
| V.   | SITUACION DEL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL .....                               | 83   |
|      | CONCLUSIONES .....   | 94   |
|      | GLOSARIO .....   | 96   |
|      | BIBLIOGRAFIA .....   | 102  |

---

---

## INDICE DE TABLAS Y DIBUJOS

### TABLAS

|           | Pág.  |
|-----------|---|
| Tabla 2.1 | PROPIEDADES DEL NYLON TIPO 6 Y TIPO 6.6 . . . . . 12            |
| Tabla 2.2 | CARACTERISTICAS DEL DURALUMINIO (TIPICO Y 7075-T6) . . . . . 21 |
| Tabla 4.1 | COSTO DE PRODUCCION DE UNA CUERDA . . . . . 59                  |

### DIBUJOS

|           |  |
|-----------|--|
| Fig. 1.1  | ESQUEMA GRAFICO DE a) mosquetón, b) estaca, c) clavo . . . . . 5   |
| Fig. 3.1  | ESQUEMA DEL TRENZADO DE UNA CUERDA . . . . . 25  |
| Fig. 3.2  | CORTE TRANSVERSAL DE UNA CUERDA . . . . . 25   |
| Fig. 3.3  | MOSQUETON SIN SEGURO TIPO D . . . . . 30   |
| Fig. 3.4  | MOSQUETON CON SEGURO TIPO D . . . . . 31   |
| Fig. 3.5  | CARGA TRIAXIAL EN UN MOSQUETON CON SEGURO. . . . . 33  |
| Fig. 3.6  | ESQUEMA GRAFICO DE UN OCHO. . . . . 35   |
| Fig. 4.1  | PARTES DE UN EXTRUSOR. . . . . 39  |
| Fig. 4.2  | DIAGRAMA DE UNA CAIDA DE 20 METROS . . . . . 44  |
| Fig. 4.3  | DISPOSITIVO DE UNA PRUEBA DE CAIDA. . . . . 47   |
| Fig. 4.4. | CURVA DE OSCILACION DE LA FUERZA DE IMPACTO GENERADA EN UNA CAIDA. . . . . 50  |
| Fig. 4.5  | CURVA DE ABSORCION DE AGUA EN UNA CUERDA. . . . . 54   |
| Fig. 4.6  | PRUEBA DE ABRASION DE UNA CUERDA . . . . . 56  |
| Fig. 4.7  | ESQUEMA GRAFICO DE UN MOSQUETON: MARCA Y VALORES DE SUS RESISTENCIAS . . . . . 71                                    |
| Fig. 4.8  | ESQUEMA GRAFICO DE 3 MOSQUETONES: PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TENSION EN SU EJE MAYOR . . . . . 73                    |
| Fig. 4.9  | ESQUEMA GRAFICO DE UN MOSQUETON: PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TENSION EN SU EJE MENOR . . . . . 75                     |
| Fig. 4.10 | ESQUEMA GRAFICO DE UN MOSQUETON: PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TENSION EN SU EJE MAYOR CON PISTILLO ABIERTO. . . . . 76 |
| Fig. 4.11 | ESQUEMA GRAFICO DE UN MOSQUETON: PRUEBA DE RESISTENCIA DEL PISTILLO . . . . . 77                                     |
| Fig. 4.12 | ESQUEMA GRAFICO DE UN OCHO: PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TENSION . . . . . 78  |

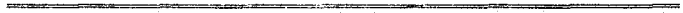
---

---

DIAGRAMAS DE FLUJO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE UN  
MOSQUETON . . . . . 66

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE UN  
OCHO . . . . . 68



" Mientras más alto suba  
más hundiré mi mirada  
en las profundidades  
de mi ser. "

Reinhold Messner

---

---

## CAPITULO I

---

---

### INTRODUCCION

Al hablar de montañismo, debemos tener presente las cuatro áreas que lo conforman: escalada en roca, alta montaña, espeleología, y exploración.

La escalada en roca se subdivide en:

escalada interior, donde la pared básicamente presenta fisuras o grietas en las que el escalador empotra los pies y, ya sea el puño, la palma de la mano, o los dedos, según sea la calidad de las mismas; y la escalada exterior, que se lleva a cabo en placas de roca con pequeñas salientes y ciertos apoyos.

Dentro de la alta montaña, la cual consideramos arriba de los 3000 mts. sobre el nivel del mar, también se tiene escalada en roca, en hielo y en nieve, y escalada mixta.

La especialidad de espeleología se dedica a descubrir las fallas de la Tierra, que son precisamente los sótanos o cavernas ya sean verticales, horizontales, o ambas; y conteniendo agua o sin élla. En México contamos con un gran número de sótanos, algunos de ellos con más de 400 mts. de profundidad, y todavía bastantes sin descubrir en la zona de Veracruz. El espeleólogo no sólo desciende a estas cavernas, sino realiza mapas topográficos de la región y estudios científicos detallados.

---

Exploración, es un conocimiento pleno de la naturaleza que nos rodea, plasmándose en caminatas largas en media montaña. Como ejemplo de esto, tenemos la expedición a Barranca Basís en la región de Durango, llevada a cabo por la Asociación de Montañismo y Exploración de la UNAM, en la que se descubrieron importantes hallazgos arqueológicos de culturas precedentes a nuestra era.

El hombre, impulsado por motivos de carácter deportivo y científico, se ha lanzado, desde hace ya muchos años, a la conquista de las montañas más altas del mundo, como el Everest y el K2 en Asia o el Aconcagua en América del Sur; ha escalado paredes cada vez, con mayor grado de dificultad.

A estos motivos, se suma otro que es de carácter espiritual: la pasión por el riesgo, la lucha directa con la naturaleza, lucha que no sólo pone a prueba las fuerzas físicas del escalador, sino también las morales; es la aspiración del hombre a superar los límites de lo conocido.

Pero fue, sin embargo, el aspecto científico antes que el deportivo, el que llevó al hombre a ponerse en contacto con la montaña: Leonardo da Vinci, escalando una montaña de los Prealpes Bieleleses, descubrió por primera vez, la importancia de algunos datos relativos al tiempo.



---

Un interés militar, al contrario del científico o deportivo, tuvo lugar en la ascensión al Popocatepétl realizada por Diego Ordaz en 1520 por orden de Hernán Cortés, reteniendo durante siglos el récord de altura alcanzado por el hombre: 5452 MSNM.

A finales del siglo XVIII y a principios del siglo XIX se llevaron a cabo las primeras expediciones sobre hielo de las que tenemos conocimiento. Se realizaron por pastores medievales, los cuales utilizaban crampones de tres puntas, un bastón con punta de acero, y hachas de leñador para tallar peldaños. Los primeros visitantes en estas montañas fueron los ingleses quienes comenzaron a desarrollar la pasión por la montaña. De esta manera, los pastores se dieron cuenta que era más provechoso para ellos el ponerse a cuidar y a guiar a estas personas que venían de fuera, en lugar de cuidar las ovejas.

Así es como éstos se convirtieron en guías; y surgieron a la vez, los primeros piolets al unir el bastón y el hacha, teniendo las dos funciones en un solo instrumento, que además ayudaba al equilibrio.

Se empezó entonces, a mostrar la pasión por la montaña en un sentido más deportivo, pero sin descartar el científico. Tal es el caso del científico y profesor de matemáticas Horace de Bénédicte de Saussure, nacido en Ginebra en 1740, quien dedicó varios años de su vida al sueño de conquistar el Mont Blanc, una de las montañas más terribles de escalar en aquella

---

época. Así, el 3 de agosto de 1787, Saussure alcanzó la cima en donde pudo realizar el experimento de la ebullición del agua y otras pruebas y observaciones científicas sobre la temperatura y la presión; estudios que no solo resultaron útiles a la ciencia, sino también para un mejor conocimiento de la montaña en general. Había comenzado la era del alpinismo.

En México empezaron a surgir fuertes intereses a principio de siglo. Se comenzaron a crear clubs y asociaciones promoviendo y llevando a cabo la práctica del montañismo; pero no fue, sino a finales de los años 40 s, cuando comenzó, en la Sierra de Pachuca, la escalada en roca en nuestro país. En los años 60 s nos llegó la literatura sobre las técnicas y el equipo empleado para la escalada en roca. En ese entonces, se construían en Europa, mosquetones de acero; mientras que en México, estos mosquetones eran contruidos a base de varilla enrollados en sus partes extremas con alambre. Las estacas se construían de madera, y los clavos para la pared eran de solera con argolla:

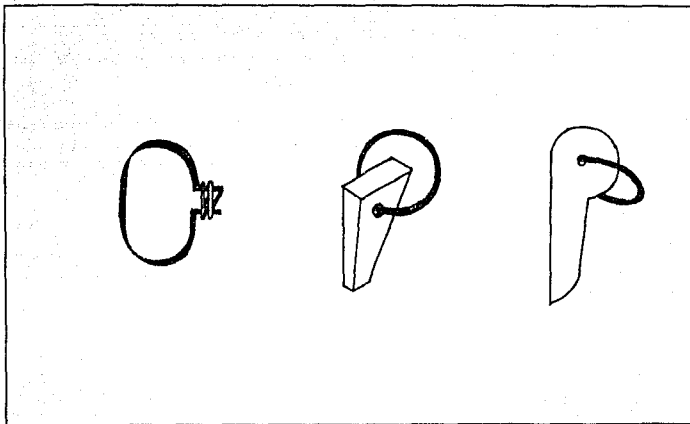


Fig. 1.1

(a)

(b)

(c) Diagrama S/E

Esquema gráfico de: a)- mosquetón,

b)- estaca,

c)- clavo.

Este equipo lo construían los herreros y obreros, por lo que ellos fueron los primeros escaladores en nuestro país. Estos efectuaban sus escaladas en fines de semana solamente; escaladas que, con aquel equipo rudimentario, una caída del puntero terminaba en el hospital si bien le iba, y si no, con la muerte.

---

A principios de los años 70 s, se establece la escalada interior y la escalada libre en el Valle de Yosemite, Cal. en Estados Unidos. Así, los primeros mexicanos que van a este Valle a finales de los 70 s, trajeron consigo la técnica, mentalidad y equipo de la escalada interior y libre a nuestro país, comenzando un gran auge por la escalada en México.

Con el pasar de los años, se fueron conquistando las cumbres de montañas que, a simple vista, parecían imposibles de escalar. Poco a poco se lograron paredes tanto de roca como de hielo, cada vez con un mayor grado de dificultad; se empezaron a establecer los grados de dificultad que presentaba una pared o una montaña, según la calidad de la misma y las condiciones en las que se efectuara la escalada. Se han logrado hasta nuestros días las cumbres más altas, las paredes más difíciles, las condiciones más extremas; todo esto, gracias a tres aspectos básicamente: una depuración de las técnicas empleadas en la escalada, un mejor conocimiento de la montaña y del hombre (gracias a la ciencia), y sin lugar a duda, en el gran avance tecnológico del equipo utilizado.

Este equipo, que ha pasado desde sus inicios por lo rudimentario y apenas necesario, a lo más sofisticado en nuestros días. Es cierto que este avance tecnológico, por si sólo, no va a convertir al hombre en alpinista, pues sigue siendo su mente y espíritu el que lo lleva a conquistar las cumbres; mas sin embargo, la sofisticación del equipo lo ha llevado a soportar condiciones extremas sin perder la vida, a desarrollar con mucho mayor eficiencia su potencial.

---

Es por eso, que el objeto de este estudio está enfocado a las características y fabricación de parte del equipo utilizado en el montañismo, pues sería presuntuoso querer abarcar toda la gama del equipo existente. Se pretende que en nuestro país, empecemos con la fabricación, y calidad requerida, del equipo básico y esencial que se presenta aquí, y con un enfoque principalmente hacia la escalada en roca: el mosquetón, el ocho, y la cuerda. La marimba, utilizada por los espeleólogos, es un instrumento con poca demanda en nuestro país en comparación con los instrumentos de roca, por lo que sería incosteable el quererla fabricar en México. Los zapatos de escalada ya los fabricamos en un buen nivel, pues es mas bien un trabajo artesanal que de alta tecnología.

Podemos afirmar entonces que el presente estudio es de gran importancia para la ingeniería mecánica eléctrica, pues se requiere de alta tecnología para la fabricación del equipo; y de igual manera lo es para la ingeniería electrónica, pues este análisis tiene que ver con tecnología de materiales, es decir, con el estudio e investigación de las propiedades electrónicas de aquellos materiales más convenientes que se han utilizado para la fabricación de este equipo. Otro factor de suma importancia es la relación económica, dado que nuestro país entra a un nivel de alta competencia con el tratado de libre comercio exterior; es decir, se satisface la relación técnico-económica que todo estudio de esta índole debe llevar.

---

México es un país montañoso y se encuentra en un continente joven; un continente con las cadenas montañosas más hermosas del mundo, extendiéndose desde Canadá hasta Argentina en América del Sur; es decir, contamos con materia prima: la montaña.

La fabricación de este equipo no sólo se pretende para la utilización del mismo en nuestro país, sino también para lanzar a México en el mercado mundial de la industria alpinista a nivel de alta competencia.

---

---

## CAPITULO II

---

---

### MATERIALES UTILIZADOS EN LOS PROCESOS DE FABRICACION DE EQUIPO DE MONTAÑA

Nuestro objetivo de análisis, como se dijo en el capítulo anterior, es la fabricación del mosquetón, del ocho, y de la cuerda; por lo que en esta parte, hablaremos de las propiedades de los materiales concernientes a dichos dispositivos.

- I. Consideremos primero, los materiales utilizados en las cuerdas. Hoy en día, éstas se construyen a partir de fibras sintéticas, dejando atrás las naturales debido a que son menos resistentes; fibras de nylon, fibras poliolefinas (polietileno y polipropileno), de poliéster, y fibras de kevlar, principalmente.

Estas fibras, entran en la categoría de "plásticos", refiriéndose a un grupo de materiales orgánicos sintéticos. Existen también los plásticos naturales como el hule, algunos tipos de ceras vegetales, o algunas fibras naturales como el cabello, algodón, lana, fibras de planta como el cáñamo, y el Manila; pero que, como se dijo anteriormente, no se utilizan ya en la fabricación

---

de las cuerdas debido a su rápido deterioro y poca resistencia a la abrasión. Hablaremos entonces de las fibras sintéticas.

Las moléculas de los plásticos están compuestas principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; estos son derivados del petróleo, agua, aire, carbón y sal. Ahora, las propiedades de los plásticos dependen principalmente del tamaño y la forma de las moléculas de las que está compuesto el plástico. En las primeras etapas de manufactura, la mayoría de los plásticos son monómeros, es decir, que están constituidos por moléculas pequeñas y simples; pero que al aplicarles calor o algún catalítico químico, estas pequeñas moléculas se unen para formar moléculas complejas que se convierten en estructuras semisólidas y sólidas.

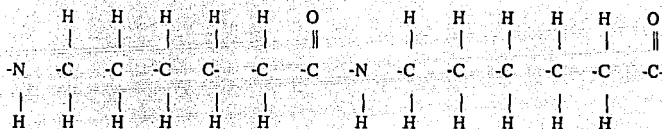
### Nylon

El nylon es una clase de poliamidas que contienen grupos de amidos repetidos (a base de carbono C, oxígeno O, nitrógeno N, e hidrógeno H), conectados con unidades de metileno (CH<sub>2</sub>). Los tipos más usados son el nylon 6 y el nylon 6.6. El nylon del tipo 6 contiene una amida ácida cíclica-NH(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>CO que contiene 6 átomos de carbono como material inicial, mientras que el nylon del tipo 6.6 es de hexametilendiamina y ácido adípico, conteniendo ambos 6 átomos de carbono:



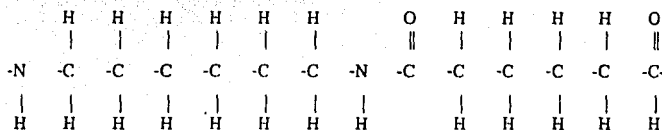
Arreglo molecular:

nylon 6



Arreglo molecular:

nylon 6.6



Los nylons son termoplásticos que se funden a temperaturas mayores a los 204.4 °C, formando un líquido muy viscoso difícil de moldearse. Sus propiedades varían según su composición:

**Tabla 2.1**

Propiedades del nylon tipo 6 y tipo 6.6

| Propiedad                                      | Nylon 6         | Nylon 6.6       |
|--|-----------------|-----------------|
| Peso específico                                | 1.13            | 1.14            |
| Resistencia a la tensión en kg/cm <sup>2</sup> | 421.76 a 492.06 | 632.65 a 843    |
| Elongación en %                                | 250 a 300       | 30 a 60         |
| Resistencia a la flexión en kg/cm <sup>2</sup> | 843.53          | 562.35 a 913.82 |
| Módulo de elasticidad en kg/cm <sup>2</sup>    | 24,603.11       | 31,632.57       |
| Resistencia al impacto en m . kg/cm            | 0.06            | 0.03 a 0.04     |
| Punto de ablandamiento en °C                   | 204.4 a 218.3   | 246.1 a 260     |
| Resistencia dieléctrica en v/mm                | 420             | 470             |
| Absorción de agua, % en 24 hrs.                | 2.9             | 1.6             |

Los nylons son llamados algunas veces "plásticos mecánicos" por sus altas resistencias al calor, a sustancias químicas y a la electricidad, compitiendo así con los metales en algunas aplicaciones. Son resistentes a la mayoría de los solventes y sustancias químicas, con excepción de algunas soluciones fuertes de ácidos minerales y oxidantes fuertes; no son destruidos ni atacados por hongos, roedores, insectos y son fácilmente esterilizados a temperaturas de vapor. Podemos resumir en varios puntos las propiedades de los nylons:

- 
- a) Excelente resistencia a la abrasión.
  - b) Bajo coeficiente de fricción.
  - c) Buenas propiedades mecánicas en un rango amplio de temperatura.
  - d) Gran tenacidad, inclusive en secciones delgadas.
  - e) Resistencia a los solventes, grasas, aceites, ácidos diluidos, etc.
  - f) Buena resistencia eléctrica.
  - g) Resistencia al calor y al frío de  $-73.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $121.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - h) Baja permeabilidad a gases y vapores.
  - i) Quemado lento.

#### **Poliolefinas: Polietileno y Polipropileno**

El polietileno lo encontramos en dos tipos específicos: uno que es ramificado de baja densidad (convencional), y un polietileno lineal de alta densidad; que encontramos tanto de bajo como de alto peso molecular.

El polietileno fue desarrollado después de la II Guerra Mundial por la Dupont Co. y la Union Carbide Chemical Corp. en el año de 1950. En esta época también apareció el tipo lineal de alta densidad basado en el proceso catalítico iónico de baja presión de Ziegler y Phillips. Este tipo de polietileno es usado básicamente en la fabricación de botellas plásticas, tubería, latas para basura, lavadero de platos, alambres para antena de televisión, vasos, etc.

---

El polietileno lineal tiene una densidad mayor, más cristalino, más resistente al calor y más rígido que el convencional, aunque ambos tienen excelente resistencia eléctrica y baja absorción de agua. Aún debido a sus diferentes densidades, los polietilenos están entre los más ligeros de todos los plásticos.

El polipropileno en cambio, teniendo una densidad un poco más baja, es mucho más rígido, más resistente al calor, y tiene la misma resistencia eléctrica y química; lo cual permite crear artículos plásticos que llevan cargas altas y soportan temperaturas de agua hirviendo o de vapor. El polipropileno puede ser moldeado por inyección o extruido como el polietileno en una gran variedad de contornos. Podemos poner, en resumen, las características de las poliolefinas:

- a) Excelente resistencia eléctrica.
- b) Se pueden moldear fácilmente en varias formas y contornos.
- c) Tienen buenas propiedades mecánicas, además de resistencia, flexibilidad y tenacidad.
- d) Alta resistencia a la mayoría de los solventes y sustancias químicas.
- e) Insípidos e inodoros.
- f) Buena resistencia al agua.

---

Mas sin embargo, las cuerdas con fibras poliolefinas, por su alta propiedad de flotación, son utilizadas mas bien en los deportes acuáticos y de rescate en ríos. Por su gran resistencia a soluciones ácidas, estas cuerdas son útiles también en aplicaciones industriales. Debido a su baja resistencia a la abrasión y por su bajo punto de fusión, estas cuerdas son poco útiles para la mayoría de las actividades de escalada.

### Poliéster

El poliéster no saturado, que está ligado con monómeros como el estireno, apareció por primera vez un poco antes de la batalla de Pearl Harbor. Su primer uso bélico fue en el año de 1942 con la fabricación de defensas reforzadas con tela de vidrio para las celdas de combustible en los aviones. Posteriormente fueron desarrollándose más aplicaciones militares con el paso del tiempo. Podemos decir que las propiedades típicas de los poliésteres son:

- a) Facilidad de manejo.
- b) Buenas propiedades físicas.
- c) Fáciles de ser pigmentados de algún color.
- d) Buena resistencia eléctrica
- e) Resistencia al calor.

---

Por esto entonces, la principal aplicación de los poliésteres es en la producción de plásticos reforzados. Un ejemplo de esto es la fibra de vidrio.

Ahora, las fibras de poliéster son utilizadas en varias cuerdas. El Dacrón por ejemplo, es un tipo de poliéster que sacó la Dupont Co., teniendo un punto de fusión de 249 °C, rango entre los valores que tienen el nylon 6 y el nylon 6.6. Ya que el poliéster tiene una alta resistencia a la tensión, aún en condiciones húmedas, baja elongación en el punto de ruptura, y alta resistencia a la degradación causada por la luz solar, hacen de estas cuerdas muy atractivas para aplicaciones marinas. Sin embargo, no son buenas para las actividades de escalada debido a que tienen una baja energía de absorción del golpe, y por tanto, no soportan el impacto de una caída como lo hacen las cuerdas de nylon.

### Kevlar

El kevlar es una fibra con una gran resistencia a altas temperaturas, siendo extremadamente fuerte. Tiene muy baja elongación en el punto de ruptura y es altamente susceptible a la abrasión tanto interna como externa. Pero debido a su falta de capacidad de absorción de energía en una caída por ejemplo, este tipo de fibra, plasmada en cuerdas de 5.5 mm, no son utilizadas como cuerdas de escalada donde la

---

vida de la persona depende de ella; sino que tiene otras aplicaciones dentro de la actividad de escalada.

- II. Consideremos ahora el material del que están contruidos el mosquetón y el ocho: de una aleación llamada Duraluminio 7075-T6. Pero primero, consideremos las propiedades de los metales. Sabemos que éstos son uno de los elementos más comunes en la naturaleza, entre ellos están el hierro, el cobre y el aluminio.

Debemos considerar en los metales sus características más importantes que son sus propiedades mecánicas, magnéticas y químicas:

- a) Las propiedades mecánicas determinan la respuesta del material a fuerzas aplicadas.

En estas propiedades se considera la resistencia, que nos dice la capacidad del material para resistir fuerzas aplicadas; la dureza, que determina la capacidad del material para resistir la penetración y abrasión; la elasticidad, que es la capacidad de regresar a su forma original; la ductilidad, que nos dice la capacidad del material de soportar cambios de forma permanentes sin romperse; y la tenacidad, que es la facultad del material de absorber energía aplicada en forma mecánica.

---

b) Las propiedades magnéticas de un metal nos indican como reacciona éste a fuerzas eléctricas o magnéticas, y determinan si dicho metal puede usarse en una situación particular.

c) Las propiedades químicas de un metal nos hablan de su resistencia a la corrosión y a la oxidación.

El aluminio, entrando en la categoría de metal, es muy suave y dúctil. Es muy débil con un esfuerzo a la tensión de tan sólo 930 kg/cm ; (la aleación 7075-T6 tiene un esfuerzo a la tensión de más de 5.000 kg/cm ). Debido a que el aluminio es difícil de separar de muchas sustancias que lo contienen por su gran afinidad con el oxígeno, éste no se puede obtener como el hierro por fusión del material y soplando aire a través de la masa fundida, pues esto lograría oxidarlo y eliminaría las impurezas. Este se produce por electrólisis de la alúmina (óxido de aluminio) en solución con criolita.

El aluminio tiene una alta resistencia a la corrosión ya que se forma una capa muy dura e impermeable de óxido en la superficie que hace que impida la oxidación del metal.

Cuando hablamos de una aleación nos referimos a la mezcla de dos o más metales. Generalmente se tiene un metal de base (lo que contiene la mayor parte de la aleación), y una



---

cantidad menor de otros metales ó sustancias. El acero, por ejemplo, es una aleación de hierro y carbono. Es por esto que, al hacer aleaciones con aluminio, cambian sus propiedades mecánicas, mejoran; es decir, tiene un gran aumento de resistencia a la tensión, mayor dureza, tenacidad, rigidez, maquinabilidad, etc. Propiedades que son adquiridas, en muchas ocasiones por tratamientos térmicos.

El duraluminio, del cual está constituido el mosquetón y el ocho, se ubica dentro de las aleaciones forjadas (que llevan tratamiento térmico). Un duraluminio típico tendrá aproximadamente 0.4 % de silicio, 4 % de cobre, 0.5 % de magnesio y 0.6 % de manganeso, con 0.7 % de hierro. La resistencia a la tensión de estas aleaciones oscila entre los 2,480 y los 4,650 kg/cm .

Podemos observar que la propiedad sobresaliente del duraluminio, es que después de un tratamiento térmico, éste queda suave y dúctil en un tiempo corto. Aumenta su dureza y su resistencia, disminuyendo su ductilidad hasta el término de seis días, obteniendo entonces su máxima resistencia y dureza.

Esta aleación se trabaja en caliente elevando su temperatura hasta 400 °C y 450 °C.

---

Como se dijo anteriormente, el mosquetón y el ocho están constituidos de duraluminio del tipo 7075-T6, que es una aleación a base de aluminio y zinc, conteniendo un 5.5 % de zinc, 2.5 % de magnesio, 0.3 % de cromo y 1.5 % de Cu. Este tipo de aleaciones son utilizadas en la industria aeroespacial, ya que son muy ligeras y con una fuerza de resistencia mayor a la del acero. Su resistencia a la tensión es de 5,841.5 kg/cm , siendo su resistencia en el punto en que cede de 5,137.7 kg/cm , y teniendo una elongación del 11 % para una muestra de 5.08 cm. (2 pulg.), convirtiéndolo dentro de las aleaciones de los duraluminios, en el más fuerte y conveniente para la construcción del equipo nombrado anteriormente.

Tabla 2.2

Características del duraluminio (típico y 7075-T6)

| Características                                | Duraluminio típico | Duraluminio 7075-T6 |
|--|--------------------|---------------------|
| Base   | Aluminio           | Aluminio            |
| % de silicio                                   | 0.4                | 0                   |
| % de zinc                                      | 0                  | 5.5                 |
| % de magnesio                                  | 0.5                | 2.5                 |
| % de maganeso                                  | 0.6                | 0                   |
| % de cobre                                     | 4                  | 1.5                 |
| % de cromo                                     | 0                  | 0.3                 |
| % de hierro                                    | 0.7                | 0                   |
| Temperatura de trabajo en °C                   | 400 a 450          | 400 a 450           |
| Resistencia a la tensión de kg/cm <sup>2</sup> | 2,480 a 4,650      | 5,841.5             |

---

---

## CAPITULO III

---

---

### CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

#### 3.1 La Cuerda

En el capítulo anterior analizamos los materiales de los que se componen las cuerdas: plásticos sintéticos como el nylon, polietileno y polipropileno, poliéster, kevlar, etc. Ahora, estudiaremos las características propias y específicas del tipo de cuerda que nos interesa en nuestro análisis: la cuerda para escalar en roca, construida de nylon del tipo 6.6, de 50 mts. de longitud, con un diámetro de 11 mm.; siendo ésta hoy en día, la cuerda más popular y conocida en el ambiente de escalada debido a su gran adaptabilidad a casi toda situación de escalada.

La historia nos recuerda que la E. I. DuPont deNemours and Co. introdujo el nylon en 1938. Patentado por el químico W. H. Carothers, esta fibra probó tener mucho más utilidades de los que nadie hubiese imaginado en ese entonces.

Durante la Segunda Guerra Mundial, las fibras naturales fueron desplazadas en muy poco tiempo por el nylon. Las tropas de montaña y marineros necesitaban cuerdas que fueran fuertes

---

resistentes a las condiciones climatológicas y ambientales; así es como entonces la maquinaria bélica en Dupont sobresalió con la cuerda de nylon.

En los días posteriores a la guerra, la cuerda de nylon era muy cara y difícil de conseguir, y como resultado de esto, las cuerdas de fibras naturales fueron cuidadosamente usadas por varios años más.

A través del tiempo, el nylon ha probado ser la fibra de cuerda preferida por varias razones. Como vimos anteriormente en otro capítulo, la estructura molecular del nylon hace posible el poder estirar por presión fibras continuas delgadas muy largas que tienen una fuerza excepcional y una elasticidad natural.

Las cuerdas están hechas de manojos de multifilamentos de nylon, donde la elasticidad natural del material es incrementada por el tipo de entrelazado y enrollado utilizados en su construcción. Puede doblarse bruscamente sin afectarse, tiene un alto punto de fusión y una excelente resistencia a la abrasión. Es por estas propiedades, que convierten al nylon en el material a escoger en la manufactura de cuerdas de alta calidad.

Ahora, hablemos de las características específicas de nuestra cuerda en estudio: la cuerda dinámica de nylon 6.6, con 11 mm. de diámetro, y un largo de 50 mts., para escalada en roca.

---

Esta cuerda, para la aplicación mencionada anteriormente, debe contar con las siguientes propiedades:

- a) Una gran resistencia.
- b) Baja fuerza de impacto.
- c) Baja elongación bajo peso.
- d) Resistencia a la abrasión.
- e) Peso ligero.
- f) Fácil manejo.

Esta cuerda, llamada cuerda dinámica por su capacidad de absorber la energía del impacto de una caída (propiedad de elasticidad), consiste de dos partes principalmente:

- 1ª El llamado "Kern", que es el alma, o sea, la parte interna de la cuerda, constituye la sección principal de soporte de carga, y es responsable del estiramiento así como de tomar la mayor parte de fuerza aplicada a la cuerda.
- 2ª El "mantle", la parte externa o coraza de la cuerda la cual es trenzada para proteger al alma en contra de la abrasión. En las figuras 3.1 y 3.2 se ilustran estos elementos:

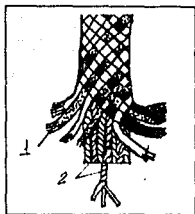


Fig. 3.1

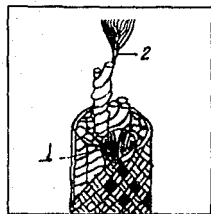


Fig. 3.2

- (1) - mante  
 (2) - Kern (fibras de nylon)

Corte transversal  
 de una cuerda

#### Diagramas S/E Esquema del trenzado de una cuerda

Para la mayoría de los escaladores, la fuerza de impacto es actualmente el criterio más importante en la elección de una buena cuerda. Definimos a la fuerza de impacto como la cantidad de tensión puesta en la cuerda durante la primera caída UIAA (Union of International Alpine Association -- Organización que establece los estándares de fabricación en los equipos de escalada y montañismo), en donde un peso de 80 kg. es arrojado 5 mts. de caída. Esta tremenda cantidad de energía debe ser absorbida por sólo 2.8 mts. de cuerda. Si escribimos entonces a la fuerza de impacto como  $F_i$ , podemos obtener, por la segunda ley de Newton:

---

$F = ma$   
entonces, si  $F_i = \text{Fuerza de impacto}$

$$F_i = 80 \text{ kg.} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

$$\text{Por lo que } F_i = 784 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{seg}^2} = 784 \text{ N,}$$

la energía absorbida por la cuerda es:

$$W = F_i \times d$$
$$W = 784 \text{ N} \times 5 \text{ m} = 3,920 \text{ N} \cdot \text{m}$$
$$W = 3920 \text{ J} = 3.92 \text{ KJ}$$

Por otro lado, el tirón que el escalador y su protección reciben es igual a la fuerza de impacto causada por la caída:

$$F_i = T_e + T_p$$

$F_i$  = Fuerza de impacto causada por la caída.

$T_e$  = Tensión que recibe el escalador.

$T_p$  = Tensión que recibe la protección.

Por tanto, concluimos que una cuerda que genera una fuerza de impacto baja, tendrá una menor tendencia a romperse en un filo o borde durante la caída en una cierta distancia, significando una menor tensión recibida en el escalador, evitando así lastimaduras; que una cuerda que genere una fuerza de impacto alta.

Resumiendo, diremos que una cuerda que ponga la menor tensión posible en el escalador y en su protección, y tiene a la vez la mínima tendencia de romperse sobre un filo o borde, constituye una de las características más valiosas que una cuerda puede tener.



---

Pero, desafortunadamente, la detención suave de una caída dada por una cuerda de baja fuerza de impacto, puede ser interrumpida bruscamente si el escalador choca o cae en una repisa o saliente antes de que la cuerda pare su caída.

Como mencionamos anteriormente, la cuerda dinámica absorbe la energía del impacto en la caída por estiramiento. Parte de esta energía es convertida en calor; el resto, es convertida en energía potencial, la cual es liberada cuando el escalador se recupera (rebota hacia atrás). Eventualmente, toda la energía es convertida en calor, que se da en la cuerda y en los dispositivos de unión en mucho menor escala.

Las cuerdas con baja fuerza de impacto tienden a estirar gran parte. Pero una cuerda que estire demasiado, puede ser, sin embargo, tan mala como una que no estire lo suficiente. La cuerda adecuada (la de nuestro objeto de análisis), no se estira bajo la acción del peso del cuerpo, pero sí se estira un poco bajo una carga fuerte generada por una caída.

El estiramiento bajo cargas altas absorbe energía más efectivamente que el estiramiento bajo una carga baja de fuerza. Así, un buen estiramiento bajo una carga alta de tensión significa una fuerza de impacto baja; y un estiramiento pobre bajo una carga alta de tensión significa una fuerza de impacto alta.

---

Es por esto entonces que la cuerda dinámica para escalada en roca, con un diámetro de 11 mm. y un largo de 50 mts., construida con fibras de nylon 6.6, siendo ésta nuestro objetivo de estudio, contiene una excelente mezcla de baja fuerza de impacto, a la vez que una mínima elongación bajo el peso del cuerpo, y una mínima elongación total durante una caída. Es muy ligera, reteniendo aún así, su gran resistencia.

Es también importante observar algunos cuidados que se deben tener con la cuerda, que de lo contrario causarían efectos nocivos en la misma:

- a) Los ácidos, pues las fibras de nylon se degradan ante la acción de estos, perdiendo sus propiedades más importantes.
- b) La luz del sol.
- c) El abuso de la misma (pisarla, no lavarla nunca para evitar que se impregnen las partículas de polvo, o el seguirla utilizando para puntear rutas, después de haber tenido más de 10 caídas fuertes, etc.).

Por sus propiedades y características, constituye esta cuerda el seguro de vida de los escaladores hoy en día.

---

### 3.2 El Mosquetón

En el capítulo anterior observamos el material del que están contruidos los mosquetones: el duraluminio 7075-T6, que consiste de una aleación de aluminio y zinc principalmente, constituyendo su propiedad principal una gran resistencia a la tensión.

El mosquetón es un dispositivo esencial en la escalada y que es un eslabón, un enlace de unión entre nuestros sistemas; es decir, nos sirve para unir una protección a una cinta, y a su vez, unir esta cinta a la cuerda a través de otro mosquetón, y que su resistencia constituye otro medio con el cual el escalador se protege y distribuye la fuerza del impacto de su caída. De igual manera, el mosquetón es útil para unir el sistema propio del escalador (arnés) a la cuerda, y poder con esto asegurar al compañero, o hacerse él mismo un autoseguro; nos sirve también para cargar las protecciones que se pondrán en la pared a la hora de escalarla, etc., dándonos cuenta de los múltiples y necesarios usos del mosquetón dentro de la escalada.

Al igual que la cuerda, existen muchos tipos de mosquetones fabricados según las aplicaciones en las que es requerido, tales como en operaciones militares, operaciones de rescate, policíacas, etc., y para el montañismo en sí.

En nuestra aplicación (escalada en roca), existen también una variedad de mosquetones, de los cuales nos concentraremos en el análisis del mosquetón estándar y más versátil, encontrándolo de la siguiente manera:

- a) Mosquetón estándar tipo D, sin seguro, simétrico:

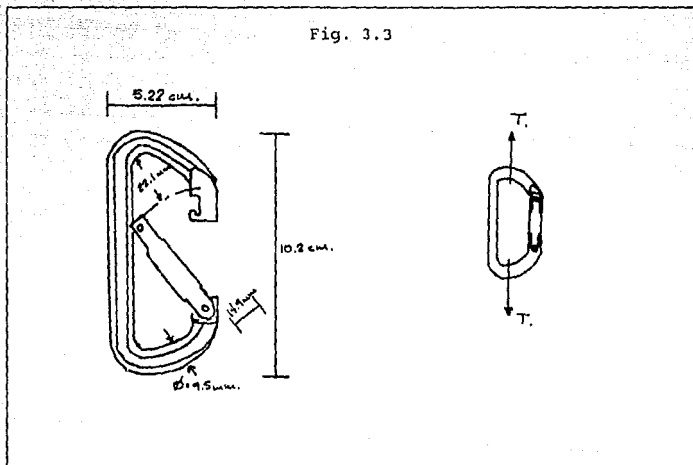


Fig. 3.3

Diagrama S/E

Mosquetón sin seguro tipo D

Teniendo una resistencia normal de 2100 kg. (20.58 kN); con la puerta abierta, su resistencia es de 500 kg. (4.9 kN), pesando aproximadamente 49 gr. Utilizado para escalada

libre donde el peso y confiabilidad son críticos. Por su resistencia de 2100 kg. podrá soportar las caídas más severas del escalador. Este mosquetón simétrico, después de colocarlo en la cinta que va a la protección, debe ser volteado con la puerta abriendo hacia abajo. Esta posición va a dar la manera más eficiente y más rápida al escalador al momento de pasar la cuerda por el mosquetón, y a la vez permite al mosquetón soportar la carga en la configuración en la que éste tiene mayor resistencia.

b) Mosquetón estándar tipo D, con seguro, simétrico:

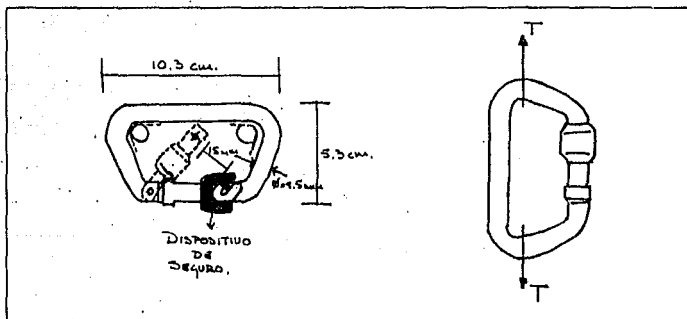


Fig. 3.4

Diagrama S/E

Mosquetón con seguro tipo D

---

Teniendo una resistencia normal de 2244 kg. (22 kN), y una resistencia de 918 kg. (9 kN), con la puerta abierta; pesando 54 gr. aproximadamente. Este mosquetón contiene un mecanismo de seguro fabricado de acero inoxidable super ligero. Con este tipo de mosquetones, además de su uso descrito en párrafos anteriores, nos es muy útil para eliminar una abertura accidental en un mosquetón sin seguro, causada por el llamado efecto "whiplash" o efecto de latigazo causado por ciertas vibraciones y oscilaciones ocurridas en la puerta del mismo en el momento de la caída, y así no permitir que la cuerda se separe o salga del mismo; una consecuencia, común algunas veces, por enmosquetonar directamente al "bolt" o perno de anclaje en la pared.

Hemos mencionado anteriormente algunas de las características de los mosquetones, y que completaremos con las siguientes:

1. Gran resistencia
2. Muy ligero.
3. La gran resistencia que posee es en su eje mayor, es decir, en sólo dos direcciones a lo largo del mismo. Si un mosquetón soporta carga en tres direcciones (llamada carga triaxial), puede ser dañado severamente o fallar (abrirse) durante la caída.

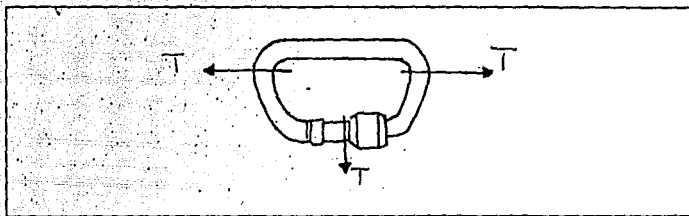


Fig. 3.5

Diagrama S/E

### Carga triaxial en un mosquetón con seguro

En estos mosquetones, podemos observar que tanto las esquinas de los mismos, como las muescas donde cierra la puerta, son redondeadas, evitando así tener esquinas afiladas, ya que éstas tienden a quebrarse fácilmente bajo carga porque concentran esfuerzos de tensión en esos puntos.

### 3.3 El Ocho

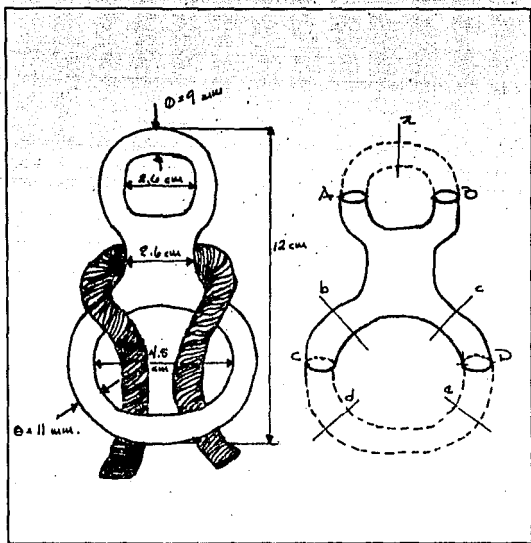
El ocho es un dispositivo de seguro, es decir, es útil para asegurar a un compañero al momento de escalar, y para descender de un punto a otro, lo que comúnmente se llama rappel.

Observamos las siguientes características:

- a) Forjado con tratamiento de calor y presión.
- b) Constituido por duraluminio 7075-T6.

- 
- c) Es ligero y de fácil manejo.
  - d) Tiene una línea con bordes redondeados para una menor fricción al momento de pasar la cuerda por el mismo.
  - e) No lastima la cuerda por su fácil deslizamiento.
  - f) Tiene una resistencia de 2250 kg. a la tensión y como fuerza de impacto aproximadamente.
  - g) Pesa casi 90 g.
  - h) Es utilizado ya sea con cuerdas simples o dobles, y con diámetros que van de los 8.8 a los 11 mm.





A,B,C,D.- Son Superficies donde se presenta el esfuerzo de tensión crítico en la pieza.

2, b, c, d, e.- Puntos críticos de desgaste por fricción

Fig. 3.6

Diagrama S/E

Esquema gráfico de un ocho

---

---

## CAPITULO IV

---

---

### FABRICACION Y COSTO DEL EQUIPO

#### 4.1 La Cuerda

##### 4.1.1 Proceso de Fabricación.

El método de construcción de una cuerda en conjunción con el tipo de fibra, determinará las propiedades de la misma.

El enrollado y entrelazado de las múltiples fibras (de nylon 6,6), producen ciertas propiedades mecánicas, mas la propiedad básica que contiene la fibra en sí para producir la cuerda que nos interesa.

Como vimos en el capítulo anterior, la cuerda dinámica (por su capacidad de absorber la fuerza del impacto para detener la caída del escalador), es llamada con el término "Kernmantle", el cual describe la construcción de la cuerda en la que el Kern, la parte interna

---

de alta resistencia, está cubierto por el mantle, que es un revestimiento o forro trenzado en su parte exterior.

Esta cuerda se construye trenzando el revestimiento sobre las hebras del manojo enrollado de la parte interna.

En el capítulo 3 observamos que el material preferido para las cuerdas es el nylon del tipo 6.6 por su elasticidad natural y fuerza excepcional.

Mencionamos que las cuerdas están hechas de multifilamentos de nylon 6.6 donde su elasticidad natural y fuerza son incrementadas por su entrelazado y enrollado. Este nylon 6.6 tiene un alto punto de fusión y una excelente resistencia a la abrasión. A continuación se describen los pasos a seguir en el proceso de fabricación de la cuerda:

1. Como primer punto a observar, el nylon 6.6 se importa de Estados Unidos pues no se fabrica en México. Este se consigue en lo que se llaman "pelets" ó "chips" que tienen forma de gránulos y con un tamaño de 3 mm cada gránulo.

---

2. El siguiente paso es extruir el nylon 6.6. Básicamente, la extrusión es un medio de producir formas plásticas continuas. Este proceso se lleva a cabo en una máquina extrusora que consta de 5 partes principalmente:

- a) tolva de alimentación.
- b) cilindro calentado (de 240 °C a 260 °C).
- c) tornillo o husillo.
- d) dado.
- e) conjunto de transportación y enfriamiento.

Los principios básicos que maneja la extrusora son:

- a) transportación.
- b) calentamiento.
- c) compactación.
- d) forzado del plástico a través de una abertura u orificio dado de dimensiones específicas bajo condiciones de temperatura y presión controladas.

En la siguiente figura podemos apreciar el diagrama de un extrusor:

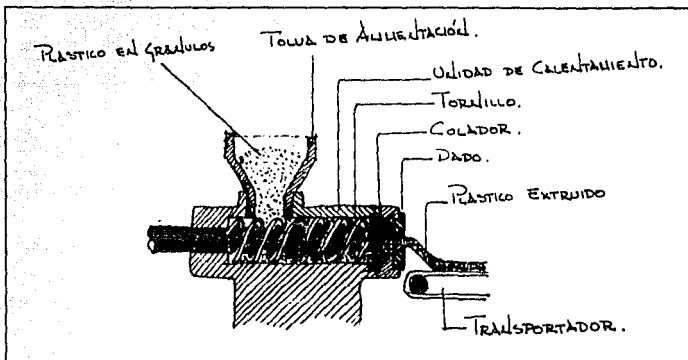


Fig. 4.1

Diagrama S/E

#### Partes de un extrusor

Primeramente en la tolva, que es una caja en forma de cono invertido y abierta en su parte más angosta en la que se depositan los "chips" ó gránulos de nylon 6.6 y que van cayendo poco a poco dentro de la parte trasera del cilindro calentado y el tornillo ó husillo. Esta sección se llama la "sección de alimentación" del tornillo.

Posteriormente con la rotación del tornillo, los gránulos de nylon 6.6 se mueven continuamente hacia adelante a medida que se funde y se mezcla. En la parte central del calentamiento se funde la mayoría del plástico y esta parte del tornillo se le nombra "sección de transferencia".

---

En seguida, el nylon 6.6 fundido es empujado hacia adelante entrando en la "sección de compresión" del tornillo donde es compactado y luego es forzado hacia afuera a través de una pequeña abertura con el dado necesario para darle la forma o contorno deseada; que en este caso es un dado para tener el nylon 6.6 en fibras multifilamentosas continuas al salir del extrusor, con un largo continuo de 50 mts.

Después, mediante una banda se transportan estos filamentos o fibras para darles un tratamiento de enfriamiento ya sea con un baño de inmersión en agua fría, ó con aire frío a través de sopladores; constituyéndose así los multifilamentos en un sólido firme.

3. Luego se pasa al secado con aire caliente. Y por último se embobina el hilo multifilamentoso de 50 mts. de longitud continua (con la que adquiere una mucho mayor resistencia de la que pudiera tener si se van uniendo tramos hasta llegar a los 50 mts. deseados), en una carrete horizontal.
4. Posteriormente se trenzan los multifilamentos del "kern" ó parte interna en una máquina trenzadora (48 cabos); cada cabo multifilamentoso está formado por 40,500 hilos de 25 mm de diámetro cada uno. Siguiendo el mismo procedimiento, se trenzan los cabos del revestimiento externo ó "mantle" (cada cabo de 2,700 filamentos) en la máquina trenzadora sobre los multifilamentos de

---

la capa interna ya entrelazados, formando así la cuerda ya completa con 11 mm. de diámetro y una longitud de 50 mts. Como dato interesante, cabe mencionar que si todos los filamentos de una sola cuerda se extendieran formando una línea horizontal, ésta tendría una longitud de más de 4,000 km.

Todas las máquinas involucradas en el proceso de fabricación de la cuerda son de importación solamente, es decir, que no se fabrican en México.

#### 4.1.2 Pruebas del Equipo.

Sabemos que es más importante que una cuerda dinámica para escalar pueda absorber la energía de una caída, que tener una alta resistencia estática a la tensión. Al ocurrir una caída, la energía, provocada por la misma, debe ser absorbida por la elongación de la cuerda.

Sin embargo, si la elongación se incrementa demasiado, la cuerda se vuelve demasiado elástica y el peligro para el escalador aumenta.

De esta manera, la fuerza máxima de una cuerda, fuerza de impacto, debe ser no más de 1200 kg. La mayoría de las caídas en escalada se encuentran en el rango de la mitad de los 1200 kg. y muestran una elongación de la cuerda entre el 10 % y el 15 %.

---

La fuerza máxima está relacionada en el momento de detener la caída. La fuerza de impacto depende principalmente del llamado "factor de caída", y no en la longitud total de la caída. Este "factor de caída" es la razón de la longitud total de la caída entre la longitud de cuerda utilizada.

Así, las caídas de diferentes longitudes pero factores de caída idénticos, tienen la misma fuerza de impacto. El impulso de impacto es diferente, pues es directamente proporcional a la longitud de la caída. Entre más corta sea la caída, más corto es el tiempo en que la fuerza de impacto afecta al escalador, a la protección, y a la cuerda.

De esta manera, el "factor de caída", nos dará un índice de la severidad de la caída. Podemos entonces expresar en ecuaciones matemáticas:

**Fc** = factor de caída

**Lc** = longitud total de la caída libre

**Lcu** = longitud de cuerda utilizada

Por tanto,

$$FC = \frac{LC}{Lcu}$$

Sabiendo entonces que Fc es igual al número de metros de caída libre en contra de cada metro de cuerda utilizada en la misma. Por ejemplo, si el puntero (la persona que encabeza la



---

escalada), ha escalado 10 mts. en total, llevando 10 mts. utilizados de cuerda; considerando que éste cayera, su longitud total de caída sería de 20 mts. antes de que la cuerda lo detenga:

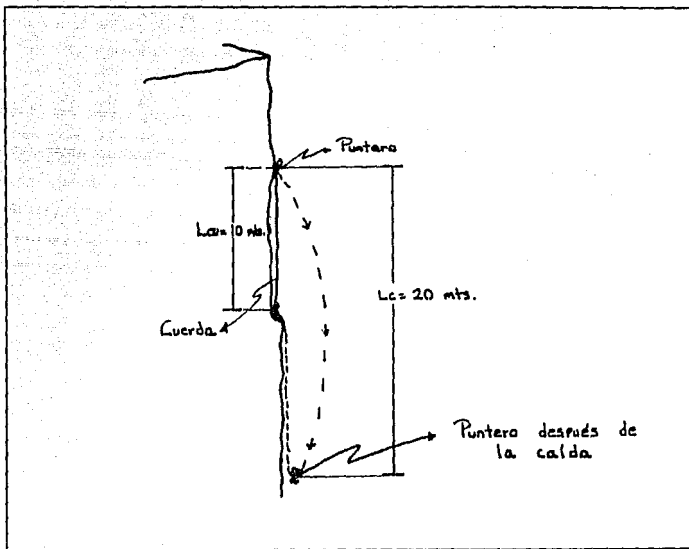


Fig. 4.2  
Diagrama de una caída libre de 20 mts.

Diagrama S/E

entonces,

$L_c = 20 \text{ m.}$  (longitud de caída)

$L_{cu} = 10 \text{ m.}$  (longitud de cuerda)

---

Por tanto,

$$FC = \frac{20}{10}$$

Por lo que,  $FC = 2$

La relación es 2:1, es decir, que cada metro de cuerda utilizada debe absorber la energía de cada 2 mts. de caída libre. Esta es la situación de caída más severa para una cuerda.

Por otro lado, si el escalador tiene una protección intermedia (a 5 mts. por debajo de él), la longitud de cuerda utilizada sigue siendo  $L_{cu} = 10$  mts, mientras que la longitud total de la caída es  $L_c = 5 \times 2 = 10$  mts.; lo cual significa que el factor de caída es:

$$FC = \frac{10}{10}$$
$$FC = 1$$

La relación es 1:1, es decir, que cada metro de cuerda utilizada debe absorber la energía de cada metro de caída libre.

Así es como podemos determinar la prueba estándar de caída de una cuerda en donde la longitud de la caída es de 5 mts., la longitud de la cuerda de 2.8 mts., siendo  $FC$ :

---

$$Fc = \frac{LC}{Lcu}$$

Si  $Lc = 5 \text{ m.}$   
 $Lcu = 2.8 \text{ m.}$   
entonces.  
 $Fc = \frac{5}{2.8}$   
Portanto.  
 $Fc = 1.78$

En esta prueba estándar de caída libre, sólo se evalúa la absorción de energía. Tanto la fuerza de impacto como el número de caídas sin romperse que sufre la cuerda, deben tenerse grabadas. Para que la cuerda califique dentro de los estándares de seguridad dictados por la asociación internacional alpina UIAA (Union International of Alpine Association), ésta debe soportar por lo menos 5 caídas sin romperse.

En esta prueba, una caída extremadamente severa es simulada en un dispositivo que se esquematiza en la fig. 4.3. Estas condiciones son tan severas que son prácticamente imposibles de alcanzar en una situación real de escalada.

Un bloque sólido de hierro de 80 kg. cae 5 mts. y es detenido por 2.8 mts. de cuerda. La longitud de la caída es casi el doble de la longitud de la cuerda. La velocidad final del peso o bloque es aproximadamente de 36 Km/h y el tiempo de la caída es de 1 seg.

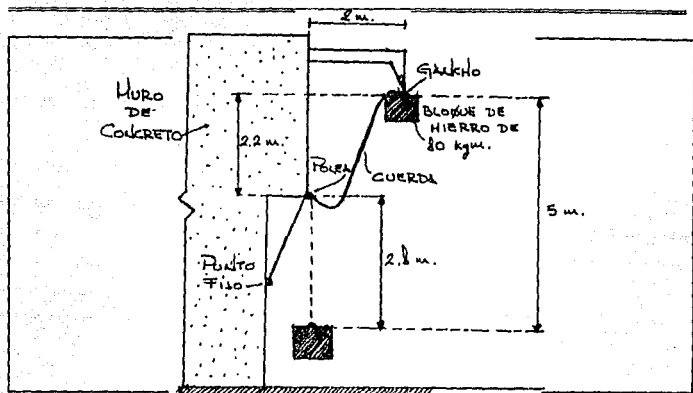


Fig. 4.3  
Dispositivo de prueba de caída

Diagrama S/E

Podemos obtener, con ecuaciones de caída libre:

Dado que:

---

$$y = \frac{-1g \cdot t^2 + v_0 t + y_0}{2} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{donde } y_0 = 2.2 \text{ m}$$

$$y = -2.8 \text{ m}$$

$$v_0 = 0 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Por tanto, de (1),

$$y = \frac{-1g \cdot t^2 + y_0}{2}$$

para conocer el tiempo,

$$y - y_0 = \frac{-1}{2} g \cdot t^2$$

es igual a decir  $\frac{-1g \cdot t^2 + y_0}{2}$

$$t^2 = \frac{y - y_0}{-0.5g}$$

Sustituyendo los valores tenemos,

$$t^2 = \frac{-2.8 - 2.2}{-0.5 \cdot 9.8}$$

$$t^2 = \frac{-5}{-4.9}$$

$$t^2 = \frac{5}{4.9}$$

las unidades son:

$$t^2 \frac{\frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}{\frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} = \frac{\text{m} \cdot \text{seg}^2}{\text{m}} = \text{seg}^2$$

así,

$$t = \sqrt{\text{seg}^2} = \text{seg}$$

$$t^2 = \sqrt{1.02 \text{seg}^2}$$

Por tanto ,

$$t = \sqrt{1.02 \text{seg}^2}, t = 1.01 \text{seg} \approx 1 \text{seg}$$

entonces, el tiempo total de caída libre es:

$$t = 1 \text{seg}$$

---

Entonces si el tiempo que tarda en caer es de 1 seg., por la siguiente ecuación conoceremos la velocidad:

$$V = -g \cdot t \pm V_0$$

y dado que  $V_0 = 0 \frac{m}{seg}$   
tenemos que,

$$V = -g \cdot t$$

$V = - (9.8) \cdot (1)$   
las unidades son,

$$V = \frac{m \cdot seg}{seg^2}$$

$$V = \frac{m}{seg}$$

así,

$$V = -9.8 \frac{m}{seg} = -10 \frac{m}{seg}$$

El signo negativo nos indica que el bloque está cayendo, por lo que podemos tomar el valor absoluto de la velocidad:

$$V = 10 \frac{m}{seg}$$

y que es lo mismo:

$$V = \frac{m}{seg} \times \frac{1 km}{1000 m} \times \frac{3600 seg}{1 hr}$$

Por tanto, la velocidad que lleva el bloque después de un segundo de caída libre es

$$V = \frac{km}{hr}$$

como dijimos anteriormente.

A continuación veremos un diagrama que muestra la curva de oscilación de la fuerza de impacto en una caída (fig. 4.4). Durante la primera oscilación, el peso, después de caer, es detenido de los 36 km/hr a 0 en 1/4 de segundo después de 1 segundo de caída; por lo que la fuerza de impacto es de 800 kg. aproximadamente.

Se puede apreciar la fuerza de tensión tan intensa que tiene que soportar la cuerda :

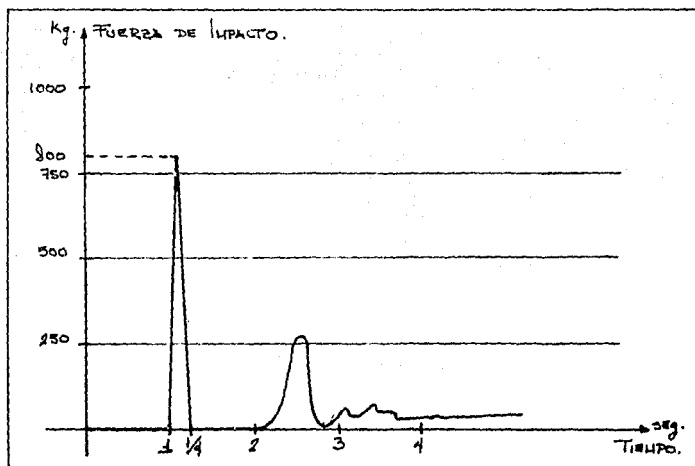


Fig. 4.4  
Curva de oscilación de la fuerza de impacto  
generada en una caída



---

### Protección contra agua.

De acuerdo con las leyes de la física, las fibras de una cuerda son propensas a la acción capilar (adhesión), y por consiguiente, las cuerdas absorben el agua. Esta penetra en los espacios que se encuentran entre las fibras y puede considerablemente aumentar el peso de la cuerda.

En el caso de que el clima se vuelva más frío, el agua absorbida se congelaría provocando que la cuerda se vuelva dura e inmanejable; y más aún, los cristales de hielo en la cuerda reducen la resistencia de ésta.

Por esto, es bueno que las cuerdas sean repelentes al agua, y que por las características propias de los materiales con que está fabricada, lo es, pero que sin embargo llegan al límite de protección, y ésta se empieza a ser más pesada como explicamos anteriormente. Existe un tratamiento con el que la cuerda (tanto las fibras internas o "kern" y el revestimiento externo o "mantle") es impregnada en contra de la absorción de humedad antes de ser previamente entrelazada, con un químico similar al Teflón, dándole a la cuerda la más durable repelencia al agua. Este tratamiento mejora el manejo de la cuerda y reduce la fricción de la misma al contacto con el mosquetón, a la vez que incrementa su resistencia a la abrasión. Sin embargo, para nuestro análisis, conviene comentar que este tratamiento encarece el costo de la cuerda, y que según las posibilidades del productor dentro de su compañía de lograr esto a un precio

---

adecuado. Con esto no se quiere decir que las cuerdas normales (no tratadas), no sean suficientes, sino todo lo contrario, es decir, también tienen una resistencia al agua, aunque menor, que las cuerdas tratadas.

1. Un método sencillo para probar la absorción del agua en una cuerda es colocar 20 cm. de longitud de la misma en agua y se mide el tiempo en que la cuerda se hunda hasta el fondo del recipiente, siendo generalmente un tiempo de 7 hrs. aproximadamente para una buena cuerda.
  
2. Otro método para la prueba de absorción de agua sería el colocar una muestra de la cuerda en agua, y medir la cantidad de absorción de la misma durante cada hora, y a través de porcentajes, establecer un coeficiente de absorción de agua. A través del siguiente experimento, propongo dentro de este análisis, estandarizar un coeficiente de absorción horario, que nunca se había establecido, para medir la impregnación de agua en las cuerdas:
  - a) se tomó una muestra de 88 cm. de longitud de una cuerda de 11 mm. de diámetro.
  - b) su peso en seco fué de 54.5 g.
  - c) su peso después de 1 hora en agua = 73.8 g.

---

d) su peso después de 2 horas en agua = 75.7 g.

e) su peso después de 3 horas en agua = 76.3 g.

Por lo que se establece que el coeficiente de absorción horario es:

$$\text{Coef. absorción horario} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{pesoseco}}{\text{pesoseco}} \times 100$$

1. Así, para la primera hora,

$$C_{.ah} = \frac{75.7 - 54.5}{54.5} \times 100$$
$$C_{.ah} = 35.4\%$$

2. A la segunda hora,

$$C_{.ah} = \frac{75.7 - 54.5}{54.5} \times 100$$
$$C_{.ah} = 38.9\%$$

3. A la tercera hora,

$$C_{.ah} = \frac{76.4 - 54.5}{54.5} \times 100$$
$$C_{.ah} = 42.2\%$$

Es decir, que el coeficiente de absorción horario, nos dará el porcentaje de agua que tiene la cuerda con respecto a su peso en seco, por cada hora que la cuerda esté sometida a pruebas de agua. Podemos apreciar en la siguiente gráfica, el comportamiento del peso de la cuerda cuando ésta se encuentra afectada por el agua:

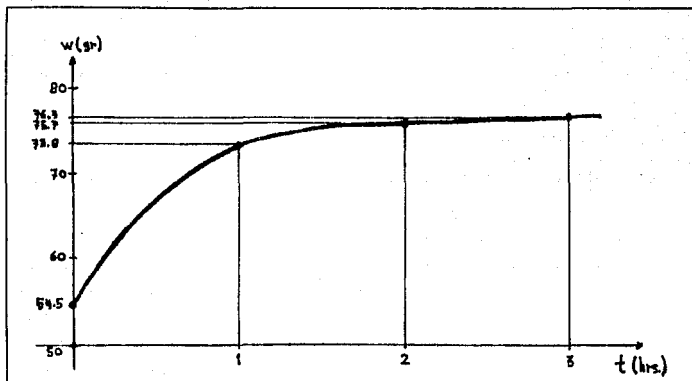


Fig. 4.5  
Curva de absorción de agua en una cuerda

#### Protección en contra de la abrasión.

Para mejorar la vida de la cuerda y protegerla en contra de la abrasión, la cuerda debe estar impregnada en contra de la misma (abrasión). En la escalada, la cuerda está siempre frotándose o friccionándose contra la roca y los mosquetones, y parte de las delgadas fibras del manto se desgastan. Las puntas de las fibras se asoman de la superficie de la cuerda y constituyen éstas lo que podríamos decir una "sobrepel" de la cuerda o el llamado "fur-effect" o efecto-piel. Con esto se da consecuentemente una gran reducción en el factor de seguridad de la cuerda.

---

Es por esto que a la cuerda se le da un tratamiento de impregnación de silicón en la superficie para elevar su resistencia a la abrasión, pues hace que las fibras individuales sean más flexibles y produce a la vez menos fricción en la roca. En la práctica, las cuerdas con este tratamiento llamado de "larga vida", dan un 33 % más de uso que las cuerdas normales no tratadas; pero es importante observar que de igual manera, se incrementa el costo de la cuerda con este tratamiento; así que el hacer cuerdas normales no tratadas o tratadas dependerán de la factibilidad del productor para mantenerlas en un precio adecuado que no rebase los ya existentes en el mercado.

Para hacer la prueba de abrasión, se puede sujetar la cuerda a un cilindro el cual va a permitir que ésta sea jalada hacia atrás y hacia adelante pasando por un borde de piedra muy abrasivo. Al otro extremo de la cuerda se coloca un peso. Este peso se puede incrementar en la cuerda para que la presión en la superficie del borde varíe, como se muestra en la siguiente figura:

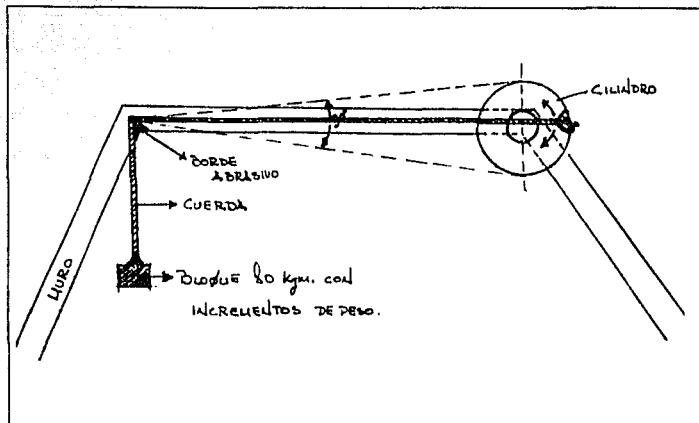


Fig. 4.6  
Prueba de abrasión de una cuerda

Diagrama S/E

Los resultados de la prueba son medidos por el número de fricciones o abrasiones que resistió la cuerda hasta el punto de ruptura; u observar las condiciones de la misma después de un cierto número de abrasiones sobre el borde.

#### 4.1.3 Costo del Equipo.

Mencionamos en el punto 4.1.1 que el nylon 6.6 no se fabrica en México, sino que se trata de un producto de importación.

---

Es precisamente esto lo que puede aumentar el precio de la cuerda al fabricarla en nuestro país. Es también necesario decir que, consecuentemente, las máquinas utilizadas para el procesamiento del nylon y su trenzado para constituir la cuerda (extrusora y trenzadora), son todas de importación pues no se fabrican en nuestro país.

De esta manera, la propuesta de fabricación de esta cuerda para escalar en roca se llevará a cabo de la siguiente manera:

- a) comprar el nylon 6.6 de importación, el cual se consigue en México por la compañía Ultraplás S.A. del grupo Resistol, quien lo vende en sacos de 25 kg. de los "chips" ó gránulos del material a un costo de 4.50 dólares (\$13,500 pesos aproximadamente el día de hoy) por saco. Este precio se puede disminuir a 3.80 dólares (\$11,400 pesos aprox.), si el volumen pedido es en mayoreo.
- b) vigilar y llevar a cabo el proceso del nylon 6.6 para formar la cuerda (extruido y trenzado), en las máquinas importadas existentes.

Para obtener lo que nos cuesta fabricar una cuerda, veremos el siguiente análisis:

- 1. El material se consigue en sacos de 25 kg. de nylon 6.6 por 4 dólares (redondeo entre costo normal y de mayoreo). El peso de la cuerda es de 77 g. por metro, es decir, que nuestra cuerda de 50 mts. de longitud pesa un total de 3.85 kg. Por

---

tanto, el costo del material para 3.85 kg. será de 0.693 dólares, dado que 25 kg. nos cuestan 4 dólares; es decir, de \$2,079 pesos de material por cada cuerda.

2. Las máquinas trenzadoras más sofisticadas y computarizadas para este tipo de cuerda son de producción alemana, con un costo de 180,000 dólares (540 millones de pesos -- cotización de \$3,000 por dólar del día 12 de agosto de 1991 --).

La amortización de la máquina la haremos en 5 años, es decir, 108 millones de pesos a pagar por la máquina en cada año hasta llegar a su costo total en los 5 años mencionados.

Consideramos primero que el tiempo en fabricar una cuerda es de 1 hora.

Por tanto, si se trabajan 8 hrs. diarias por 5 días, tendremos 40 horas a la semana, y un total de:

40 hrs. x 45 semanas al año =

1800 hrs de mano de obra  
año

Así, el costo por hora de la máquina será de:

\$108,000,000  
1800 hrs.

Costo horario máq. = \$60,000



---

Por otro lado, si tomamos en cuenta el costo de la mano de obra de \$50,000 por día, sabemos entonces que serán:

\$6,250 / hr. de mano de obra

Así, si tomamos el 10 % del costo horario de la máquina por mantenimiento (gas, electricidad, etc.), será entonces un gasto de \$6,000.

Los gastos indirectos de las utilidades como los gastos de representación, firmas, etc., constituyen un 40 % del costo horario de la máquina, es decir, de \$24,000.

De esta manera, concluimos que el costo de producción de una cuerda es de:

**Tabla 4.1**

**Costo de producción de una cuerda**

|   |                 |
|---|-----------------|
| Costo horario de la máquina                         | \$60,000        |
| Costo de mano de obra                               | \$ 6,250        |
| Gastos por mantenimiento                            | \$ 6,000        |
| Costo del material                                  | \$ 2,079        |
| Gastos por indirectos                               | \$24,000        |
| Suma total del costo de<br>producción de una cuerda | <b>\$98,329</b> |

---

Por lo que nuestra cuerda es completamente redituable, pues el precio de venta al público podría ser de \$350,000, que es el precio más bajo que se consiguió en una investigación de campo.

#### 4.2 El Mosquetón y el Ocho

##### 4.2.1 Proceso de Fabricación.

Tanto el mosquetón como el ocho son fabricados con una aleación de aluminio/zinc principalmente llamada duraluminio 7075-T6 como lo hemos visto en capítulos anteriores, por lo que hablaremos ahora de su proceso de fabricación.

##### Mosquetón

Centímetro por centímetro, la aleación aluminio/zinc es más fuerte que el acero y mucho más ligera. Para hacer los cuerpos de los mosquetones se corta esta aleación (barra de 3.66 mts. de longitud por 0.95 cm. de diámetro) a una longitud de 20 cm. aproximadamente para cada mosquetón. Esto se logra a través de una cizalla o con una sierra circular de acero, la cual consiste principalmente de un disco dentado muy afilado que gira a una gran velocidad y con el cual se corta la barra anteriormente mencionada.

---

Como se mencionó anteriormente, se corta la barra a una longitud de 20.6 cm. aproximadamente, tomando el cuerpo del mosquetón estirado. Una vez cortada la barra a esta longitud, se procede a doblar con una prensa (a través de la carrera de un pistón, émbolo ó cilindro neumático o hidráulico que golpea o presiona para dar el dobléz), con el dado de la forma, que al bajar, golpea, presiona, y le da la vuelta. Si se trata de una prensa hidráulica, ésta consta principalmente de dos cilindros de acero de diferente diámetro con émbolos bien ajustados, con más de 500 ton. de fuerza. Contiene un plato móvil y uno fijo, con lo que se dobla y se estampa nuestra barra.

Posteriormente se estampa las puntas y el "gate notch", que es la parte donde entra el pistillo al cerrarse el mosquetón.

Entonces los cuerpos deben ser retirados y enviados a un tratamiento térmico, con el fin de darles una mucho mayor resistencia y dureza a los cuerpos; de aquí, la gran importancia y proceso fundamental que es el tratamiento térmico para lograr nuestros fines en la utilización de este equipo.

Se puede apreciar la concentración de esfuerzos en las esquinas redondeadas del mosquetón, que es donde se ejercen las fuerzas de tensión, y también, dado que al doblar la barra se introdujo en éllas estos esfuerzos, quedarán entonces, esfuerzos residuales no deseados;

---

por lo que con este tratamiento térmico se lograrán relevar estos esfuerzos, y a la vez se reestablece la pieza con el fin de que no se encuentre fragilizada, pues estando en estas condiciones (fragilizada), en el caso de que soportara un golpe o un estirón estando la pieza tensionada, podría romperse con la acción de estos esfuerzos residuales.

El tratamiento térmico se lleva a cabo colocando el cuerpo del mosquetón en un horno de inducción o de revenido, el cual lo calienta a una temperatura de 400 °C a 450 °C hasta antes de llegar a su punto de fusión. Este horno consiste principalmente de unas resistencias eléctricas que se ponen al rojo vivo, las cuales inducen una frecuencia que es controlada por la intensidad de corriente requerida para calentar al material a la temperatura deseada.

Una vez que el material ha sido tratado térmicamente, éste es maquilado (puntas y la parte del "gate notch" descritos anteriormente), y posteriormente es fresado a la medida en la máquina fresadora, la cual consiste de una fresa (disco ó cilindro de acero con cuchillas o dientes periféricos y frontales), que corta y arranca las virutas del material.

En seguida se debe llevar a cabo un barrenado en un extremo del mosquetón para que en este agujero se pueda colocar el remache de acero a la hora de ensamblar el pistillo con éste. La barrena consta principalmente de un vástago helicoidal con sus borde afilados, donde su

---

extremo termina en una punta que sirve para centrar el agujero y para facilitar la penetración de éste.

Después de llevar a cabo estos procesos anteriormente citados, el cuerpo del mosquetón se debe pulir por fricción en una máquina para quitar rebabas durante 14 horas aproximadamente y darle así el acabado. Este tipo de máquinas son llamadas vibradoras, es decir, que contienen elementos abrasivos, (que son elementos de extremada dureza con el que se da el pulimento como lo son el óxido de aluminio, el diamante, etc.), y que mediante el movimiento y vibraciones de éstos, se va puliendo la pieza.

Después se pule en una pulidora de bolas (molino de bolas), que consiste principalmente en un cilindro colocado horizontalmente que puede girar. En su interior se colocan las bolas, y que al girar el cilindro pulen el material.

Una vez que se le ha dado el acabado y pulido al mosquetón, se debe proceder a ensamblar el pasador o pistillo al mismo, con remaches de acero inoxidable.

El pistillo, del mismo material, se hace con el mismo proceso, es decir, se corta, se trata térmicamente y luego se fresa para darle las cavidades que van a hacer contacto con el cuerpo del mosquetón a la hora de ensamblarse, y posteriormente se pasa a un torno para maquilar el

---

---

macho y la hembra constituyendo el seguro del pistillo. Se coloca la pieza en movimiento rotatorio alrededor de su propio eje, al mismo tiempo que se hace mover esta pieza contra una cuchilla que va a arrancar la viruta para darle el roscado; se trata de un torneado longitudinal exterior. (Este paso se realiza sólo para mosquetones con seguro). En el interior del pistillo se encuentra una cavidad delgada a la cual se le ensambla un resorte de compresión de acero inoxidable para provocar que el pistillo siempre ejerza una fuerza en la dirección en que el mosquetón se encuentra cerrado para evitar que éste se abra involuntariamente. Tanto la cavidad donde se introduce el resorte de compresión como los agujeros para los remaches del pistillo son barrenados, mandrilados (mandril de 2 filos) para provocar un ensanchamiento cilíndrico en su longitud, y escariados para alisar las paredes del agujero sacando las pequeñas virutas.

Por último, se le da el acabado y pulido al pistillo para después ensamblarlo al cuerpo del mosquetón con los remaches de acero que antes mencionamos, constituyendo con esto la pieza completa y lista para ser utilizada.

Hemos mencionado que el tratamiento térmico es muy importante porque está sometido a cargas de impacto, dándole mayor resistencia a la pieza, permitiendo, que, dentro de las pruebas del material que veremos más adelante, el esfuerzo de ruptura sea siempre mayor del doble de la carga de prueba.

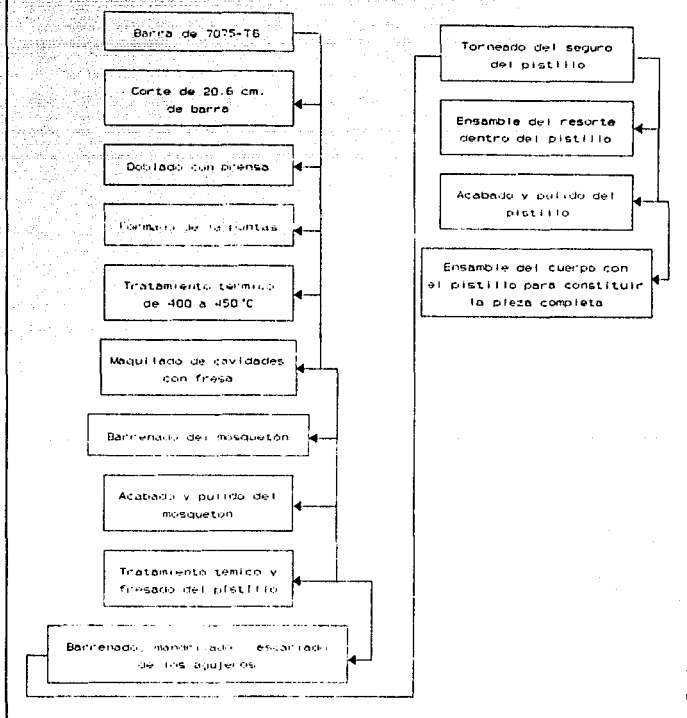
---

Podemos entonces resumir en 14 pasos el proceso de fabricación del mosquetón:

- 1° La materia prima es la barra de duraluminio 7075-T6 de 3.66 m de largo.
- 2° Se cortan 20.6 cm. de la barra con una sierra circular.
- 3° Se dobla el material con una prensa.
- 4° Se hace un formado de las puntas con una prensa.
- 5° Se le da un tratamiento térmico (de 400 a 450 °C).
- 6° Se maquilan las cavidades con una fresadora.
- 7° Se lleva a cabo un barrenado con punzón o broca para meter los remaches.
- 8° Se quitan rebabas, acabado y pulido del cuerpo del mosquetón.
- 9° El pistillo, una vez cortado, y tratado térmicamente, se fresa en ambos extremos.
- 10° Los agujeros son barrenados, mandrilados y escariados.
- 11° Torneado del macho y la hembra del pistillo para meter el seguro.
- 12° Se ensambla el resorte de compresión de acero inoxidable dentro del cuerpo del pistillo.
- 13° Se le da el acabado y pulido del pistillo.
- 14° Se ensamblan ambas piezas (cuerpo y pistillo) con remaches de acero inoxidable.

Este proceso lo podemos apreciar en el siguiente diagrama de flujo:

Diagrama de flujo del proceso  
de fabricación de un mosquetón





---

## Ocho

Como hemos mencionado en repetidas ocasiones, la pieza del ocho, que es un instrumento de descenso, está constituido por la misma aleación que el mosquetón. En su proceso de fabricación utilizaremos un troquel con el que se le da la forma en un molde de acero dulce, en una de cuyas caras se imprime en hueco el relieve de la figura del ocho.

Su proceso se lleva a cabo por una fundición a presión, la cual consiste básicamente en inyectar a presión la aleación fundida en el molde cerrado. Posteriormente se lleva a cabo el temple o enfriamiento de la pieza mejorando con esto sus propiedades mecánicas y de resistencia.

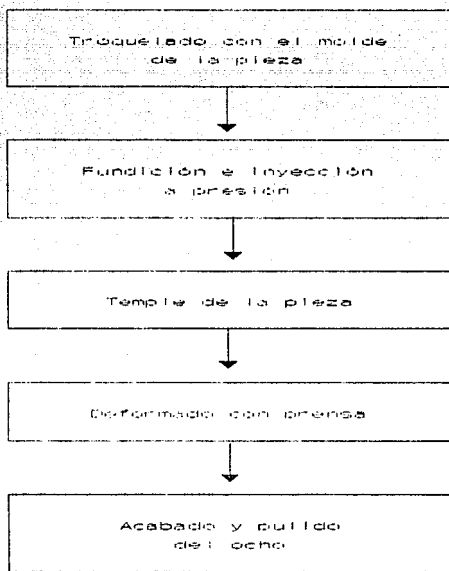
Después es deformado en ciertas partes con una prensa (partes más delgadas). Por último se lleva a cabo el pulimento y acabado de la pieza. Podemos hacer un resumen en su proceso de fabricación:

- 1° Troquelado con el molde de la pieza.
- 2° Se funde la aleación y se inyecta a presión dentro del molde.
- 3° Se temple la pieza.
- 4° Deformado de ciertas partes con una prensa.
- 5° Se quitan rebabas, acabado y pulido del ocho.

---

De igual manera, este proceso se puede apreciar en el siguiente diagrama de flujo:

Diagrama de flujo del proceso de fabricación de un ocho



---

Tanto el mosquetón como el ocho a fabricar, deben cumplir con ciertos estándares dictados por la Asociación Internacional Alpina UIAA, con el fin de que el fabricante esté plenamente seguro de que su equipo funciona adecuadamente y sin riesgo.

Es de manera opcional el que el fabricante llame a esta asociación para que ellos prueben su equipo logrando con esto que pongan su sello en el mismo (sello de la UIAA), es decir, puede no llamarlos para tener su sello en su equipo; pero lo que no es opcional es que, a pesar de que la UIAA no pruebe su equipo, los estándares de seguridad deben ser seguidos y probados por el fabricante para la propia seguridad de su equipo y de las personas o empresas a quienes lo vende.

Por otro lado, el llevar el sello de la UIAA en su equipo, le acreditará inmediatamente a la hora de venderlo en el mercado. Es el sello que da garantía de calidad al equipo construido.

A continuación, veremos un abstracto de algunas de las reglas y artículos generales y de aprobación de la UIAA:

**A. Garantía de calidad marca UIAA**

**A3.1** Sólo un fabricante actual puede solicitar la marca UIAA en su producto.

**A3.2** Tomando en cuenta los resultados de la inspección del proceso de fabricación y del resultado de las pruebas de laboratorio, el Consejo de

---

aprobación del método de operación UIAA impartirá un certificado de aprobación. En caso de rechazo, el Consejo hará saber sus razones.

**A4.1** La UIAA entrega un certificado de aprobación para equipo de montañismo el cual cumple con las especificaciones técnicas.

**C2.2** Cualquier cambio en el diseño ó en el material requerirá una nueva

prueba.

**C3.1** Cada mosquetón con la etiqueta UIAA deberá estar permanentemente marcado con el nombre ó marca del fabricante en el siguiente orden: **N** ó **L** significando una resistencia normal ó resistencia baja respectivamente; después, el valor de la resistencia de éste en su eje mayor  $\longleftrightarrow$  con puerta cerrada; el valor de la resistencia de éste en su eje menor  $\updownarrow$  con puerta cerrada; y el valor de la resistencia de éste en su eje mayor con la puerta abierta:

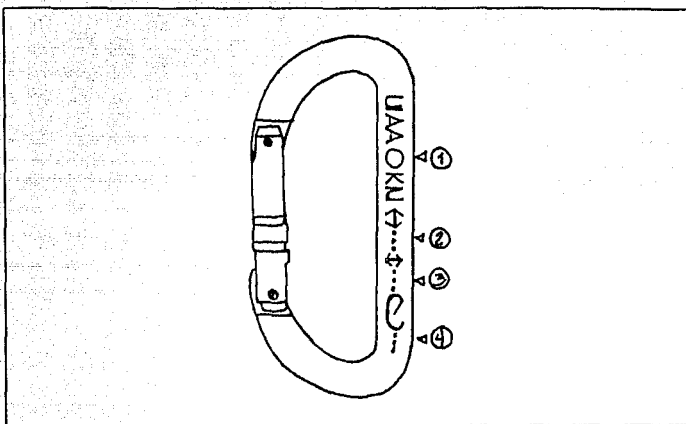


Fig. 4.7

Diagrama S/E

Esquema gráfico de un mosquetón:  
marca y valores de sus resistencias

- (1) = N ó L
- (2) = Eje mayor con puerta cerrada
- (3) = Eje menor con puerta cerrada
- (4) = Eje mayor con puerta abierta

**C4.1.1** La abertura de la puerta por donde pasa la cuerda debe ser no menos de 15 mm., y de 18 mm. es deseable. La puerta sólo debe abrir hacia el cuerpo del mosquetón.

---

**C4.1.2** El mosquetón debe acomodar no menos de dos cuerdas de 12 mm. de diámetro en las esquinas de éste sin restringir el movimiento del pistillo.

**4.2.2 Pruebas del equipo.**

Mosquetón.

El mosquetón se probará en cuanto a su resistencia a la tensión en cuatro formas principalmente:

1. En su eje mayor con puerta cerrada. Consiste de una prueba de resistencia estática a la tensión, en donde la carga debe ser aplicada directamente por la acción de dos pernos ó pasadores rígidos cilíndricos de 12 + 0.1 mm. de diámetro, los cuales deben estar perpendiculares al eje mayor. Esto es, que la "espina dorsal" del mosquetón debe colocarse en contra de los pernos con una fuerza igual a su propio peso y que gradualmente irá aumentando.

Esta prueba también puede ser aplicada con cables de acero enrollados en los extremos del mosquetón con la resistencia necesaria para llevar a cabo la prueba, o con ganchos de acero,

de manera que la máquina los jale a tracción en direcciones opuestas provocando una tensión en el mosquetón, la cual irá aumentando gradualmente para probar su resistencia de 2100 kg. para mosquetones sin seguro, y de casi 2300 kg. para mosquetones con seguro (en su eje mayor y puerta cerrada), hasta llegar a su punto de ruptura, y poder establecer así las capacidades de éste. En la siguiente figura se puede apreciar esta prueba:

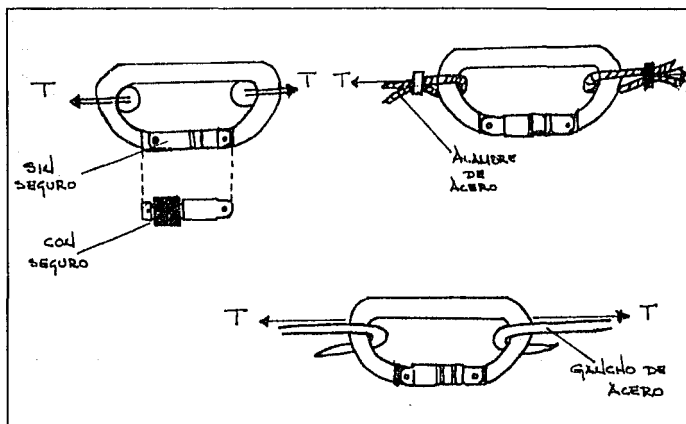


Fig. 4.8

Diagrama S/E

Esquema gráfico de 3 mosquetones:  
prueba de resistencia a la tensión en su eje mayor

2. Prueba de resistencia estática a la tensión en su eje menor con la puerta cerrada.

---

De igual manera, con dos pernos de  $10 \pm 0.1$  mm. de diámetro, o con cables ó ganchos de acero, se jala a tracción hasta llegar al punto de ruptura:



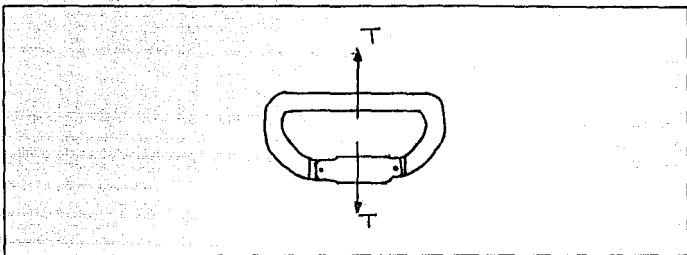


Fig. 4.9  
Esquema gráfico de un mosquetón:  
prueba de resistencia a la tensión en su eje menor

Diagrama S/E

En el caso de utilizar pernos, se deben maquilar unos hoyos (del tamaño de los pernos) en la pieza para evitar corrimientos. Los mosquetones con seguro se prueban igual pero con el seguro en posición cerrada.

3. Prueba de resistencia estática a la tensión con puerta abierta en el eje mayor:

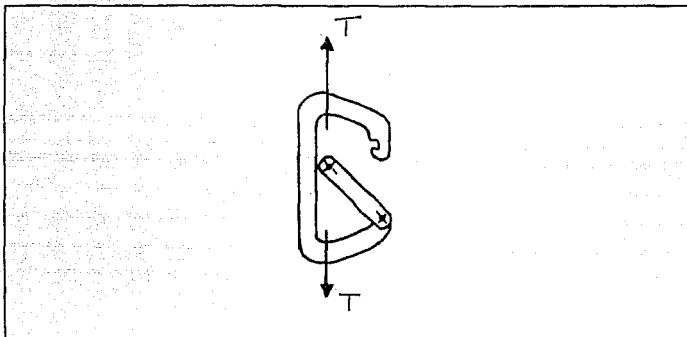


Fig. 4.10

Diagrama S/E

Esquema gráfico de un mosquetón: prueba de resistencia a la tensión en su eje mayor con pistillo abierto

De igual manera, con pernos, alambre o ganchos de acero, se incrementa la fuerza hasta llegar al valor mínimo de seguridad sin romperse que es aproximadamente de 600 kg., y posteriormente llegar a su punto de ruptura.

4. Prueba de resistencia de la puerta ó pistillo.

Se puede colocar una barra cilíndrica de  $15 \pm 0.1$  mm. de diámetro en el centro de la puerta de la sig. forma:

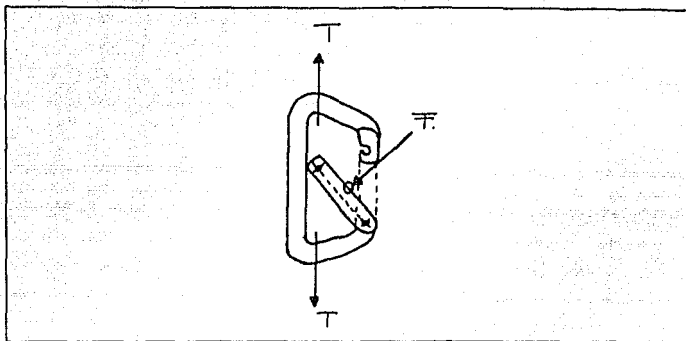


Fig. 4.11

Diagrama S/E

Esquema gráfico de un mosquetón: prueba de resistencia del pistillo

La prueba de la puerta con ó sin seguro, se hace primero sin carga, y ésta debe requerir una fuerza para abrirla no menor de 5 N y no mayor de 15 N (estándares dados por la UIAA), y así tener el resultado de la fuerza con que abre la puerta. La siguiente prueba es con una carga en el eje mayor de  $0.8 \text{ KN} = 800 \text{ N}$ . De manera similar, la fuerza necesaria para abrirla no debe ser menor de 5 N y no mayor de 15 N (UIAA). La puerta debe regresar a su posición original (cerrado) después de retirar la fuerza aplicada.

### Ocho

El ocho, como dispositivo de descenso, deberá someterse a la prueba de resistencia estática a la tensión, con el fin de probar su resistencia a 2250 kg. como fuerza mínima

---

sin que el material falle. (Que no se presente flujo plástico ó ruptura que obviamente debe corresponder a una fuerza mayor de 2250 kg.).

De forma similar, colocamos en los extremos del ocho dos cables de acero ó ganchos de acero para que la máquina jale a tracción a éstos en direcciones opuestas, incrementando gradualmente la fuerza hasta llegar al punto de ruptura:

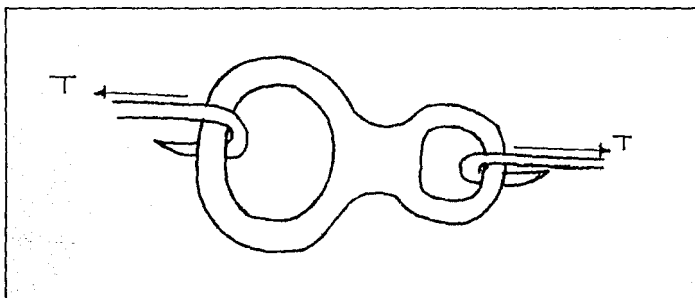


Fig. 4.12

Diagrama S/E

Esquema gráfico de un ocho:  
prueba de resistencia a la tensión

#### 4.2.3 Costo del Equipo.

En esta parte de nuestro estudio analizaremos el costo del mosquetón y del ocho y de si es o no es factible su venta. Los costos del mercado y de otros materiales existentes en el

---

mismo, lo haremos en el siguiente capítulo, por lo que aquí, nos concretaremos a lo anteriormente dicho.

El material que constituye al mosquetón y al ocho es la aleación 7075-T6, la cual no se trabaja en México, por lo que es sólo de importación.

Así, 1 kg. de 7075-T6 está al precio de 4 dólares (precio dado por la distribuidora Clark Metal ubicada en Los Angeles, Ca. el día 9 de agosto de 1991) . Por otro lado,

un mosquetón sin seguro pesa 49 g.

un mosquetón con seguro pesa 54 g.

un ocho pesa 87 g.

Por tanto, el costo del material por un mosquetón s/s es de 0.196 dólares, es decir, de \$588 y que redondeamos a \$600.

El costo del material por un mosquetón c/s es de 0.216 dólares, es decir, de \$648 y que redondeamos a \$650.

El costo del material por un ocho es de 0.348 dólares, es decir, de \$1044, que redondeamos a \$1050 (cotización de \$3,000 por dólar del día 12 de agosto de 1991).

---

Por otro lado, el costo de mano de obra para un mosquetón sin seguro es de \$5,000 (costo de maquila); para un mosquetón con seguro es de \$6,000; y para un ocho es de \$10,000.

Haremos el siguiente análisis:

1.

a) Mosquetón sin seguro.

Pesa 49 g. Para obtener entonces el costo de la pieza debemos sumar el costo de mano de obra mas el costo del material:

$$\text{Costo pieza} = \$5,000 + \$600$$

$$\text{Costo pieza} = \$5,600$$

b) Mosquetón con seguro.

Dado su Peso de 54 g., el costo de la pieza es:

$$\text{Costo pieza} = \$6,000 + \$650$$

$$\text{Costo pieza} = \$6,650$$

c) Ocho.

Dado su peso de 87 g., el costo de la pieza es:

$$\text{Costo pieza} = \$10,000 + \$1050$$

$$\text{Costo pieza} = \$11,050$$

- 
2. Los precios de venta de las piezas (lo más bajo que se encuentran en el mercado),  
son:

---

mosquetón s/s = \$20,000

mosquetón c/s = \$30,000

ocho = \$35,000

**Por lo que se ve que hay un margen razonable de ganancia.**



---

---

## CAPITULO V

---

---

### SITUACION DEL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL

Como todo producto que se fabrica, es necesario estudiar el costo de su producción así como el mercado al que se vende, para que, de esta manera, se tenga un amplio horizonte de las posibilidades de éxito de ese producto.

Es por esto que en este capítulo analizaremos el mercado nacional e internacional existente para nuestro producto. El análisis se lleva a cabo en 3 puntos:

**1. Análisis de demanda.**

Nuestro objetivo principal es fabricar nuestras piezas para venderlas tanto en nuestro país como en otros países del mundo.

- a) En México D.F. existen, por mencionar algunas, asociaciones o grupos de montañismo que cada año reclutan cada vez un mayor número de personas. Estos son, entre los más importantes:

- 
- Asociación de Montañismo y Exploración UNAM
  - CEMAC (Club de Exploraciones de México A.C.)
  - CAM (Club Alpino Mexicano)
  - Liga de Montañismo del ISSSTE
  - Liga de Montañismo del IMSS
  - Sierra Club
  - Coyote Club
  - Chomolungma
  - Club Messner
  - Los Brujos de la Montaña
  - Montañismo Politécnico
  - Montañismo del Estado de México
  - Grupo Pachuca
  - Boy Scouts
  - Federación Alpina Mexicana

En esta última existen miles de personas asociadas, tanto en grupos como independientes (escaladores ó montañistas libres), estimándose que en el D.F. existen alrededor de unos 40,000 montañistas. Hablamos también de la población montañista existente en el interior de la República como lo es Puebla, Monterrey, Guadalajara, Pachuca, etc., que junto con el D.F.

---

constituye un total de 100,000 montañistas en nuestro país. Tomemos también en cuenta que cada año se incrementa el número de adeptos en las diferentes asociaciones antes mencionadas.

Esto significa que en el D.F. así como en todo México, se cuenta con un buen mercado para nuestra producción.

- b) Es muy importante el mercado internacional a nuestro alcance, que en este caso, el de mayor potencial es Latinoamérica. Existen infinidad de montañistas en toda Latinoamérica (Chile, Perú, Bolivia, Argentina, Brasil), contando en esta región con una de las cadenas montañosas más hermosas el mundo. En estas regiones se puede encontrar lo que cada alpinista del mundo quiera hallar: belleza, altitud, grado de dificultad, rutas no pisadas por el hombre todavía; montañistas de todo el mundo así como los nativos de la región, buscan escalar estas montañas.

Mas sin embargo, en Latinoamérica no se encuentran productos importados para escalar. Es decir, las fábricas americanas y europeas no exportan sus productos a estos países, por tanto no les llega equipo. Es por esto que o compran su equipo muy caro ó lo compran ya usado a montañistas extranjeros que pasan por ahí. Es un mercado virgen.

---

Así, nuestro producto, de igual calidad que los productos europeos ó americanos, de fabricación mexicana y de menor costo, llegaría a estos países a un precio de venta menor a los ya existentes en el mercado internacional.

Con esto observamos que, tanto en México, en E.U., y más aún Latinoamérica, son mercados con un potencial enorme; potencial que se desarrollará respaldado por un producto básico y necesario en el montañismo, de calidad internacional y con un precio de venta menor de los que hoy en día encontramos.

## **2. Precios del Mercado.**

### Situación en México y el mundo.

Para la fabricación de mosquetones y ochos necesitamos la aleación 7075-T6, la cual solamente es de importación ya que no se trabaja en nuestro país.

El 7075-T6 es una aleación dentro de la familia de los 7 miles (aleaciones constituidas a base de zinc) que se utiliza en la industria aeroespacial en los E.U. (más de 800 aleaciones) donde tiene un impulso fuerte y comercial; por tanto, es comprensible que en México no se encuentre pues no existe un mercado estable para esta aleación, es decir, no es comercial. Otra razón es la seguridad, pues es peligroso el trabajo con el 7075-T6 porque

---

genera contaminaciones de horno; además, al extruirlo, los dados no duran por lo que se necesitan elementos muy abrasivos como el diamante.

En nuestro país existen varias empresas que producen y fabrican aluminio y ciertas de sus aleaciones. Ejemplos de estas empresas son la Almexa Aluminio S.A. de C.V., siendo una de las más importantes en nuestro país; la compañía Alcomex S.A., Alucentro S.A., Kawneer Co., Reynolds Wrap, Cuprum, Conesa, etc.

Almexa Aluminio tiene de las aleaciones más resistentes en México, las cuales, de entre ellas la más fuerte es el 6061-T6, con variaciones en su temple: el 6061-T8 y el 6061-T831.

Esta aleación se constituye principalmente de aluminio, magnesio y manganeso, con silicio y hierro en pequeñas cantidades. Las características del 6061-T6 son:

- Resistencia a la tensión = 38 ksi = 38 klb/plg<sup>2</sup> =  
= 2,671.7 kg/cm<sup>2</sup>
- Deformación plástica = 35 ksi = 2,460 kg/cm<sup>2</sup>
- % de Elongación = 8 %

Esta resistencia a la tensión de la aleación 6061-T6 constituye el 45.8 % de la resistencia a la tensión del 7075-T6. La empresa vende esta aleación en barras extruídas de 1 m. de

---

longitud por 1 cm. de diámetro y con un peso de 120 gr. Su costo es de aproximadamente 5 dls/kg, lo cual significa que aún si tuviese la misma resistencia que el 7075-T6, es igual o un poco más barato importar el 7075-T6 que comprar aquí en México el 6061-T6.

Por otro lado, a estas barras extruídas se les puede hacer un perfilado, que es un estirado ó procesado en frío con el que aumentan en un 35 % sus propiedades:

- Resistencia a la tensión = 45 ksi = 3,163.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Deformación plástica = 42 ksi = 2,952.6 kg/cm<sup>2</sup>

Pero aún así, su resistencia máxima a la tensión será el 54.2 % de la resistencia a la tensión del 7075-T6.

Mencionamos que esta aleación tiene variaciones en su temple, por eso la más resistente es la 6061-T831: después de extruído el material, queda suave pero sin control, así que se le da un choque de aire frío inducido ó agua con el que se le da el temple. Por ejemplo, un temple medio es un T5, que se deja la pieza a 140 °C por 8 horas.

---

Los temple se dan en 0, 1/4, 1/2, 3/4 de dureza, duro total, y extraduro. Así,

|            |   |               |
|------------|---|---------------|
| de T1 a T4 | = | 1/4 de dureza |
| T5         | = | 1/2 de dureza |
| T6         | = | 3/4 de dureza |
| T8         | = | duro          |
| T831       | = | extraduro     |

La dureza se mide con un endureómetro sometiendo el material a esfuerzos de elongación.

De esta manera, la aleación 6061-T831 tiene un temple extraduro logrando con esto las máximas resistencias del material:

- Resistencia a la tensión = 54 ksi = 3,796.2 kg/cm<sup>2</sup>
- Deformación plástica = 50 ksi = 3,515 kg/cm<sup>2</sup>

Pero aún así, su resistencia a la tensión constituye el 65 % de la resistencia a la tensión del 7075-T6.

Anteriormente, Almexa Aluminio manejaba la aleación 6099 y la 2062 que sí llegaban a los valores de la resistencia a la tensión del 7075-T6, pero que fueron discontinuadas por falta de mercado.

---

Así, quizá con una resistencia a la tensión como la que nos presenta la aleación 6061-T831 si sea suficiente para soportar una caída extrema en una situación real de escalada (1,100 a 1,200 kg); pero aunque la pueda soportar, los montañistas, el mercado en sí, no aprobaría este equipo pues no dobla en un 100 % la fuerza de una caída extrema como lo hacen los demás productos del mercado mundial.

Por tanto, para nuestros fines, es necesario trabajar la aleación 7075-T6, la cual además de ser la más resistente para nuestro equipo, se justifica al importarla en un costo casi igual al que saldría comprarla en nuestro país, como es el caso del 6061-T6.

Esta aleación se consigue en E.U. por toneladas directamente con la distribuidora Clark Metal en los Angeles California. Es factible que a través del nuevo tratado de libre comercio por el que está pasando actualmente nuestro país, se pueda importar esta aleación en cantidades de 1 tonelada, pues de no ser así, generalmente estas compañías exigen, para exportación, un contenedor de mínimo 12 toneladas del material.

En cuanto al material utilizado en la cuerda, es decir, el nylon tipo 6.6, no se fabrica en México pues no existe un mercado estable para éste. En nuestro país se maneja principalmente el nylon industrial para barras, placas, ruedas, bujes, guías con acero, cables industriales, etc. Encontramos muy pocas empresas que se dedican a fabricar cuerdas para deportes como la



---

compañía Filamentos y Cordeles S.A. de C.V. localizada en Morelia Michoacán y Cordemex en México D.F., pero que la producción de cuerdas para escalada en roca no son de la calidad de las de importación.

El nylon 6.6 se importa en sacos de 25 kg. en forma de gránulos a un precio de venta de 4.5 dólares (\$13,500), y de 3.8 dólares (\$11,400) / saco si se manejan volúmenes de mayoreo. Este material se compra directamente en México a la compañía Ultraplás S.A. del grupo Resistol.

Para la producción de cuerdas, nuestro mayor costo de inversión es el de la máquina trenzadora, que es muy sofisticada y de fabricación alemana a un precio de 180,000 dólares (\$540,000,000). En el capítulo anterior vimos que su producción es redituable ya que si esta máquina la amortizaremos en 5 años, su costo de amortización/año es de \$108,000,000. Para llevar a cabo esto, se necesitan vender 309 cuerdas/año, es decir, 25.8 cuerdas/mes. Mencionamos que nuestra producción es de 1 cuerda por hora, lo que nos lleva a una producción de 160 cuerdas al mes.

Algunas de las principales compañías y marcas que fabrican artículos de montañismo en el mundo son: Black Diamond Equipment Ltd. (U.S.A.; anteriormente Chouinard Eq.), Petzl (Francia), Kong-Bonaiti (Italia), Edelrid, PMI (Pigeon Mountain Industries), Mammut, Stubai

---

---

(Austria); Clog (Inglaterra), Scarpa, Edelweiss, Asolo, Rei, North Face, Salewa (Alemania), Lowe, G. Cassin, etc. Estas exportan a casi todo el mundo y que constituyen la competencia del mercado mundial.

### 3. Comparación de Costos.

Existen en el mundo numerosos artículos para montañismo, y por tanto, se encuentran precios variados. Compararemos ahora el costo de competencia contra nuestro costo en los 3 artículos que fabricamos:

a) La cuerda:

Las cuerdas, producidas por las compañías anteriormente mencionadas (Black Diamond, Edelrid, Mammut, Kong-Bonaiti, etc.), van desde los 135 dólares (\$405,000) hasta los 170 dólares (\$510,000) a precio de catálogo. El tipo de cuerda que manejamos (11 mm. de diámetro y 50 m. de longitud), se encuentra en el mercado desde los \$400,000 hasta más de \$500,000 según la marca. Cabe mencionar que en tiendas de deportes o distribuidoras que no son de la compañía llegan a vender estas cuerdas en más de \$700,000.

En el punto 4.1.3 concluimos que nuestra cuerda es redituable y a la vez competitiva pues el precio de venta al público es de \$350,000, siendo de la misma calidad que las de

---

importación. Nuestro precio de venta se encuentra por debajo de todos los precios existentes en el mercado.

b) El mosquetón y el ocho:

1. El costo del mosquetón sin seguro más barato en el mercado es arriba de los \$20,000, mientras que en algunas tiendas aumenta hasta los \$40,000 ó más. El precio de nuestro mosquetón es, invariablemente, de \$20,000; por lo que es competitivo.
2. El mosquetón con seguro se encuentra en el mercado mundial desde los \$35,000 hasta los \$45,000, mientras que en algunas tiendas se encuentran hasta más de \$65,000. Nuestro mosquetón tiene un precio de venta de \$30,000, batiendo los precios existentes en el mercado.
3. El ocho se encuentra desde los \$45,000 hasta más de \$60,000. En algunas tiendas se encuentran hasta más de \$75,000. El precio de nuestro ocho es de \$35,000, batiendo los precios del mercado lo que lo convierte en competitivo.

---

---

## CONCLUSIONES

---

---

### CONCLUSIONES

Es sin lugar a duda el montañismo (tanto escalada en roca como las demás áreas que lo conforman), siendo un deporte para unos y una profesión para otros, un área de la vida del ser humano que está creciendo día con día, cada vez en mayor auge. Es el ímpetu del hombre a buscar en las montañas, en los lugares más altos, más recónditos, más hermosos y a la vez más inhóspitos del mundo en muchas ocasiones, respuestas sobre él mismo; es el encuentro del hombre con el hombre mismo. La montaña representa un reflejo de sí, de su persona. Es el deseo bilateral intrínseco del hombre: conocer el medio que lo rodea y conocerse a sí mismo, lo que lo lleva a las montañas. Es de carácter deportivo, y a la vez científico; de carácter físico-atlético, y a la vez mental y espiritual. Estos conceptos llevan a:

1. El montañismo es una actividad creciente en cuanto a su número de participantes, por lo que la demanda potencial del mercado es alta, lo que justifica la fabricación.
2. Se conoce la tecnología de fabricación para lograr la calidad necesaria en estos productos, lo que los hace seguros de acuerdo a las normas internacionales.
3. Los costos de producción tienen un margen de ganancia suficiente con respecto a los precios más bajos de venta para productos similares en el mercado.

- 
4. Por todos los conceptos anteriores se ve que es factible producir estos equipos con un margen de ganancia razonable y con poca inversión ya que el proceso contempla la producción a base de maquila, la cual no requiere inversiones considerables en maquinaria.

---

## GLOSARIO

### A

- abrasión efecto de desgastar por fricción.
- aleación mezcla de 2 o más metales.
- alpinismo deporte que consiste en la ascensión a las montañas.
- amidas compuestos orgánicos que derivan de los ácidos.
- arnés dispositivo unido al cuerpo que sirve para parar una caída. Funciona también como sistema de unión a otros sistemas.
- asegurar acción de proteger y detener la caída del escalador.

### B

- bolt clavo de anclaje que se coloca en la pared.

### C

- cabo punta o extremo.
- catalítico agente productor de una reacción.
- clavo dispositivo de protección que se coloca en la pared y que fue usado en los comienzos de la escalada en roca.
- coeficiente de absorción
- horario porcentaje de cantidad de agua que contiene una cuerda.
- corrosión desgaste o consumación.
- crampones dispositivo a base de puntas para avanzar sobre nieve o hielo.

---

## D

dacrón      poliéster utilizado en cuerdas fabricadas por Dupont Co.

## E

- efecto  
"whiplash"      efecto de latiguo en los mosquetones sin seguro que provoca que éste se abra, y que es debido a ciertas oscilaciones o vibraciones producidas en el mosquetón al momento de caer el escalador.
- electrólisis      efecto de hacer pasar una corriente eléctrica por un cuerpo.
- elongación      alargamiento de un cuerpo o de parte de él.
- endurómetro      instrumento para medir la dureza de un material.
- energía  
potencial      energía o trabajo realizado por un cuerpo de masa  $m$ , que al momento de caer una altura  $h$ , es atraído por la fuerza de gravedad  $g$  que definimos como:  $mgh$ .
- escalada  
interior      técnica de avance en una pared, la cual consiste de fisuras o grietas principalmente.
- escalada  
libre      técnica de avance en una pared en la que se utilizan protecciones sólo para detener una caída.
- espeleología      especialidad del montañismo dedicada a descubrir y estudiar las fallas de la tierra (sótanos o cavernas).
- estaca      dispositivo de protección que se coloca en la pared utilizado en los comienzos de la escalada en roca.
- Everest      montaña más alta del mundo con 8,848.12 m.sn.m localizada en la cordillera de los Himalayas en el Continente Asiático, dividiendo las fronteras de Nepal y China.
- extrusión      proceso para llevar a cabo formas plásticas continuas.

---

## E

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>factor de caída</b>   | índice que proporciona la severidad de una caída dividiendo la longitud total de la misma entre la longitud de cuerda utilizada.                                     |
| <b>fibras sintéticas</b> | materiales orgánicos sintéticos que contienen elementos como el Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno; y que son derivados del petróleo, aire, agua, carbón y sal. |
| <b>flexión</b>           | efecto de doblar.  |
| <b>flujo plástico</b>    | efecto que presenta un material cuando éste se deforma, antes de romperse.   |
| <b>forjar</b>            | fundir un material para después darle forma.   |
| <b>fuerza de impacto</b> | es la cantidad de tensión puesta en una cuerda durante una caída.  |
| <b>fur-effect</b>        | efecto sobre-piel de las fibras externas de una cuerda causado por la abrasión.  |

## G

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>gate-notch</b> | cavidad localizada en uno de los extremos del cuerpo del mosquetón donde cierra el pistillo. |
|-------------------|--|

## I

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>ión</b>      | átomo o grupo de átomos que han ganado o perdido uno o varios electrones. |
| <b>insípido</b> | que no tiene sabor.   |
| <b>inodoro</b>  | que no tiene olor.  |

## J

|              |   |
|--------------|---|
| <b>joule</b> | unidad de energía equivalente al trabajo producido por una fuerza de 1 newton cuyo punto de aplicación se traslada 1 metro en dirección de la fuerza. |
|--------------|---|



---

## K

- K2** segunda montaña más alta del mundo con 8,611 m.s.n.m localizada en la cordillera del Karakorum en el Continente Asiático.
- kern** parte interna de una cuerda formada por fibras de nylon trenzadas en su interior y que constituye la sección principal de soporte de carga de la misma.
- kevlar** fibra plástica con una gran resistencia pero con baja elongación.

## M

- mantle** revestimiento o coraza externa de una cuerda formada por fibras de nylon, con el fin de proteger a ésta contra la abrasión.
- maquila** proceso de fabricación de un material.
- marimba** dispositivo en forma de U con barras intermedias, utilizado por los espeleólogos para descender sobre cuerdas rígidas.
- metileno** radical CH, derivado del metano.
- modeo por inyección** consiste en inyectar a alta presión un material fundido por la tobera a los modes.
- molécula** conjunto de átomos unidos a través de enlaces.
- Mont Blanc** montaña más alta de los alpes europeos con una altitud de 4,810 m.s.n.m.
- mosquetón** anilla que se abre y cierra mediante un muelle, y que se utiliza en cualquier tipo de escalada.

## N

- newton** es la fuerza que al actuar sobre un cuerpo de masa 1 kg. le produce una aceleración de 1 m/seg.

---

## O

- ocho** dispositivo de descenso sobre cuerda.
- oxidante** agente transformador de un cuerpo por la acción del oxígeno.

## P

- perfilado** procesado en frío de un material.
- permeabilidad** propiedad de ser penetrado por agua u otro fluido.
- peso molecular** suma de los pesos atómicos de los átomos que constituyen una molécula.
- piolet** dispositivo utilizado para hacer progresión sobre hielo o nieve, así como para escalar paredes de hielo. Consta de un mango, regatón, para y pica.
- pistillo** muelle o puerta de un mosquetón.
- prealpes** cordillera de montañas anteriores a los alpes con altitudes menores a éstos.
- protección** dispositivo utilizado para proteger al escalador en caso de una caída.
- puntear** encabezar la escalada.
- puntero** el primero de una cordada que establece la ruta y mete la cuerda en las protecciones que él mismo coloca.
- punto de fusión** temperatura en la que empieza a fundirse un cuerpo.

## R

- rappel** acción o efecto de descender por una cuerda.

---

## S

saturación acción y efecto de llegar al límite; (saciar, llenarse)

silicón resinas derivadas de los compuestos orgánicos del silicio.

## T

temple enfriamiento rápido de un metal con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas.

## U

UIAA Unión Internacional de Asociaciones Alpinas (Unión of International Alpine Association), encargada de dictar los estándares de fabricación, así como las normas de seguridad del equipo de montañismo.

## V

Valle de Yosemite parque nacional ubicado en el Estado de California en E.U. y que cuenta con las paredes más variadas y más grandes para escalada en roca (verano), y escalada en hielo (invierno); un ejemplo de este valle es el Half Dome (pared de 1,000 mts. de altura).

viruta hoja delgada producida al labrar el metal con una herramienta.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

### **1. "ALPINISMO"**

de Guido Oddo, Edit. TEIDE, S.A.  
Barcelona, Instituto geográfico  
de Agostini.

### **2. "TECNICA DE HIELO"**

de Yvon Chouinard, Edit. RM - Barcelona.

### **3. "MANUAL DEL AVENTURERO"**

de Rüdiger Nelberg, Edit. Roca.

### **4. "BLACK DIAMOND EQUIPMENT",**

Ltd. Catálogo 1991

### **5. "MOUNTAIN MAGAZINE", Ltd.,** 1991

### **6. "SUMMIT", a mountaineering magazine,** nov-dic 1987, vol. 33, no. 6

### **7. "PIGEON MOUNTAIN INDUSTRIES", PMI Rope & Accessories Catalog and Equipment, 1991**

### **8. "ON ROPE"**

North American Vertical Rope Techniques,  
de Allen Padgett y Bruce  
Smith; National Speleological Society.

### **9. "PLASTICOS" Formulación - Moldeo de Herbert R. Simonds y James M. Church, Edit. CECSA**

### **10. "BACKPACKER MAGAZINE" enero de 1984**

### **11. "MAQUINADO DE METALES EN MAQUINAS-HERRAMIENTAS" de John L. Feirer, Edit. CECSA**

### **12. "INGENIERIA DE MATERIALES" de W. J. Ellis, de Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A., México**

### **13. "STRUCTURE AND PROPERTIES OF ENGINEERING MATERIALS" de Robert M. Brick / Alan W. Pense / Robert B. Gordon, 4ª edición, Edit. Mc. Graw-Hill**

### **14. Revista "MONTAÑISMO Y EXPLORACION" de la UNAM, No. 5, primavera - verano 1983**

### **15. "PETZL", Catálogo 1990**

### **16. "MANUAL DEL INGENIERO DE TALLER", Tomo I, de la Academia Hütte de Berlín, Edit. Gustavo Gili, S.A.**

### **17. "MANUAL PARA INGENIEROS Y TECNICOS EN ELECTRONICA" de Milton Kaufman y Arthur H. Seidman, Edit. Mc. Graw-Hill**

---

**18. "PLASTICOS"**

de M. G. Munns, Edit. River, S.A. -  
Madrid

**19. "MECANICA INDUSTRIAL"**

de P. H. Moulan, Edit. Gustavo Gili, S.A.,  
6ª edición

**20. "DICCIONARIO PARA  
INGENIEROS"**

de Louis A. Robb, Edit. CECSA

**21. "FUNDAMENTOS DE FISICA"**

de F. Bueche, Edit. Mc. Graw-Hill, 4ª  
edición

**22. "KONG - BONAITI"** , Manual de  
equipo, Italia 1991

**23. "EDELRID"** , Mountaineering  
Equipment, 1990