



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**L**as autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

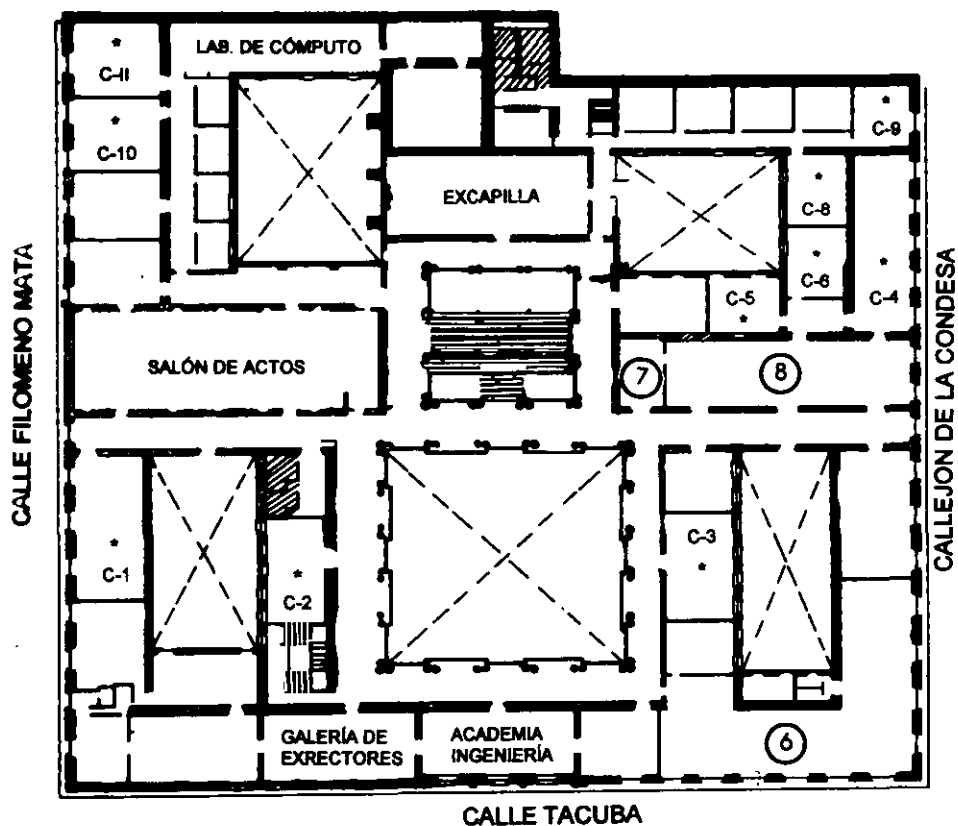
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente**

**División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERÍA



## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
  2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
  3. LIBRERÍA UNAM
  4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
  5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
  6. OFICINAS GENERALES
  7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
  8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- \* AULAS

Ier. PISO

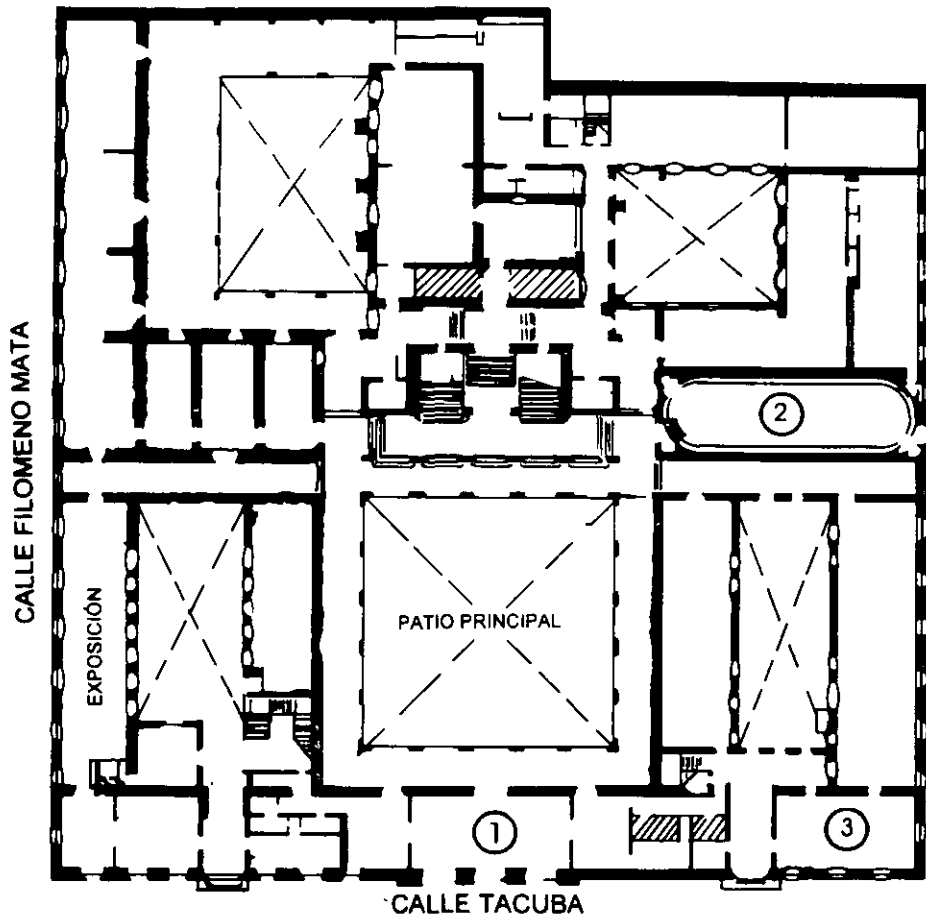


DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
 CURSOS ABIERTOS

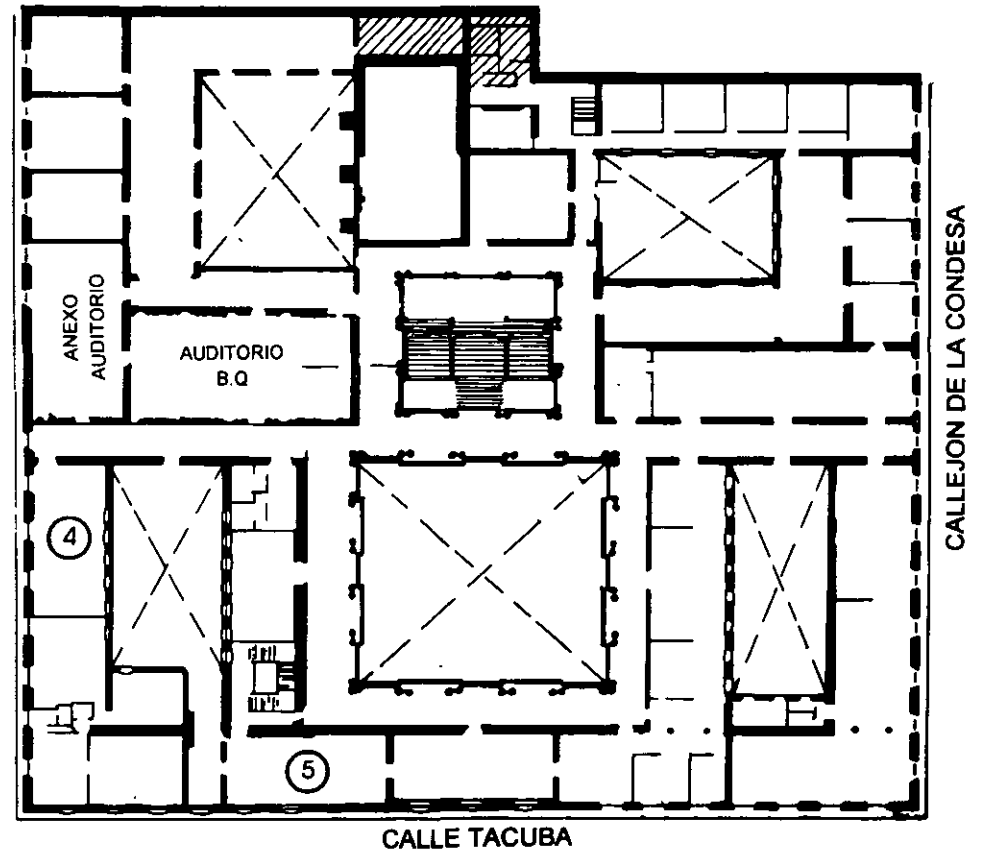
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



# PALACIO DE MINERIA



PLANTA BAJA



MEZZANINNE



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO “GERENCIA DE PROYECTOS”  
23 AL 25 DE SEPTIEMBRE DE 1999  
DECFI – ICA**

Módulo IV  
**CONSTRUCCION**

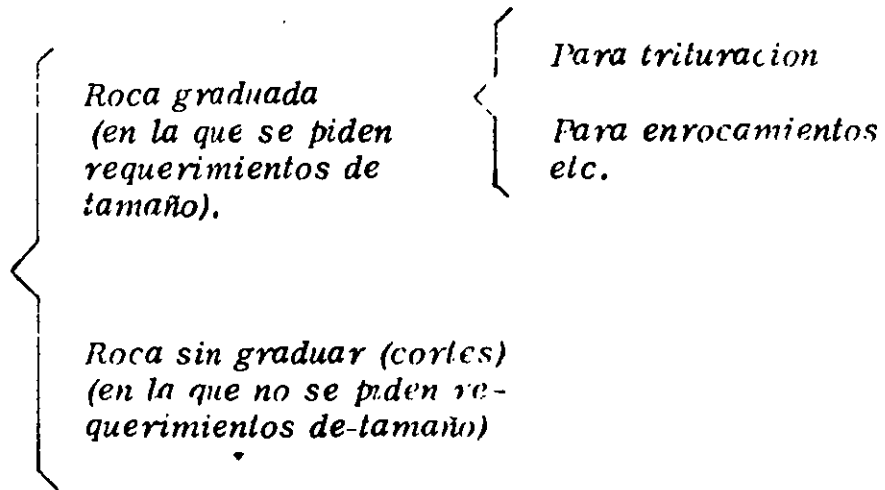
**“CONSTRUCCION EN ROCA”**

Ing. Federico Alcaraz Lozano

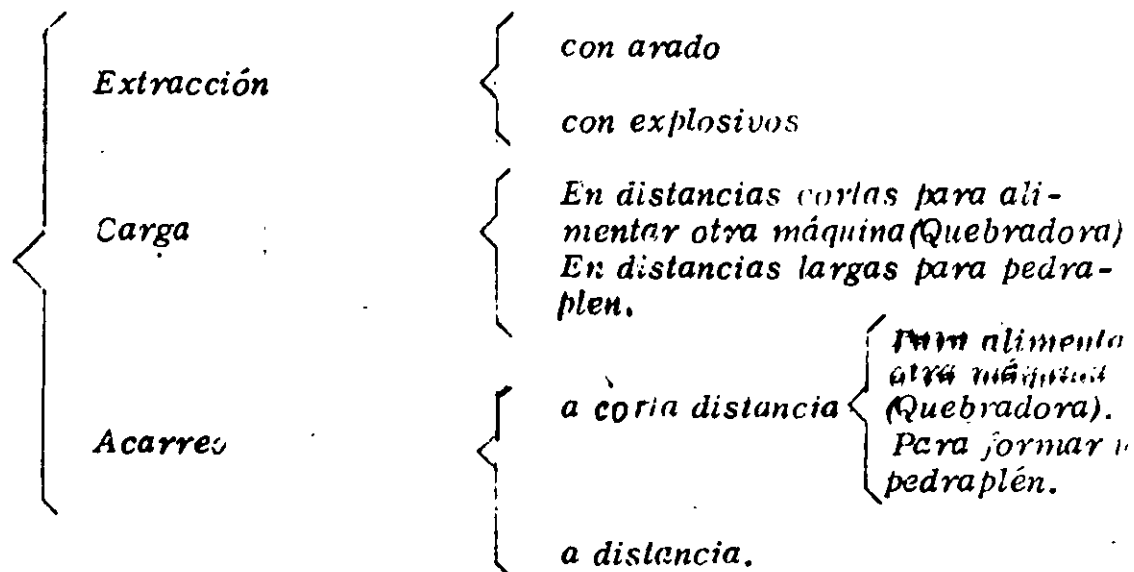
Palacio de Minería 1999

## EXPLOTACION DE ROCA:

*En la explotación de roca podremos encontrar los siguientes casos importantes:*

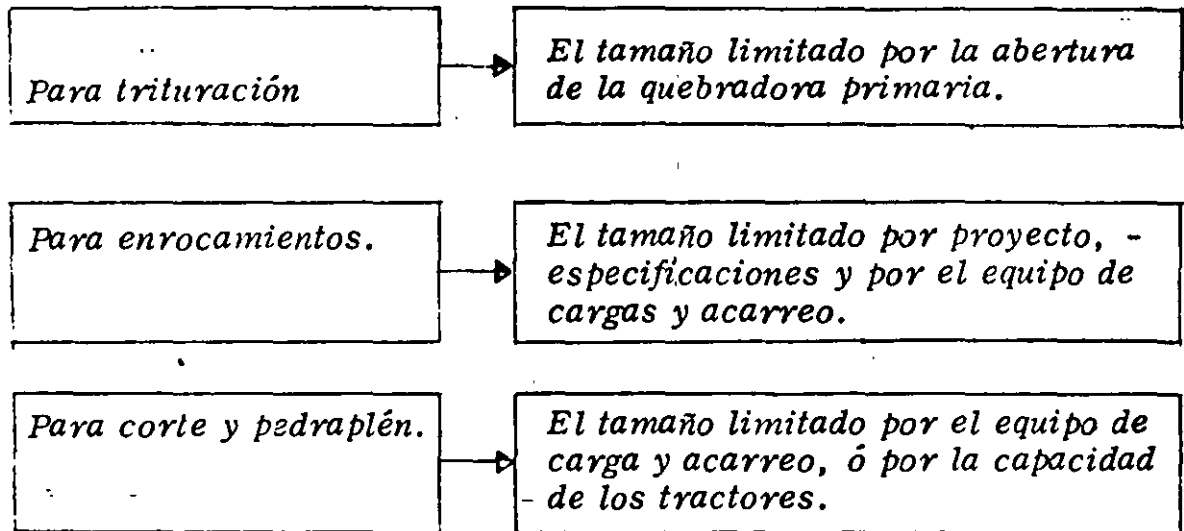


## PROCESOS PRINCIPALES.



## EXTRACCION.

*La extracción consiste en separar un fragmento de roca de un banco ó corte, reducido al tamaño adecuado para el uso a que se destine.*



*El proceso de extracción con arado ya fué visto anteriormente en este curso, nos limitaremos a la extracción con explosivos.*

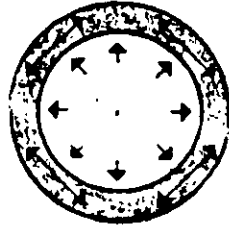
## EXPLOSIVOS.

### DEFINICION.

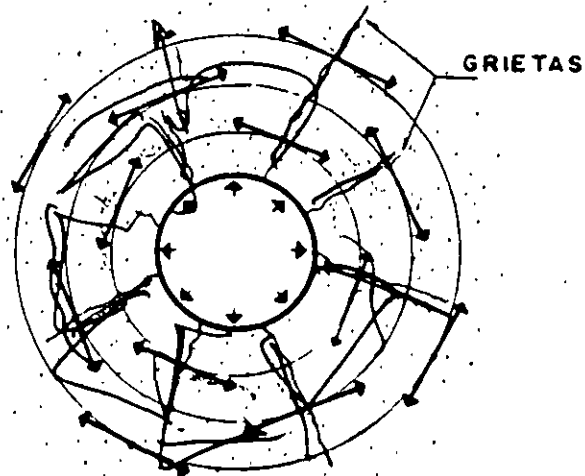
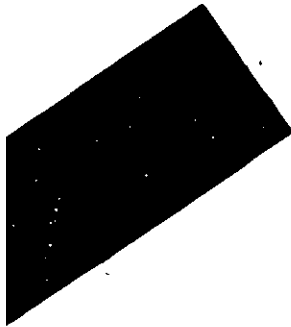
*Por explosivos se entienden aquellas substancias de poca estabilidad química, que son capaces al incendiarse ó detonar de producir una gran cantidad de energía, la que producirá una explosión. Si esta -- está confinada se aprovecha para separar la roca del banco (tronada)*

### RESEÑA HISTORICA.

*Desde la aparición del hombre en la tierra, hasta el siglo XIV, éste no conocía otra detonación que no fuera la del rayo y otros fenóme--*



LAS PAREDES DE UN TUBO DE ACERO SOMETIDO A PRESION INTERNA, ESTAN SOMETIDAS A TENSION



LA ROCA ALREDEDOR DE UN BARRENO CON GASES A PRESION ( DEL EXPLOSIVO) ESTA SOMETIDA A TENSION . SI LA PRESION ES SUFICIENTEMENTE GRANDE TAMBIEN LO SERA LA TENSION Y HABRA GRIETAS.

## PROPIEDADES.

### a) Fuerza.

Por fuerza se entiende la energía ó potencia del explosivo; energía que a su vez determina el empuje ó fuerza que desarrolla y, por consiguiente, el trabajo que es capaz de hacer. Las dinamitas nitroglicéricas se clasifican según la proporción de nitroglicerina por peso que contienen. La dinamita nitroglicérica de 40% de fuerza, por ejemplo, contiene realmente 40% de nitroglicerina. La fuerza de acción de este tipo de explosivo se toma como base para la clasificación de todas las demás dinamitas. Así pues, la fuerza de cualquier otra dinamita, expresada en tanto por ciento, indica que esta revienta con tanta potencia como otra alaca equivalente de dinamita nitroglicérica en igualdad de peso.

Pocas son las personas entre las que usan dinamitas que entienden bien la energía relativa de las dinamitas de diferentes porcentajes de fuerza. Suele creerse que la energía verdadera desarrollada por estas -- distintas fuerzas guarda proporción directa con los porcentajes marcados. Se cree, por ejemplo, que la dinamita de 40% es dos veces más fuerte que la de 20%.

La inexactitud de esta creencia ha sido demostrada por cuidadosas pruebas de laboratorio, cuyos resultados se indican en la tabla siguiente que muestra el número de cartuchos de determinada fuerza necesaria para igualar un cartucho de diferente fuerza y de la misma densidad.



TABLA 1

Un cartucho	60%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%
60%	1.00	1.12	1.20	1.28	1.38	1.50	1.63	1.80	2.08
50%	0.89	1.00	1.07	1.14	1.23	1.31	1.45	1.60	1.80
45%	0.83	0.93	1.00	1.07	1.15	1.25	1.36	1.50	1.73
40%	0.78	0.87	0.94	1.00	1.08	1.17	1.27	1.40	1.53
35%	0.72	0.81	0.87	0.93	1.00	1.09	1.18	1.30	1.50
30%	0.67	0.75	0.80	0.85	0.92	1.00	1.09	1.20	1.38
25%	0.61	0.69	0.74	0.78	0.85	0.92	1.00	1.10	1.27
20%	0.55	0.62	0.67	0.71	0.77	0.83	0.90	1.00	1.15
15%	0.48	0.54	0.58	0.61	0.76	0.72	0.78	0.86	1.00

*Tabla que muestra el número de cartuchos de determinada fuerza necesaria para igualar un cartucho de diferentes fuerzas.*

*b) Velocidad.*

*Es la rapidez expresada en metros por segundo con que se propaga la onda de detonación a lo largo de una columna de explosivos.*

*Algunos explosivos violentos detonan mucho más rápidamente que otros.*

*Cuando mayor es la rapidez de explosión mayor suele ser el efecto de quebramiento. Como este efecto depende también hasta cierto punto de la fuerza y de la densidad, deben tomarse en cuenta estas tres propiedades al escoger el explosivo adecuado para un fin determinado.*

*c) Resistencia al agua.*

*Los explosivos violentos difieren mucho entre sí por lo que toca a la resistencia al agua. En zonas secas esto no tiene mucho importancia, pero cuando existe mucha agua es preciso emplear un explosivo resistente al agua.*

D I N A M I T A S			A G I N T E S   E X P L O S I V O S			H I D R O G E L E S	
Gelatina Extra	40%	1.57	"Mexamon"	SP	0.81	Tovex 100	1.10
	60%	1.44		SP-LD	0.70		
	75%	1.39					
Dinamita Extra	40%		"Mexamon"	C	0.85	Tovex 700	1.18
	60%			C-LD	0.64		
Dinamita Esp.	45%	1.23					
Gelamex	No. 1	1.28	Super "Mexa mon"	D	0.65	Tovex P	1.20
	No. 2	1.16					
Gelatina Alta Velocidad.							
Geomex	60%	1.47	NA - AC		0.80	Tovex Extra	1.35
Duramex	G	1.00	Anfomex "X"		0.80	Godyne	1.20
Dinamex	A	1.23	Anfomex "BD"		0.65		
Total		1.60					

Densidades de explosivos en g/cm<sup>3</sup>

**d) Densidad.**

*La densidad de una dinamita se expresa en forma del número de cartuchos de 1  $\frac{1}{4}$ " x 8" (3.175 x 20.32cm.) que contiene una caja de 25Kg. la diferencia de densidad tiene por objeto facilitar la tarea de concentrar ó distribuir las cargas de la manera deseada.*

**e) Inflamabilidad.**

*Se refiere a la facilidad con que arde un materia. En el caso de las dinamitas, varia desde alguna que se incendian con facilidad y se queman violentamente, a otras que no sufren combustión a no ser que se les aplique directa y continuamente alguna flama exterior.*

**f) Emanaciones.**

*Los gases que se originan con la explosión de dinamita son principalmente bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, los cuales no son tóxicos en el sentido general de la palabra. Además de éstos, se forman ó pueden formarse emanaciones venenosas como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. En la industria de explosivos estas emanaciones se conocen con el nombre de "gases". Tanto la naturaleza como la cantidad de gases venenosos varían en los diferentes tipos y clases de dinamitas.*

# Selección del Explosivo.

	TIPO	AGENTE EXPLOSIVO	FUERZA	VELOCIDAD	RESISTENCIA AL AGUA	EMANACIONES	USO
8	Dinamita Nitroglicerina	Nitroglicerina	---	Alta	Buena	Exceso de gases.	Trabajos a cielo abierto.
7	Extra	Nitroglicerina y amoniaco	20 a 60%	Alta	Regular	Exceso de gases.	Trabajos a cielo abierto.
5	Granulada	Amoniaco	25 a 65%	Baja	Muy Mala	Exceso de gases.	Trabajos a cielo abierto (canteras).
10	Gelatina	Amoniaco	30 a 75%	Muy Alta	De Buena a Excelente	De muy pocos gases a nulos.	Sismología. Trabajos submarinos y subterráneos.
3	ANTO	Amoniaco	---	Alta	Ninguna		Trabajos a cielo abierto y subterráneos.
9	Hidrogeles	Amoniaco	40 a 75%	Muy Alta	Excelente	Muy pocos gases.	Trabajos a cielo abierto y subterráneos.

Selección y propiedades de los explosivos más comunes en construcción.

## ACCESORIOS PARA VOLADURAS.

Los accesorios para voladuras son los productos ó dispositivos empleados para ceber cargas explosivas, suministrar ó transmitir una llama que inicie una explosión, ó llevar una onda detonadora de un punto a otro ó de una carga explosiva a otra.

### INICIADORES.

#### a) Mecha para minas.

La mecha para minas consiste en un núcleo de pólvora negra especial, envuelto con varias cubiertas de hilazas ó cintas y sustancias impermeabilizantes. Su objeto de hacer estallar al fulminante, por lo tanto debe arder en una forma continúa y uniforme. La velocidad de ignición oscila entre 125 y 131 segundos por metro.

#### b) Ignitacord.

Es un artefacto para encender mecha. Tiene la apariencia de un cable de diámetro muy pequeño y arde progresivamente con una flama exterior corta y muy caliente que permite encender una serie de mechas en "rotación", con la ventaja de que el tiempo necesario para que una persona inicie el encendido de la serie, es el mismo que se necesitará para encender una sola mecha.

Se surte en tres velocidades de combustión: De 26 a 33 segundos por metro; de 52 a 65 segundos por metro y de 13 a 16 segundos por metro.

## DETONADORES.

### a) Fulminantes.

Los fulminantes son tubos ó casquillos cerrados en un extremo y que contienen una carga de explosivos de gran sensibilidad. Están hechos para detonar con las chispas del tren de fuego de la mecha para minas.

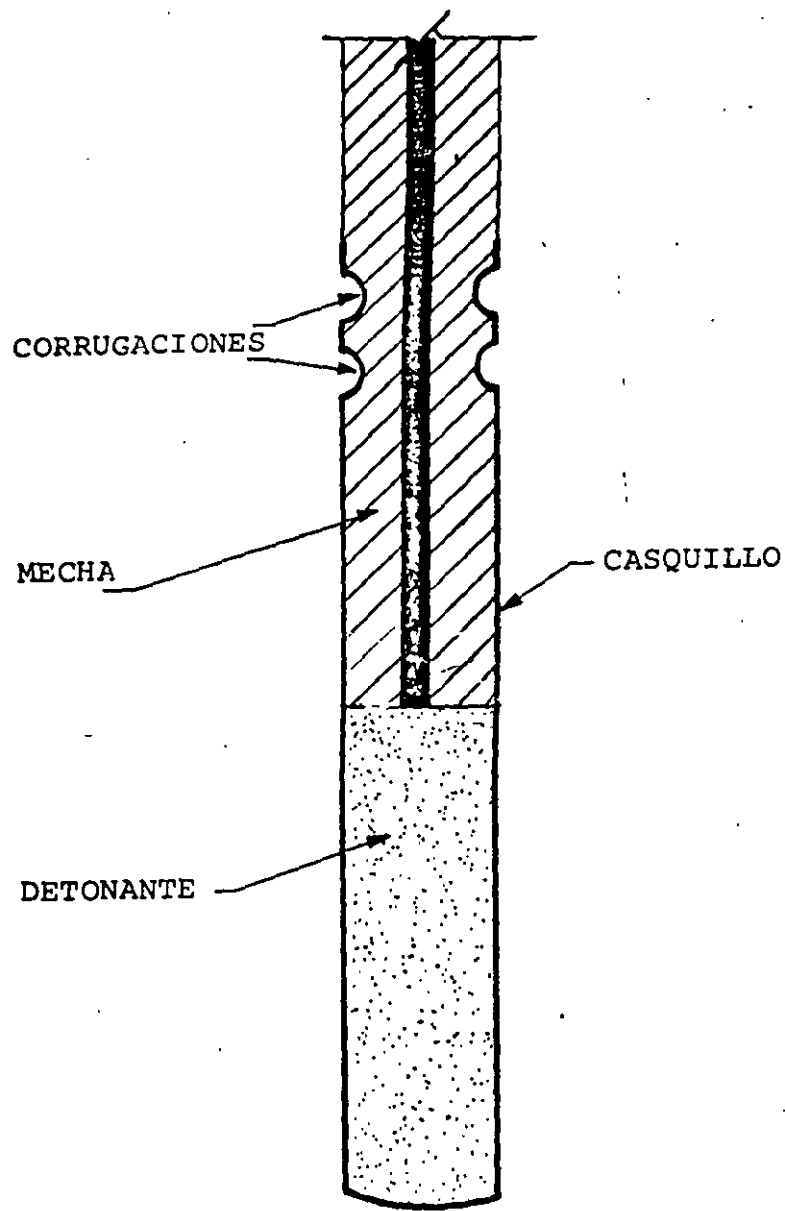
### b) Estopines eléctricos.

Los estopines eléctricos, son fulminantes elaborados de tal manera que pueden hacerse detonar con corriente eléctrica. Con ellos pueden iniciarse simultáneamente varias cargas de explosivos de gran potencia. Los estopines eléctricos tienen una carga básica de un explosivo de alta velocidad, una carga como cebo y una carga de ignición suelta ó de tipo píldora.

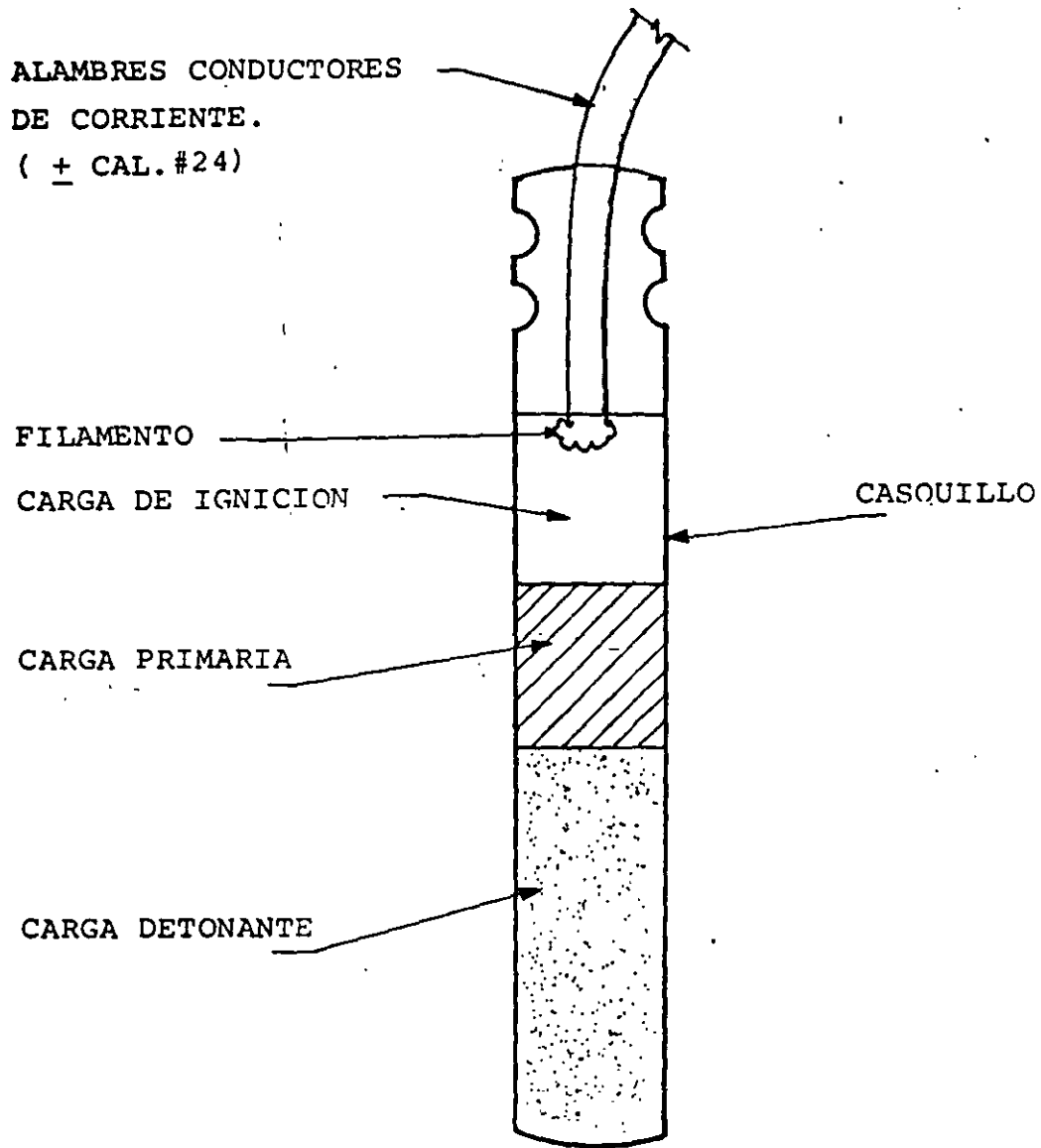
El dispositivo para la detonación con electricidad consiste en dos --- alambres con aislamiento de plástico, con un tapón de hule que mantiene los alambres en su lugar y un puente de alambre anticorrosivo de diámetro pequeño, que une las terminales de los alambres debajo del tapón. Cuando se aplica la corriente eléctrica el puente se pone incandescente y detona el estopín.

### c) Estopines eléctricos tipo instantáneo.

Los estopines eléctricos instantáneos tienen casquillos de aluminio de 1 1/8" de largo; estos son los detonadores más usados comunes. Un alambre lleva aislamiento color rojo y el otro amarillo, estos dos colores distintos son de gran ayuda al hacer las conexiones.

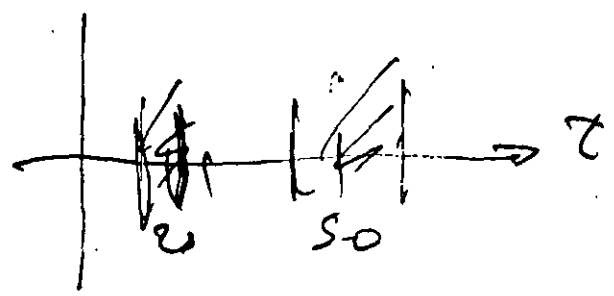
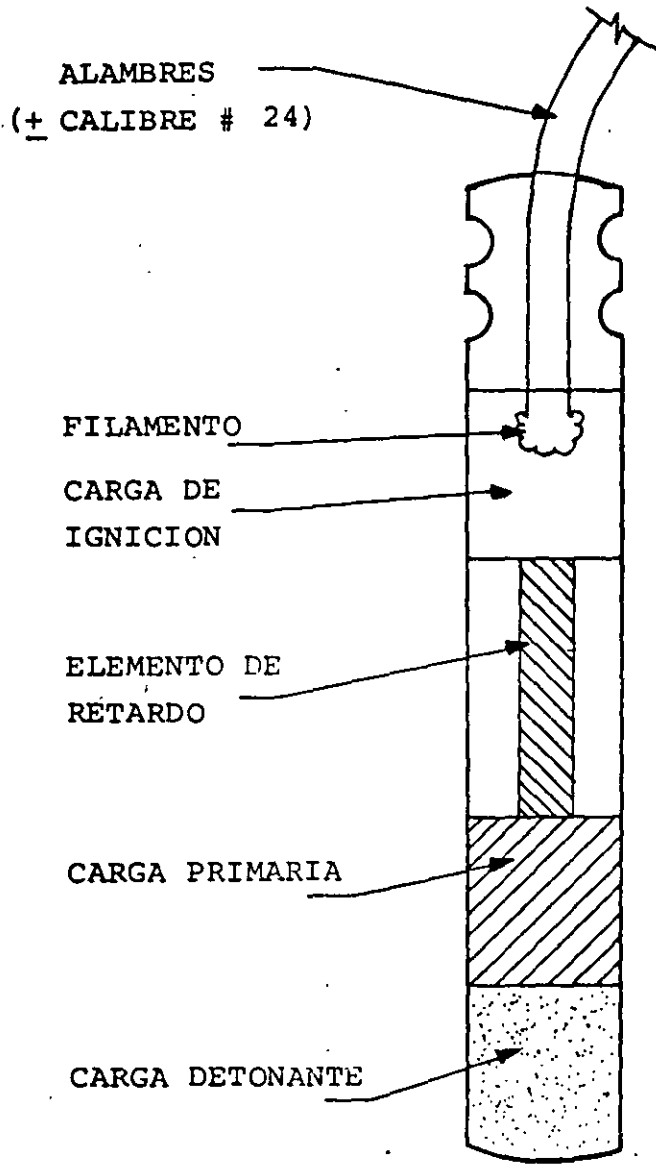


ESTRUCTURA DE UN FULMINANTE.



ESTRUCTURA DE UN ESTOPIN INSTANTANEO





ESTRUCTURA DE UN ESTOPIN DE  
TIEMPO

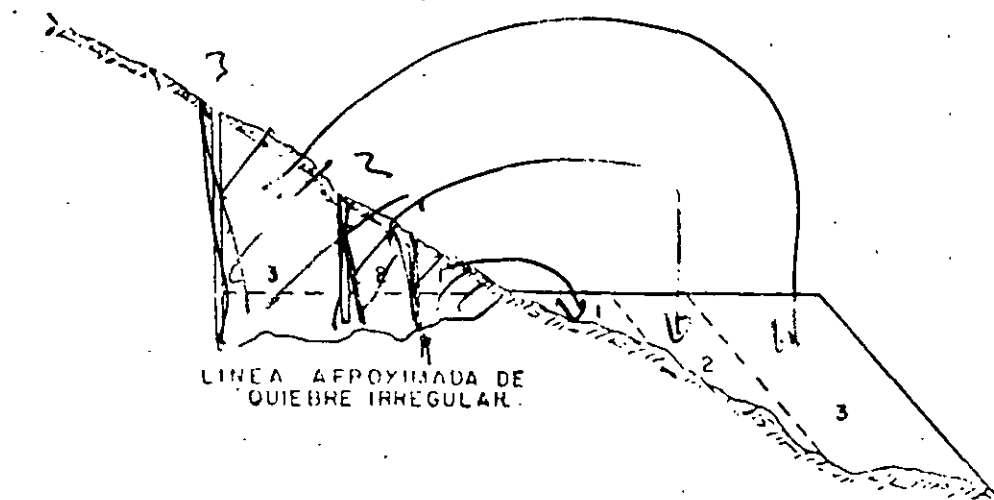


Figura 2.

Los resultados con el sistema Mark V son sorprendentes; con la práctica puede dominarse una voladura.

Método para reducir la vibración:

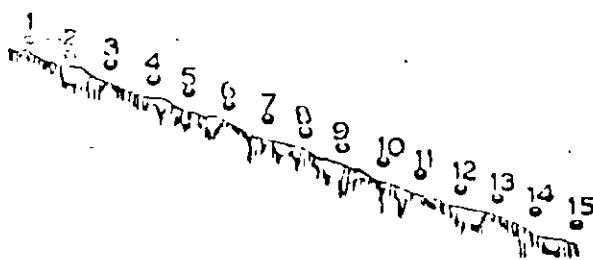


Figura 3.

**d) Estopines eléctricos de tiempo.**

Los estopines eléctricos de tiempo son semejantes a los estopines eléctricos instantáneos, con la diferencia que llevan un elemento de retardo colocado entre el puente de alambre y las cargas de detonación.

Existen dos tipos diferentes de estopines eléctricos de tiempo, los regulares Mark V y los estopines eléctricos de tiempo "MS". La diferencia estriba, particularmente en la duración del intervalo de retardo entre períodos consecutivos de la serie.

**e) Estopines eléctricos de tiempo regulares Mark V.**

La nueva serie de estopines eléctricos de tiempo regulares, ha sido fabricada para disparar con un intervalo definido entre el estopín -- más lento de cualquier período y el más rápido del siguiente período. Estas nuevas series aseguran un intervalo positivo de tiempo entre períodos y a través de toda la serie de tiempos. Comprenden 10 períodos de retardo, los tiempos de detonación de los estopines Mark V después de aplicar la corriente, para el primer período es de 25 MS y para el décimo período 9.6 segundos.

**f) Estopines eléctricos de tiempo "MS".**

Los estopines eléctricos de tiempo con retardo de milésimos de segundo difieren de los estopines de tiempo ordinario en que los intervalos de retardo son muy cortos. Su elemento de retardo es diferente al de los estopines de tiempo ordinarios. Se surten en 10 períodos

cuyos números indican el tiempo que tarda el disparo en producirse, en milésimos de segundo a saber: MS - 25, MS - 50, MS - 100, -- MS - 150, MS - 200, MS - 300, MS - 400, MS - 600, MS - 800, MS - 1000.

### MECHAS DETONANTES.

#### a) Primacord.

Este producto es un cordón detonante que contiene un núcleo de tetranitrato de pentaeritritol (Niperita) dentro de una envoltura impermeable reforzada con cubiertas que la protegen. Tiene una velocidad de detonación muy alta de 6,400 metros por segundo. La fuerza con que estalla es suficiente para hacer detonar los explosivos violentos continuos dentro de un barreno, de modo que si se conecta al primer cartucho que se coloque en el barreno, actúa como un agente iniciador a todo lo largo de la carga explosiva.

El "primacord" se usa principalmente para disparos múltiples de barrenos grandes en la superficie ya sean verticales y horizontales. Es ilimitado el número de barrenos que pueden dispararse en esta forma.

### PINZAS CORRUGADORAS DE FULMINANTES.

Hay dos tipos de pinzas: Las de mano y las máquinas corrugadoras. Las pinzas de mano dan un servicio satisfactorio en las operaciones donde el número de fulminantes que va a fijarse a los tramos de mecha es relativamente pequeño. En cambio la máquina se recomienda para operaciones donde diariamente se fija una gran cantidad de fulminantes y donde hay puestos centrales para hacer ese trabajo de fi-

*jación.*

### **MAQUINAS EXPLOSORAS.**

*Estas máquinas suministran la corriente necesaria para disparos -- eléctricos. Hay dos tipos de Máquinas Explosoras. El tipo "Descarga de Condensador" y el tipo "Generador".*

#### **DESCARGA DE CONDENSADOR.**

*Utiliza pilas secas para la carga de un banco de condensadores que -- ya así pueden proporcionar una corriente directa y de corta duración a los dispositivos de disparo eléctrico. Están provistas de cajas metálicas resistentes al agua. Se caracterizan por:*

- 1. - Una capacidad extremadamente alta, en comparación con su peso y tamaño.*
- 2. - La ausencia de partes dotadas de movimiento.*
- 3. - La eliminación del factor humano que interviene en las máquinas de tipo mecánico.*
- 4. - Una luz piloto, y*
- 5. - Un sistema de alambres e interruptores que reúne importantes características de seguridad.*

#### **GENERADOR.**

*Su principio se basa en un generador modificado que proporciona una corriente directa pulsativa. Estas máquinas son de tipo llamado "de vuelta" ó también "Cremallera". Están diseñadas de tal manera que no fluye de ellas corriente alguna hasta que se dé todo el movimiento*

necesario a la manivela de Vueta ó de Cremallera; es entonces cuando la corriente va a dar a las líneas de disparo en casi todo su amperaje y voltaje.

#### INSTRUMENTOS DE PRUEBA.

##### a) Galvanómetro para voladuras.

Este instrumento tiene una pila especial de cloruro de plata que proporciona la corriente necesaria para mover una manecilla en una escala graduada. La pila y las partes mecánicas están encerradas en una caja de pasta la cual está provista de dos bornes de contacto. Sirve para probar los estopines eléctricos individuales y también para determinar si un circuito de voladura está cerrado ó no y si está en condiciones para el disparo; además sirve para localizar los alambres rotos, las conexiones defectuosas y los cortos circuitos, así como para medir la resistencia aproximada de un circuito.

##### b) Voltiohmetro para voladuras.

Este instrumento es una combinación del voltímetro y del óhmetro, que sirve para descubrir la presencia de corrientes extrañas, para la lectura de voltaje de las líneas y para medir la resistencia de los circuitos de voladura.

##### c) Reostato.

Este instrumento se usa para probar la eficiencia de las máquinas explosoras de cremallera.

## CARACTERISTICAS DE UNA BUENA VOLADURA

- LA ROCA DEBE TENER LA GRANULOMETRÍA REQUERIDA.
- CONSUMO MÍNIMO DE EXPLOSIVOS.
- MÍNIMA BARRENACIÓN.
- MÍNIMAS PROYECCIONES.
- MÍNIMA FRACTURACIÓN DE LA ROCA NO VOLADA.

## USO DE LA ENERGIA DEL EXPLOSIVO:

- 1º FRACTURAR LA ROCA. (ÚTIL)
- 2º MOVERLA DE LUGAR PARA EVITAR TRABAZONES. (ÚTIL)
- 3º PROYECTAR ROCAS. (INUTIL)

INFLUENCIA DE  
LA DISPOSICION  
RELATIVA DE  
LOS BARRENOS



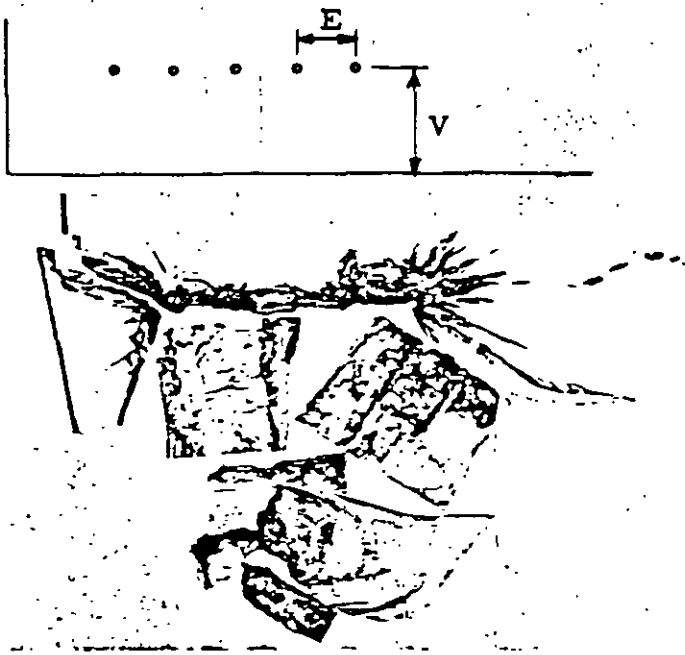


Fig. 7

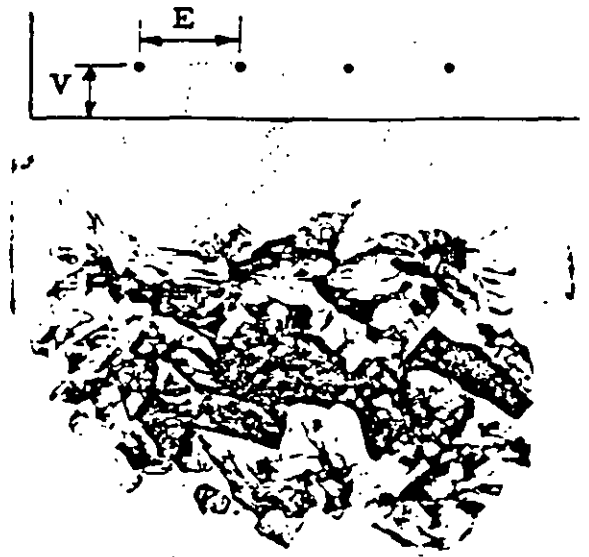


Fig. 7-A

Donde se ve claramente que al aumentar la relación  $E/V$ , aumenta la fragmentación

Por otro lado se tiene que, como se vió anteriormente hablando de los ángulos característicos, el encendido de hileras oblicuas al eje de la voladura implica que la proyección que tiene lugar en ángulos rectos con las hileras de encendido, no sea normal al frente, sino según el ángulo de  $45^\circ$  con la prolongación del eje. Esto reduce la proyección y consecuentemente, se tienen posibilidades para una carga de explosivos más potente, una mejor fragmentación y un producto más concentrado que facilitará la rezaga.

La plantilla más sencilla para una voladura de varias hileras, lateralmente limitadas, es la que se muestra en la figura 3.

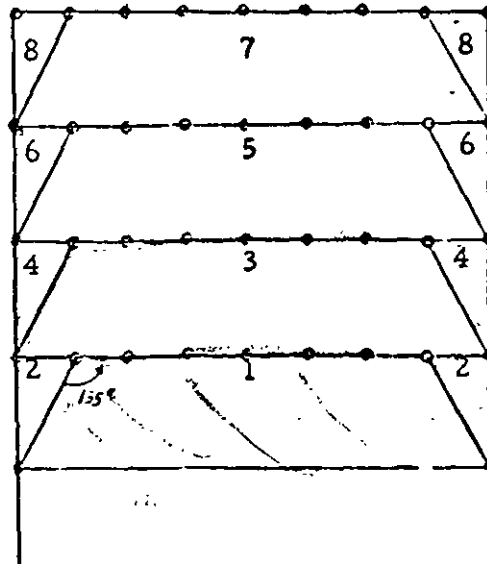


Figura No. 3

Todos los barrenos por hilera, excepto los de esquinas, se inician con un mismo número de retardo, con lo que, en el momento de la detonación, cada barreno tiene rotura libre. Esto no sería posible si los barrenos de esquina se iniciaran al mismo tiempo, ya que se tendría una probabilidad muy grande de que éstos se encendieran -- antes de los inmediatamente próximos, quedando en condiciones de rotura desfavorable. Este tipo de encendido exige el doble de intervalos que hileras, lo cual es una restricción cuando se trata de -- grandes voladuras con varias hileras, ya que los intervalos disponibles no son suficientes para la aplicación de una secuencia de encéndido como la de la figura 3.

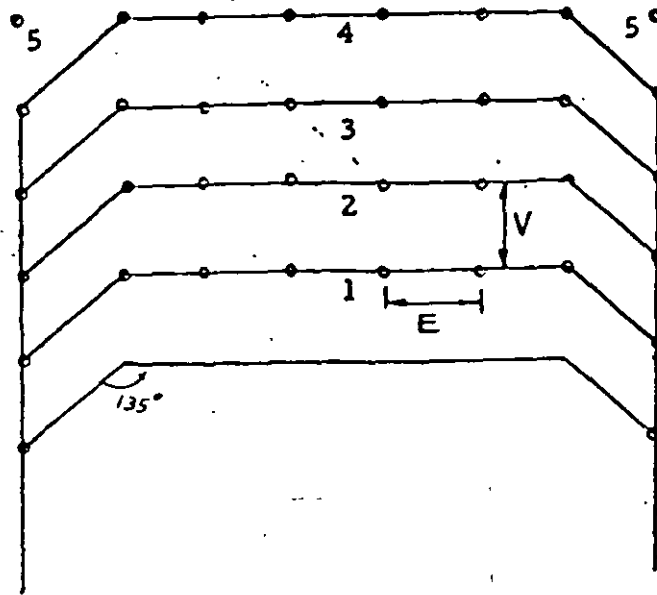


Figura No. 4

La plantilla anterior, se puede modificar como se muestra en la -- figura 4 en la cual todos los barrenos de la hilera, a excepción de los de esquina, se encienden con el mismo intervalo que los barrenos de esquina de la hilera anterior. Con este arreglo, se usa un -- menor número de intervalos en los estopines.

Otro tipo de plantilla sería como la mostrada en la figura 5, la cual es adecuada para una mayor fragmentación, un mejor acabado en las paredes y una rezaga más concentrada, aunque presenta malas condi ciones para el desprendimiento de la parte central, pues después del encendido del retardo Núm. 1 que tiene la rotura libre; salen los dos barrenos de ambos lados de la misma hilera con el retardo núm. 2, así como este mismo, lo que dá como resultado que el barreno de -- la segunda hilera se pueda adelantar a los de enfrente, quedándose ence rrado en el momento de encendido y efectuando una voladura defectuosa.

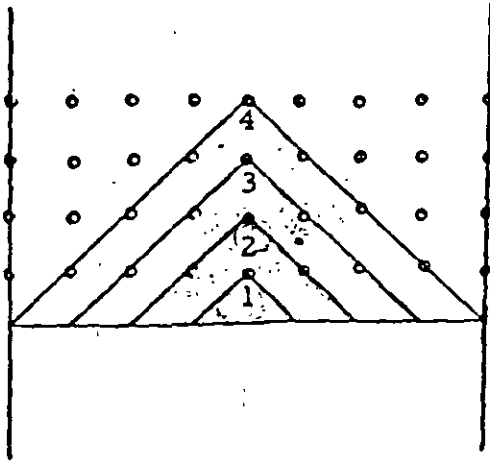


Figura No. 5

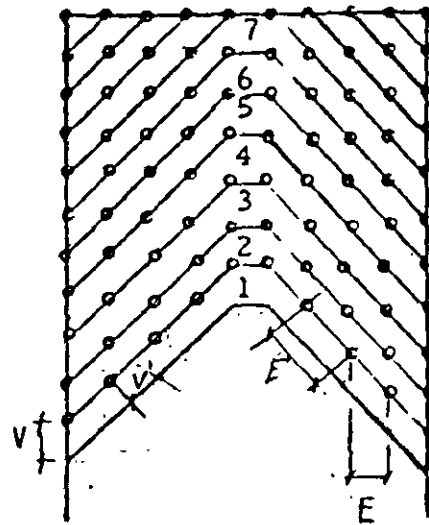


Figura No. 6

Para evitar lo anterior, se utiliza una plantilla como la mostrada en la figura 6.

Los dos barrenos que están ligeramente más comprimidos que los otros, se han dispuesto en la hilera de modo -- que, el desgarramiento en sus alrededores, no afecte al contorno final de la pared acabada.

Además, se debe tomar en cuenta la gran importancia que tiene la -- relación pata-espaciamiento para la fragmentación; en la figura 6 así como en la 5 se tiene que, en comparación con la figura 4

$$E' = E \times \sqrt{2}, \quad V' = V / \sqrt{2}$$

por lo que, igualando términos,  $\frac{E'}{V'} = \frac{2E}{V}$  lo cual es favorable para la fragmentación; ésto queda más claro si se toman en cuenta las -- ilustraciones de las figuras 7 y 7A, las cuales fueron determinadas expe rimentalmente.

DIAMETRO		VOLUMEN		KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO POR METRO LINEAL DE BARRENO PARA UNA DENSIDAD DADA							
PULGADAS	CMS.	CM3/M.L.	60 GRS. POR CM.3	65 GRS. POR CM.3	75 GRS. POR CM.3	80 GRS. POR CM.3	1.10 GRS. POR CM.3	1.20 GRS. POR CM.3	1.29 GRS. POR CM.3	1.35 GRS. POR CM.3	1.60 GRS. POR CM.3
7/8	2.22	387.08	0.232	.252	0.290	.310	.426	.465	.499	.523	<b>.619</b>
1	2.54	506.71	0.304	.329	0.380	.405	.557	.608	.654	.684	<b>.811</b>
1 1/4	3.18	794.23	0.477	.516	0.596	.635	.874	.953	1.025	1.072	1.271
1 1/2	3.81	1140.09	0.684	.741	0.855	.912	1.254	1.368	1.471	1.539	1.824
1 3/4	4.45	1555.29	0.933	1.011	1.166	1.244	1.711	1.866	2.006	2.100	2.488
2	5.08	2026.83	1.216	1.317	1.520	1.621	2.230	2.432	2.615	2.736	3.243
2 1/2	6.35	3166.93	1.900	2.059	2.375	2.534	3.484	3.800	4.085	4.275	5.067
3	7.62	4560.38	2.736	2.964	3.420	3.648	5.016	5.472	5.883	6.157	7.297
3 1/2	8.89	6207.18	3.724	4.035	4.655	4.966	6.828	7.449	8.007	8.380	9.931
4	10.16	8107.34	4.864	5.270	6.081	6.486	8.918	9.729	<b>10.458</b>	<b>10.945</b>	12.972
4 1/2	11.43	10260.85	6.157	6.670	7.696	8.209	11.287	12.313	13.236	13.852	16.417
5	12.70	12667.72	7.601	8.234	9.501	10.134	13.935	15.201	<b>16.341</b>	17.101	20.268
5 1/2	13.97	15327.94	9.197	9.963	11.496	12.262	16.861	18.394	<b>19.773</b>	20.693	24.525
6	15.24	18241.51	10.945	11.857	13.681	14.593	20.066	21.890	23.532	24.626	29.186
6 1/2	16.51	21408.44	12.485	13.915	16.056	17.127	23.549	25.690	27.617	28.901	34.254
7	17.78	24828.72	14.897	16.139	18.622	19.863	27.312	29.794	<b>32.029</b>	33.519	39.726
7 1/2	19.05	28502.36	17.101	18.527	21.377	22.802	31.352	34.203	<b>36.768</b>	38.478	45.604
8	20.32	32429.35	19.158	21.079	24.322	25.943	35.672	38.915	<b>41.834</b>	<b>43.771</b>	51.887
8 1/2	21.59	36609.70	<b>21.966</b>	<b>23.796</b>	27.457	29.288	<b>40.271</b>	<b>43.932</b>	<b>47.227</b>	<b>49.423</b>	<b>58.576</b>
9	22.86	41043.40	24.626	26.678	30.783	32.835	45.118	49.252	<b>52.946</b>	<b>55.409</b>	65.669
10	25.40	50670.87	30.403	32.936	38.003	40.537	55.739	60.805	<b>65.363</b>	<b>68.406</b>	81.073
11	27.94	61311.75	36.787	<b>39.853</b>	45.984	<b>49.049</b>	<b>67.443</b>	<b>72.574</b>	<b>79.092</b>	<b>82.771</b>	<b>98.099</b>
12	30.48	72966.65	<b>43.780</b>	<b>47.428</b>	54.725	<b>58.373</b>	<b>80.263</b>	<b>87.559</b>	<b>94.126</b>	<b>98.504</b>	<b>116.746</b>

TABLA 5. CARGA DE BARRENOS.

## Diseño de una voladura por el método americano.

Cortesía del Ing. Federico Alcaraz Lozano

El método americano creado por Du Pont parte de las siguientes reglas:

1. La carga específica o sea la carga por metro cúbico de roca fragmentada, será la misma independientemente del tamaño de la voladura.
2. La carga específica necesaria para una voladura puede variar de 0.2 a 0.6 kg de explosivo por  $m^3$  de roca.
3. La berma o pata es igual a 40 veces el diámetro del barreno,  $A = 40 \varnothing$ .
4. La separación entre barrenos es aproximadamente 1.3 veces la berma,  $B = 1.3 A$
5.  $\frac{\varnothing}{h}$  = constante que varía de 0.005 a 0.0125
6. La sobrebarrenación es 0.3 de la pata o sea  $0.3 A$ .
7. La carga total del barreno es igual a la suma de la carga de columna y la carga de fondo  $C_T = C_F + C_C$  y se distribuirá de acuerdo con la figura.

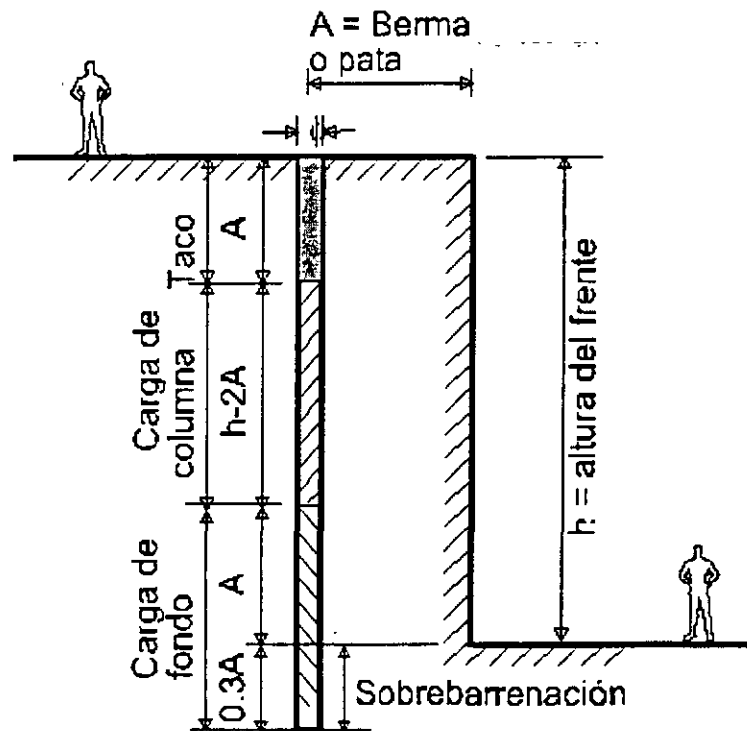
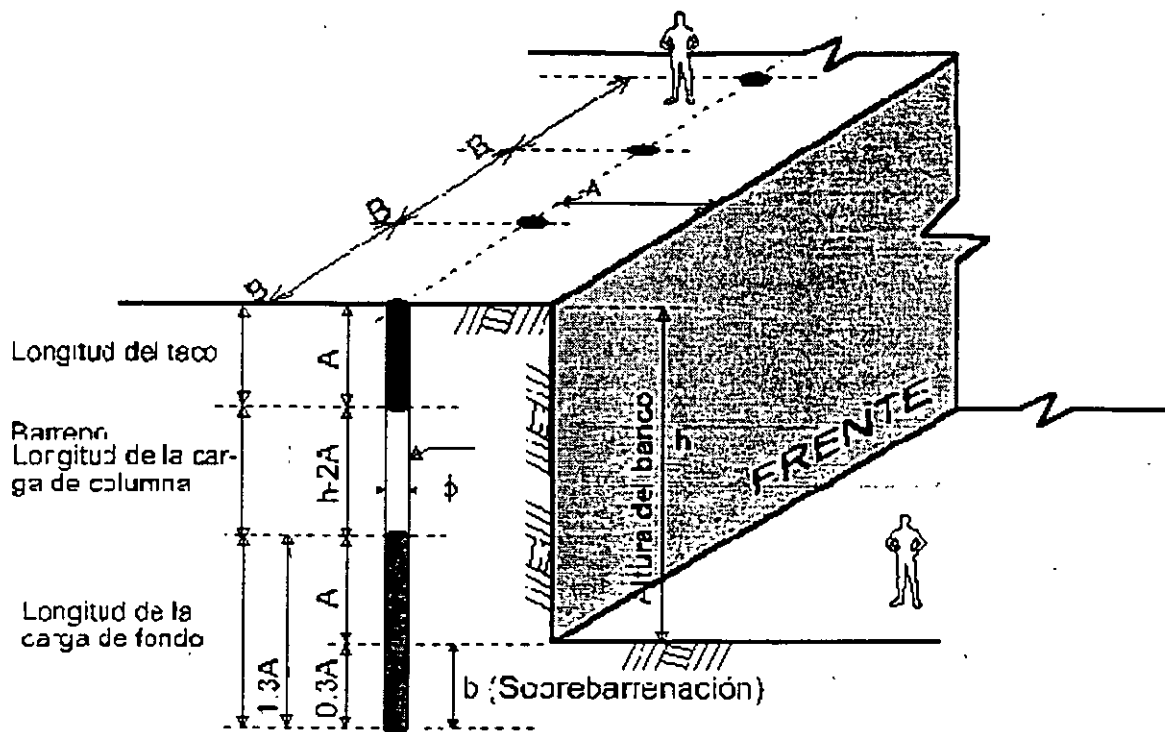


Figura 34: Distribución de cargas en el barreno..

8. La carga de fondo del barreno debe ser 2.7 veces mayor que la carga de columna.
9. Para voladuras de varias hileras, conviene reducir la distancia entre barrenos después del frontal según  $A_1 = A - 0.05h$



$\phi$  = Diámetro de barrenos  
 $A$  = Berma o pata =  $40\phi$   
 $\frac{\phi}{h}$  varía de 0.005 a 0.0125  
 $B$  = Separación entre barrenos =  $1.3A$   
 $C_f$  = Carga de fondo  
 $C_c$  = Carga de columna  
 $C_f = 2.7 C_c$   
 $q$  = Carga específica: de 0.2 a 0.5 kg de explosivos por  $m^3$  de roca.

Fig. 35: Método americano de voladuras, (Corte en perspectiva).

Berma o pata =  $A = 40 \phi$

$\frac{\phi}{h}$  0.005 a 0.0125

Separación entre barrenos =  $B = 1.3A$

$C_f = 2.7 C_c$

Carga específica = 0.2 a 0.6 kg de explosivos/ $m^3$  de roca.

En la figura se presentan esquemáticamente las reglas de este método para diseño de voladuras con la finalidad de que quede más claro.

Cabe aclarar que la altura del banco en este método es calculada, lo cual es irracional ya que en la realidad generalmente es un dato. Esto no ocurre en el método sueco que se tratará más adelante.



Ejemplo 1:

a. Datos:

- Diámetro del barrenos =  $\varnothing = 4'' = 0.10\text{m}$
- Carga específica =  $0.35 \text{ kg/m}^3$
- Explosivo Tovex Extra con densidad de  $1.35 \text{ g/cm}^3$

a. Solución:

$$A = 40 \varnothing = 40 \times 0.10 = 4.00 \text{ m}$$

$$B = 1.3A = 1.3 \times 4.00 = 5.20 \text{ m}$$

$$h = \frac{\varnothing}{0.01} = \frac{0.10}{0.01} = 10.00 \text{ m}$$



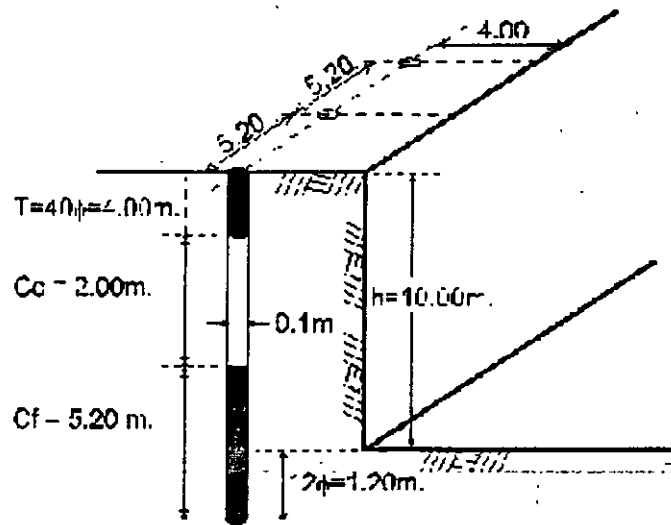


Figura 36: Geometría del barrenado (Método americano)

Volumen de roca por barrenado:

$$V = A \times B \times h = 4.00 \times 5.20 \times 10.00 = 208 \text{ m}^3$$

Carga total de explosivo por barrenado:

$$C_T = \text{Volumen} \times \text{Carga específica}$$

$$C_T = 208 \times 0.35 = 72.8 \text{ kg de explosivos}$$

Como  $C_T = C_F + C_C$  y

$$C_F = 2.7 C_C$$

$$C_T = 2.7 C_C + C_C$$

$$C_T = 3.7 C_C$$

$$C_C = \frac{C_T}{3.7}$$

$$\text{Carga de Columna} = C_C = \frac{72.8}{3.7} = 19.67 \text{ Kg.}$$

$$\text{Carga de Fondo} = C_F = 2.7 \times 19.67 = 53.12 \text{ kg.}$$

$$\text{Carga Total} = C_T = C_C + C_F = 19.67 + 53.12 = 72.80 \text{ Kg}$$

Calcularemos a continuación las longitudes de la carga de columna y la de la carga de fondo.

Para ello se necesita conocer los kilogramos de explosivos por metro lineal de columna lo que se obtiene así:

$$q = \frac{\pi \phi^2}{4} \times \text{densidad} \times 1000$$

$\phi$  : en metros

densidad: en g/cm<sup>3</sup>.

$$= \frac{\pi \times 0.1016^2}{4} \times 1.35 \times 1000$$

$$= 10.945 \text{ kg/m}$$

lo que también se puede consultar en la tabla 5.

Longitud necesaria de la carga de fondo:

$$\frac{C_F}{\text{kgs de explosivo}} = \frac{53.12}{10.945} = 4.85 < 5.20$$

$L_{CF} = \text{por metro lineal}$

Longitud necesaria de la carga de columna:

$$\frac{C_C}{\text{kgs de explosivo}} = \frac{10.67}{10.945} = 1.80 < 2.00$$

$L_{CC} = \text{por metro lineal}$

Lo que indica que las longitudes de carga de fondo y de columna necesarias son menores que las disponibles (ver figura del problema). Como se está desaprovechando barrenación se requerirá hacer un ajuste de la capacidad volumétrica del barreno.

Barrenación específica:

$$B_g = \frac{\text{Longitud del barreno}}{\text{Volumen de roca por barreno}} = \frac{11.20}{208} = 0.054 \text{ m/m}^3$$

## DISEÑO DE UNA VOLADURA POR EL METODO SUECO (OVERBURDEN).

Este método se basa en las siguientes fórmulas:

$$\text{Pata o berma teórica: } A_T = 45\varnothing$$

$$\text{Pata o berma real: } A_R = A_T - 0.05 - 0.03 h$$

La berma teórica es reducida de 0.05 a 0.10 m debido a la aproximación en la posición de la perforadora y en 0.03 de la altura del banco por la desviación angular del barreno, de esta manera se obtiene la berma real, que es la que se usará para el diseño de la voladura.

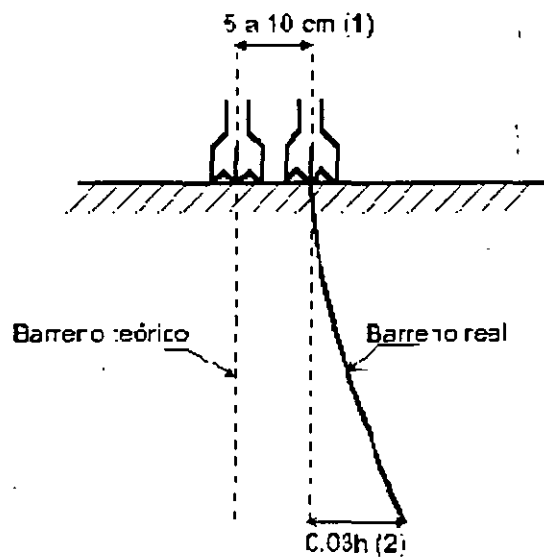
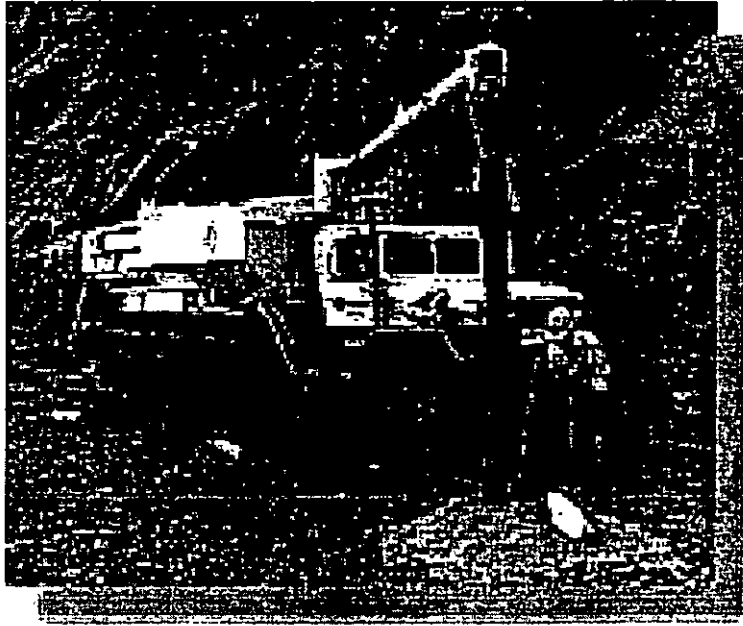


Fig. 37. Desviaciones de la berma teórica(Metodo sueco)

Correcciones a la berma teórica:

- A causa del emboquillado de la perforadora
- Por la desviación en la dirección de barrenación.



La geometría del barreno se obtiene en este método de manera semejante al método americano.

El cálculo de la carga de fondo y la carga de columna (por metro lineal de barreno) se calcula de la siguiente forma:

$$q_F = 0.001 \phi^2, \text{ kg/m, usando } \phi \text{ en mm.}$$

$$q_C = 0.4 q_F, \text{ kg/m}$$

Ejemplo 2:

a. Datos:

$$\text{Diámetro del barreno} = \phi = 4" = 0.10\text{m}$$

$$\text{Altura del banco} = h = 10\text{m}$$

b. Solución:

$$A_T = 45\phi = 45 \times 0.10 = 4.50\text{m}$$

$$A_R = A_T - 0.05 - 0.03 h = 4.50 - 0.05 - (0.03 \times 10) = 4.10\text{m}$$

$$B = 1 \quad A = 5.33 = 5.30$$

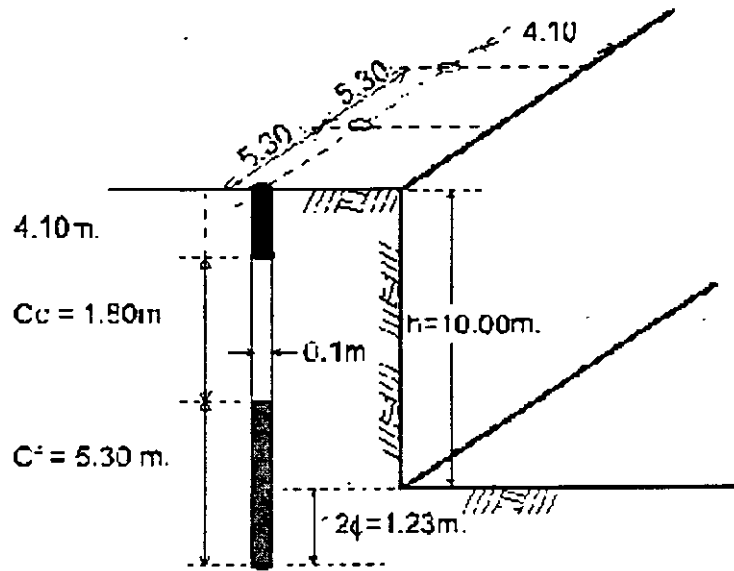


Figura 38: Geometría del barreno (Método sueco)

Geometría del terreno:

Volumen de roca por barreno:

$$V = 4.10 \times 5.30 \times 10 = 217.3 \text{ m}^3$$

Cargas:

$$q_F = 0.001d^2 = 0.001 \times (100)^2 = 10 \text{ kg/m}$$

$$C_F = 5.30 \text{ m} \times 10 \text{ kg/m} = 53 \text{ kg}$$

$$q_C = 0.4 q_F = 0.4 \times 10 = 4 \text{ kg/m}$$

$$C_C = 1.80 \text{ m} \times 4 \text{ kg/m} = 7.2 \text{ kg}$$

Si se usa explosivo Tovex Extra cuya densidad es de  $1.35 \text{ g/cm}^3$  se obtiene 10.95 kg de explosivo por metro lineal de barreno como se vió en el problema anterior usando el método americano.

Longitud necesaria de carga de fondo:

$$L_{CF} = \frac{C_F}{\text{kgs de explosivo por metro lineal}} = \frac{53 \text{ kg}}{10.95 \text{ kg/m}} = 4.84 \text{ m} < 5.30 \text{ m}$$

Longitud necesaria de carga de columna:

$$L_{CC} = \frac{C_C}{\text{kgs de explosivo por metro lineal}} = \frac{7.2 \text{ kg}}{10.95 \text{ kg/m}} = 0.66 \text{ m} < 1.80 \text{ m}$$

Lo que indica que las longitudes de carga de fondo y de columna necesarias son menores que las disponibles (ver figura del problema). Como se está desaprovechando barrenación, y como la carga de columna resulta muy baja, la práctica general es hacer la carga continua del barreno, sin separar los barrenos, con los siguientes resultados:

$$V = 5.3 \times 4.10 \times 10.00 = 217.3 \text{ m}^3$$

$$Q = (5.30 + 1.80) 10.945 = 77.71 \text{ kg.}$$

Longitud de barrenación: 11.20m.

Por lo que:

Carga específica (q) =

Y también:

$$\text{Barrenación específica} = \frac{11.20 \text{ m}}{217.3 \text{ m}^3} = 0.052 \text{ m/m}^3$$

Ajuste de la capacidad volumétrica del barreno.

Una de las formas de economizar en voladuras es reduciendo al mínimo la barrenación, para ello los barrenos deben estar totalmente llenos de explosivo, con excepción del taco.

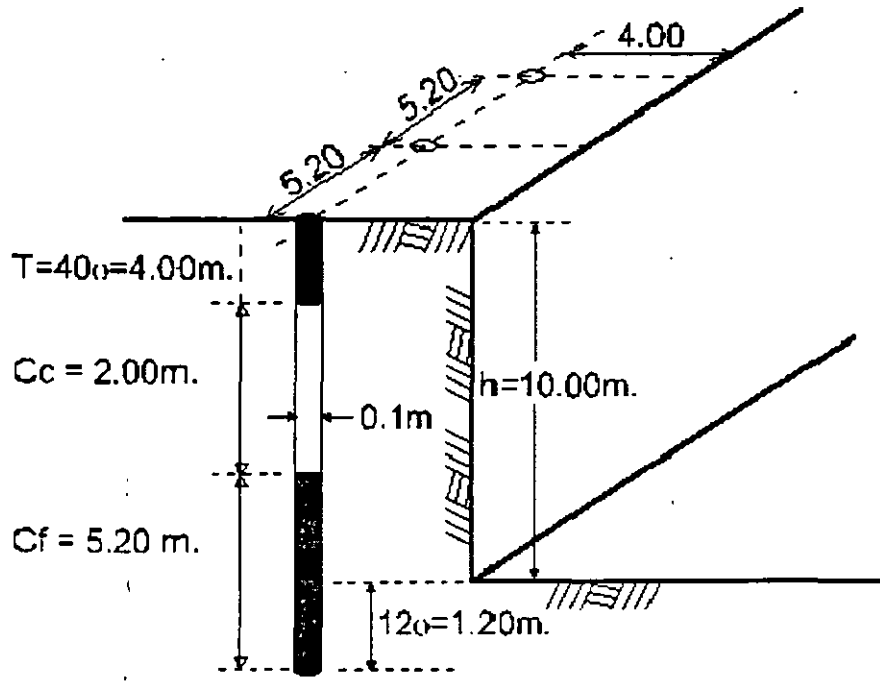


Figura 39: Geometría del barreno usada en este ejemplo.

Ejemplo 3:

También, en el mismo ejemplo, vimos que la longitud necesaria de la carga de fondo para alojar los explosivos era de 4.85m. cuando en realidad disponíamos de 5.20m. Igualmente en la carga de columna necesitábamos 1.80 m. y disponíamos de 2.00m.

Algunas veces, cuando esto sucede, los diseñadores llenan los espacios restantes con material de taco, esto produce dos resultados desfavorables:

1. El material de taco entre las columnas de carga y de fondo divide la carga haciendo necesarios dos cebos para asegurar la detonación.
2. Se desperdicia barrenación, con lo que no se cumple con el objetivo de minimizarla, y se requieren material de taco y trabajo innecesarios.

$$5.20\text{m} \times 10.945 \text{ kg/m} = 56.91 \text{ kg.}$$

También habíamos calculado que la cantidad de explosivos que se necesitaban en la carga de fondo eran 53.12 kg cuando la capacidad es de:

$$5.20\text{m} \times 10.945 \text{ kg/m} = 56.91 \text{ kg.}$$

Y en la carga de columna eran 19.67 kg cuando en realidad caben:

$$2.00\text{m} \times 10.945 \text{ kg/m} = 21.89 \text{ kg.}$$



## RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS:

CARGAS				
CARGA CALCULADA		CAPACIADA DEL BARRENO		
Peso (kg)	Longitud (m)	Peso(kg)	Longitud (m)	
Carga de fondo	53.12	4.85	56.91	5.20
Carga de columna	19.67	1.80	21.89	2.00
Carga total	72.79	6.65	78.80	7.20

Si quisiéramos dejar el barreno como se calculó en el ejemplo 1, por el método americano, quedaría como se muestra en la figura.

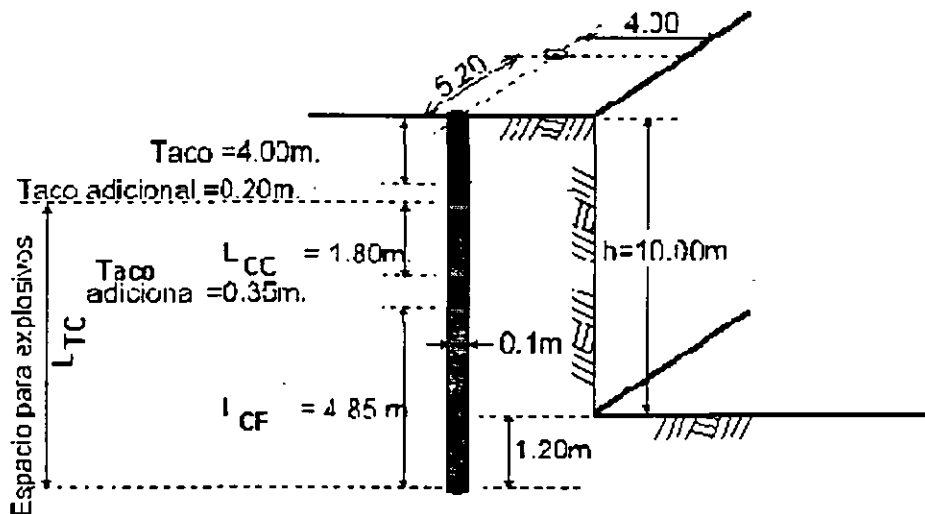


Fig. 40. Mala disposición del barreno, ya que hay espacios desperdiciados que se rellenan con material del taco.

Mala disposición del barreno, ya que hay espacios desperdiciados que se deben rellenar con material del taco.

En esta sección haremos el ajuste necesario para que los barrenos estén totalmente llenos con explosivos, excepto el taco, sin cambiar la densidad ni el consumo de explosivos que son datos del problema. Tampoco modificaremos la relación A/B, que es una de las condiciones del diseño.

En el resumen de la tabla, se ve que disponemos en total de 7.20m. para alojar los explosivos pero solamente necesitamos 6.65m. Por lo tanto sobran 0.55m. de barreno.

Para mejorar éste tenemos que aumentar la separación de barrenos, para que al aumentar el volumen de roca por barreno ( $V = A \times B \times h$ ) con el mismo consumo específico, aumente la cantidad de explosivo y se llene el barreno. Este aumento de volumen debe ser en la misma proporción que haya entre la longitud

de las cargas por capacidad del barreno y la longitud de la carga calculada.

$$K = \frac{L_{TC}}{L_{CF} + L_{CC}}$$

Si:

Donde:

$L_{TC}$  = Altura disponible para explosivos

$L_{CF}$  = Altura calculada de columna de fondo

$L_{CC}$  = Altura calculada de carga de columna

Entonces, K es el factor por el que debemos incrementar el volumen tributario de roca del barreno, para que el espacio disponible para explosivos esté totalmente lleno.

Por lo tanto:  $V' = KV$

$$A' \times B' \times h' = K \times A \times B \times h$$

Manteniendo h constante, ya que debe ser un dato:

$$A' \times B' = K \times A \times B \dots(a)$$

Pero:  $R = \frac{A}{B}$  = constante ( para no variar el tamaño máximo de la roca)

$$A = R \times B$$

...(b)

$$A' = R \times B'$$

Substituyendo (b) en (a):

$$R (B')^2 = K R B^2$$

$$B' = \sqrt{K} B$$

y también

$$A' = \sqrt{K} A \dots(1)$$

Lo que se entiende si multiplicamos ambas expresiones:

$$A'B' = K A B$$

Aplicando las ecuaciones (1) a nuestro caso:

$$K = \frac{\text{capacidad del barreno}}{\text{carga calculada}} = \frac{7.20}{6.65}$$

$$K = 1.10B \quad \sqrt{K} = 1.052$$

$$A' = 1.052 \times 4.00 = 4.20$$

$$B' = 1.052 \times 5.20 = 5.47$$

Con estas nuevas separaciones el volumen queda:

$$V = 4.21 \times 5.47 \times 10.000 = 230.3 \text{ m}^3$$

Y la carga total del barreno:

$$C_T = 0.35 \text{ kg/m}^3 \times 230.3 \text{ m}^3 = 50.61$$

$$C_C = 21.79 \text{ L}_{CC} = 1.99 = 2.00$$

$$C_F = 58.82 \text{ L}_{CF} = 5.38 = 5.40$$

Con lo que el barreno ajustado quedaría como en la figura.

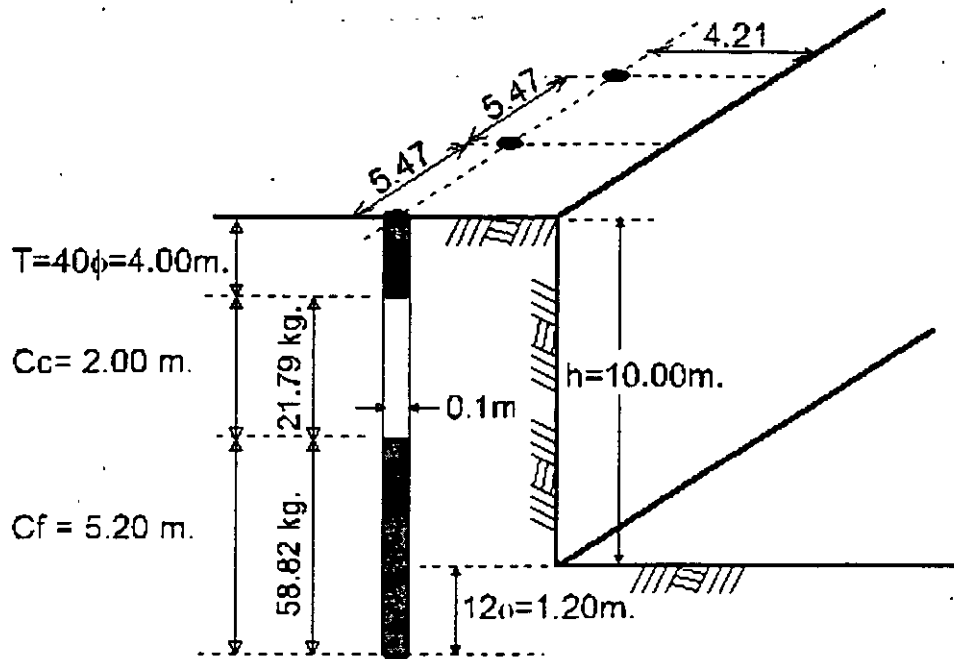


Figura 41: Geometría del barrenado ajustada por capacidad volumétrica.

Geometría del barrenado ajustado por capacidad volumétrica y distribución de cargas.

Compárese esta figura con la figura anterior y obsérvese que la relación A/B no ha cambiado:

$$\frac{A}{B} = \frac{A'}{B'} = 1.3$$

y por lo tanto, no ha cambiado el tamaño esperado de la roca. Tampoco ha cambiado el consumo especificado de explosivos (q), ni la densidad del explosivo.

# ANALISIS DEL METODO AMERICANO

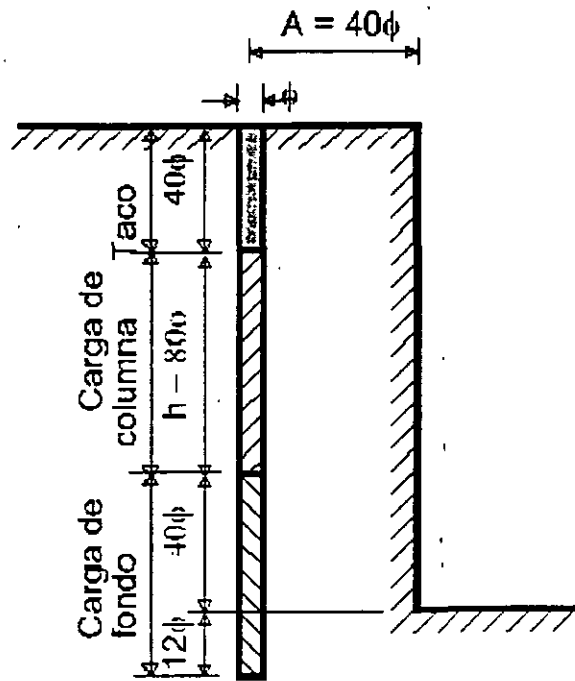


FIGURA 42.

A. Revisando la fórmula:

$$0.005 \leq \frac{\phi}{h} \leq 0.0125$$

si:  $\frac{\phi}{h} < 0.005$  figura 42

entonces:

$$h = 200 \phi$$

- altura carga de columna =  $120 \phi$
- altura carga de fondo =  $52 \phi$

Lo que es totalmente incompatible con la proposición del método americano:

$$\frac{C_f}{C_c} = 2.7$$

pues en este caso, la relación entre la altura de carga de fondo ( $h_{cf}$ ) y la altura de la carga de columna ( $h_{cc}$ ) es:

$$\frac{h_{cf}}{h_{cc}} = \frac{52\phi}{120\phi} = 0.43 \ll 2.7$$

ahora bien si:



entonces:  $h = 80 \phi$

y por lo tanto: altura de carga de columna = 0

Por lo tanto ambos valores son extremos e incongruentes, por otra parte usar un valor intermedio conduciría a una relación fija entre el diámetro ( $\phi$ ) y la altura del banco ( $h$ ) que generalmente no es aplicable en la realidad.

- A. Fijar de antemano una relación de pata a diámetro ( $A = 40 \phi$ ), al mismo tiempo la relación de la separación de barrenos a la pata ( $B = 1.3 A$ ) y el consumo específico de explosivos, conduce, con raras excepciones, a diseños en que falta o sobra espacio en el barreno para alojar el explosivo, lo que siempre es inconveniente. De estos tres valores solo dos de ellos son independientes ya que uno de ellos siempre puede deducirse de los otros dos si se impone la condición de llenar el espacio del barreno destinado a los explosivos con la cantidad justa de éstos.

Probablemente lo mejor sea no fijar de antemano la relación:

$$A = 40 \phi$$

Ya que, en una voladura de múltiples barrenos, el consumo específico y la relación:

$$B = 1.3 A$$

Pueden variarse fácilmente sin cambiar el diseño del barreno.

Por otra parte este método ha sido usado durante muchos años, pero al no considerar las características de la roca, ni las características de la roca en el banco, ni el tamaño de la roca a obtener, ni proponer un sistema de ajuste de los barrenos en el banco real, deja demasiados hilos sueltos en el diseño.

- B. Considera que es conveniente profundizar los barrenos bajo el piso de proyecto (sobraperforación) y aumentar la carga de fondo, ambas cosas con objeto de sacar totalmente la roca del piso y evitar la formación de patas. Esto parece hacer mucho sentido, pero en la realidad no hay manera fácil de separar las dos cargas (de fondo y de columna), además debemos de tender a llenar totalmente el espacio destinado a explosivos para aprovechar la barrenación; por todo lo anterior puede ser más razonable, considerar toda la carga como una sola, lo que también coincide con la forma real de cargar los barrenos.

C. Utiliza, y ha confirmado, algunos valores experimentales muy seguros como:

- El taco igual a  $40 \text{ } \emptyset$
- La sobrebarrenación =  $0.3 \text{ A}$ . con todo lo discutible que tiene este valor, ya que no toma en cuenta el tipo de roca ni su echado, es un buen valor promedio.
- La relación  $B = 1.3 \text{ A}$

## ANALISIS DEL METODO SUECO

- A. En este método no se fija la relación diámetro-altura y se utiliza la relación:

$$q_f = 0.001 \sigma^2$$

si observamos la estructura de ésta fórmula y la comparamos con la carga por metro (q) para un barreno de diámetro conocido y una densidad (d) dada:

$$Q = \frac{\pi \sigma^2}{4} \cdot h \cdot d.$$

si:  $h = 1.00 \text{ m}$  y  $d = 1.27 = 1,270 \text{ kg/m}_3$

entonces:

$$q / m = \frac{\pi \times 1,270}{4} \cdot \sigma^2$$

$$q / m = \frac{1000}{0.001 \sigma^2} \quad (\sigma \text{ en m})$$

$$q / m = 0.001 \sigma^2 \quad (\sigma \text{ en mm})$$

Ambas fórmulas tienen una forma idéntica ya que se trata de la misma fórmula con una densidad 1.27 y las constantes necesarias para conciliar unidades. Por este lado, este método es más lógico que el americano.

- B. Establece, como el método americano, una relación de pata a diámetro con los inconvenientes marcados de no aprovechar totalmente el espacio destinado a explosivos, requiriéndose ajustes posteriores.
- C. Mantiene la separación de cargas de fondo y de columna, lo que ya discutimos en el método americano.
- D. Utiliza los mismos valores, muy probados de:
- El taco
  - La sobrebarrenación
  - $B = 1.3 A$

Podemos utilizar sin temor esta última expresión, pues el experimento de Langefors, que vincula la fragmentación con la relación A/B (como vimos en la fig. 27) nos permitirá sistematizar el ajuste del diseño teórico a las condiciones reales del banco, para obtener el tamaño deseado de la roca volada.

## METODO RACIONAL

Como hemos visto hasta aquí, tanto el método sueco, como el método americano, son muy deleznable en cuanto a su estructura lógica que es poco ingenieril, pues las fórmulas y recetas que los forman son totalmente empíricas y derivadas de la experiencia propia de los autores y solo conducen al diseño del barreno aislado, sin tomar en cuenta, y esto es lo más grave, que dejan de lado variables importantes



como son las características de la roca en el banco y el tamaño, máximo o mínimo de la roca volada. Según estos métodos, una vez diseñado el barreno, como vimos en las secciones, hay que salir al campo y hacer pruebas en el campo para ajustar este diseño a las condiciones reales, pero no dicen como hacerlo en forma metódica.

En el presente momento, la técnica de las voladuras se halla ante la imposibilidad de obtener algoritmos o fórmulas en las que en función de datos como las propiedades elasto-mecánicas de la roca en el banco, el tamaño deseado de la roca, el tipo de explosivos y, en su caso: la geometría de la excavación y el diámetro de los barrenos, obtuviéramos la distribución de barrenos y el consumo de explosivos.

Ante estas circunstancias, enfrentamos el reto proponiendo un sistema de diseño, al que hemos llamado "Método Racional", el que consta de dos etapas:

1. Desarrollo teórico, basado en un mínimo de hipótesis no comprobadas, pero que posteriormente pudieran ajustarse durante la segunda etapa. Aquí pudimos desarrollar la "Educación General de una voladura".
2. Pruebas experimentales, que, por realizarse en el mismo banco por atacar, toman en cuenta las propiedades de la roca y que en forma metódica nos conducen a obtener el tamaño deseado de la roca con el mínimo consumo de explosivos y mínima barrenación. De aquí se dedujo un sistema de vigilancia y control de los resultados de la voladura que nos permite ir variando el diseño y la distribución de los barrenos de acuerdo a la variación de las propiedades de la roca en el banco.

## METODO RACIONAL

(Desarrollado por el Ing. Federico Alcaraz Lozano)

Todas las razones anteriores sugieren desarrollar un método racional basado en un mínimo de suposiciones no demostradas.

## HIPOTESIS ACEPTADAS:

Hipótesis 1:

$T = \text{TACO} = \text{Longitud del tapón} = 40 \text{ } \varnothing$

Para una presión interna dada, la fuerza sobre el barreno es:

$$F = P \times \frac{\pi \varnothing^2}{4} = 1000,000 \times \frac{\pi \varnothing^2}{4}$$

y la resistencia (fricción del taco sobre las paredes, si despreciamos el peso propio) es:

$$T \times \pi \times \varnothing \times f$$

Donde: P es la presión dentro del barreno y f es la fricción por unidad de área, igualando:

$$T \times \Pi \times \varnothing \times f = 1000,000 \times \frac{\Pi \varnothing^3}{4}$$

$$T = \frac{25,000}{f} \varnothing, \quad T = R \varnothing$$

donde R es un factor de proporcionalidad que depende de f. Desafortunadamente no hay información al respecto, tal vez más adelante se puedan hacer algunos experimentos para ratificar la validez de este razonamiento, y por ende los valores de R.

por lo pronto aceptaremos:

$$T = 40 \varnothing$$

Que por lo demás ha demostrado ser un valor confiable.

(Observese que T en metros es igual a  $\varnothing$  en pulgadas).

Hipótesis 2:

Es necesaria una sobrebarrenación (b) con objeto de sacar completamente el material del piso y evitar la formación de patas. El valor de esta sobrebarrenación depende en mucho de la naturaleza y el echado de la roca, como se muestra en la figura y puede variar mucho, este es un factor a considerar en cada caso y debe influir en la aplicación de este método y por lo tanto del diseño del barreno.

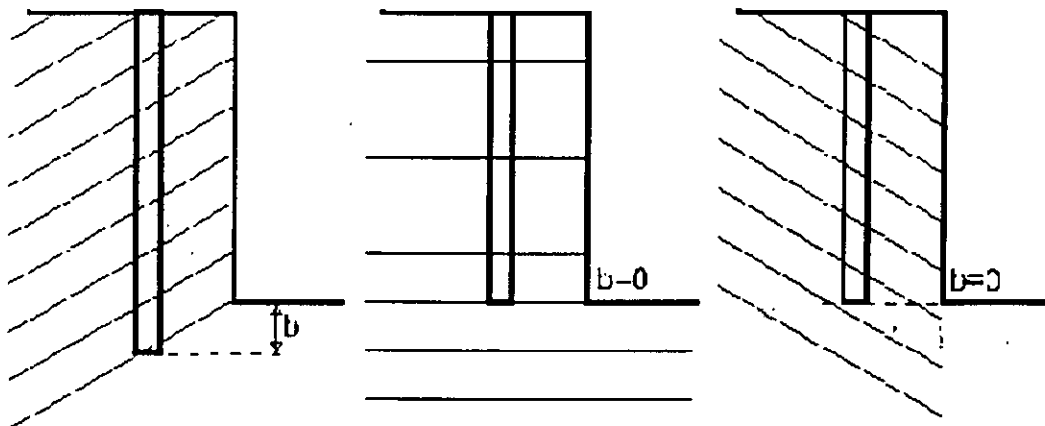


Fig 43: Sobrebarrenación (b) para diferentes echados.

Como no tenemos elementos para calcular esto, aceptaremos como hipótesis el valor usual de

$$(0.3T): b = 0.3 T = 12 \varnothing$$

Con la idea de que este valor puede variar al hacer las pruebas para adaptar el diseño teórico al banco real, o al medir el echado de la roca, variando entonces el valor aceptado en esta hipótesis. Esto lo convierte en una hipótesis temporal.

Hipótesis 3:

El tamaño de la roca producida depende, según lo demostró Langefors, del cociente B/A, lamentablemente esta relación es todavía cualitativa, pues para cuantificarla habrá que desarrollar una ecuación que seguramente dependerá de las características elasto-mecánicas de la roca, de su echado, del tamaño requerido, del consumo y tipo de explosivos del tamaño deseado la roca tronada, etc., y por el momento no sabemos como establecerla.

Sin embargo no podemos eludir la necesidad de obtener roca de una tamaño determinado, pero esto solo lo podremos resolver experimentalmente ya que si no podemos establecer una relación matemática, sí podemos establecerla físicamente, por medio de pruebas en el banco real.

Esto nos obliga a establecer un procedimiento sistemático para adaptar el barrenado al banco real, determinando así, físicamente, la relación entre B/A y el tamaño requerido de la roca.

Por lo pronto aceptamos como 3a. hipótesis el conocido valor:

$$B = 1.3 A$$

Que admitiremos en la etapa teórico del diseño, y que cambiaremos, con el experimento de Lanfegors, en la etapa experimental del diseño.

### RESUMEN DE HIPOTESIS

Solamente aceptaremos, por las razones y con las limitaciones mencionadas las siguientes tres hipótesis:

$$\text{Hipótesis 1: } T = 40 \text{ } \emptyset$$

$$\text{Hipótesis 2: } b = 12 \text{ } \emptyset$$

$$\text{Hipótesis 3: } B = 1.3 A$$

No aceptaremos la división de la carga del barrenado en carga de fondo y carga de columna, porque en la realidad no hay forma fácil de separarlas, además debemos llenar totalmente el barrenado con explosivos (excepto el taco) para aprovechar toda la barrenación y porque en la realidad los barrenos se cargan en forma continua. Consideraremos entonces una sola carga del barrenado, que puede estar formada por dos ( o más ) explosivos de varias densidades.

No aceptaremos tampoco la relación  $A = 40 \text{ } \emptyset$  ya que aceptarla silumtaneamente con la relación  $B = 1.3$  y con el consumo específico conduce a diseños en que el volumen del explosivo no coincide con el volumen del barrenado, requiriéndose ajustes posteriores no siempre compatibles.

## DESARROLLO DEL METODO RACIONAL

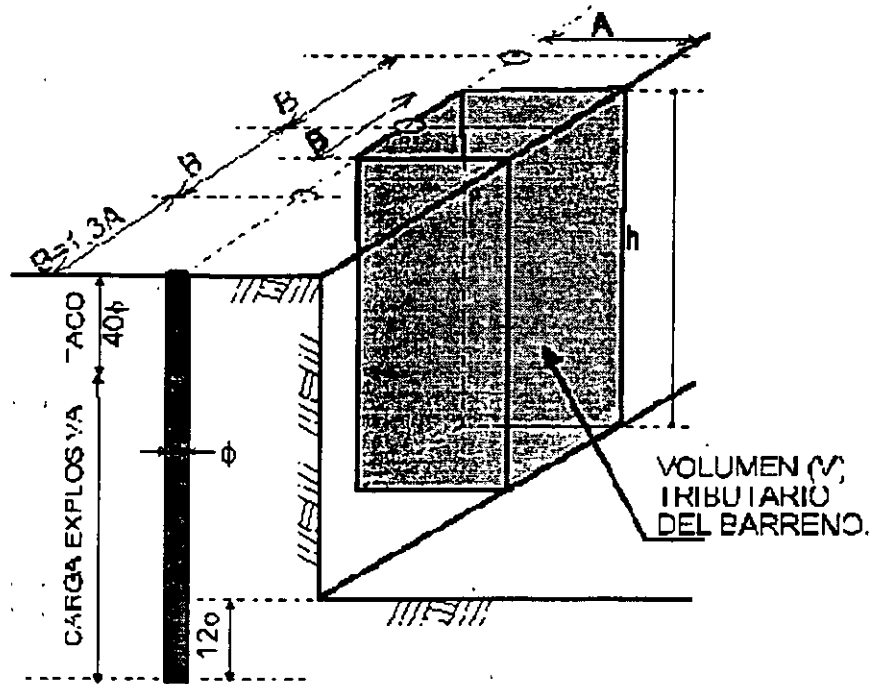


Fig. 11. Hipótesis aceptadas.

1a. parte : Desarrollo Teórico: Hemos aceptado lo siguiente:

Siendo:  $q$  = carga de explosivos por  $m^3$  de carga ( $kg/m^3$ )

$Q$  = carga total del barreno (kg.)

$V$  = volumen tributario de cada barreno ( $m^3$ )

$\phi$  = diámetro (m)

$d$  = densidad

$h$  = altura del frente (m)

entonces:

$$V = A \times B \times h$$

$$V = A \times 1.3 A \times h = 1.3 h A^2$$

También:

$$Q = \frac{\pi \phi^2}{4} (h - 40 \phi + 12 \phi) d$$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} (h - 28 \phi)$$

$$q = \frac{Q}{V} = \frac{\pi d^2 (h - 28 \phi)}{4 \times 1.3 h A^2}$$

$$A = \sqrt{\frac{0.6 d^2 (h - 28 \phi)}{h q}}$$

que llamaremos: "Ecuación General de una voladura."

Como en la segunda parte del diseño (la parte experimental) deberemos evaluar los valores reales de B/A y q, supondremos para este último:  $q = 0.3 \text{ kg/m}^3$

$$A = \sqrt{\frac{2 d^2 (h - 28 \phi)}{h}}$$

que es la forma que manejaremos en adelante.

Ejemplo 4:

Para fines de comparación usaremos un ejemplo similar al usado en los métodos americano y sueco.

$$\phi = 4" = 0.10\text{m}$$

$$h = 10.00\text{m}$$

$$d = 1.35 = 1,350\text{kg/m}^3$$

aplicando la ecuación general de las voladuras, demostrada anteriormente:

$$A = \sqrt{\frac{2 d^2 (h - 28 \phi)}{h}}$$

$$A = \sqrt{\frac{2 \times 1,350 \times 0.10^2 (10.00 - 28 \times 0.10)}{10}}$$

$$A = 4.41\text{m}$$

$$B = 1.3 \times 4.41 = 5.73 = 4.40\text{m}$$

$$H = 10.00\text{m}$$

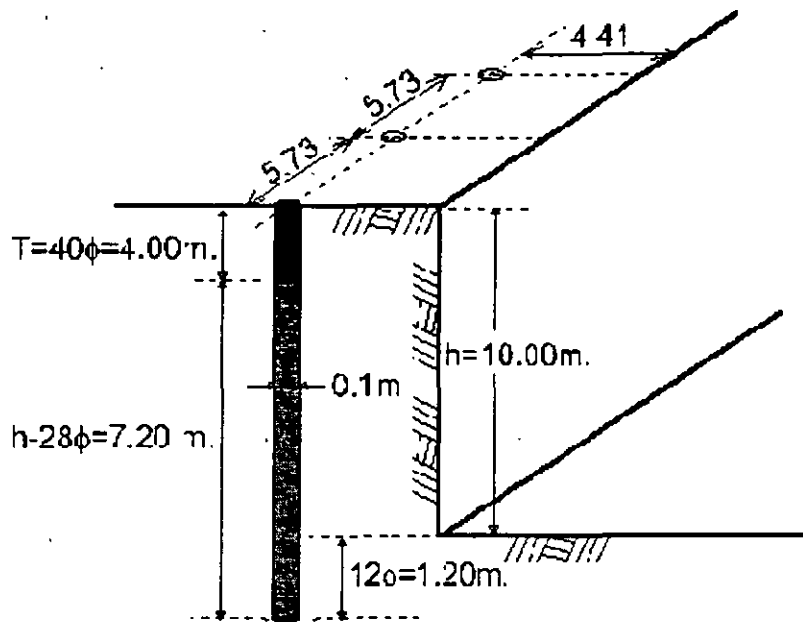


Figura 45.

La voladura quedaría así:

Carga de explosivos:

$$Q = \frac{\pi \times 0.12}{4} \times 7.20 \times 1,350 = 76.34 \text{ kg / barreno}$$

Volumen de roca:

$$V = A \times B \times h = 4.41 \times 5.73 \times 10.00 = 252.7 \text{ m}^3 / \text{barreno}$$

Consumo específico:

$$\frac{76.34}{252.7} = 0.30 \text{ kg / m}^3 \quad \text{O.K.}$$

Valor que era de esperarse pues fue el que usamos para simplificar la "Ecuación General de una Voladura".

Longitud de barrenación:

$$10.00 + 1.20 = 11.20 \text{ m}$$

barrenación específica:

$$\frac{11.20}{252.7} = 0.044 \text{ m de barrenación / m}^3 \text{ de roca}$$

Como ejercicio para comparar los resultados de los tres métodos estudiados se presenta la siguiente tabla:

### RESUMEN DE RESULTADOS

METODO	FIGURA	VALORES				
		A(cm)	B(cm)	q(kg/m <sup>3</sup> )	Barrenación (m/m <sup>3</sup> )	Densidad explosivo.
Americano	41	4.21	5.47	0.35	0.049	1.35
Sueco	38	4.10	5.30	0.36	0.052	1.35
Racional	45	4.41	5.73	0.30	0.044	1.35

Como se ve, los resultados son muy congruentes, sin tener que hacer suposiciones sin fundamento legítimo. Por esta razón a nuestro método lo hemos llamado "Método Racional".

Falta, como dijimos al principio de este capítulo, realizar las pruebas de campo para ajustar nuestro diseño a las condiciones de banco y a las características de la roca a obtener, lo que haremos en la sección.

Ejemplo 5:

$$\varnothing = 1 \frac{5}{8}'' = 0.041 \text{ m}$$

$$h = 6.00 \text{ m}$$

Explosivo: Anfomex BD

$$d = 0.60 = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \sqrt{\frac{2 \times 600 \times 0.041^2 (h - 28 \times 0.041)}{h}} = 1.28 \text{ m} = 1.30 \text{ m}$$

$$B = 1.3 \times 1.28 = 1.66 = 1.65 \text{ m}$$

$$h - 28 \theta = 6.00 - 28 \times 0.041 = 4.85 \text{ m}$$

$$T = 40 \varnothing = 40 \times 0.041 = 1.64 = 1.65 \text{ m}$$

$$b = 0.3 \times 1.64 = 0.49 = 0.50 \text{ m}$$

La voladura quedará así:

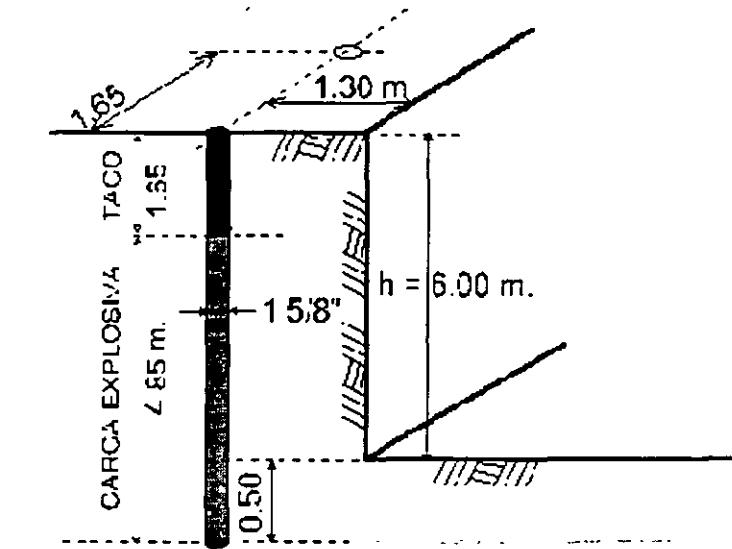


Figura 46

Carga del barreno:

$$Q = \frac{\pi \times 0.041^2}{4} \times 4.85 \times 600 = 3.84 \text{ kg / barreno}$$

TABLA DE VALORES DE A

VALORES DE A (mt) PARA d = 0.60 (ANFOMEX BD)



Diám. Pig.	h= Altura del frente (mt.)								
	3.00	6.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00
1 ½	1.06	1.19	1.23						
2	1.26	1.52	1.57	1.61					
2 ½	1.40	1.83	1.93	1.98	2.05				
3		2.09	2.23	2.31	2.41	2.46			
4		2.53	2.79	2.94	3.12	3.21	3.26		
5			3.25	3.49	3.79	3.93	4.02	4.07	4.14
6				3.96	4.41	4.62	4.74	4.82	4.92

VALORES DE A (mt) PARA d = 0.65 (SUPERMEXAMON D, vaciado a mano)

Diám. Pig.	h= Altura del frente (mt.)								
	3.00	6.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00
1 ½	1.10	1.24	1.28						
2	1.32	1.58	1.64	1.67					
2 ½	1.46	1.91	2.01	2.06	2.13				
3		2.18	2.32	2.40	2.51	2.56			
4		2.63	2.91	3.06	3.25	3.34	3.40		
5			3.38	3.63	3.95	4.09	4.18	4.24	4.31
6				4.12	4.59	4.81	4.93	5.02	5.12

VALORES DE A (mt) PARA d = 0.75 (SUPERMEXAMON D, soplado neumáticamente)

Diám. Pig.	h= Altura del frente (mt.)								
	3.00	6.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00
1 ½	1.18	1.33	1.37						
2	1.41	1.70	1.76	1.80					
2 ½	1.57	2.05	2.15	2.21	2.29				
3		2.34	2.49	2.58	2.69	2.75			
4		2.83	3.12	3.29	3.49	3.59	3.65		
5			3.63	3.90	4.24	4.40	4.49	4.55	4.62
6				4.42	4.93	5.16	5.30	5.39	5.50

VALORES DE A (mt) PARA d = 0.80 (MEXAMON, ANFOMEX X,Y NA-AC)

Diám. Pig.	h= Altura del frente (mt.)								
	3.00	6.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00
1 ½	1.22	1.38	1.42						
2	1.46	1.75	1.82	1.85					
2 ½	1.62	2.12	2.22	2.29	2.37				
3		2.42	2.58	2.67	2.78	2.84			
4		2.92	3.22	3.39	3.61	3.71	3.77		
5			3.75	4.03	4.38	4.54	4.64	4.70	4.78
6				4.57	5.09	5.33	5.47	5.56	5.68

VALORES DE A (mt) PARA d = 1.10 (TOVEX 100)

Diám. Pig.	h= Altura del frente (mt.)								
	3.00	6.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00
1 ½	1.43	1.62	1.66						
2	1.71	2.05	2.13	2.17					
2 ½	1.90	2.48	2.61	2.68	2.78				
3		2.84	3.02	3.13	3.26	3.33			
4		3.43	3.78	3.98	4.23	4.35	4.42		
5			4.40	4.73	5.13	5.33	5.44	5.51	5.60
6				5.36	5.97	6.25	6.42	6.52	6.66

VALORES DE A (mt) PARA d = 1.20 (TOVEX 700, TOVEX P Y GODYNE)

Diám. Pig.	h= Altura del frente (mt.)								
	3.00	6.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00
1 ½	1.50	1.69	1.73						
2	1.79	2.14	2.22	2.27					
2 ½	1.98	2.59	2.72	2.80	2.90				
3		2.96	3.16	3.27	3.41	3.48			
4		3.58	3.95	4.16	4.42	4.54	4.62		
5			4.59	4.94	5.36	5.56	5.68	5.76	5.85
6				5.60	6.24	6.53	6.70	6.81	6.95

VALORES DE A (mt) PARA d = 1.35 (TOVEX EXTRA)

Diám. Pig.	h= Altura del frente (mt.)								
	3.00	6.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00
1 ½	1.59	1.79	1.84						
2	1.90	2.27	2.36	2.41					
2 ½	2.10	2.75	2.89	2.97	3.08				
3		3.14	3.35	3.46	3.61	3.69			
4		3.79	4.19	4.41	4.69	4.82	4.90		
5			4.87	5.24	5.69	5.90	6.02	6.10	6.20
6				5.94	6.61	6.93	7.11	7.23	7.37

## VALORES DE A (mt) PARA d = 1.60 (TOVAL)

Diám. Pig.	h= Altura del frente (mt.)								
	3.00	6.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00
1 ½	1.73	1.95	2.00						
2	2.07	2.48	2.57	2.62					
2 ½	2.29	2.99	3.15	3.23	3.35				
3		3.42	3.64	3.77	3.93	4.01			
4		4.13	4.56	4.80	5.10	5.25	5.33		
5			5.30	5.70	6.19	6.42	6.56	6.65	6.75
6				6.46	7.20	7.54	7.74	7.87	8.03

Ejemplo 6: Cargas mixtas

$$\varnothing = 2 \frac{1}{2}'' = 0.063 \text{ m}$$

$$h = 9.00 \text{ m}$$

La carga será mixta y consistirá en un 20 % de explosivo de alta densidad en el fondo (Tovex 100) y el resto de la carga (80%) con nitratos de amonio (Mexamón o NA-AC)

$$d \text{ Tovex} = 1.10$$

$$d \text{ Mexamón} = 0.80$$

promedio pesado:

$$1.10 \times 0.20 + 0.80 \times 0.80 = 0.86 = 860 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \sqrt{\frac{2 \times 860 \times 0.063^2 (10.00 - 28 \times 0.063)}{10}} = 2.37 = 2.40 \text{ m}$$

$$B = 1.3 \times 2.37 = 3.08 = 3.10 \text{ m}$$

La voladura quedará así:

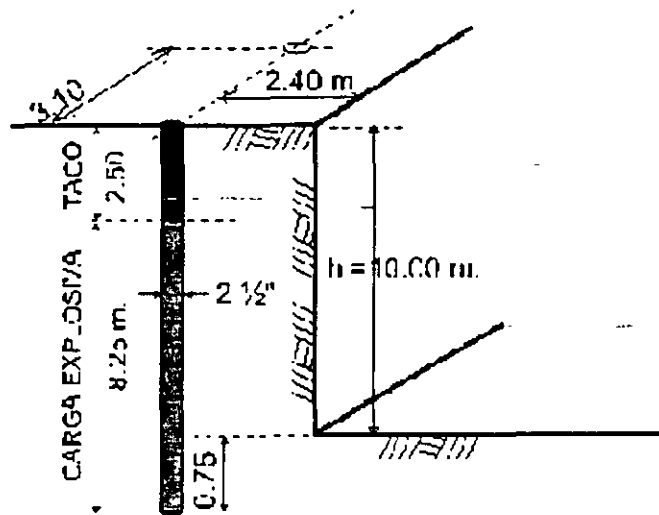


Figura 47.

Carga pesada del barreno:

$$Q = \frac{\pi \times 0.063^2}{4} \times 8.25 \times 860 = 22.12 \text{ kg / barreno}$$

$$\text{Peso del Tovex} = 22.12 \times 0.20 = 4.42 \text{ kg / barreno}$$

$$\text{Peso del Mexamón} = 22.12 \times 0.80 = 17.70 \text{ kg / barreno}$$

2a. parte del método racional, pruebas experimentales:

En esta parte describiremos como ajustar el barreno teórico al banco real y tomar en cuenta la granulometría requerida de la roca y sus características en el banco, que hasta esta etapa no se han

considerado.

En la hipótesis 3 del Método racional establecimos lo siguiente:

- a. Por el momento no es posible establecer una ecuación que relacione el diseño del barreno con las características del banco y las de la roca a obtener.
- b. Esta relación si se puede establecer físicamente por medio de pruebas.

Por lo de la 2a. parte del método racional, consiste en prueba que permiten ajustar el barreno para obtener roca del tamaño requerido y, simultáneamente, usar la cantidad mínima de explosivos.

Esta pruebas, además, han sido extensamente usadas con resultados altamente satisfactorios.

### PRUEBAS PARA OBTENER EL TAMAÑO REQUERIDO

Recordaremos que al aumentar la relación B/A, disminuye el tamaño de la roca y viceversa; y que para el diseño del barreno usamos B/A = 1.3, por ello, para ajustar el barreno al banco debo saber si quiero roca grande o chica.

En el ejemplo 4, si pondremos que se requiere roca chica, de 0.50m, para lo que necesitamos aumentar B/A a partir de 1.3; se sugiere:

En la prueba 1: B/A = 1.3

En la prueba 2: B/A = 1.5

En la prueba 3: B/A = 1.7

En la prueba 4: B/A = 1.9

En la prueba 5: B/A = 2.1

En esta etapa mantendremos constante el consumo de explosivos por lo que:

$$A \times B = A' \times B' = \text{constante}$$

Pues de esta manera el barreno mantiene fijo su volumen tributario:

Diseño de las pruebas:

Para la prueba 2 (B/A = 1.5):

Del ejemplo 4:

$$B \times A = 5.73 \times 4.41 = 25.27 \text{ m}^2 \text{ (ver fig. 45)}$$

$$\text{Como } \frac{B'}{A'} = 1.5:$$

$$B' = 1.5 A' \text{ y}$$

$$A' \times B' = 25.27$$

Sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas que resolveremos a continuación:

Substituyendo B' en la segunda ecuación:

$$A' \times B' = A' \times 1.5A' = 25.27$$

$$A' = \sqrt{\frac{25.27}{1.5}} = 4.10 \text{ m.}$$

$$B' = 1.5 A' = 1.5 \times 4.10 = 6.16 \text{ m}$$

Comprobación:

$$B' \times A' = 4.10 \times 6.16 = 25.27 \text{ O.K.}$$

$$B/A = 6.16/4.10 = 1.5 \text{ O.K.}$$

De forma semejante:

$$\text{Para } B/A = 1.7: A' = 3.85 \text{ m; } B' = 6.55 \text{ m}$$

$$\text{Para } B/A = 1.9: A' = 3.65; B' = 6.93 \text{ m}$$

$$\text{Para } B/A = 2.1: A' = 3.47; B' = 7.28 \text{ m}$$

valores que también pueden calcularse con las siguientes fórmulas generales:

$$A' = \sqrt{\frac{A \times B}{R}}$$

$$B' = A'R$$

Donde  $R = B/A$

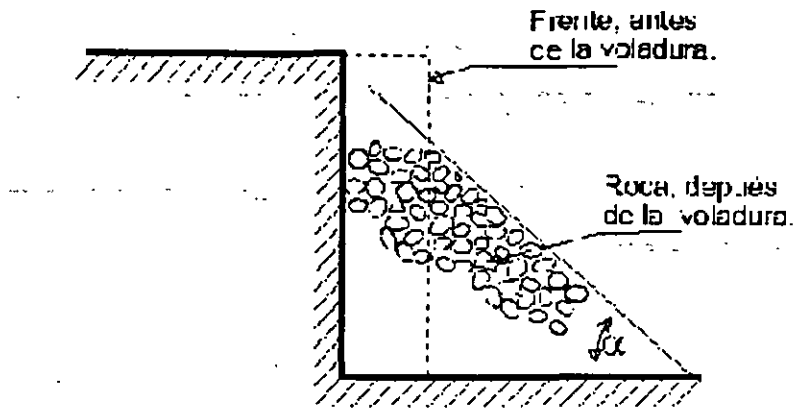


Fig. 4B: El ángulo  $\alpha$  debe ser  $45^\circ$ , si es mayor falta explosivo y es probable que la roca no rompa bien. Si es menor sobran explosivos y habrán muchas proyecciones.

Con estos valores se hacen las pruebas (6 a 10 barrenos cada una) físicamente en el banco, observando las proyecciones, el tamaño de la roca y el ángulo del montón de roca después de la voladura.

Supondremos que hicimos las pruebas 1 a 5, y que obtuvimos los siguientes valores:

$R = B'/A'$	Tamaño de la roca	$\alpha$	Proyecciones
1.3	1.00	$55^\circ$	Muchas
1.5	0.80	$52^\circ$	Muchas
1.7	0.50	$50^\circ$	Regular
1.9	0.40	$47^\circ$	Regular
2.1	0.35	$45^\circ$	Pocas

Resultado de las pruebas para determinar la relación  $B/A$  que nos produzca el tamaño deseado de la roca.

Estos resultados indican que debemos usar una relación  $B'/A' = 1.7$ , pues es la relación que nos da el tamaño deseado de la roca (0.50m), por lo pronto quedará:

$$A' = 3.85 \text{ m}$$

$$B' = 6.55 \text{ m}$$

Pero los resultados de la prueba también nos dicen que el ángulo  $\alpha$  es mayor de  $45^\circ$ , por lo que hay escasez de explosivos, por lo tanto tendremos que aumentar el consumo como se muestra a continuación.



## PRUEBAS PARA AJUSTAR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS

Siguiendo con el mismo ejemplo:

Como hay escasez de explosivos, deberemos reducir la separación entre barrenos, para aumentar el consumo específico de explosivos, pero conservando la relación  $B/A = 1.7$ , que nos produce la roca de 0.50m. que deseamos obtener en la voladura.

Para ello haremos pruebas nuevamente con consumos específicos un poco mayores, en este caso usaremos consumos específicos (q) 105%, 110% y 115% mayores que el consumo original. Para lograr esto usaremos las fórmulas:

$$A' = \frac{A}{\sqrt{C}} \text{ y } B' = \frac{B}{\sqrt{C}}$$

$$\text{donde: } C = \frac{\text{Consumo para el nuevo porcentaje}}{\text{Consumo original}}$$

La demostración de estas fórmulas es muy sencilla, ya que si dividimos  $B'$  entre  $A'$ , obtendremos:

$$\frac{B'}{A'} = \frac{\sqrt{C}B}{\sqrt{C}A} = \frac{B}{A}$$

con lo que no se ha variado la relación  $B/A$ , y por lo tanto mantenemos el tamaño de la roca volada.

Por otra parte, si calculamos el volumen tributario del barreno:

$$V' = A' \times B' \times h = \frac{A}{\sqrt{C}} \frac{B}{\sqrt{C}} h = \frac{V}{C}$$

observamos que el volumen tributario se ha reducido procesamente en la cantidad  $C$ , y al no cambiar la carga del barreno la carga específica se ha aumentado también en la misma cantidad  $C$ .

Nótese que en el caso que tuviéramos exceso de explosivos la cantidad  $C$  sería menor que 1, y por lo tanto, aumentaría el volumen tributario del barreno y disminuiría la carga específica (q).

Apliquemos esto.

Para (1.05: (prueba 6):

$$A' = \frac{A}{\sqrt{C}} = \frac{3.85}{\sqrt{1.05}} = 3.76m$$

$$B' = \frac{B}{\sqrt{C}} = \frac{6.55}{\sqrt{1.05}} = 6.39m$$

comprobación:

$$\frac{A \times B}{A' \times B'} = \frac{3.85 \times 6.55}{3.76 \times 6.39} = 1.05 \quad O.K.$$

$$\frac{B'}{A'} = \frac{6.39}{3.76} = 1.70 \quad O.K.$$

De la misma manera:

Para C = 1.10 (prueba 7): A = 3.67m; B = 6.25m.

Para C = 1.15 (prueba 8): A = 3.59m; B = 6.11m.

Con estas separaciones, y el mismo diseño del barreno, realizaremos nuevamente pruebas en el banco, observando el ángulo  $\alpha$  y las proyecciones, obteniéndose los siguientes resultados:

C	A	B	$\alpha$	Proyecciones
1.05	3.76	6.36	45°	Regular
1.10	3.67	6.25	50°	Pocas
1.15	3.59	6.11	55°	Pocas

Resultado de las pruebas para ajustar el consumo específico de explosivos.

Evidentemente el resultado adecuado es el primero, quedando, finalmente:

$$A = 3.76m \quad B = 6.39m$$

Como se muestra en la figura.

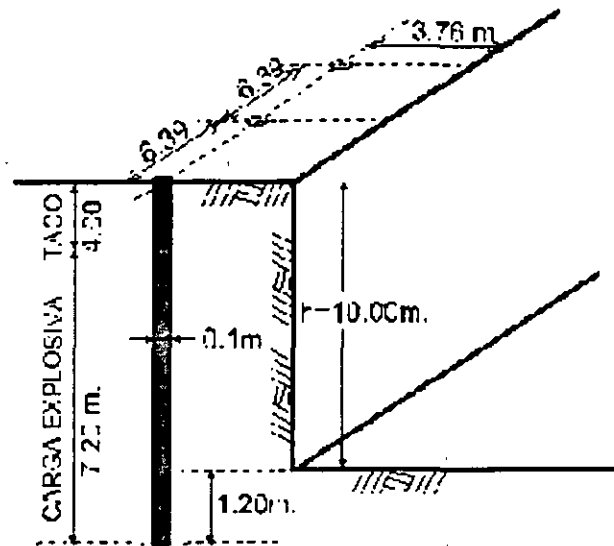


Fig. 49. Diseño final con el método racional, donde hemos asegurado el tamaño deseado de la roca, el consumo mínimo de explosivos y la mínima barrenación

De la figura 49, calculamos:

$$V_{\text{final}} = 3.76 \times 6.39 \times 10.00 = 240.26 \text{ m}^3$$

Como la carga por barrenado es:  $Q = 74.34 \text{ kg/barreno}$ , y su longitud es  $11.20 \text{ m}$ , entonces:

$$\text{Carga específica (q)} = 74.34 \text{ kg} / 240.26 \text{ m}^3 = 0.31 \text{ kg de explosivo/m}^3$$

$$\text{Barrenación específica} = 11.20 \text{ m} / 240.26 \text{ m}^3 = 0.047 \text{ m/m}^3$$

Con estos datos, y como un ejercicio más completo, hagamos la comparación de los métodos americano, sueco, racional y el racional ajustado. Para ello completemos la tabla 13 con esta nueva información, lo que forma la tabla 17:

#### TABLA 17. NUEVO RESUMEN DE RESULTADOS

Método	Figura	Valores				
		A (m)	B (m)	q(kg/m <sup>3</sup> )	Barrenación (m/m <sup>3</sup> )	Densidad explosivos
Americano	41	4.21	5.47	0.35	0.049	1.35
Sueco	38	4.10	5.30	0.36	0.052	1.35
Racional	45	4.41	5.73	0.30	0.044	1.35
Racional ajustado	49	3.76	6.39	0.31	0.047	1.35

Como se ve en la tabla 17, los valores de la carga específica y de la barrenación específica son congruentes en todos los métodos, pero el "Método Racional", además de ser de muy sencilla aplicación y de no estar basado en suposiciones sin comprobar, nos aporta un procedimiento de ajuste del barreno. De esta manera podemos alcanzar, en cualquier banco, los objetivos de una buena voladura que nos fijamos en la sección 3.2: obtener el tamaño deseado de la roca volada, consumo mínimo de explosivos, mínima barrenación, mínimas proyecciones de la roca y fracturación mínima de la roca no volada. Además nos permite hacer ajustes a la par que avanzamos en la explotación del banco, lo que veremos a continuación.



## CONSULTORES EN EXPLOSIVOS

### OPERACION DURANTE LAS VOLADURAS

Los bancos no son uniformes, por lo que tendremos que ir cambiando el diseño conforme a las variaciones del banco.

Con la ventaja de que ahora sabemos que en cada voladura debemos observar:

1. El tamaño de la roca, que, si es mayor que lo previsto no hará aumentar B/A
2. El ángulo  $\alpha$  y las proyecciones, que, al aumentar no hará aumentar el consumo de explosivos

Las patas y el echado. Si hay patas habrá que aumentar la sobrebarrenación o usar un explosivo más potente en el fondo.

TABLA V

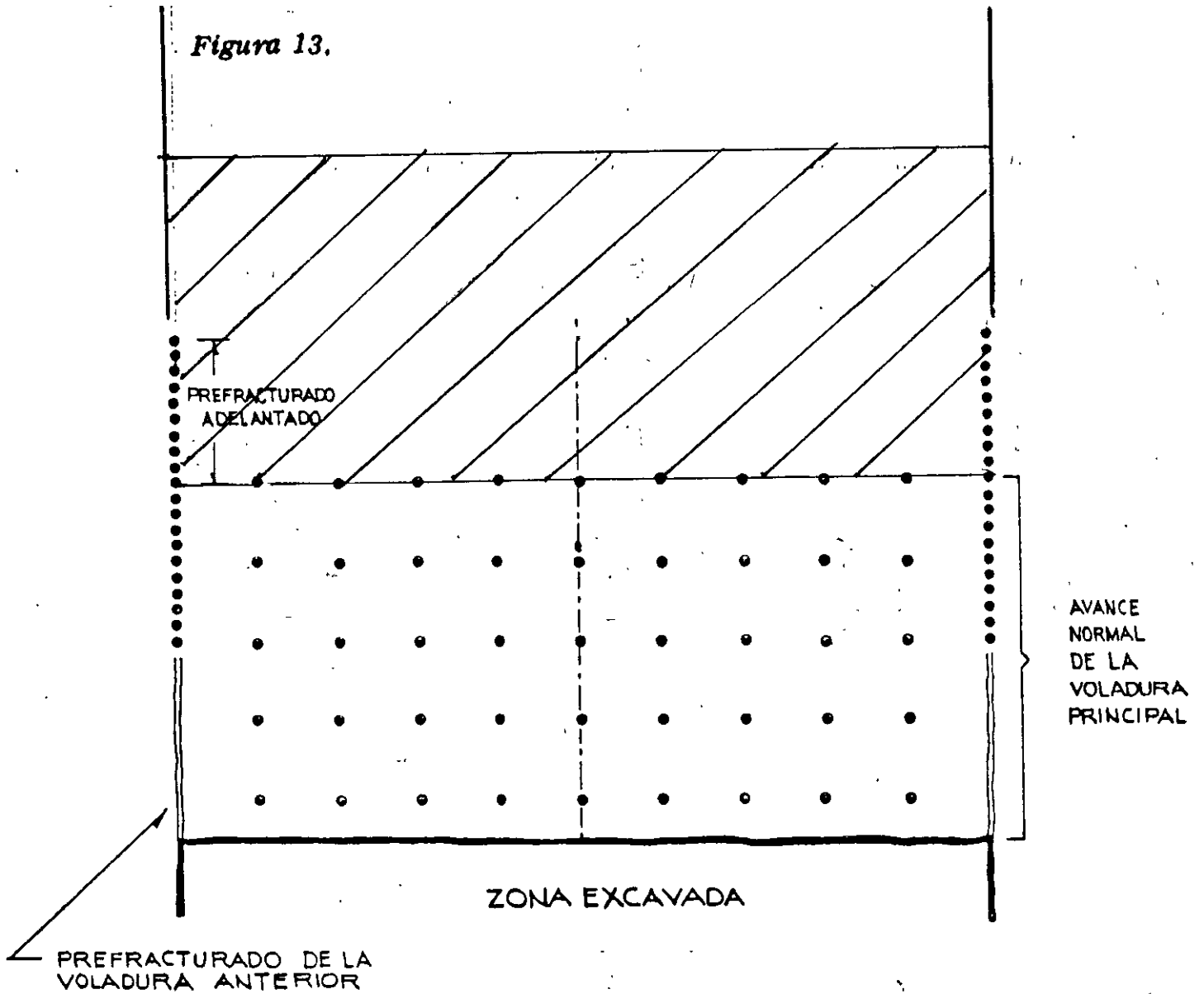
CARGAS Y ESPACIAMIENTOS PROPUESTOS PARA  
EL PREFRACTURADO.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS.	CARGA EXPLOSIVA EN LBS./PIE (1)(2)	ESPACIAMIENTO EN PIES ( 1 )
$1 \frac{1}{2} - 1 \frac{3}{4}$	0.08 - 0.25	$1 - \frac{1}{2}$
$2 - 2 \frac{1}{2}$	0.08 - 0.25	$1 \frac{1}{2} - 2$
$3 - 3 \frac{1}{2}$	0.13 - 0.50	$1 \frac{1}{2} - 3$
4	0.25 - 0.75	2 - 4

( 1 ) . - *Dependen de la naturaleza de la roca.*

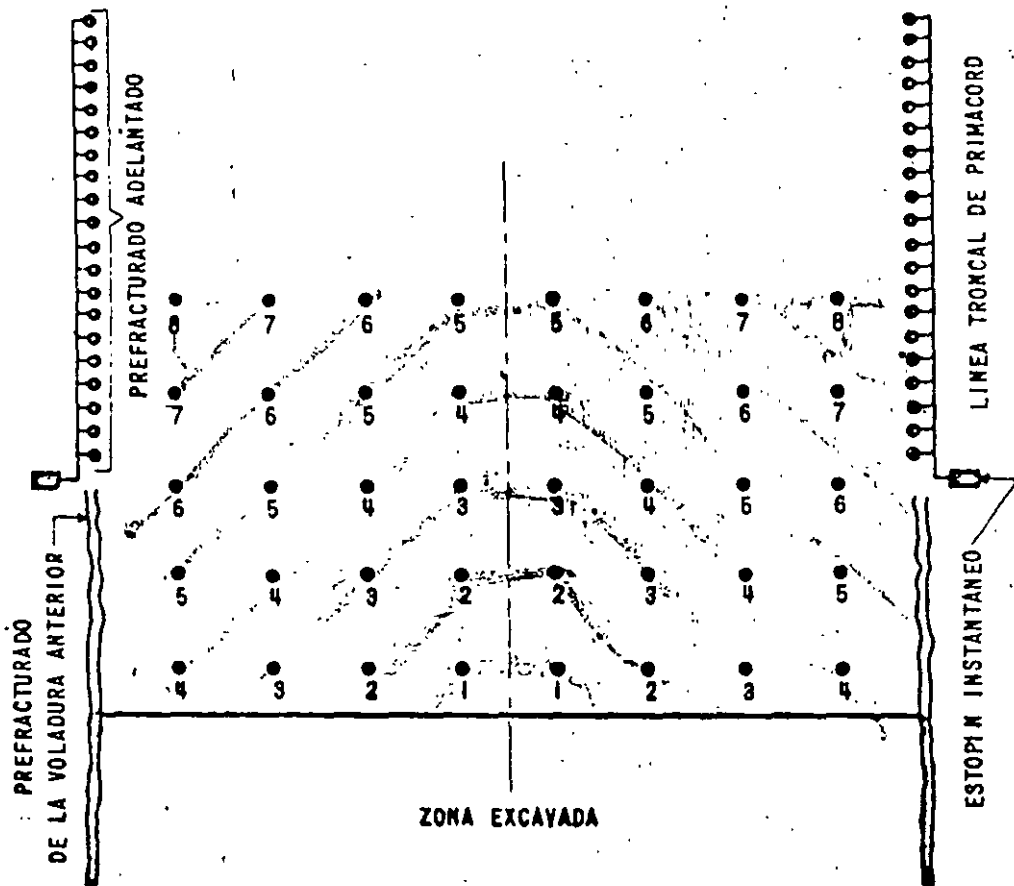
( 2 ) . - *El diámetro del cartucho debe ser igual  
ó menor que la mitad del diámetro del  
barreno.*

Figura 13.



PROCEDIMIENTO RECOMENDADO  
PARA  
EL PREFRACTURADO

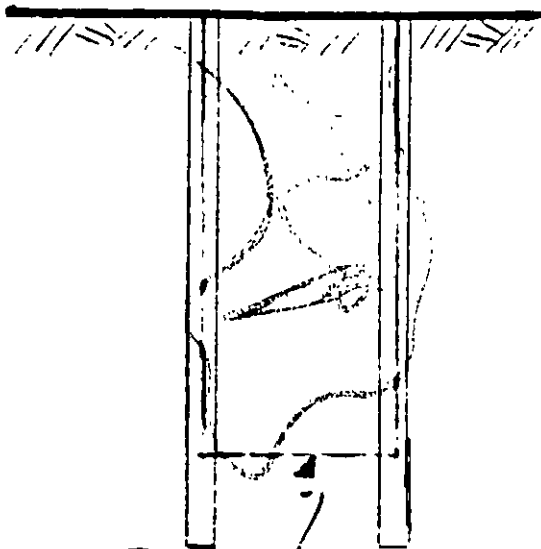
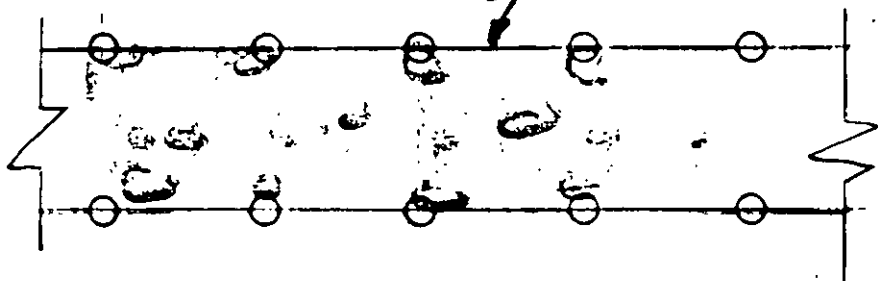
FIGURA 14



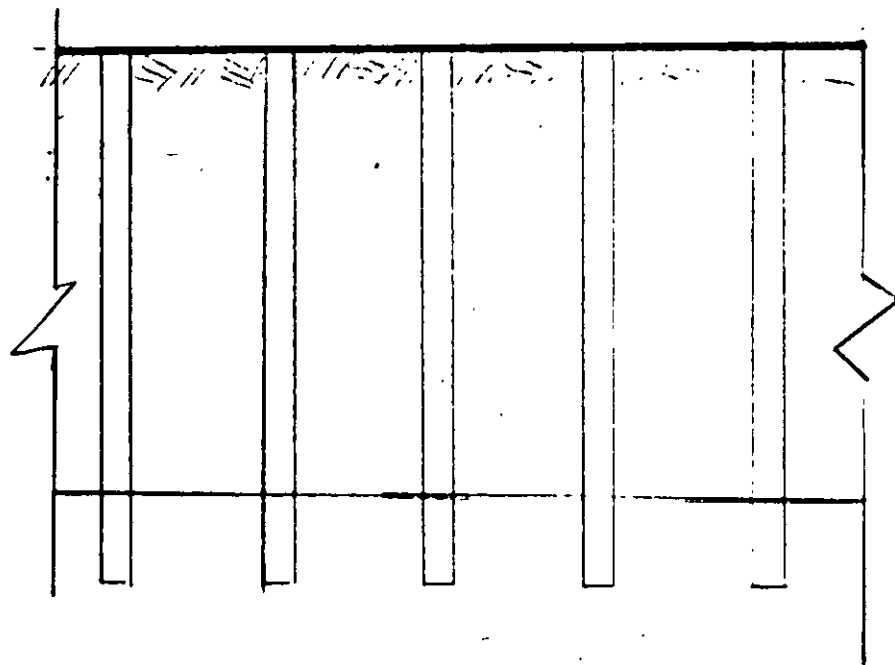
## PROCEDIMIENTO

DE EXPLOSIONES RETRASADAS DURANTE  
LA VOLADURA PRINCIPAL EN EL PREFRACTURADO

Proyecto



Proyecto



EXCAVACION DE ZANJAS CON PREFRACTURA



Con esto hemos asegurado las características de una buena voladura:

- Granulometría requerida.
- Consumo mínimo de explosivos.
- Mínima barrenación.
- Mínimas proyecciones.
- Mínimo daño a la roca detrás de la voladura.

### 3.11) OPERACION DURANTE LAS VOLADURAS

Los bancos no son uniformes, por lo que tendremos que ir cambiando el diseño conforme a las variaciones del banco. - Con la ventaja de que ahora sabemos que en cada voladura debemos observar:

1) El tamaño de la roca, que, si es mayor que lo previsto nos hará aumentar B/A ( inciso 3.10.2.1. ).

2) El ángulo y las proyecciones, que, al aumentar, nos hará aumentar el consumo de explosivos ( inciso 3.10.2.2. ).

3) Las patas y el echado. (ver hipótesis 2 en inciso 3.9). Si hay patas habrá que aumentar la sobrebarrenación o usar un explosivo más potente en el fondo ( ver ejemplo 7 en el inciso 3.10.1 ).



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO “GERENCIA DE PROYECTOS”  
23 AL 25 DE SEPTIEMBRE DE 1999  
DECFI – ICA**

**Módulo IV  
CONSTRUCCION**

**“CONSTRUCCION DEL METRO”**

Ing. Jesús Franco Ortega

Palacio de Minería 1999



## **INDICE**

**I.- PRESENTACIÓN**

**II.- ANTECEDENTES CONSTRUCTIVOS DEL METRO**

**III.- METODOS Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS**

**IV.- DEFINICION DE UN "PROYECTO TIPO" DE TRANSPORTE  
COLECTIVO**

**V.- PRUEBAS; PUESTA EN MARCHA Y ENTREGA DEL PROYECTO**

**VI.- ELEMENTOS BASICOS Y ESTRATEGIA OPERATIVA DE UNA LINEA**

**VII.- PLAN MAESTRO DEL METRO**

**VIII.- PANORAMA INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION,  
FINANCIAMIENTO Y CONCESIONES EN EL CAMPO DE LOS  
TRANSPORTES FERROVIARIOS**

**IX.- CONCLUSIONES GENERALES**

**ANEXO: EL METRO EN NUMEROS**



## **I.- PRESENTACION**

*El Sistema de Transporte Colectivo "METRO" es una empresa pública descentralizada del Gobierno de la Ciudad y para quienes trabajamos en ella constituye un orgullo ser parte de la misma, porque sentimos que el Metro es mucho más que un conjunto de instalaciones y tecnología es un elemento vivo, incorporado a la Ciudad, al servicio de sus habitantes, durante los últimos 30 años.*

*La historia del Metro se enmarca en el inicio de la década de los años 60's durante el proceso de modernización de la Ciudad. No fue tarea fácil. Se consideraba imposible la construcción de un transporte subterráneo precisamente en la capital de México, cuyo subsuelo hacía impensable el proyecto.*

*Para fortuna nuestra, se conjugaron como factores definitivos el genio del Ing. Bernardo Quintana, figura notable de la ingeniería civil con la disciplina y la decisión del General Don Alfonso Corona del Rosal, entonces jefe del Departamento del Distrito Federal; así como el total del respaldo político que dio el Presidente en turno.*

*Un proyecto de esta naturaleza requería, además de la mejor tecnología de operación disponible entonces y de un esquema de financiamiento que garantizara su viabilidad a largo plazo.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

*El crédito del Gobierno Francés , junto con el apoyo técnico del Metro de París, probaron ser la fórmula del éxito al combinarse con la ingeniería civil mexicana y el entusiasmo de cientos de servidores públicos y trabajadores mexicanos.*

*Desde su inauguración, el 4 de septiembre de 1969, el Metro ha transportado a más de 30 mil millones de usuarios. Ellos han hecho suyo este sistema de transporte y lo han convertido en factor cotidiano de sus vidas; lo sienten como propio y por ello lo respetan, lo cuidan y esto nos compromete con nuestros usuarios para brindar un servicio de excelencia.*

*Nos acercamos al final del siglo y por nuestras líneas transitan 294 trenes que recorren, diariamente, dos veces y media la circunferencia de la Tierra en los 178 kilómetros de vías que intercomunican las distintas zonas de la ciudad. A partir de 1998 se han sumado gradualmente los nuevos trenes de última generación, los FM 95 de la Línea "A" y como el mas reciente proyecto podemos mencionar los 23 kilómetros de la Línea "B", actualmente en construcción, que correrá desde Buenavista, en el centro de la Ciudad, hasta San Cristóbal Ecatepec, en el Estado de México, cuya puesta en operación en su primera fase (Buenavista-Aragón) será a finales de 1999*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



## **UN METRO PARA LA CIUDAD DE MEXICO (ARRANQUE DEL PROYECTO)**

*La idea de construir en la Ciudad de México un tren subterráneo aparece por primera vez en 1958, a fines de la administración del Presidente Adolfo Ruiz Cortínez. Entonces fue desechada no sólo por la magnitud de la inversión que hubiese requerido y las limitaciones financieras que enfrentaba el país, sino también por las dificultades técnicas de su construcción, impuestas por las características del subsuelo de la Ciudad y por el hecho de encontrarse ésta asentada en una zona altamente sísmica.*

*Uno de los principales promotores del proyecto para construir un Metro en la Ciudad de México fue el Ingeniero Bernardo Quintana, al frente de Ingenieros Civiles y Asociados, ICA. A partir de 1958, ICA realiza una serie de estudios que permitirían elaborar un anteproyecto y más tarde el proyecto de construcción de un Metro para la Ciudad de México. Entre ellos destacan los siguientes: las características y el comportamiento del subsuelo de la Ciudad de México; el hundimiento de la Ciudad y la forma de contrarrestarlo en las construcciones subterráneas y de superficie; un análisis crítico de la construcción, instalaciones y operación de los 33 principales metros en el mundo, y un estudio de la situación de la red vial de la Ciudad y de sus perspectivas. Al mismo tiempo, el Grupo de Empresas ICA adquiría una importante experiencia con la construcción de obras civiles en la Ciudad, como el drenaje profundo, que le permitió desarrollar una serie de soluciones técnicas aplicables a la eventual construcción del Metro.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*En cuanto a la solución de la restricción financiera, la participación del Licenciado Carlos Abedrop Dávila fue estratégica. Se propuso un esquema de financiamiento similar al que ICA había empleado en la construcción del sistema hidroeléctrico de Infiemillo, obtenido en Francia. La construcción de Infiemillo y la del Metro coincidieron en el tiempo con la activación de una política del Gobierno Francés, presidido por el general Charles De Gaulle, de acercamiento con los países latinoamericanos tanto en lo político como en lo económico.*

*El anteproyecto de construcción del Metro fue por fin presentado al Presidente Adolfo López Mateos por el ingeniero Bernardo Quintana. El Presidente dio instrucciones para que se le turnara al Regente de la Ciudad, Licenciado Ernesto P. Uruchurtu. Paralelamente, ordenó a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que dictaminara sobre la posibilidad de construir un Metro subterráneo en la Ciudad de México. El dictamen de la Secretaría fue positivo, pero el Licenciado Uruchurtu rechazó el anteproyecto. Sus razones fueron fundamentalmente las siguientes: en el corto plazo, el costo de construcción de un tren subterráneo era significativamente más alto que el de construir vías rápidas de superficie para vehículos; además, ninguna ciudad había optado por esta solución al transporte público por aquellos años y, de las que ya contaban con un Metro ninguna había ampliado su red durante las tres décadas anteriores. Uruchurtu consideraba que el modelo de la ciudad del futuro estaba ejemplificado en la ciudad estadounidense de Los Angeles.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*El cambio de administración da un nuevo aliento a las perspectivas del Metro. Sin embargo, el Presidente Gustavo Díaz Ordaz ratifica a Uruchurtu en su cargo. La promoción del proyecto queda, pues, en suspenso; no obstante ello, ICA continúa poniendo al día y ampliando el anteproyecto.*

*Al inicio de la administración del Presidente Díaz Ordaz, se reciben diversas propuestas de compañías extranjeras que ofrecen sus servicios para realizar estudios de factibilidad para la construcción de un Metro en la Ciudad de México. En caso de resultar viable, ofrecían también los proyectos de construcción. Ninguna de estas propuestas fue aceptada.*

*En octubre de 1966 renuncia el Licenciado Uruchurtu y es nombrado como nuevo Regente del Distrito Federal el General Alfonso Corona del Rosal. De inmediato se retoma la propuesta del proyecto para un Metro.*

*El ingeniero Bernardo Quintana busca la intervención del Secretario de la Presidencia, el Licenciado Emilio Martínez Manatou, quien gira instrucciones al licenciado Emilio Mújica Montoya, Director General de Planificación Económica, para concertar la presentación del proyecto al Regente del Distrito Federal.*

*El General Corona del Rosal sometió a revisión el anteproyecto, obteniendo un dictamen positivo. El regente manifestó al ingeniero Quintana su interés de que el proyecto no se dividiera en varios contratos y de que el Grupo de Empresas ICA se responsabilizase de llevar a buen término los trabajos. Es así como, en febrero de 1967, ICA constituye la empresa Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano (ISTME), la cual tendría a su cargo la realización del proyecto.*





**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

*El 29 de abril de 1967 se publica en el Diario Oficial el decreto presidencial mediante el cual se crea un organismo público descentralizado; el Sistema de Transporte Colectivo, con el propósito de construir, operar y explotar un tren rápido con recorrido subterráneo y superficial para el transporte público en el Distrito Federal; el 15 de junio, se celebra el contrato de ingeniería entre el Sistema de Transporte Colectivo e Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano para el proyecto de la primera etapa del Metro de la Ciudad de México; al día siguiente, mediante boletín de prensa, el Regente del Distrito Federal anuncia públicamente el inicio de la obra.*

*El 19 de junio de 1967, en el cruce de la avenida Chapultepec con la calle de Bucareli, el General Corona del Rosal preside la ceremonia de inauguración de las obras del Metro de la Ciudad de México. Así se da inicio a la obra civil más grande en la historia de la Ciudad, tanto por su dimensión y costo, cómo por los beneficios que aporta a sus habitantes. Ese mismo día se celebró el contrato para las obras civiles entre el Sistema de Transporte Colectivo y el Grupo de Empresas ICA.*

*Escasamente dos años más tarde, el 4 de septiembre de 1969, un flamante convoy naranja hace el recorrido inaugural, entre las estaciones de Insurgentes y Zaragoza. El 20 de noviembre de 1970 queda concluida la primera etapa de la red del Metro de la Ciudad de México y se establece la primera de muchas marcas del Metro, se había logrado construir un kilómetro de Metro por mes, un ritmo de construcción que no ha sido igualado en ningún Metro del mundo, ni antes ni después.*



## **II.- ANTECEDENTES CONSTRUCTIVOS DEL METRO**

*El Metro es, probablemente, la obra civil y arquitectónica más grande y compleja de la Ciudad de México. Su principal característica radica en que está en un proceso permanente de transformación y crecimiento, por la incorporación de nuevas tecnologías y la ampliación de la red. Por lo que respecta a la construcción de ésta, se identifican históricamente cinco etapas. La primera corresponde al proyecto elaborado por el Grupo de Empresas ICA; se inicia el 19 de junio de 1967 y concluye el 10 de junio de 1972. La segunda, da comienzo a principios de 1978 y se termina a fines de 1982; la tercera, de principios de 1983 a fines de 1985; la cuarta, de principios de 1986 a fines de 1988; y la quinta, de principios de 1991 a mediados de 1994.*

*El arquitecto Ángel Borja estuvo a cargo de la elaboración del proyecto "Estudio de Vías Rápidas para la Ciudad de México"; posteriormente dirigió la empresa Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano, S.A., creada ex profeso para la construcción de la primera etapa del Metro.*

*En los estudios parciales que integran el "Estudio de Vías Rápidas para la Ciudad de México", y en el proyecto para la primera etapa del Metro, se elaboraron las bases y los criterios que luego normarían su construcción y diseño. Se analizaron las características del subsuelo lacustre, las técnicas de construcción puestas a prueba hasta entonces en la Ciudad de México (en el drenaje profundo, el Viaducto y el Periférico, así como en los grandes edificios) y en la construcción de trenes subterráneos en otras ciudades del mundo. También se estudió cuidadosamente el diseño y la operación de los 33 sistemas de transporte urbano masivo a base de trenes, con la finalidad de evitar la repetición de deficiencias y errores.*



### **CONSTRUIR EN EL LECHO DE UN ANTIGUO LAGO**

*Los problemas técnicos para la construcción de un Metro subterráneo con un subsuelo lacustre y en una zona altamente sísmica se habían resuelto en un principio. También se habían desarrollado técnicas de construcción a fin de eliminar rigideces excesivas en las estructuras y dar la flexibilidad necesaria a la construcción para resistir los efectos de los sismos. El análisis del hundimiento de la Ciudad se fundamentó en una teoría formulada por el Dr. Nabor Carrillo y desarrollada por el Dr. Marsal y el Ing. Fernando Hiriart, en la Comisión Federal de Electricidad, en 1953, que permitía hacer predicciones sobre este fenómeno. Dicha teoría puso de manifiesto, por otro lado, la necesidad de detener la extracción de agua de la zona lacustre para aminorar el hundimiento de la ciudad.*

*En la construcción del Metro se optó por la técnica conocida como túnel de cajón y se utilizó el sistema de los llamados "Muros de Milán", empleado en la construcción del Metro de esta ciudad italiana, misma que había sido utilizada en la Ciudad de México en el paso a desnivel en Tlaxcoaque, en el Viaducto y en el Periférico. En esta técnica se construye a cielo abierto, inicialmente se abren zanjas para los dos muros paralelos que forman las paredes del túnel, se cuelan y se dejan fraguar; posteriormente, se excava entre ambos muros y se cuele el firme del piso; por último se construye la losa del techo.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*El sistema de los "Muros de Milán" elimina el riesgo de deslaves laterales del suelo hacia el interior de la excavación, lo cual además de entorpecer los trabajos puede ocasionar daños a edificaciones vecinas. También hace posible trabajar en espacios más angostos, ya que no se requieren amplios taludes inclinados a ambos lados del túnel para estabilizar la excavación. Además, el bombeo del agua filtrada del subsuelo se puede efectuar en un espacio limitado, que es sólo el existente entre ambos muros, lo que permite desalojarla con mayor rapidez y prácticamente sin afectar la consistencia del subsuelo a los lados del túnel.*

*Como medida precautoria, entre otras, las zanjas recién excavadas se rellenan con lodo bentonítico, que tiene un peso similar al de la tierra que se ha extraído, lo que evita que se venzan las paredes de la excavación.*

*El sistema constructivo de muros de Milán resolvió parte importante de los problemas de construcción, asociados al subsuelo de la Ciudad de México; sin embargo, a dicho sistema se le incorporaron algunas variantes técnicas para su total adecuación, como es el caso del sistema de compensación del peso del subsuelo desplazado. Este se sustenta en el mismo principio que permite flotar a una embarcación, el llamado "Principio de Arquímedes". Los túneles construidos deben pesar lo mismo que la tierra y el agua que tuvo que desalojarse para realizar la obra, ya que si un túnel pesara menos, tendería a emerger, a salir a la superficie, y a la inversa, si pesará más tendería a hundirse. Aparentemente es simple la solución de este problema técnico, dependiendo de la previa cuantificación de las variables que deben intervenir en los cálculos matemáticos que lleva aparejados son complejos y exigen gran precisión. El problema se acentúa en el caso de las estaciones, debido a la desproporción entre su gran volumen vacío y lo relativamente escaso de su peso. Para compensar esta diferencia, fue necesario construir edificios encima de las estaciones, a fin de que el peso de éstos restableciera el equilibrio entre las variables.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*En el año de 1967, el nivel freático de la Ciudad de México, se localizaba en promedio, a partir de los dos metros bajo la superficie, en tanto que la construcción de los túneles del Metro y de sus estaciones requería de excavaciones a profundidades mucho mayores. El agua representó por ello un obstáculo persistente. No obstante ante tal inconveniente, se tuvo la ventaja de excavar en un suelo con baja resistencia, debido a la relativa ausencia de obstáculos rígidos o de difícil penetración.*

*La naturaleza del subsuelo plantea otro tipo de dificultades, como es el caso de las paredes, que tienden a ser inestables porque la presión del agua que contienen los mantos de arcilla, aunada al peso de las construcciones aledañas puede deformarlas o fracturarlas, poniendo en riesgo las estructuras de las edificaciones circundantes. Ello obliga a controlar el nivel de agua localizada en el lugar en que se realiza la obra. Si no se hubiese aplicado la avanzada tecnología que se empleó y continúa utilizándose en las obras del Metro, serían constantes los hundimientos o protuberancias del suelo.*

*En las zonas de la Ciudad de México que no pertenecen al área antaño cubierta por agua y que presentan pendientes superiores a la máxima permitida para el tránsito de los trenes, fue necesaria la excavación de túneles profundos. En estos casos se utilizó el método de escudo, que consiste en el empleo de una máquina excavadora circular que avanza bajo tierra, perforando el suelo y expulsando hacia atrás el material extraído; el cual se retira con vagones diseñados para tal propósito.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*Transcurridos 30 años desde el comienzo de la primera etapa del Metro de la Ciudad de México, haciendo a un lado la aportación fundamental que ha hecho a la solución del transporte masivo en el área metropolitana, aún queda un aspecto por considerar.*

*En la construcción de la obra civil de 178 kilómetros de túneles; viaductos y tendido de superficie, en el montaje de la cantidad correspondiente de vías e instalaciones eléctricas y electrónicas, en el diseño y construcción de las 154 estaciones de la red, se ha llevado a cabo una obra que medida en las unidades que se suelen emplear para cuantificar obras de ingeniería (metros cúbicos de construcción, toneladas de fierro, etcétera), arrojaría cifras astronómicas. Es una tarea titánica que ha involucrado a decenas de miles de personas, destacadamente a profesionistas y técnicos de las diversas disciplinas de la ingeniería y la arquitectura.*

*Para dar una idea de la dimensión de la obra del Metro, en términos de su complejidad técnica, una estimación del ingeniero Servando Delgado Gamboa, Exdirector General de Construcción de Obras del S.T.C. y a quien se debe la reflexión, de que "por cada metro de Metro se requiere dos planos y un documento de especificaciones técnicas", lo que supone, por ejemplo en el caso de la Línea B, actualmente en construcción, la cantidad de 50 mil planos y 25 mil documentos, en cifras gruesas.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*Es pues, este impresionante volumen de obra, aunado a su dificultad técnica, lo que ha convertido al Metro, sin lugar a dudas, en la mayor y más exigente escuela de ingeniería del país.*

*No es producto de la casualidad el bien ganado prestigio internacional de la ingeniería mexicana que mucho debe a la obra del Metro. Y recíprocamente, desde luego; mucho deben el Metro y sus usuarios a los ingenieros, técnicos y obreros mexicanos: sus constructores.*



### **III.- METODOS Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS**

*La construcción de las Líneas esta basada en estructuras de tipo subterráneo (cajón o túnel), superficial y elevada. Para la selección de cada uno de estos tipos, se toman en cuenta los siguientes factores en términos generales:*

- *Costo de obra civil por Km.*
- *Tiempo de ejecución de la obra civil.*
- *Obstrucción de la vía pública durante la ejecución.*
- *Interferencias a los servicios municipales.*
- *Conservación de obras y equipo.*
- *Mantenimiento de la vía.*
- *Paisaje Urbano: aspecto estético y barrera física.*
- *Futura disponibilidad vial.*
- *Libramientos viales perpendiculares inducidos.*
- *Selección adecuada del procedimiento para construcción de un túnel.*

*A continuación se describen algunos de los factores anteriores:*

*En lo que respecta al costo de la obra civil, el más alto corresponde a la línea subterránea, ya sea con cajón o por medio de un túnel, en tanto que el costo de la línea superficial es cercano al de la línea elevada (Viaducto). Parecería que la línea superficial sería bastante más económica que la elevada, sin embargo al adicionar a ésta el costo de los desvíos, de la limitación del derecho de vía de 10 m de ancho, de la construcción de las estaciones cuyas áreas de servicio son subterráneas, y de los pasos a desnivel perpendiculares cuya frecuencia fue en promedio de un paso por cada kilómetro aproximadamente, su costo resulta cercano al de la línea elevada.*

*Por lo que respecta a los tiempos de construcción, la velocidad para las líneas subterráneas es del orden de 90 a 110 m por mes, en tanto que para las elevadas es de 70 a 90 m por mes, por lo que se puede observar que para la subterránea la velocidad de construcción es ligeramente mayor que la de la elevada. Por lo que toca a la superficial, los rendimientos que se alcanzan son de 130 a 150 m por mes. Las velocidades antes mencionadas son desarrolladas por un solo frente de trabajo.*





**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*En cuanto a la obstrucción de la vía pública durante las construcciones, las líneas que causa mayores problemas son las subterráneas,*

*Las interferencias a las instalaciones municipales son totales en el caso de las subterráneas, obligando en ocasiones a desvíos importantes de grandes colectores o de redes de distribución de agua. Estas interferencias causan menos problemas en los tramos elevados y superficiales.*

*Referente a la conservación y mantenimiento de los equipos, la línea subterránea presenta mejores condiciones que la superficial y la elevada debido a que los equipos no están expuestos a la intemperie y con respecto al mantenimiento de la vía, resulta menos frecuente el mantenimiento de la solución subterránea al tener menos impacto a nivel de problemas estructurales.*

*Tal vez uno de los factores más importantes es el del paisaje urbano; ya que el aspecto estético se altera de acuerdo con el tipo de línea elegida. La magnitud de la alteración del paisaje urbano depende primordialmente del ancho de la calle, por ejemplo, el problema causado por la línea elevada se acentúa en calles de anchura menor de 40 m, en tanto que en la solución superficial se requiere una anchura mínima de 50 m para lograr soluciones satisfactorias. En estas consideraciones se debe tomar en cuenta, además, el tipo de zona por la que atraviesa la línea: industrial, comercial o residencial, así como al tipo de usuarios que beneficia y la formación de una barrera continua (muro deflector) que no existe para el tipo de soluciones elevadas o subterráneas.*

*En relación con la futura disponibilidad vial, la línea subterránea no afecta, en tanto que la superficial ocupa un ancho equivalente a tres carriles de circulación y la elevada ocupa solamente dos.*

*Por lo que respecta a libramientos perpendiculares inducidos, la línea superficial genera problemas en cruces importantes, cuyas soluciones viales repercuten en la construcción de estructuras subterráneas o elevadas para salvar el obstáculo que represente la línea.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*En lo referente a la selección adecuada del procedimiento para la construcción de un túnel, es necesario hacer los estudios geotécnicos necesarios y suficientes, para elegir en primer lugar un trazo adecuado de una línea de Metro, y posteriormente seleccionar el adecuado procedimiento constructivo y maquinaria a emplear, es decir, excavar el túnel por métodos convencionales o la posibilidad de utilizar alguna máquina integral de perforación de túneles (escudos). Es importante destacar que para una línea profunda de Metro hay que prever algunos aspectos importantes tanto para la comodidad del usuario como para la operación como son: escaleras mecánicas en las estaciones y adecuados sistemas de seguridad en casos de alguna falla.*

#### **CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES.**

*Una política permanente de nuestra empresa, es que la captación de usuarios se realice con un alto grado de seguridad, es por esto, que el Metro continúa reforzando su atención al público usuario, con el fin de garantizar las condiciones de seguridad en el acceso y circulación de personas dentro de las estaciones, de acuerdo a los nuevos criterios de diseño, el proyecto de las estaciones debe considerar los volúmenes de pasajeros correspondientes a la operación del sistema a plena carga, que es de 1,500 personas transportadas por tren en hora pico.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**Elementos constitutivos de las estaciones:**

- a) *Zona de andenes: es donde el público aborda o desciende de los trenes.*
- b) *Zona de acceso: sus diversas áreas dependen del tipo de estación, y comprende:*
- *Vestíbulo, escaleras y circulaciones.*
  - *Controles de entrada y salida de pasajeros (taquillas, tomiquetes y portillones).*
  - *Cambio de andenes (pasarelas)*
- c) *Zona de servicio: contiene los elementos que requiere la operación de la estación y son:*
- *Subestaciones eléctricas para alumbrado normal y de emergencia.*
  - *Cuarto de operación.*
  - *Sala de telecomunicaciones.*
  - *Cuarto de servicios técnicos.*
  - *Cuarto de extracción de aire.*
  - *Cárcamo y cuarto de bombeo.*
  - *Tomas de aire.*
  - *Cuarto de máquinas para escaleras mecánicas.*
  - *Almacén y depósito de materiales de desecho.*
  - *Sanitarios para empleados y operadores.*
  - *Espacios para publicidad y concesiones.*
  - *Local para Inspectores Jefes de Estación*
  - *Sala de relevadores y equipo de control.*
  - *Oficina del despachador (estaciones terminales TCO).*
  - *Sala de descanso.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*d) Elementos de señalización para el usuario*

- *Paletones luminosos*
- *Estelas luminosas*
- *Canales de señalamientos*

**EDIFICIOS ESPECIALES**

*Para el control del tráfico y la alimentación eléctrica de los trenes, el S.T.C. dispone actualmente de 3 puestos de control de Líneas y están contruidos con materiales y estructuras de alta resistencia por ser estas edificaciones de seguridad logística y operativa y que han sido probadas con los últimos sismos en los que resultaron ser 100% confiables, dichos centros de comando son:*

- a) PCC I (puesto central de control I) que controla las Líneas 1,2,3,4,5 y 6, ubicado en el centro de la Ciudad.*
- b) PCC II (puesto central de control II) que controla las Líneas 7,8,9 y "B", ubicado en el centro de la Ciudad.*
- c) PCL (puesto de control de Línea) que controla la Línea "A" del Metro Férreo, ubicado en calzada Ignacio Zaragoza #2001 en el oriente de la Ciudad.*

*Para el resguardo y atención de los trenes el S.T.C. cuenta con talleres para mantenimiento mayor y naves de depósito y revisión, ubicados todos ellos en los extremos de las Líneas.*

- **TALLERES DE MANTTO. MAYOR ZARAGOZA**
- **TALLERES DE MANTTO. MAYOR TAXQUEÑA**
- **TALLERES DE MANTTO. MAYOR TICOMAN**
- **TALLERES DE MANTTO. MAYOR EL ROSARIO**
- **TALLERES DE MANTTO. MAYOR LA PAZ**



#### **IV.- DEFINICION DE UN "PROYECTO TIPO" DE TRANSPORTE COLECTIVO**

*Todo proyecto de inversión tiene como objetivo el resolver un problema o una necesidad en este caso se definirá el de el transporte, basado según la zona geográfica de la población en que se ubique .*

*Para este caso tomaremos como ejemplo la Línea "A" del metro, la cual se sitúa al oriente de la zona Metropolitana de la Ciudad de México y parte del Estado de México.*

*Basado en estudios socioeconómicos se pudo establecer las condiciones necesarias para que la solución a este problema de transporte fuera la adecuada a un costo mínimo,*

*El proyecto de transporte urbano esta asociado a la producción de un servicio, es por ello que se determino que sobre uno de los corredores de mayor demanda de transporte urbano que es la Calzada General Ignacio Zaragoza; se construyera la Línea "A" con 10 estaciones de las cuales 2 son terminales, Pantitlan en solución subterránea con triple transbordo con las Líneas 1, 5 y 9 del metro y La Paz de tipo superficial, 5 estaciones de paso y 3 de correspondencia a futuro.*

*Asociados a este proyecto se generaron una serie de proyectos puntuales por lo que cada fracción de inversión generó beneficios.*

*Para poder llevar a feliz termino este proyecto se consideraron una serie de filtros o fases las cuales ofrecían el máximo beneficio, considerando que este, se define como un conjunto de inversiones, políticas y medidas institucionales diseñadas para lograr que toda la población que se ubica al oriente de la zona Metropolitana de la Ciudad de México, cuente con un transporte público con atributos de calidad.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



El proyecto de la construcción de la Línea "A" considero las fases que se describen a continuación:

**Fase de preevaluación.**

La preevaluación, fue fundamental en este proyecto ya que se debieron considerar factores que marcarían un parteaguas en el metro de México ya que los vagones que integrarían estos trenes tendrían diferencias en la rodadura, la cual sería metálica con velocidades máximas de 100 KPH y velocidades comerciales de 48 Kph. Factores que deberían considerarse antes de iniciar las acciones o las obras que lo harían realidad.

En la fase de preevaluación se consideraron las etapas de Diagnostico, Planteamiento de Acciones y Prefactibilidad.

**Diagnostico**

En esta etapa además de una descripción del proyecto, y de considerar las condiciones de la calzada Ignacio Zaragoza así como la inseguridad, largos tiempos de recorrido, tránsito intenso y una serie de puntos de conflicto, como principales problemas de este corredor se consideró que los trenes FM-86 de Línea "A" serían diferentes a los del resto de la red, y que sería imposible utilizar estos en la red neumática y viceversa por lo que se previó la construcción de talleres especializados en este material rodante, para su mantenimiento, como son:

- Depósito para trenes
- Nave de mantenimiento menor con 5 fosas
- Taller de pantógrafo
- Taller de vías
- Taller de catenaria
- Taller eléctrico
- Tomo rodero
- Edificio de servicios generales
- Puesto de maniobras
- Vía de pruebas
- Etc...



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
7B9A

*Asimismo a la mitad de la línea, se habilitará el Puesto de Control de Línea (P.C.L.), desde donde se controlará la operación de la misma.*

**Planteamiento de acciones.**

*En esta etapa de gabinete principalmente se recopila toda la información de estudios similares conjuntando documentos que servirían de punto de partida para la revisión de las posibles acciones determinadas en la etapa de diagnóstico, obteniendo una estimación de costos y beneficios del proyecto, descartando la posibilidad de que esta Línea continuara con la tradición de seguir siendo neumática ya que de los 80 metros principales que operan en el mundo 70 son férreos*

**Prefactibilidad.**

*En esta etapa se elaboraron una serie de estudios de generación de viajes, de distribución modal, de origen y destino, de selección de ruta, condiciones de la situación actual pronósticos a mediano y largo plazo entre otros con el objeto de reducir al máximo el grado de incertidumbre e iniciar el proyecto.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**Fase de Factibilidad y Diseño**

**Factibilidad**

*En esta etapa el objetivo principal fue la eliminación de dudas asociadas a la elaboración del proyecto, definiendo a mayor detalle los resultados de las alternativas propuestas en la etapa de prefactibilidad*

**Diseño e ingeniería final.**

*En la etapa de factibilidad y prefactibilidad se contemplan esquemas de solución en los cuales se plasman elementos técnicos y arquitectónicos, así como la normatividad requerida. Sin embargo, el diseño definitivo debe realizarse una vez decidida la ejecución del proyecto*

**Fase de operación y ejecución del proyecto**

*En esta fase del proyecto se realizan todos los trabajos de obra, Instalación Electromecánica e Instalación Fija, así como las del Material Rodante poniendo en marcha el proyecto, con la base de una capacidad de transporte y polígono de carga el cual se muestra a continuación:*

**CARACTERISTICAS DE LA LINEA**

<b>LONGITUD</b>	<b>17 KM.</b>
No. DE ESTACIONES	10
CORRESPONDENCIA	LINEAS 1, 5 Y 9
No. DE TRENES	18 CON 6 CARROS
VUELTAS EN DIA LABORABLE	329
VUELTAS EN DIA SABADO	279
VUELTAS EN DIA FESTIVO	255
AFLEI CIA	230,000
HORARIO DE SERV. DIA LABORABLE	5:00-0:30
HORARIO DE SERV. DIA SABADO	6:00-1:30
HORARIO DE SERV. DIA FESTIVO	7:00-00:00





**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

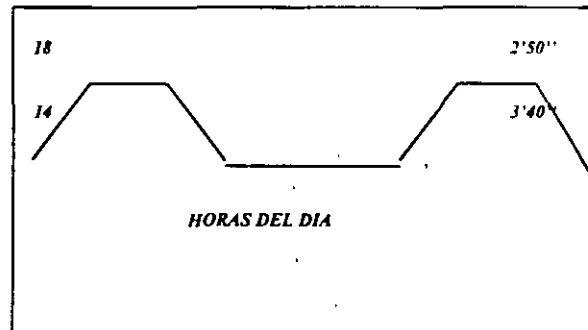


**CAPACIDAD DE CARGA**

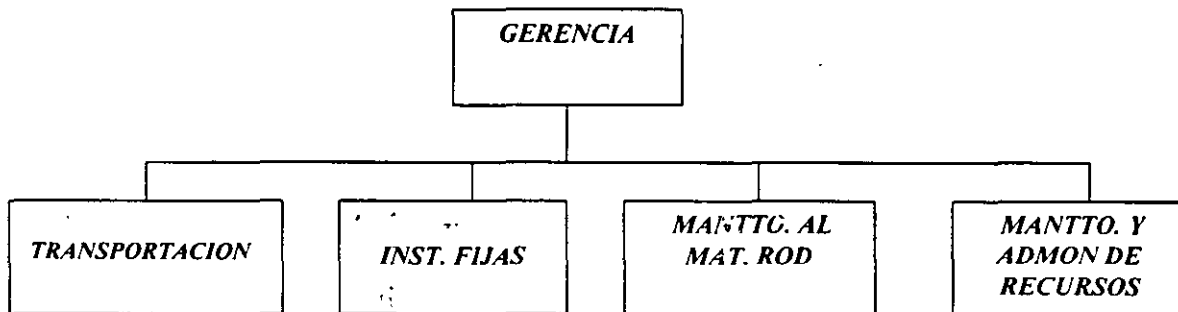
NUMERO DE CARROS	SENTADOS	DE PIE	TOTAL
6	232	720	952
9	349	1080	1429

**POLIGONO DE CARGA**

RECORRIDO VIA 1 20'55"  
RECORRIDO VIA 1 21'05"  
PERM. MIN. PANTITLAN 3' 00"  
PERM. MIN. PAZ 3' 00"  
DURACION MIN. VUELTA 48'00"  
NUMERO DE TRENES 18/14  
INTERVALO 2'50"



Los recursos económicos con los cuales operaría esta Línea estarían contemplados dentro del presupuesto del Gobierno del D.F., así como el factor humano requerido para garantizar su implantación su operación y mantenimiento; asegurando así la obtención de beneficios basado en la siguiente estructura:





### **Fase de revisión del proyecto**

*Una vez con la línea en operación se presenta la etapa de evaluación del proyecto determinando los motivos de su éxito o fracaso con la expectativa de reproducir en un futuro las experiencias exitosas y evitar las dificultades presentadas. Generando recomendaciones y experiencias para futuros proyectos o ampliaciones de transporte público.*

### **Evaluación de proyectos.**

*La evaluación del proyecto se realizaba basada en la afluencia mensual a lo largo del primer año y con un polígono de 18 trenes logrando una captación de 23 000 pasajeros por hora y por sentido logrando incrementar la captación hasta 237,227 usuarios en día laborable.*

*Se realizaron una serie de muestreos y cuantificación del flujo de vehículos de transporte público alterno a la Línea "A", en los más importantes paraderos aledaños al corredor Zaragoza obteniéndose los siguientes datos:*

- *Usuarios transportados en horas pico 23,500*
- *Pasajeros que llegan y parten del y hacia el oriente en el paradero 40,000*
- *Pasajeros que llegan y parten hacia el oriente desde Candelaria, San Lázaro, Bulevar Puerto Aéreo, Zaragoza y Puebla 17,2009*
- *Volumen total que se mueve de oriente a poniente y viceversa, en horas pico 70,7000*

*Analizando el volumen total de la afluencia de 70,700 usuarios por hora sentido consideramos que si se aumentaba el parque vehicular podríamos aumentar la afluencia en forma considerable*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**Planteamiento del problema.**

*Debido al comportamiento histórico de la afluencia mensual de Línea "A", a partir de su inauguración, se realizó para los años siguientes la proyección ajustada a un modelo de regresión para obtener la proyecciones futuras.*

*Por otro lado la demanda o afluencia en las horas pico rebasó la capacidad de transporte ofrecida por los trenes en el mes de septiembre de 1993, a causa de este hecho la Línea ha venido operando con un nivel de saturación, ya que no se había podido incrementar el polígono hasta el año de 1999 por falta de parque vehicular, originándose la problemática en ese momento:*

*Las horas pico de la mañana y de la tarde, la afluencia ha rebasando la capacidad de transporte ofrecido.*

*Por el alto índice de afluencia se requiere realizar dosificación de usuarios,*

*Existe un exceso de Kilometraje por algunos trenes por la realización de vueltas suplementarias con el objeto de satisfacer la demanda.*

*El parque vehicular estaba por cumplir los 500,000 KM. Recorridos; lo que significara sacarlos de servicio para efectuarles el mantenimiento mayor correspondiente lo que inevitablemente afectaría el polígono de carga de la Línea, con repercusión en la oferta del servicio.*



### **Establecimiento de Escenarios.**

*La identificación y elaboración de escenarios debe considerar tanto los parámetros con respecto al sistema de transporte, como los factores que directa o indirectamente están relacionados, partiendo de 2 situaciones:*

- *La situación real*
- *La situación revisada sin inversión*

*La situación real esta descrita en el punto anterior y la situación revisada forzosamente debe basarse en una inversión para poder establecer el escenario siguiente:*

*Dada la elevada cantidad de usuarios reales y potenciales que existen en las zonas atendidas por la Línea "A", y las expectativas de afluencia que se tienen para el corto, mediano y largo plazo, se propone con premura proceder a la adquisición de trenes férreos, para complementar el parque vehicular de esta Línea con 33 trenes, para tener 27 de ellos en operación en horas de máxima demanda, dos en reserva, dos en mantenimiento mayor, y dos en mantenimiento menor pudiendo ofrecer una capacidad de transporte de 31,416 usuarios/hora/sentido a 4/4 de C.C.M. (capacidad de carga media)*

### **Estudios de demanda.**

*El objetivo de los pronósticos de demanda es contar con los valores que permitan comparar la situación actual en la red de transporte público con aquella que se presentará si se consideran los cambios propuestos, por ello la nueva ruta atraerá parte de la demanda del o los modos de transporte anterior, determinando lo siguiente:*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



- **Reparto modal del sistema.**

*Anteriormente el reparto modal en este corredor estaba cubierto por Taxis Colectivos, Autobuses Urbanos y Suburbanos, Automóvil particular, actualmente con la incorporación del S.T.C., la nueva distribución es como sigue*

<b>OTRO</b>	<b>1%</b>
<b>TRANSPORTE ELECTRICO</b>	<b>2%</b>
<b>TAXI LIBRE</b>	<b>4%</b>
<b>AUTOBUS SUBURBANO</b>	<b>6%</b>
<b>AUTOBUS URBANO</b>	<b>6%</b>
<b>S.T.C. METRO</b>	<b>15%</b>
<b>AUTO PARTICULAR</b>	<b>17%</b>
<b>TAXI COLECTIVO</b>	<b>49%</b>

- **Distribución espacial**

*Se logro una distribución espacial de los viajes permitiendo cambios de origen y destino debidos a las correspondencias de esta Línea con las Línea 1 ,5 y 9.*

- **Selección modal**

*La Decisión de realizar en uno u otro modo de transporte el viaje debe ser de acuerdo a la calidad del servicio que cada uno de ellos ofrece, se realizaron estudios de la calidad del servicio en donde pudimos determinar que la Línea "A" se encuentra en una competencia desleal con los taxis colectivos debido a que funcionan como competidores y no como alimentadores de la Línea situación que se ha manifestado ante la Coordinación General de Transporte del Distrito Federal para regular la situación.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



• **Segmentación de mercado.**

La Línea "A" presenta una excelente opción de viaje por su alto índice de seguridad, su bajo costo y su rapidez, aunque algunos prefieren la alta flexibilidad de los taxis colectivos sacrificando la seguridad el confort y un precio un poco mas alto, originando una segmentación de mercado que por la falta de regulación y debido a la anarquía en que operan los taxis colectivos nos encontramos en desventaja.

**Criterios de decisión.**

Los criterios de decisión parten del análisis de los costos y beneficios relacionando lo siguiente:

Enfoque básico de los beneficios, considerando el antes y el después del proyecto en base a lo siguiente:

<b>Efectos del transporte público</b>	<b>Efectos del medio ambiente y uso de suelo</b>
Seguridad Tiempo del viaje puerta a puerta Frecuencia Comodidad Costos de operación	Emisiones Ruido Arquitectura del paisaje

**Metodología de evaluación**

La metodología de evaluación socioeconómica que viene utilizándose actualmente en los proyectos de transporte urbano en el país se basa en el análisis costo-beneficio mediante la comparación de los costos de inversión reales de las alternativas propuestas comparadas con el proyecto de mantener la situación actual.



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**Beneficios y costos.**

El método de costo-beneficio para evaluar proyectos, nos ayuda a seleccionar los mejores proyectos, existen análisis de costo-beneficio con alto grado de sofisticación en áreas de economía sin embargo, se presentan muchos aspectos dentro de un proceso de decisión del transporte público que no pueden ser representados en un análisis de costo-beneficio. Efectos tales como la salud, la equidad, estética, interacción social y prestigio urbano son difíciles de cuantificar en términos monetarios, presentando dificultades para la valuación de los beneficios por lo que nuestro análisis se limitaría a la cuantificación de los beneficios siguientes:

- Ahorros en los costos de operación
- Ahorros en los tiempos de viaje
- Ahorros en los costos de mantenimiento.

Por otra parte los costos totales de los proyectos pueden estimarse con la siguiente expresión:

$$CT = Ci + Cm + Co - Vr$$

**CT = Costo total del proyecto de transporte publico**

**Ci = Costo del proyecto (inicial y a lo largo de la vida útil)**

**Cm= Costo anual de mantenimiento de la infraestructura**

**Co = Costo anual de operación de la infraestructura**

**Vr = Valor de rescate a lo largo de la vida útil del proyecto**

RUBRO	%
PROYECTO	3.3
OBRA CIVIL	68.1
OBRA ELECTROMECHANICA	23.6
ACOMETIDAS DE ENERGIA ELECTRICA	2.0
OBRAS INDUCIDAS	3.0
TOTAL	100

Cabe aclarar que el transporte es uno de los problemas mas complejos y polémicos dentro de las grandes ciudades, no es exagerar cuando se dice que ha corrido una gran cantidad de tinta para analizar estos problemas, sin embargo la experiencia aquí descrita es una buena herramienta que ayudará en gran medida al desarrollo de proyectos de transporte urbano futuros.



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



## **V.- PRUEBAS; PUESTA EN MARCHA Y ENTREGA DEL PROYECTO**

### **PRUEBAS:**

*Asegurar que el funcionamiento de las instalaciones y equipos de una línea que se pone en operación (por primera vez) cumplan con las especificaciones del proyecto ejecutivo, contemplado en las mejores condiciones óptimas de seguridad y operación que requiere un servicio de esta naturaleza.*

### **ESTRATEGIA:**

*Se fija el alcance del Programa de pruebas y de puesta en marcha, para definir el tipo de pruebas y sus procedimientos, así mismo se establece el Programa de ejecución y la organización de los recursos.*

### **PRINCIPALES ESPECIALIDADES DE LA OBRA – METRO**

*En el proyecto de la construcción de una Línea del Metro se distinguen diversas especialidades que se deben considerar en la obra - metro.*

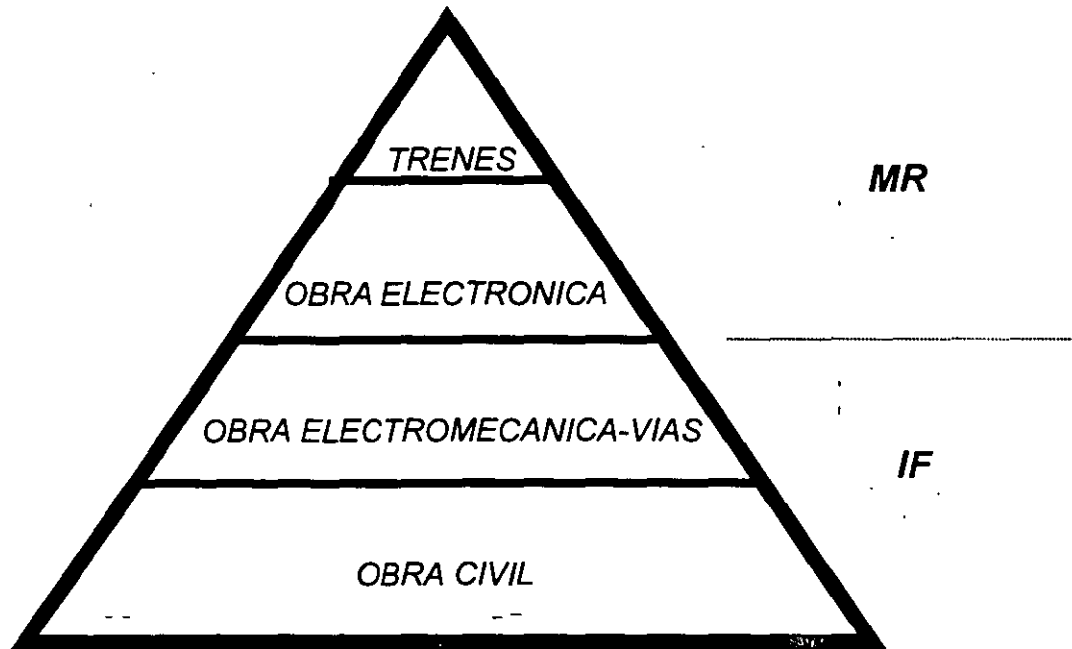
*La principal y más importante en términos de costos es la obra civil, le sigue la obra electromecánica y la vía, después la obra electrónica que conforman los automatismos de control, de seguridad y la señalización.*

*Un elemento independiente lo constituyen la adquisición del Material Rodante (trenes) que son de gran impacto por su costo y la delicada selección que conlleva su requisición a fabricantes nacionales y extranjeros.*





**PIRAMIDE DE ESPECIALIDADES EN LA OBRA – METRO**



**PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y DE RECURSOS**

*En principio el Programa de Ejecución contempla, dos tipos de pruebas, que son: "Pruebas en fábrica" y "Pruebas en sitio". Dentro de este contexto, las pruebas en fábrica se realizan con el objeto de verificar que los materiales, cumplan con las especificaciones funcionales, técnicas y de calidad. Por otra parte, en lo que se refiere a las "Pruebas en sitio" éstas se realizan durante y/o después de cada instalación, a fin de verificar:*

- *Que el material instalado cumpla con las especificaciones de diseño.*
- *Que el funcionamiento de los diferentes elementos, cumplan con lo indicado en las especificaciones técnico – funcionales.*



Protocolos de prueba: estos documentos contienen como mínimo la siguiente información:

- *Título de la prueba*
- *Objetivos de las pruebas (Alcances)*
- *Normas aplicables (Nacionales, Internacionales)*
- *Documentación de referencia (Planos, Noticias Técnicas, Manuales etc)*
- *Equipos a utilizar (con la información de precisión y calibración de los mismos).*
- *Criterios de las pruebas (aleatorios al 100%)*
- *Procedimiento secuencial*
- *Procedimiento para la evaluación de resultados*

### **Pruebas electrónicas**

*Estas pruebas, se dividen en pruebas estáticas y pruebas dinámicas y su objetivo es el siguiente:*

#### **Pruebas estáticas**

*Verificar la operación de los sistemas (sin energía o bien con simuladores).*

*Incluyen:*

- *La continuidad en el cableado*
- *Las mediciones eléctricas*
- *La recepción de interfaces*
- *Simulaciones de las informaciones de entrada y salida del sistema*
- *Verificar el aspecto funcional del sistema, con la ayuda de simuladores.*

#### **Pruebas dinámicas**

*Tiene, por objeto, verificar el funcionamiento del sistema en condiciones reales y comprenden técnicas para verificar la transmisión de informaciones, entre los equipos fijos en línea y los equipos instalados en el Puesto Central de Control y las funciones para verificar y demostrar el buen cumplimiento de las especificaciones.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
739A

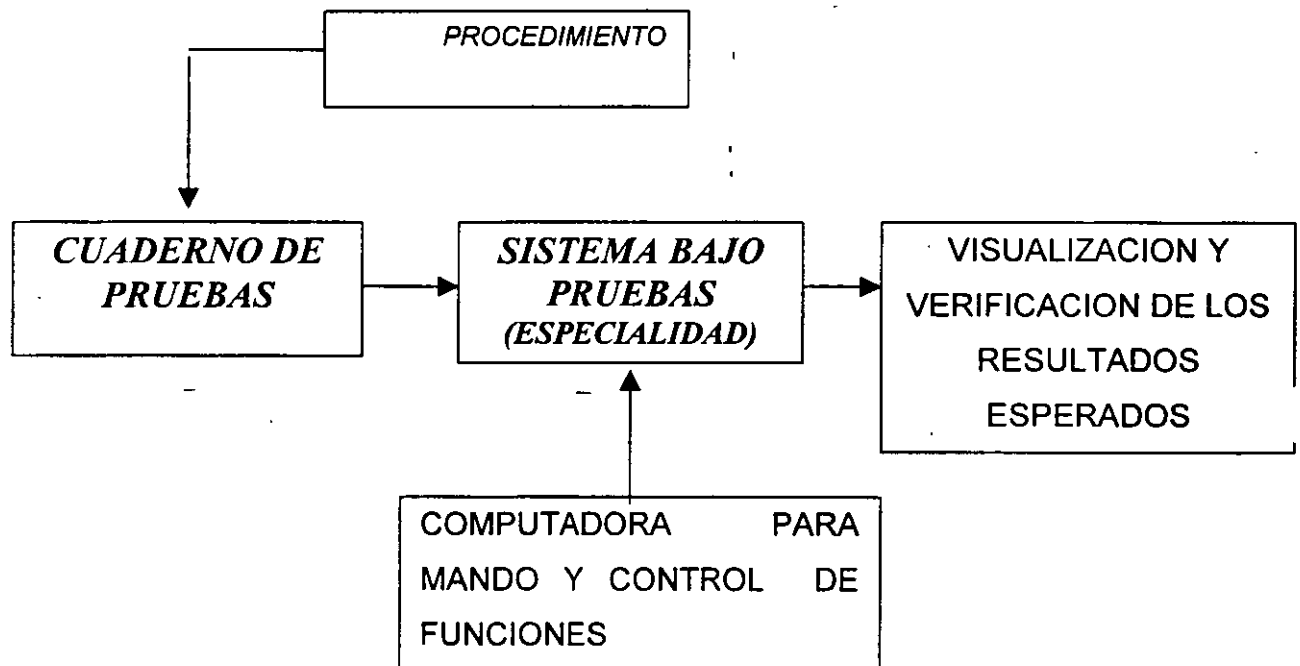
***Pruebas de obra electromecánica y vías (en sitio)***

- ❖ *Subestación de alta tensión (23 kv, 85 kv y 230 kv).*
- ❖ *Pruebas a equipos de prevención contra incendio.*
- ❖ *Energización a 23, 85 y 230 kv*
- ❖ *Pruebas de control de energía*
- ❖ *Pruebas a los transformadores de potencia.*
- ❖ *Pruebas a los aparatos de vías.*
- ❖ *Pruebas de gálibo (espacio STD., de circulación del tren).*
- ❖ *Verificación de "par de apriete"*
- ❖ *Verificación de alineación y nivelación de la vía.*
- ❖ *Verificación de medidas geométricas*
- ❖ *Verificación de soldaduras*



### **PRUEBAS DE LAS ESPECIALIDADES ELECTRONICAS (EN SITIO)**

Las pruebas más representativas, realizadas a los sistemas de estas especialidades para la operación de una línea del metro están regidas bajo el siguiente esquema:



**Las pruebas más representativas por especialidad son:**

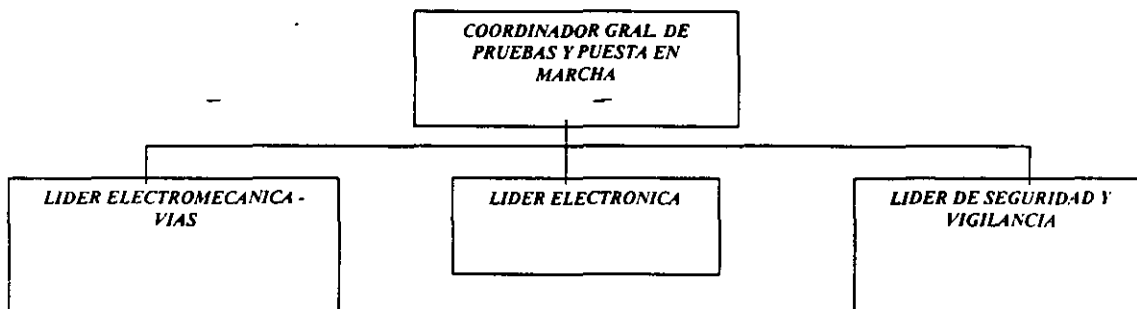
- ❖ SEÑALIZACION
- ❖ MANDO CENTRALIZADO (MANDO MANUAL)
- ❖ MANDO CENTRALIZADO (MANDO AUTOMÁTICO)
- ❖ ALARMAS EN ESTACIONES
- ❖ PILOTAJE AUTOMÁTICO



## **ORGANIZACIÓN Y LOGISTICA**

*Junto con el Programa de Pruebas y Puesta en Marcha, se define un organigrama, que señala los responsables de cada área de acción por especialidades y conjuntos de pruebas y equipos, la idea de este organigrama, es que no quede descubierto ningún aspecto de las pruebas y puesta en marcha, incluyendo la vigilancia y la seguridad en las zonas delimitadas para estas pruebas.*

### **ORGANIGRAMA DE LIDERES POR ESPECIALIDAD**



### **REPORTE DE CONTROL Y GESTION FINANCIERA**

*Se requieren estos reportes para conocer si existe algún retraso sobre el programa original y de ser necesario ajustarlo, así como para conocer los costos originados y por generar en la aplicación de personal y materiales requeridos para las pruebas, incluyendo las compañías contratistas, supervisoras y de asesoría que se hubieren requerido.*

*Igualmente importantes son estos reportes, para efectos de la facturación y determinación de los recursos indispensables para estas pruebas.*



## **PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS**

*Será muy conveniente revisar los procedimientos administrativos existentes, para saber cuales son aplicables a este período de pruebas y puesta en marcha los cuales se deben implementar temporalmente para dicho periodo, considerando sus implicaciones de logística y costos.*

## **ESTRATEGIAS PARA LA EJECUCIÓN**

*Las estrategias básicas para la ejecución de las pruebas y puesta en marcha, deberán establecer desde el inicio de la organización, pero deberán mantenerse bajo constante observación por parte del líder de proyecto, para ajustar lo necesario en caso de la aparición de imprevistos, retrasos e imponderables que puedan afectar en mayor o menor grado nuestro programa.*

## **ACTIVIDADES PREVIAS AL INICIO DE LOS TRABAJOS**

*Es muy importante para el éxito de las pruebas y puestas en marcha de una línea nueva del metro, anticiparse al requerimiento de actividades que son necesarias al inicio de los trabajos, pero que su importancia puede afectar sensiblemente el desarrollo de las pruebas (permisos, requisiciones de materiales, contratación de personal, disponibilidad de equipos auxiliares, etc.)*

## **PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA**

*Será indispensable contar con los procedimientos de prueba y puesta en marcha, de cada uno de los equipos, sistemas, subsistemas y conjuntos operativos que comprenden una línea del metro que va a inaugurarse (cuaderno de pruebas, guías, manuales, etc.) con objeto de llevar un orden en las pruebas, evitar omisiones y coordinar las diferentes fases de un conjunto o subconjunto de pruebas.*



### **CANTIDADES DE OBRA, GENERADORES Y PORCENTAJES**

*Con objeto de lograr una estimación del costo que representa la ejecución de estas pruebas, será necesario registrar las cantidades de obra efectuada, los números generadores y los porcentajes de avance y asignación de recursos para estos trabajos.*

### **ESTIMADO EN COSTOS**

*Con la obtención de un estimado de costo absorbido por estas pruebas, se pueden tomar decisiones que confirmen o redefinan las estrategias a nivel ejecutivo, que se hayan establecido para este efecto.*

### **MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

*Se deberá contar, para cada uno de los equipos y sistemas de la línea por inaugurarse, con los manuales de operación y de mantenimiento respectivos, con objeto de consultarlos en caso de requerirse, además de que deberá contarse con ellos, para ser entregados a los usuarios finales de estos equipos. (áreas de operación y mantenimiento).*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**PUESTA EN MARCHA**

**OBJETIVOS**

*Poner al servicio del público usuario una nueva línea del Metro*

**ALCANCE**

*El alcance del proyecto de una línea del Metro, contempla la puesta en servicio de los conceptos siguientes:*

- ❖ **Obra Civil**
- ❖ **Obra Electromecánica**
- ❖ **Obra Electrónica**

*Obra Civil: La Obra Civil comprende todas las construcciones y acabados de la Línea, conforme a las especificaciones del proyecto ejecutivo.*

*Obra Electromecánica: La obra electromecánica contempla, conforme a las especificaciones de cada equipo o sistema, la puesta en servicio de:*

- ❖ **Sistemas de alimentación de energía para los trenes, equipos y sistemas diversos, instalados en los puestos de control, estaciones y talleres.**
- ❖ **Equipos electromecánicos en estaciones y talleres.**
- ❖ **La vía para el tráfico de trenes.**

*Obra Electrónica.- El alcance de la obra electrónica, conforme lo establecen las especificaciones de cada especialidad, permiten el mando y control para la alimentación de energía, tráfico de trenes, comunicaciones y sistemas de supervisión en la operación.*





**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



Los sistemas que conforman las especialidades electrónicas son las siguientes:

- ❖ *Señalización: sistema de señales que protege la circulación de los trenes, manteniendo una distancia de seguridad entre ellos.*
- ❖ *Mando Centralizado: el sistema de mando centralizado, incluye las funciones de:*
  - ❖ *Mando y regulación en la circulación de los trenes.*
  - ❖ *Mando y control de la alimentación en energía de tracción (750 v) a partir de la salida de las subestaciones de rectificación.*
  - ❖ *Control de las alarmas técnicas y operativas del sistema de anomalías de presión de los neumáticos de los trenes.*
  - ❖ *Control de las alarmas técnicas y operativas de los sistemas electromecánicos instalados en estaciones y a lo largo de la línea.*
  - ❖ *Ayuda al mantenimiento para cada uno de los sistemas antes mencionados, mediante la utilización de sistemas informáticos que analizan el funcionamiento de los equipos.*

### **SISTEMAS DE COMUNICACIÓN**

La puesta en servicio de una nueva línea, contempla el máximo de facilidades para que mediante una red privada se tengan comunicaciones rápidas, versátiles y seguras, requeridas para la operación.

#### **EL SISTEMA DE COMUNICACIONES CONTEMPLA**

- ❖ *Sistema de Telefonía Directa, que mediante la ubicación estratégica de aparatos telefónicos en sitios claves de una línea, cubre los requerimientos para la operación.*
- ❖ *Sistema de Telefonía Automática, red telefónica interna con acceso a la red pública que mantiene comunicados a permanencias, oficinas y estaciones.*
- ❖ *Sistema de Telefonía vía Radio, entre trenes y un puesto central de control, que mantiene permanentemente la comunicación entre los trenes en circulación y el P.C.C.*
- ❖ *Sistema de Sonorización y Voceo para estaciones, así como un Sistema de Intercomunicación y voceo para talleres, ambos con la finalidad de mantener adecuadamente informados a los usuarios de las condiciones de operación y servicio de la red del Metro y de localización del personal.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**Pilotaje Automático.- El sistema de pilotaje automático incluye las funciones de:**

- ❖ *Protección automática de los trenes, mediante un dispositivo denominado ATP.*
- ❖ *Ayuda a la conducción y regulación de la circulación de los trenes, mediante un dispositivo de operación automática de los trenes.*
- ❖ *Ayuda al mantenimiento, mediante la utilización de equipos informáticos que analizan el funcionamiento de los equipos.*

## **PROCEDIMIENTO**

***Cómo se hace la entrega del proyecto:***

*La Cía. Constructora entrega al S.T.C. mediante un área de coordinación que tiene entre sus funciones, el conciliar los intereses del S.T.C., como usuario final con compañías constructoras, compañías de supervisión de obra, proveedores y asesoría, apegándose a las especificaciones tecnico-funcionales y a las cláusulas contractuales de cada una de las especialidades, que conforman el proyecto ejecutivo de la obra metro.*

***Qué se entrega:***

- ❖ *La obra terminada conforme al proyecto ejecutivo.*
- ❖ *Especificaciones tecnico-funcionales, para cada una de las especialidades que contempla:*
  - *La Obra Civil*
  - *Obra Electromecánica*
  - *Obra Electrónica*
  - *Estudios y desarrollo del proyecto ejecutivo*
  - *Contratos establecidos con proveedores de sistemas electromecánicos y electrónicos*
  - *Documentación técnica para operación y mantenimiento por especialidad.*
  - *Lote de refacciones por especialidad*
  - *Resultados de las pruebas realizadas*
  - *Comprobantes de cursos de capacitación impartidos*
  - *Garantías.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**Estado Físico:**

- *Construcciones y acabados terminados, sistemas electromecánicos y electrónicos en óptimas condiciones de operación.*

**Programa:**

- *El programa para la elaboración y ejecución del proyecto de una línea del metro, contempla desde los estudios de factibilidad, hasta la puesta en servicio de la línea, dependiendo de la asignación de recursos y de las características de la línea; el proyecto ejecutivo se concluye en un promedio de 4 años, para una línea normal de 20 km. Aproximadamente.*

*Cabe mencionar que en caso de México, el proyecto y la ejecución de la obra, inician en forma casi paralela lo cual permite abatir costos, tiempos de ejecución y optimización de recursos técnicos y humanos.*

**Entregas Parciales:**

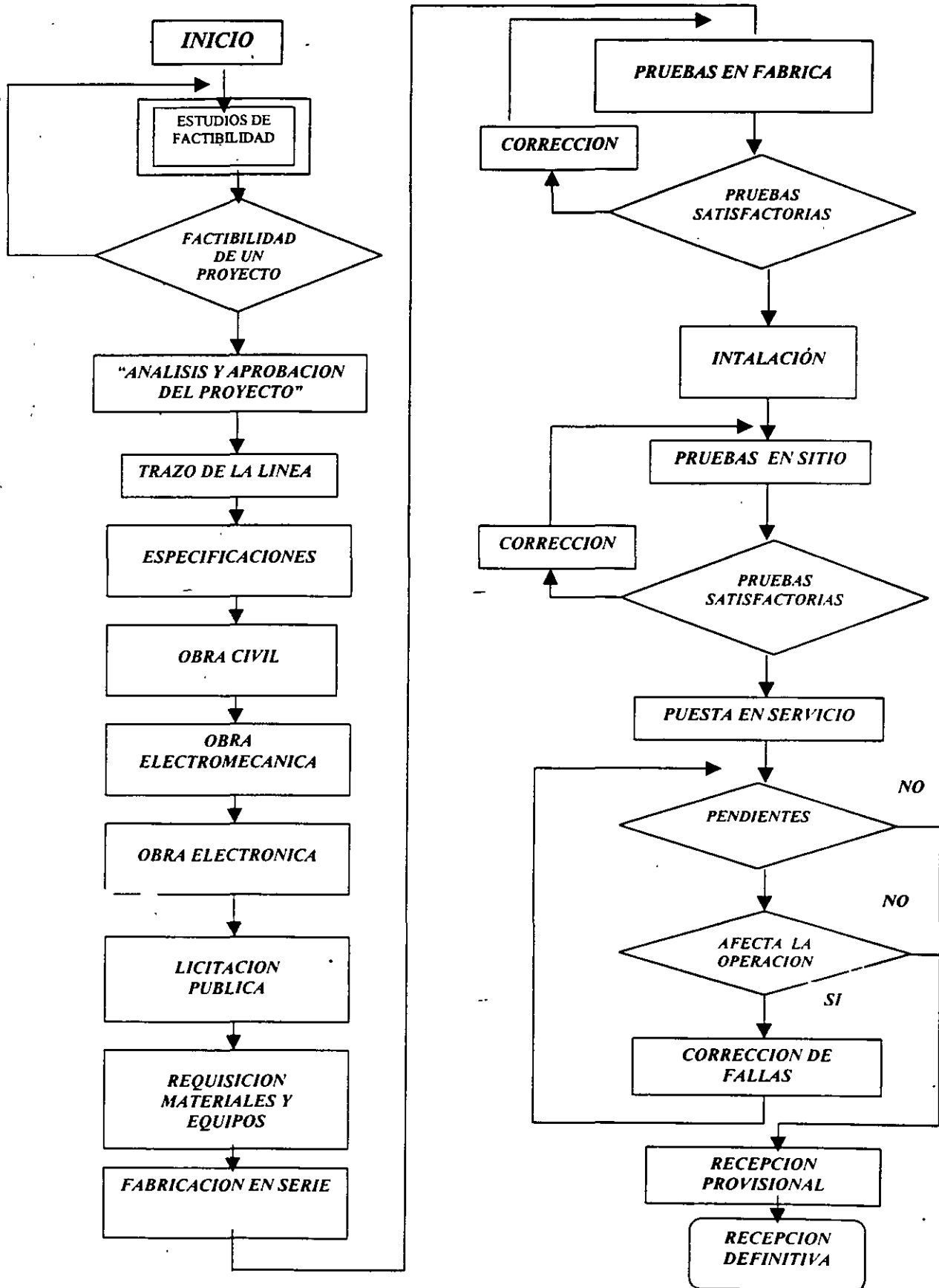
- *Las entregas parciales en la obra metro, no son frecuentes ni recomendables, ya que el objetivo principal es disponer del proyecto terminado, para ofrecer un buen servicio al usuario y garantizar óptimas condiciones de calidad, seguridad y cumplimiento de los requerimientos de operación y mantenimiento. (Caso Línea "B" que será inaugurada parcialmente durante el mes de noviembre en su tramo del D.F.)*

**Almacén:**

- *Los materiales y refacciones destinados al almacén, contemplan un 4% del monto de los contratos en las especialidades electrónicas, considerando que en su mayoría son de procedencia extranjera y los trámites para suministros posteriores son más lentos, en otras especialidades el porcentaje es de 3% del monto del contrato.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**





**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

**Acta de recepción:**

- *En fecha posterior a la puesta en servicio de la Línea, se procede a la elaboración de las actas administrativas de recepción por especialidad.*

*El acta contempla en su formato los datos siguientes:*

- *Sistema, equipo o instalación de referencia*
- *No. de contrato y monto*
- *Cía. Ejecutora y responsable*
- *Cía. Supervisora y responsable*
- *Ubicación del bien inmueble y/o equipo*
- *Cumplimiento de los compromisos contractuales*
- *Soporte de liberación de pendientes*
- *Garantías*
- *Costos de los materiales y equipos*
- *No. de serie*

***Liberación de fianzas, garantías y responsabilidad civil***

- *La liberación de fianzas y garantías, se lleva a cabo conforme al cumplimiento de las cláusulas contractuales de cada especialidad, generalmente al concluir el período de garantía se libera la fianza, una vez que se verifica que no hay pendientes y que las cláusulas contractuales se cumplieron al 100%.*

*La responsabilidad civil prevalece, conforme lo establece la Ley de Obra Pública.*



## **ENTREGA DEL PROYECTO**

*Uno de los aspectos más importantes que debemos considerar para la entrega de los proyectos consiste en conocer las reglas fundamentales para su análisis desde el punto de vista normativo de la contratación de los servicios, hasta las garantías y la responsabilidad civil de los contratistas. El objeto de este análisis es determinar previamente como se desarrollarán las diversas etapas de funcionamiento y ejecución, el análisis de las posibilidades permite clasificar lo que se va a recibir en base a los procedimientos preestablecidos para tal fin, por lo cual como parte inicial se contempla desde el proceso de adjudicación del proyecto para así poder determinar el estado físico de las instalaciones y los equipos.*

### **NORMAS GENERALES PARA LA LICITACION, CONTRATACION Y FISCALIZACION DE PROYECTOS:**

*La licitación es el proceso competitivo de que se vale una administración pública para elegir la propuesta más ventajosa y conveniente de ejecución de un proyecto, mediante un concurso, recepción de ofertas o competencia. La licitación se efectúa eligiendo previamente las empresas especializadas, y en síntesis se contemplan las siguientes características:*

- ❖ *Inscripción de las empresas proyectistas en el registro*
  - ❖ *Clasificación de las empresas*
  - ❖ *Confeción de fichas de registro*
  - ❖ *Convocatoria de la licitación dando a conocer los objetivos y magnitudes del proyecto*
  - ❖ *Habilitación.*
  - ❖ *Calificación de las empresas proyectistas.*
  - ❖ *Examen de las ofertas de ejecución, que deberán incluir :*
- ✓ *Entendimiento por el licitante de los actos objeto de la convocatoria;*
  - ✓ *Conocimiento por el licitante de los servicios programados;*
  - ✓ *Metodología y plan de trabajo que se pretende adoptar;*
  - ✓ *Lista del grupo de técnicos que se empleara, con el historial profesional respectivo;*
  - ✓ *Lista numérica del personal auxiliar y administrativo*
  - ✓ *Organigrama y diagrama de corrientes para la ejecución de los servicios*
  - ✓ *Examen de las ofertas en donde deberán incluir un comprobante de los costos previsto y monto total del servicio.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**CONTRATACIÓN:** terminados los trámites de la licitación, las relaciones contractuales con la empresa ganadora se regularán por un contrato adecuado, el cual deberá contener:

- ❖ Una descripción resumida (objeto, ubicación descripción y forma de ejecutar los servicios)
- ❖ Plazos y garantías de la ejecución.
- ❖ Valor del contrato, recursos financieros y desembolso para gastos.
- ❖ Preciso y forma de pago.
- ❖ Condiciones para hacer reajustes.
- ❖ Sanciones y multas.
- ❖ Condiciones de rescisión.
- ❖ Indemnización.
- ❖ Primas.
- ❖ Privilegios.
- ❖ Condiciones de la presentación, fiscalización y aprobación de trabajos e informes.
- ❖ Partes integrantes de contrato:
- ❖ Propuesta, normas especificaciones, estudios y otros elementos que servirán de base para definir el objeto contractual.

**FISCALIZACION:** La fiscalización la ejercen agentes de la Administración que adjudica el contrato, principalmente mediante inspecciones, análisis y evaluación de los informes presentados por los proyectistas, y abarca las actividades siguientes:

- ❖ Expedición de notas de servicio e instrucciones por escrito, fechadas y numeradas.
- ❖ Seguimiento y control estricto de la ejecución del proyecto, desde la orden inicial de servicio hasta su terminación, incluidas notas sobre la marcha de los trabajos.
- ❖ Control de los plazos.
- ❖ Control de la producción.
- ❖ Control de las cantidades y calidades.
- ❖ Entrega al proyectista, en el momento oportuno, de los elementos básicos pertinentes para el mandato de ejecución del proyecto, tal como planos, perfiles, diseños y cálculos.
- ❖ Examen y aprobación de todos los comprobantes, listas de precios, facturas y notas fiscales relativas a gastos variables efectuadas por el proyectista, cuando están previstos en el contrato.
- ❖ Decisiones sobre devolución interrupción y reducción de los plazos de ejecución.



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



- ❖ *Promoción y certificación de las evaluaciones y mediciones, con objeto de presentar las facturas correspondientes en los plazos previstos en el contrato.*
- ❖ *Resolución de dudas y problemas presentados por el proyectista, el cual responderá a las consultas que se le hagan.*
- ❖ *Aplicación de las sanciones o multas previstas en el contrato.*
- ❖ *Determinación de la suspensión de servicios por motivos de carácter técnico o administrativo pertinentes, indicando en la orden de suspensión el período que durará.*
- ❖ *Determinación de las modificaciones en el mandato y especificaciones siempre que no represente una carga para el proyectista.*
- ❖ *Recepción y aprobación del estado final de las actividades.*

### **COMO SE HACE LA ENTREGA DEL PROYECTO**

*Uno más de los aspectos principales a tomar en cuenta para la recepción de los trabajos y que nos muestre el proceso de cómo se hace la entrega es, antes que nada interpretar los estudios preliminares que comprenden todo el trabajo que se necesita hacer antes de registrar los tiempos elementales observados en el desarrollo de las actividades, así como el estudio de movimientos que conduce a que el trabajo se ejecute de la manera más efectiva, comprende además algunos estudios que sirven para cerciorarse de la efectividad y para determinar y registrar los elementos de la tarea que se va a recepcionar. El observador deberá checar todas las condiciones en que se recepciona la materia prima al contratista y como dispone de los trabajos terminados, la calidad del trabajo el grado de exactitud que se requiere además recabará información completa respecto a los rendimientos anteriores logrados en las mismas actividades, para disponer de puntos de comparación después de que el trabajo haya sido estudiado, modificado cronometrado y recepcionado.*

### **PROGRAMA**

*La programación es uno de los aspectos en la construcción y recepción de las obras del metro; que se considera de suma importancia; pues con ella puede realizarse y estudiarse previamente los rendimientos de cada una de las principales actividades que componen un proyecto. Con ayuda de la programación se pueden llevar también el seguimiento de las pruebas y los resultados de la puesta en marcha de las instalaciones y los equipos ya que se puede establecer una metodología de control para la recepción parcial de los trabajos.*





**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

La elaboración de los programas implica realizar un estudio minucioso de los manuales y procedimientos, materiales, mano de obra y equipo disponible, asimismo nos apoya a llevar el seguimiento y la presentación clara y oportuna de los resultados, para obtener el cumplimiento exacto de los objetivos preestablecidos, permitiendo además la presentación de esquemas ordenados de avances y tiempos de obra, duración de cada una de las actividades, ya que en ella se indica el inicio y terminación de cualquier evento que incida en el cumplimiento de los trabajos, además preestablece el orden de importancia de cada concepto.

### **ESTADO FISICO**

La siguiente lista (CHECK-LIST) indica los puntos que deben considerarse antes de hacer el estudio de tiempos y movimientos. Esta lista, ayuda a simplificar el trabajo de recepción y nos dará un panorama amplio de las condiciones físicas que imperan en la entrega final del proyecto, no debemos olvidar que cada elemento representa una particularidad ya que todas las actividades tienen diferentes características y por lo cual el comportamiento ante las pruebas es desigual.

### **MATERIAL:**

#### **(CHECK-LIST)**

1. ¿Puede usarse material más barato sin perjudicar la calidad?
2. ¿Sería más ventajoso usar material de menos calibre? ¿de más calibre?
3. ¿Puede utilizarse en parte, material de desecho?
4. ¿Se pueden usar partes ordinarias de venta en el comercio?
5. ¿Se les puede encontrar alguna aplicación a la tiras, desperdicios partes rechazadas?
6. ¿El material que se recibe es del largo más económico? ¿tamaño?, ¿peso?, ¿forma?, ¿acabado?
7. ¿Se aprovecha hasta el máximo?
8. ¿Convendrá cambiar de "fabricar" a "mandar hacer" algunas partes? ¿o al revés?



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**DISEÑO:**

1. *¿Puede eliminarse una parte completamente? o ¿parcialmente?*
2. *¿Sería bueno modificar las tolerancias? ¿las especificaciones?*
3. *¿Se podría modificar para facilitar la operación? ¿hacerla más barata para reducir el desgaste del material?*

**SECUENCIA**

1. *¿Son necesarias todas las operaciones? Podría eliminarse una parte de alguna o algunas?*
2. *¿Las operaciones se hacen en el mejor momento? ¿El lugar es adecuado?*
3. *¿De la mejor manera?*
4. *¿La disposición del local es la mejor posible?*
5. *¿Se pueden combinar las operaciones? ¿Separarse?*
6. *¿Resulta económico usar transportes para los materiales?*
7. *¿Sería bueno cambiar el tamaño o las dimensiones de los espacios?*
8. *¿Puede incorporarse la inspección al trabajo?*
9. *¿Se pueden efectuar algunos trabajos durante el periodo de pruebas del material, cuando éste está en revisión?*

**HERRAMIENTAS, CALIBRADORES, EQUIPO Y LUGAR DE TRABAJO**

1. *¿El equipo empleado es del tipo más indicado para el trabajo? ¿No se puede mejorar? ¿Está en buenas condiciones?*
2. *¿Está trabajando a la velocidad adecuada?*
3. *¿Resultaría económico hacerlo automática?*
4. *¿Los controles del equipo, se encuentran situados convenientemente para el operador? ¿Son de fácil manejo? ¿Ofrecen seguridad? ¿Podrían hacerse automáticos?*
5. *¿Después de que arranca el equipo, tiene el operario que seguir deteniendo los controles para mayor seguridad, o simplemente los controles se tienen que operar así?*
6. *¿El material se recibe y despacha en envases convenientes? ¿Se entrega al sitio en que se va a utilizar? ¿No hay movimientos innecesarios?*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



7. *¿ Se colocan los materiales y herramientas en la posición y en la secuencia en que se va a usar?*
  
8. *¿Se hace necesario levantar una parte con presas? ¿Si es así, trabajan rápidamente las presas?*



9. *¿Es fácil colocar las partes en posición?*
10. *¿Puede emplearse un alimentador automático?*
11. *¿Se dispone automáticamente de las piezas terminadas?*
12. *¿Las herramientas e instalaciones son las mejores que se pueden diseñar para el trabajo?*
13. *¿Se pueden usar herramientas combinadas?*
14. *¿Se dispone rápidamente de calibradores apropiados?, ¿Fáciles de usar?*
15. *¿Se pueden hacer varias partes del mismo tiempo?, ¿una sola o dos?*
16. *¿Esta bien iluminado el sitio de trabajo?, ¿Hay buena calefacción?,*
17. *¿Ventilación?*
18. *¿El lugar de trabajo esta bien dispuesto?*

#### **OPERARIO DE LOS EQUIPOS DE PRUEBAS**

1. *¿Puede hacer su trabajo sentado o de pie, según prefiera?*
2. *¿Tiene que adoptar posturas, detener o sostener algo, estirarse para alcanzar algo, agacharse, voltear, caminar, innecesariamente?*
3. *¿Está haciendo el trabajo de la manera correcta?*
4. *¿Trabajaría mejor un operario más alto?, ¿uno más bajo?, ¿uno más hé..il?*
5. *¿El manejo de materiales por el operador se ha reducido al mínimo?*
6. *¿Ocupa las dos manos productivamente?*
7. *¿El trabajo está bien distribuido entre ambas manos?*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



8. *¿El trabajo que ahora hace con las manos se podría aligerar por medio de pedales u otro mecanismo operado con los pies? ¿Por medios automáticos? ¿Guías o ganchos de sostén?*
9. *¿Otros operarios que hacen trabajos semejantes emplean los mismos procedimientos?*

*En si todos estos cuestionamientos nos ayudan a determinar la entrega y el estado físico de las instalaciones y equipos que propiamente dicho se prodrán analizar por partes dependiendo de la magnitud del trabajo.*

### **ENTREGAS PARCIALES**

*Toda vez que se ha revisado y analizado todas las actividades que engloban el resultado final se inicia el proceso de recepción de cada uno de los trabajos que conforman directamente el proyecto general. Pues debido a la magnitud y al alcance de los procesos de ejecución, regularmente se efectúan recepciones parciales para tener un control más estricto en las pruebas de calidad de los materiales y equipos. Para ello se deberá utilizar una acta de recepción provisional en donde se anotaran todos los datos referentes a la ubicación física de los equipos o instalaciones, la fecha la hora y el lugar en donde se reunieron todos los representantes de cada una de las áreas de especialidad tanto de la contratante, la contratista y la compañía supervisora, así como las observaciones respectivas, las propuestas de corrección si es que las hubiera y el tiempo acordado para su solución, todo esto debidamente soportado con las especificaciones técnicas necesarias que previamente fueron autorizadas y las pruebas respectivas de laboratorio o dictamen de puesta en marcha.*

*Estas entregas parciales deberán calendarizarse para evitar interpolaciones que puedan interferir en el desarrollo de la puesta en marcha final del proyecto.*

### **ALMACEN**

*Otra parte igual de importante en la entrega del proyecto es el almacenaje de materiales, herramientas, piezas y partes, así como refacciones que serán usadas con posterioridad, en las próximas pruebas de recepción de una nueva línea o alguna ampliación de las líneas ya existentes, con el fin de evitar gastos originados por la adquisición de nuevas partes ya sea para substituir o cambiar piezas que garanticen el optimo funcionamiento de los equipos que fueron probados y revisados.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

*La ubicación ideal para almacenes y espacio para, bodegas es aquélla que reduce los costos totales del movimiento y cualquier otro costo relacionado con la operación del almacén, suministrando la debida protección y abrigo a los materiales. Esta ubicación del espacio dependerá del tipo y valor de los materiales que se vayan a almacenar y de la frecuencia con que se reciban y saquen, así como el sitio a que haya que conducirlos en la línea de producción. Algunos artículos requieren almacenamiento bajo cierta temperatura, por lo que anticipadamente habrá que determinar el sitio y condiciones de las bodegas teniendo presente esta necesidad. Los materiales inflamables a menudo exigen bodegas separadas que no sólo protejan el material mismo, sino que eviten el peligro de incendio para el resto del edificio.*

*Para un manejo más fácil del almacén es conveniente que a la entrada se dedique un espacio para recibir los materiales a su llegada y para revisarlos antes de ser guardados en el sitio a ellos designado. También se designará un espacio para el material que se retire para ser entregado.*

*Ese espacio permitirá al almacenista preparar previamente la salida de los materiales con el fin de que no haya demora en las entregas.*

*Una bodega que tenga sus materiales arreglados y marcados según una clasificación, no tiene que depender de que alguien recuerde en donde se guardó equis material, aun cuando todo el personal del almacén tuviera que salir de improviso.*

### **ACTA DE RECEPCION FINAL**

*Una vez concluidas las actividades y el período de pruebas en forma satisfactoria (se debe anexar los oficios correspondiente en los cuales se avalan por ambas partes estas pruebas) para poner en marcha el proyecto, siempre y cuando se tenga elaborado un convenio entre contratante y contratista de la relación de detalles constructivos que serán atendidos en su oportunidad por la contratista para corregir los vicios ocultos que surgieron a lo largo del desarrollo de la obra, el cual deberá incluir la fecha compromiso de la terminación total.*

*Inmediatamente después se procede a elaborar un acta de entrega – recepción en la cual deberán quedar asentados todos los datos referentes a lo que se entrega, la relación de funcionario firmantes y los cargos que representa, así como la responsabilidad jurídica de cada uno de ellos, el lugar en donde se llevaran a cabo las diligencias de la obra mencionada, el número de contrato bajo el cual fue ejecutada la obra, de la supervisión y de la inspección de la pruebas, en base a que procedimientos se realizó (boletines, esquemas, planos y procesos) y quien elaboró, cuales fueron las modificaciones que se hicieron y quien las autorizó.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*No se debe pasar por alto en este evento que la contratista tendrá que entregar un listado que contenga el inventario de materiales, piezas y refacciones al contratante para garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos e instalaciones que se encuentran en proceso de recepción y que podrán ser incluidos en las partes que conforman el almacén general de la línea.,*

*En el protocolo de este evento se tiene que entregar al contratante cuando menos un ejemplar de cada uno de los documentos técnicos para posteriores consultas:*

- *Especificaciones técnicas de construcción.*
- *Bitácora de obra debidamente rubricada por el personal de supervisión y el superintendente .*
- *Relación de modificaciones al proyecto.*
- *Los cuadernos de pruebas correspondientes.*
- *Manuales de mantenimiento.*
- *Manual de operación.*
- *Catálogo de partes.*
- *Memoria descriptiva del proyecto.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*El Sistema de Transporte Colectivo será el encargado de mantener en óptimo funcionamiento las instalaciones y equipos cuando finalmente ha recepcionado la obra metro, con las condicionantes que los vicios ocultos que surgieran a través de la operación podrá hacer los reclamos respectivos a la compañía contratista.*

**LIBERACION DE FIANZAS, GARANTIAS Y RESPONSABILIDAD CIVIL**

*Finalmente concluida y recepcionada la obra, no obstante su recepción forma. La Contratista quedará obligada a responder por los defectos que resultaren en la misma, de los vicios ocultos, y de cualesquiera otra responsabilidad en que hubiere incurrido en los términos señalados en el contrato respectivo y en el código civil para el para el distrito federal en materia común y para toda la república en materia federal, todo esto marcado en la Ley General de Obras Públicas.*

*Para garantizar la ejecución de los trabajos y la corrección de los vicios ocultos el contratista otorgó una fianza que subsistirá por un año a partir de la terminación de los trabajos, misma que se hará constar en el acto de recepción formal de los mismos, al término del cual la institución afianzadora procederá a su cancelación, a excepción de aquellas obras o servicios relacionados con las mismas, en los términos previstos en el contrato relativo, que consten de partes que puedan considerarse terminadas y cada y una de ellas completa o utilizable a juicio de la dependencia o entidad y se haya pactado su recepción en el propio contrato, por lo tanto la fianza se sujetara a lo conducente.*

*En lo que se refiere a la responsabilidad civil el contratista será el único responsable de la ejecución de los trabajos y deberá sujetarse a todos los reglamentos y ordenamientos de las autoridades competentes en materia de construcción, seguridad y uso de la vía pública, así como a las disposiciones establecidas al efecto por la dependencia o entidad contratante, para lo cual las responsabilidades y los daños y perjuicios que resultaren por su inobservancia, será única y exclusivamente a cargo del contratista.*





## **VI.- ELEMENTOS BASICOS Y ESTRATEGIA OPERATIVA DE UNA LINEA**

*El reto de construir una nueva línea de transporte público urbano de pasajeros, de manera eficaz, segura y confortable, implica la integración de varios factores; tales como, un sistema de transporte modular e integral de tecnología de vanguardia y un esquema operativo-administrativo basado en técnicas modernas de administración, así como el proceso de la CALIDAD TOTAL enfocada al servicio utilizando estudios y proyectos de ingeniería y sobre todo muy en particular el considerar la experiencia de los diversos sistemas del sector transporte similares.*

*Una moderna línea de transporte en la zona metropolitana de la Ciudad de México, debe ser el resultado del esfuerzo conjunto del Gobierno Federal, del Gobierno de la Ciudad de México y del Estado de México, de empresas del sector privado, de las empresas diseñadoras del proyecto y constructoras de la obra civil, electromecánica, electrónica, así como de los constructores de carros de metro; sin descuidar al apoyo que la asamblea de representantes del Distrito Federal y representantes de colonos del Estado de México, que puedan participar en la concientización sobre la necesidad y el beneficio que dicha obra aportara a la ciudadanía en la zona de influencia del trazo de la línea.*

*Las obras inducidas en la construcción, como son la vialidad adyacente, puentes vehiculares y peatonales, paraderos para autobuses urbanos y transporte privado concesionado, alimentadores de la línea y corredores ecológicos, tienen un importante papel en la conservación del medio ambiente, del ahorro energético, y de horas-hombre economizadas por los tiempos y movimientos del sector productivo de la sociedad y la optimización del espacio urbano.*

*Los objetivos particulares para una gran ciudad, donde el Gobierno logre regular el transporte público. Estableciendo tarifas, rutas y el número de compañías privadas de transporte son:*

**SERVIR MEJOR A LOS PASAJEROS USANDO UNA COMBINACION DE  
TRANSPORTE MULTIMODAL**

**ALIMENTAR MEJOR LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE COLECTIVOS  
MASIVOS**

**ELIMINAR LA DUPLICIDAD DEL SERVICIO**

**REDUCIR EL NUMERO DE AUTOBUSES (NO NECESARIOS) EN LA RED**



**EL S.T.C. METRÓ DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**SERVIR MEJOR A LOS PASAJEROS EN LOS CORREDORES QUE NO CORRESPONDAN A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE COLECTIVO MASIVOS**

**REDUCIR EL CONGESTIONAMIENTO GENERAL EN LAS CALLES DE LA CIUDAD**

**CONSIDERAR QUE EL TRANSPORTE PUBLICO DEBE SER INTEGRAL, CON APOORTE DE AFLUENCIA VEHICULAR A CORREDORES DE GRAN CAPACIDAD O DE PASAJEROS POR OTROS SISTEMAS MODALES**

*La línea de servicio público de transporte urbano de pasajeros a construir como infraestructura pública de servicios a concesionar para los estudios, proyecto, construcción, equipamiento, operación, mantenimiento y explotación comercial, como tren eléctrico, preferentemente elevado, deberá atender la demanda de transporte de las zonas por las que correrá.*

*Se debe estimar el total de la población asentada en el área de estudio conforme la elasticidad de la demanda respecto a la tarifa y numero de trenes con intervalos mínimos, así como la velocidad comercial de los trenes minimizando el riesgo de ocurrencia de incidentes graves que afecten la integridad física de los usuarios, personal operativo, instalaciones y equipos, y la regularidad en la operación de la línea. Se debe proporcionar certidumbre al usuario en cuanto a cumplimiento de horarios, intervalo de trenes y tiempos de recorrido.*

*El servicio deberá ser confortable, eficiente y permitir un acceso y salida ágil al usuario, desde el punto de origen al punto destino.*

*El nivel de inversión determinara la capacidad de transportación, conservar un nivel de comodidad de pasajeros sentados y pasajeros de pie por metro cuadrado ; la longitud de las estaciones; la regularidad del servicio no podrá ser menor del 10% del intervalo programado y el nivel garantizado de vueltas realizadas contra programadas será del 97%.*

*Es importante mencionar que, dicho servicio de transporte urbano de pasajeros debe cumplir con las normas internacionales de seguridad ferroviaria.*

*Por todo lo anterior puede observarse que el éxito de un buen servicio, radicará en el tipo de organización que se estructure, pero sobre todo de la selección del personal y su estrategia de motivación al trabajo y una verdadera vocación de servir.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**CONCEPTOS GENERALES QUE REQUIERE UNA LÍNEA PARA OFRECER EL  
SERVICIO DE TRANSPORTE**

Los conceptos básicos a considerar son:

- *Disponer de todos los estudios de ORIGEN-DESTINO de los VIAJES-PERSONAS-DÍA en el área de influencia del trazo de la línea propuesta, y su ajuste para la optimización en la captación de usuarios.*
- *Disponer del diseño del proyecto de la obra civil en sus soluciones constructivas de tipo subterráneo, superficial y elevado, buscando las mínimas afectaciones a la infraestructura desplantada y al paisaje urbano.*
- *La definición del tipo de material rodante a utilizar, con sus variantes de número de unidades indivisibles, determina asimismo la longitud de las interestaciones, ubicación de estaciones, velocidades máxima y comercial, intervalo de trenes y por lo tanto, servicio de transportación ofrecido*
- *Se debe contar con talleres generales para: el mantenimiento menor del material rodante; talleres para el mantenimiento de las instalaciones de la vía y nave de vehículos auxiliares de la vía; talleres para todas y cada una de las especialidades técnicas utilizadas en el mantenimiento; nave de garage para el estacionado de los trenes. En el extremo opuesto se debe contar con una nave de deposito para trenes. En caso de no contar con disponibilidad territorial, se deberá contar por lo tanto con las suficientes vías "Y" y "Z" distribuidas a lo largo de la línea y vías secundarias para el estacionado de trenes en la terminal destino. Asimismo se deberá contar con suficientes servicios provisionales para el caso de interrupción parcial del servicio de la línea.*
- *Un centro de control de línea, centralizado en el trazo de la misma desde donde se controle el tráfico de los trenes, la energía de tracción y de alumbrado y fuerza; y puestos de control óptico en terminales y de maniobra en talleres. El edificio que contenga el centro de control de línea contara asimismo con oficinas para el personal ejecutivo, operativo, de ingeniería y sistemas, administrativo y con permanencias o bases de mantenimiento para instalaciones fijas.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



- *Las especialidades tecnológicas a utilizar para el caso de un sistema de metro férreo son: para vías, el largo riel soldado para vía principal doble y vías emplachueladas en vías secundarias; para electromecánica: alta tensión, las subestaciones de rectificación y compactas, cabeceras de alumbrado y fuerza, autómatas programables, cable de 23 kv y plataforma de pruebas: baja tensión y distribución de la energía, subestaciones de alumbrado y fuerza, tableros de transferencia automática, de distribución secundaria, equipo para alumbrado normal y de emergencia; catenaria a 1500 vcc con todos sus equipos y dispositivos; instalaciones hidráulicas suficientes para la evacuación de aguas negras y pluviales; ventilación y aire acondicionado; para electrónica: señalización con seguridad intrínseca; mando centralizado con transmisión y lógica de tracción, distribución horaria de la energía, telefonía automática de trenes y directa, sistemas de grabación y sonorización; peaje con tomiquetes de entrada, salida, terminales de operación y comando a distancia; pilotaje automático y sistemas de seguridad de información.*
  
- *Se debe contar además con bases de mantenimiento de las especialidades técnicas de mantenimiento contratado y de aquellas especialidades técnicas cuyo mantenimiento sea proporcionado por el personal propio adscrito a la línea, estratégicamente distribuidas a lo largo de la línea.*
  
- *Módulos de videovigilancia con taquillas integradas en terminales y estaciones*
  
- *Un centro coordinador de la capacitación y desarrollo para todas las especialidades técnicas y operativas.*
  
- *Un centro de prevención y control de riesgos.*
  
- *Un centro de servicio médico y primeros auxilios*
  
- *Comedores y áreas de servicio al personal*



## **ESTRUCTURA GENERAL PROPUESTA**

*Las premisas para la concepción de la estructura orgánica propuesta para una nueva línea son las siguientes:*

- *El usuario es la parte central y mas importante de la cadena CLIENTE-PROVEEDOR y debe ser colocado entonces en la cúspide de una estructura orgánica de tipo pirámide invertida.*
- *Realizar una selección idónea del personal directivo, técnico, operativo, de mantenimiento y administrativo, a fin de aprovechar la experiencia profesional y la calidad humana acorde a la alta responsabilidad que tendrá, buscando gente con vocación de servicio.*
- *Simplificar, optimizar y reducir niveles de la estructura orgánica con el propósito de tener mas cercanía y contacto con los trabajadores y con el usuario.*
- *Aprovechar la administración moderna y los apoyos que brindan los equipos y los avances tecnológicos para optimizar recursos.*
- *Considerar la contratación de servicios externos en algunas labores de mantenimiento, en la limpieza, en la vigilancia y en la seguridad.*

*Entre la dirección de la línea y el personal operativo solo debe haber 2 niveles de mando*

*La dirección de línea tiene bajo su responsabilidad las estaciones, el puesto central de línea, un taller de mantenimiento de los trenes, un área de mantenimiento a las instalaciones fijas, y un área de mantenimiento de instalaciones y administración de recursos.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**ESTRATEGIA OPERATIVA**

*El área de transportación deberá ofrecer al usuario el servicio de tránsito de trenes de manera segura, eficiente y puntual con alta responsabilidad y lo más cómodo posible, así como los servicios de estaciones que proporcionarán rapidez, amabilidad y cortesía, brindándole apoyo, seguridad y orientación para su traslado, estableciendo mecanismos para operar y apoyar actividades como:*

*Operación en los tableros de control óptico*

- *Control de la energía de tracción*
- *Servicio e información al usuario con amabilidad y cortesía*
- *Servicio de vigilancia*
- *Atención de incidentes y accidentes*
- *Apertura y cierre de estaciones*
- *Operación de todos los equipos de las estaciones*
- *Dosificación de usuarios*



## **ESTRATEGIA TECNICA**

**EN ESTE RUBRO TENEMOS DOS GRANDES ÁREAS:**

- **DE MANTENIMIENTO A LAS INSTALACIONES FIJAS**
- **Y DE MANTENIMIENTO AL MATERIAL RODANTE**

### **MANTENIMIENTO A LAS INSTALACIONES FIJAS**

*Esta área tiene como objetivo fundamental el brindar un servicio de mantenimiento de alta calidad que permita conservar bien todos los equipos y sistemas de la instalación fija con una alta disponibilidad de los mismos, logrando así la continuidad del servicio de la línea.*

*Los servicios de mantenimiento a las instalaciones fijas son atendidos por:*

**JEFES DE MANTENIMIENTO EN:**

- **VIAS**
- **ELECTRONICA**
- **ELECTROMECHANICA**

*Apoyados con ingenieros como coordinadores de servicios de mantenimiento en staff y por personal técnico de mantenimiento, que es el que ejecuta los trabajos propios de mantenimiento en cada especialidad y que se denominan "AGENTES DE MANTENIMIENTO"*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

## **MANTENIMIENTO AL MATERIAL RODANTE**

*Esta área tiene como objetivo fundamental el lograr que los trenes de la línea y vehículos de la vía y la catenaria tengan una alta disponibilidad en todas sus partes para brindarle al usuario un servicio limpio, puntual, continuo y seguro.*

*Los servicios de mantenimiento al material rodante son atendidos por:*

- JEFES DE MANTENIMIENTO EN:
- MANTENIMIENTO MENOR
- ELECTROMECHANICA
- SERVICIOS AL MATERIAL RODANTE

*Este personal es apoyado por agentes de mantenimiento, quienes son los responsables de ejecutar los trabajos en las diversas especialidades.*





**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

**GERENCIA  
LINEAS  
7394**

## **ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y ADMINISTRACION DE RECURSOS**

*El objetivo de esta área es el de realizar todo lo conducente para que proporcionen con rapidez y eficacia los recursos financieros, la tramitación de los recursos materiales necesarios para la línea, los servicios generales; coordinar y participar en proyectos, así como en las actividades, funciones y perfiles del factor humano, así como la coordinación y supervisión de la obra civil y la obra pública.*

*Estos servicios son atendidos por:*

- **RECURSOS HUMANOS Y CAPACITACION**
- **RECURSOS FINANCIEROS**
- **SERVICIOS GENERALES**
- **TELEMATICA**
- **RECURSOS MATERIALES**
- **MANTENIMIENTO A LA OBRA CIVIL**
- **OBRA PUBLICA**

*Apoyados con personal de confianza, denominados agentes de servicio.*



## **VII.- PLAN MAESTRO**

*"EL PLAN MAESTRO" del Metro como parte del Plan Rector de Vialidad y Transporte, elaborado por el entonces Departamento del Distrito Federal, viene a constituir lo que se ha llamado la columna vertebral del Sistema de Transporte Colectivo en la Ciudad de México.*

*Después de analizar 30 alternativas de trazo propuestas, se seleccionó una que cubriera las necesidades más urgentes de transporte colectivo y solucionara al mismo tiempo los problemas de congestión del primer cuadro y zona central de la Ciudad.*

*El diseño de una red de transporte colectivo, así como el trazo de las líneas que lo componen están sujetos a una serie de modificaciones determinadas por el tipo de subsuelo por donde han de pasar los túneles, las instalaciones subterráneas de servicios públicos en las inmediaciones, los monumentos históricos cercanos, los restos arqueológicos ocultos, las características demográficas de los puntos que se enlazan, etc...*

***La primera etapa** de construcción del Metro se inicia el 19 de junio de 1967 con la inauguración de las obras y concluye el 10 de junio de 1972, con la terminación del tramo TACUBAYA-OBSERVATORIO de la línea 1, en esta primera etapa, la red del Metro consta de tres líneas: Línea 1, que corre de poniente a oriente, desde Zaragoza hasta Chapultepec; la Línea 2, del noroeste al sureste. Desde el pueblo de Tacubaya a Tasqueña; y la Línea 3, norte-sur, de Tlatelolco al Hospital General.*

*La longitud total de esta primera etapa fue de 42.4 kilómetros, con 48 estaciones para el ascenso, descenso y transbordo de los usuarios.*

***La segunda etapa** de construcción se inicia en 1977 y concluye a fines de 1982; en la que se identifican dos fases, la primera comprende a las prolongaciones de la Línea 3, hacia el norte de Tlatelolco a La Raza, y hacia el sur, de Hospital General a Zapata; y como segunda fase la construcción de las Líneas 4 y 5.*

*La red del metro alcanzó una longitud de 79.5 kilómetros y el número de estaciones aumentó a 80*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

**La tercera etapa de construcción se inicia a principios de 1983 y concluye a finales de 1985, consta de ampliaciones a las Líneas 1, de Zaragoza a Pantitlán, Línea 2 de Tacuba a Cuatro Caminos y Línea 3 de Zapata a Universidad y se inician dos Líneas nuevas, la 6 que va de El Rosario a Instituto del Petróleo con 9.3 kilómetros de longitud y 7 estaciones y Línea 7 de Tacuba a Barranca del Muerto con 13.1 kilómetros y 10 estaciones.**

**La longitud se incrementa en 35.2 kilómetros y el número de estaciones aumenta 105**

**La cuarta etapa de construcción inicia en 1985 y concluye en 1987, se compone de las prolongaciones de las Líneas 6 de Instituto del Petróleo a Martín Carrera agregando 4.7 kilómetros y cuatro estaciones y en la Línea 7 de Tacuba a El Rosario con 5.7 kilómetros y cuatro estaciones mas a la red; así como el inicio de una nueva Línea, la 9, de Pantitlán a Tacubaya con 15.3 kilómetros y 12 estaciones.**

**La quinta etapa preveía concluir la ampliación de Línea 7, Línea 8 y el inicio de Línea 10 pero se decidió después de una revisión al programa maestro construir la Línea "A" de Pantitlán a La Paz, la primera extensión de la red del Metro al Estado de México.**

**Se optó para esta Línea por una solución de superficie y trenes de ruedas férreas en lugar de neumáticos, se construyó un Puesto de Control y talleres exclusivos para esta Línea, dando inicio su operación el 12 de agosto de 1991 agregando 10 estacines y 17 kilómetros de longitud mas a la red.**

**El tramo inicial de Línea 8, de Constitución de 1917 a Garibaldi se inauguró el 20 de julio de 1994.**

**Al finalizar la quinta etapa de construcción del metro se había incrementado la longitud de la red en 37.1 kilómetros añadiendo dos Líneas nuevas y 29 estaciones.**

**En 1994 la red contaba ya con 178.1 kilómetros de longitud y 154 estaciones y diez Líneas**

**En octubre de 1994 se dio inicio a la construcción de la Línea B, de la estación Buenavista a Ciudad Azteca en el municipio de Ecatepec del estado de México, el recorrido total será de 23.7 kilómetros con 21 estaciones , una vez concluida esta Línea la red del metro sumará 201 kilómetros y 175 estaciones.**



**EL S.T.C. METRÓ DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



**EL CRECIMIENTO DE LA RED A 30 AÑOS DE SU PUESTA EN MARCHA**

*Desde su inauguración en el año de 1969 hasta el año de 1989 el S.T.C. tuvo un incremento constante de su demanda. Sin embargo, a partir de 1990, la estadística anual del S.T.C. ha mostrado en general una baja constante en la demanda, no obstante que la población de la Metrópoli siguió creciendo en aproximadamente 2 millones.*

*En 1998 se registró una captación total de 1,344 millones de pasajeros que representan 199 millones menos de pasajeros con relación a lo que se transportó en el año de 1989.*

*A nivel del S.T.C. se ha identificado que pueden ser variadas las causas que han originado la disminución de pasajeros, estas causas se integran en dos grupos: Factores Externos como son entre otros, la evolución del desarrollo urbano y la competencia de otros modos de transporte y Factores Internos; el acceso libre, acceso indebido y deficiente servicio.*

**REFLEXIONES DEL PRIMER DIRECTOR DEL S.T.C. LIC. LEOPOLDO  
GONZALEZ SAENZ**

*Abogado de profesión, dos veces diputado local y alcalde de su tierra natal, Monterrey, un político pero no un técnico, no un ingeniero, Leopoldo González Sáenz fue designado en 1967 el primer director del Sistema de Transporte Colectivo (STC-METRO), el cual, 30 años después es visto por el ex funcionario como un organismo que conforme creció fue relegado de las políticas de transporte de la ciudad, que ponderaron el uso de microbuses y combis a un cambio de apoyo político.*

*“ Se vislumbraba ya una situación social que derivaría en el movimiento estudiantil de 1968, por lo que en las obras que en ese momento se realizaban se instaló un grupo de seguridad especial para evitar el boicot, pero no sucedió así, ni antes ni después de inaugurada en 1969 la Línea 1 de un Metro que creció en proporción a la misma ciudad, donde la población tomó con escepticismo y cierto temor esa obra, por que pasaría cerca de grandes edificios y monumentos, porque “significaba hacer una operación de cirugía mayor en un cuerpo vivo, como lo es la metrópoli”.*

*“Al S.T.C., explica había que protegerlo, porque su esencia era la de ser el eje articulador del transporte de la ciudad. Era necesario, dice, aplicar políticas para favorecer su crecimiento y aumentar el número de usuarios y por ello no era concebible que se autorizaran rutas paralelas a la red, que le fuera competitivas. Pero se actuó en sentido contrario”.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

*“El menor camino, expone, hubiera sido permitir el desarrollo del transporte concesionado en rutas transversales, alimentadoras de la red. Se tiro por la borda un gran negocio, que se había concebido para que el transporte de superficie dejara y recogiera de manera continua, sin rutas largas, el transporte que concurría al Metro”*

*“El Metro fue un esquema afortunado, el cual obtuvo de parte del gobierno francés, que entonces encabezaba Charles de Gaull, crédito con intereses a pagar del 4% anual.*

*Fue una obra con suerte, insiste González Sáenz cuando recuerda la labor de quien fuera fundador de la constructora ICA, Bernardo Quintana, “quien en varias entrevistas con De Gaull le presentó el proyecto del Metro mexicano en charola de plata y que de paso le hizo explotar la vanidad y el sentimiento un poco antiyanqui al presidente galo, cuando le dijo “Mire general, ya al norte del coloso, en Montreal, Canadá, se construyó un Metro con tecnología francesa; hay que hacer otro al sur del coloso, en la ciudad de México”*



**VIII.- PANORAMA INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION,  
FINANCIAMIENTO Y CONCESIONES EN EL CAMPO DE LOS  
TRANSPORTES FERROVIARIOS**

*Un proyecto de concesión implica, por parte del socio, cinco categorías de actores que estarán todos en relación con la futura sociedad concesionaria, bien sea como accionista, o como subcontratista y son:*

- EL BANCO
- EL EXPLOTADOR
- EL PROVEEDOR
- LA EMPRESA DE INGENIERIA CIVIL
- LA INGENIERÍA

*Las prioridades de cada actor son muy distintas durante el período de concesión, así como lo demuestra le siguiente cuadro representativo:*

<b>INTERÉS PRINCIPAL DEL SOCIO</b>	<b>CORTO PLAZO</b>	<b>LARGO PLAZO</b>
<i>Proveedor</i>	X	(X)
<i>Empresa de ingeniería civil</i>	X	
<i>Explotador</i>		X
<i>Banco</i>		X
<i>Ingeniería</i>	X	(X)

*Un contrato de concesión es un contrato que se caracteriza por una repartición equilibrada de las responsabilidades y de los riesgos entre el concedente público y el concesionario privado. El riesgo principal del concedente es de orden político y el del concesionario es financiero (y técnico).*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*Para poder cumplir con sus obligaciones, la sociedad concesionaria debe tener:*

- *Los recursos financieros, aportados por el proveedor, la empresa de ingeniería civil y el banco*
- *Un interés en el éxito a largo plazo del proyecto, lo que lo caracteriza el banco y el explotador y de cierto modo también el proveedor.*
- *Un "KOW HOW" (habilidad) técnico, de la competencia de la ingeniería, del proveedor y de la empresa de ingeniería civil.*

*Ninguno de los tres actores cumple solo estas tres condiciones, ninguno de los socios puede soportar solo un proyecto durante el período de la concesión. Una sociedad concesionaria para ganar, debe ser una agrupación.*

*Un ejemplo típico en el EUROTUNEL, demuestra lo que puede costarle a los accionistas construir un sistema, sin interesarse suficientemente rápido a los aspectos operacionales en cuanto a las obligaciones de explotación, de seguridad y de disponibilidad.*

*El explotador, asistido por el ingeniero, debe también poder ayudar a la sociedad concesionaria a definir las garantías exigidas en cuanto a las performances y al período de vida de los materiales y equipos, a sus condiciones de reposición y a la entrega de las piezas de repuesto. Durante la recepción por la sociedad concesionaria de las infraestructuras, materiales y equipos, el explotador debe asegurarse que estos respetan las performances inscritas en los contratos de construcción y de suministros.*

*Además, por su experiencia de las relaciones con la clientela, el explotador puede durante la concepción del proyecto, dar su opinión en calidad de experto sobre la adecuación entre el servicio ofrecido y el orden de magnitud de la tarifa a aplicar, para atraer y conservar la clientela en el nuevo sistema. Esto no significa sin embargo que debe asumir solo el riesgo comercial, ya que no puede fijar los costos de inversión de la fase de construcción, ni las cargas financieras originadas por estos y que gravan la futura cuenta de explotación de la concesión y por lo tanto su equilibrio financiero.*

*Sin embargo, es lógico hacerle soportar sólo los riesgos debidos a una mala gestión o a una productividad y una organización deficientes en fase de explotación y requerirle que desempeñe un papel activo en el campo comercial, para optimizar el tráfico y por lo tanto, los ingresos de los que depende a largo plazo el éxito de la concesión.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
789A

*Por fin debemos subrayar que para los proyectos urbanos, la concesión debe considerar la manera en que el proyecto se articula con las demás redes de transporte urbano, y las condiciones objetivas de la competencia o de la coordinación entre el nuevo proyecto, los demás modos de transporte colectivo y el transporte individual. Y también aquí el explotador es, frecuentemente, el que mejor situado está para ayudar al concedente a definir el importe de su participación al financiamiento de proyecto, y para influir en un sentido más favorable a los futuros usuarios, su posición inicial. Sus socios tienen entonces interés en asociar, lo antes posible, al explotador a las negociaciones con el concedente.*

*La concesión, en su forma general, es un conjunto por el cual un particular o una sociedad se encarga, de ejecutar una obra pública o asegurar un servicio público, con o sin subvención, con o sin garantía de interés sobre los préstamos financieros, y que se remunera confiándole la explotación de la obra o de los beneficiarios del servicio público.*

*En el caso de la realización de una obra pública, la explotación se autoriza sobre un largo período, por un tiempo suficiente para amortizar las inversiones del primer establecimiento.*

*Las concesiones, en muchos países, siguen un procedimiento de atribución distinto del de los contratos públicos de obras, y tienen que cumplir con reglas contables específicas.*

*Durante los últimos 10 diez años, se han buscado nuevas formas de asociación de los sectores públicos y privados para llevar a cabo grandes obras, en particular nuevas líneas ferroviarias. Es dentro de este contexto que se han revalorizado las concesiones, las cuales a finales de del siglo XIX y principios de este, constituían la forma contractual más utilizada para desarrollar cualquier clase de grandes redes, no únicamente las redes interurbanas ferroviarias sino también redes de tranvía y de metro y todas las demás formas de redes de distribución necesarias a la vida colectiva (distribución de agua, gas, electricidad, etc...)*

*La concesión ha caído en desuso después de la segunda guerra mundial, principalmente, en el campo ferroviario y de los transportes públicos urbanos, siendo la competencia del automóvil la causa de ello. Debiendo hacer frente, en la época, a la combinación de un desinterés de la clientela y de un incremento de las cargas de explotación, las empresas concesionarias se han visto incapaces de cumplir sus compromisos de conservación del nivel de las infraestructuras y de los equipos, en calidad y cantidad.*





**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**

GERENCIA  
LINEAS  
759A

*En la mayoría de los casos, las autoridades públicas no han tenido otra alternativa que de aceptar tácticamente las soluciones del mal menor propuestas por los explotadores y de desarrollar varias formas de solidaridad financiera, o bien de "colectivizar" los medios de producción. Las redes pesadas de transporte ferroviarias urbanas e interurbanas de pasajeros que se han creado a partir de los años cincuenta, lo fueron todas teniendo como propietario de la obra a las autoridades públicas. Generalmente ha sido el Estado Central solo o conjuntamente con los Estados Federales y las autoridades locales el que ha impulsado la realización de nuevas infraestructuras ferroviarias, creando el contexto institucional y los medios de financiamiento público adecuados para proyectos muy costosos y un período de vida muy largo.*

### **PROYECTOS DE CONCESIÓN MODERNA**

*Los primeros proyectos de concesión moderna aparecieron en Europa:*

*Para el transporte interurbano ferroviario:*

*El enlace TRANS-MANCHA (entre Francia y Gran Bretaña 55 kilómetros de túnel), que ha sido llamado el proyecto de transporte del siglo. Se ha firmado el contrato de concesión de EUROTUNNEL en 1986 para un período de 56 años, y se ha puesto en servicio el enlace por etapas sucesivas a finales de 1994. Mientras tanto, en nueve años, el costo del proyecto ha sido multiplicado por 1.65, lo que afecta consecuentemente su rentabilidad actual.*

*Para el transporte ferroviario urbano:*

*Tenemos dos proyectos franceses, uno en la región parisina y el otro en la ciudad de Toulouse.*

*El proyecto parisino de ORLYVAL, se refiere a un enlace ferroviario circular, una línea de metro automático del tipo VAL de 7 kilómetros que une el aeropuerto de Paris-Orly a una estación del metro exprés regional.*

*El contrato se firmó en 1988 para un período de 33 años entre el STP (sociedad concedente) y el consorcio ORLVAL, entró en servicio en 1991, es decir 3 años después. Los costos y los plazos de ejecución han sido respetados, desgraciadamente, la agrupación concesionaria quebró al año siguiente, por no conseguir suficiente clientela. Se ha concedido entonces la explotación de la línea a RATP en 1993.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*El proyecto de Toulouse se refiere a dos líneas de metro automático de tipo VAL que atraviesan la Ciudad. Se ha firmado el contrato de concesión en 1988 para un período de 35 años entre el SMTC (autoridad concedente) y la agrupación MTD "Metropole Transport Developpment". La primera línea se ha puesto en servicio en 1993. Los costos y los plazos de ejecución han sido respetados y la línea funciona a la satisfacción de los socios de la concesión. Este proyecto constituye el arquetipo de los proyectos de concesión de transporte público urbano a francés.*

### **PANORAMA DE LAS CONSESIONES**

*El término genérico de concesión abarca hoy día una gran variedad de responsabilidades compartidas entre el que otorga y el que recibe la concesión, tanto en cuanto al propósito mismo del contrato como para el reparto del riesgo comercial y de la carga del financiamiento.*

*La terminología inglesa, en este caso, es mucho mas explícita aunque las siglas utilizadas reflejan de forma imperfecta la naturaleza jurídica real de los contratos, como lo vemos en la siguiente tabla.*

<b>SIGLA</b>	<b>OBJETO DEL CONTRATO</b>
BOT	<i>Build Operate Transfer: el caso clásico en el que el concesionario contruye y explota la obra (VAL de Toulouse)</i>
DBOT	<i>Design Build Operate Transfer: el concesionario tiene además la responsabilidad de la concepción del proyecto.</i>
DBFOT	<i>Design Build Finance Operate Transfer: obligación reforzada del financiamiento (EUROTUNNEL, ORLY-VAL)</i>
BOO	<i>Build Own Operte: retiro definitivo de las autoridades públicas del funcionamiento de la red concernida.</i>
DBOO	<i>Design Build Own Operate: ampliación del BOO</i>
ROT	<i>Refurbish Own Transfer: el concesionario compra y rehañilita las instalaciones existentes.</i>

*En algunos países como Japón, la asociación de los sectores público y privado, se concretiza mediante montajes en los cuales una estructura económica mixta "ad-hoc" construye y financia la obra explotada por un operador, con on contrato de alquiler a largo plazo con opción a compra. Se habla entonces de BLT o de BLOT (Build Lease Transfer ó Build Lease Operate Transfer). Sin embrago en este caso, no se trata de concesión ya que el realizador de la obra no es la misma entidad jurídica que el explotador.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



## **LAS CONCESIONES DE LÍNEAS FÉRREAS DE TRANSPORTE**

*Muchos de los proyectos de concesión de líneas ferroviarias, de diversas tecnologías, han sido desarrollados teniendo más o menos éxito en los últimos 10 años, para nuevas líneas de ferrocarril de cercanías, o de tranvía, o de metro automático, o de monorail, o para la privatización de redes existentes.*

*Las motivaciones de las autoridades públicas, se parecen en cuanto a las concesiones de transporte interurbano y las concesiones de transporte urbano:*

- *Deseo de limitar los gastos públicos, en particular a nivel de los gobiernos centrales.*
- *Voluntad de mejoramiento de la productividad del sector afectado.*
- *Esperanza de encontrar en el mercado internacional medios de financiamiento y competencias técnicas que no tienen o que ya no tienen las empresas de transporte del país.*

*Existe sin embargo una diferencia fundamental entre las dos categorías de concesión. Efectivamente para el transporte interurbano de pasajeros, es posible encontrar medios rentables de transporte en sustitución al modo ferroviario, tales como taxis, colectivos etc...*

*En el caso del transporte urbano, la rentabilidad del transporte público es mucho más difícil de conseguir en condiciones de calidad de servicio satisfactorias. Por diversos motivos, no expuestos, es casi siempre imposible imponerle al usuario la totalidad del costo del sistema de transporte público urbano en "terreno propio".*

*Dentro de las concesiones de transporte público urbano ya en explotación podemos mencionar:*

*Buenos Aires en Argentina; Orlyval, Toulouse, Rouen y Estraburgo en Francia; Manchester y Sheffield en Gran Bretaña por mencionar algunos.*

*Dentro de los proyectos de concesión atribuidos tenemos a:*

*Birmingham y Croydon en Gran Bretaña, Burdeos en Francia, México D.F. en México, Kuala Lumpur en Malasia, Sydney en Australia ó Bangkok en Tailandia por citar algunos ejemplos.*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*Asimismo dentro de los proyectos en estudio están:*

*El metro de Tesalónica en Grecia*

*El tranvía de Hyderabad y Nueva Delhi en la India*

*El tranvía de Porto en Portugal etc...*

**ESQUEMA DE PROYECTOS CONCESIONADOS EN LA CIUDAD DE MEXICO  
(EL CASO DE LA DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OBRAS DEL  
S.T.C.)**

*La D.G.C.O.S.T.C. tiene la política de contratar firmas consultoras para la ejecución de sus estudios y proyectos, algunas de ellas se ocupan de la calidad del contratante, de la programación, de la supervisión, de la fiscalización y del control de esa ejecución. Tal modalidad de actuación, además de representar una orientación fecunda en posibilidades, merced a la cooperación de la iniciativa privada, constituye un factor de desenvolvimiento de las firmas y de los profesionales de la ingeniería de transportes. La estrecha colaboración de las contratadas, subordinadas a las directrices técnicas y administrativas y que asume los riesgos y las responsabilidades de los proyectos a que se obligan, arrojan como resultado una labor plenamente satisfactoria. Gracias al intercambio de conocimientos técnicos y al concurso de experiencias diversas, ha tenido a su disposición excelentes factores de perfección de procesos y de criterios, todos volcados hacia la eficiencia, la economía y la racionalidad.*

*Según el sistema, las firmas consultoras se someterán a una licitación, para la cual recibirán la siguiente documentación:*

- ✓ Principales condiciones técnicas de la vía férrea y neumática.*
- ✓ Especificaciones técnicas de construcción de obra metro*
- ✓ Estipulaciones para la elaboración del anteproyecto*



**EL S.T.C. METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO UN GRAN  
PROYECTO DE INGENIERÍA HECHO REALIDAD**



*El control de la D.G.C.O.S.T.C. para las empresas subcontratadas comprende: inspecciones **in situ** e informes de la consultora.*

*La evaluación del progreso de las actividades o del plazo transcurrido en relación con el plazo total, se hará utilizando el apoyo de una computadora.*

*La consultora presentara además de los datos extraordinarios que le sean solicitados diversos informes.*

**TRENES URBANOS REGIONALES (UN NUEVO PROYECTO DE CONCESION PARA LA EXPLOTACION DE FERROCARRILES ELECTRICOS EN EL AREA METROPOLITANA)**

*La Secretaria de Comunicaciones y Transportes, informó que espera contratar empresas para la construcción de un sistema de trenes urbanos en la zona metropolitana del D.F. antes de 1999, con el objeto de desahogar los actuales sistemas de transporte de la Ciudad de México. El proyecto contempla el reutilizar los 240 kilómetros de vías de ferrocarril existentes para incorporarlas al sistema de transporte urbano. La primera línea que se espera reactivar es la que va de Huehuetoca a 40 kilómetros al norte de la Ciudad de México, a la estación central de ferrocarriles en Buenavista. Esta línea, de acuerdo con la SCT, será utilizada por 150 millones de personas al año. Entre las empresas que han mostrado interés por el proyecto se encuentran 3 Alemanas (Ad Trans, Alsthom y Siemens) de Japón (Sumimoto) de Canada (Bombardier-Concaril) y de España (CAF).*

*El costo estimado para esta línea es de 7 millones de dólares por kilómetro en las partes donde las vías actuales puedan utilizarse y 11 millones cuando se tengan que cambiar las vías. De cualquier forma la construcción de este tren urbano es mucho más barato que el Metro. El cual cuesta 60 millones de dólares por kilómetro.*



## **VIII.- CONCLUSIONES GENERALES**

*Hoy en día la concesión de proyectos así como su ejecución tienen una gran demanda, los que lo consiguen tienen que respetar tres imperativos:*

**LA CREDIBILIDAD**

**LA PERENNIDAD**

**EL EQUILIBRIO**

*La credibilidad de un proyecto depende de la voluntad política de la entidad que toma la decisión, de la consistencia del proyecto técnico y de su adecuación a las necesidades de los futuros usuarios y a los recursos locales, de la calidad del dialogo establecido entre partes públicas y privadas.*

*El equilibrio del proyecto se basa en una repartición clara de los riesgos y de las responsabilidades de la concesión, así como una definición precisa de los objetivos y de las aportaciones técnicas y financieras de los diferentes socios.*

*El equilibrio de la concesión tiene igualmente una dimensión temporal, una concesión es un contrato a largo plazo y es imprescindible prever las modalidades de revisión periódica de los objetivos y de las condiciones contractuales para asegurar la perennidad de la concesión, en caso de transformación imprevisible, bien sea del ámbito del contrato o de los socios mismos.*

*La experiencia de estos últimos diez años demuestra por fin que los poderes públicos a veces han subestimado al principio su grado de implicación financiera en el éxito de los proyectos realizados en concesión, esto se comprueba sobre todo para los proyectos de nuevas líneas ferroviarias en casco urbano.*

*Concesión no significa que las autoridades públicas se liberen de su compromiso, la autoridad pública debe conservar el poder sobre los objetivos estratégicos. Debe igualmente, cuando es necesario contribuir al financiamiento del proyecto cuando su rentabilidad financiera no puede lograrse únicamente con los ingresos comerciales en fase de explotación.*

*En el campo de los transportes ferroviarios, la concesión no constituye un fin en si misma. Es un medio de una política global de transporte que debe permitirle al transporte público desempeñar un papel a la medida de las ventajas que aporta a la colectividad.*



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO “GERENCIA DE PROYECTOS”  
23 AL 25 DE SEPTIEMBRE DE 1999  
DECFI – ICA**

Módulo IV  
**CONSTRUCCION**

**“PLANEACIÓN ESTRATÉGICA”**

Lic. Alma Rosa Mercado Díaz

Palacio de Minería 1999

# **PLANEACIÓN ESTRATÉGICA**



## **INDICE**

### *Introducción*

<i>1. Relevancia de la temática.....</i>	<i>3</i>
<i>2. Planeación estratégica.....</i>	<i>4</i>
<i>2.1. Concepto.....</i>	<i>5</i>
<i>3. Cómo anticipar y responder a los retos futuros.....</i>	<i>8</i>
<i>3.1. Claroscuros del futuro.....</i>	<i>8</i>
<i>3.2. Técnicas de pronósticos.....</i>	<i>9</i>
<i>3.3. Análisis externo.....</i>	<i>10</i>
<i>3.4. Análisis interno.....</i>	<i>12</i>
<i>3.5. Estrategia de respuestas.....</i>	<i>13</i>
<i>4. Modelos de planeación.....</i>	<i>14</i>
<i>5. Cómo competir en cada negocio.....</i>	<i>16</i>
<i>5.1. Análisis de la industria.....</i>	<i>16</i>

# **PLANEACIÓN ESTRATEGICA**

## **INTRODUCCIÓN**

Durante varias décadas México ha pasado por fluctuaciones en la actividad económica, denominadas ciclos económicos, entendiéndose esto último como el proceso de aumento y disminución del producto nacional bruto de un país durante un periodo determinado, donde muchas empresas quiebran, a causa de una creciente dificultad para vender dichas mercancías, se incrementa el desempleo y subempleo, etc.

La crisis económica de México en los últimos 24 años ha impactado en la productividad de las empresas de cualquier tamaño y eso puede obedecer a la falta de conocimientos de cómo analizar el entorno en el que se desenvuelve y capitalizar la información de cada elemento en una forma efectiva de decisión para el corto y largo plazo que impacte directamente en las utilidades para los accionistas.

Pareciera ser que la crisis por la que atraviesa México los empresarios o gerentes o ejecutivos que toman decisiones, no aprenden la lección acerca de la íntima relación que existe entre una economía interna sana y la demanda de los consumidores por sus productos, es decir la producción y venta de la mayoría de los bienes y servicios aumentan y disminuyen de acuerdo con los cambios en el nivel de gasto de la economía nacional. Muy pocas o ninguna de las industrias, y empresas están libres de los efectos de las condiciones económicas generales. Por esta razón, es importante que los hombres estén alertas a los cambios en el clima económico a escala nacional, que evalúen el comportamiento de su propia empresa en relación con el resto de la economía y que planifiquen las estrategias de su empresa con el propósito de beneficiarse lo más posible (o sufrir lo menos) con los ciclos económicos a escala nacional.

Los cambios económicos, políticos y sociales pudieran prevenirse si el empresario tuviera las herramientas de análisis del medio ambiente para medir su comportamiento, en el corto y largo plazo haciéndolo un empresario exitoso, contribuyendo a la generación de riqueza, y de empleo, además de poder usar los recursos productivos con más eficiencia, aumentando su producción, reduciendo costos, y atendiendo a sus clientes con más eficacia.

## *1. RELEVANCIA DE LA TEMATICA*

Hay temas que poseen tal atractivo que llega a ser un tanto seductor como sucede con el de la estrategia, quizá por que asociamos al estrategia características como las siguientes:

- a) Un espíritu emprendedor e innovador
- b) Habilidad para enfrentar situaciones adversas
- c) Visión para identificar las mejores oportunidades
- d) Capacidad para dirigir grandes proyectos
- e) Carisma para impulsar el cambio

Todo ello bajo la constante del éxito, gracias al especial conocimiento, destreza o arte de que se hace gala, por lo que sin duda se antoja indagar al respecto para ver de qué podemos apropiarnos.

Sin embargo, no todo se reduce a un acto meramente emotivo, pues buena parte de la importancia y del interés que despierta este tema, se debe a la necesidad de contar con un instrumento de apoyo para hacer frente a los retos actuales, dada la creciente competencia y la fuerte dinámica de cambio que se vive prácticamente en todos los ámbitos.

Es por ello que las organizaciones deben revisar y ajustar sus estrategias para competir en forma satisfactoria, así como para aprovechar las oportunidades o evitar las amenazas que el tiempo trae consigo, e incluso, ir un paso más allá al buscar cómo dar lugar a un futuro deseado y crear formas innovadoras de acción.

*El calificativo de estratégico se aplica en los más diversos casos y circunstancias:*

*Planes de largo plazo*

*Recursos valiosos*

*Programas de expansión*

*Cómo salir de embrollos*

*Formación de alianzas*

*Lanzamiento de productos*

*Reorganización de empresas*

*Grandes proyectos*

*Programas de mejoramiento*

*Etc.*

## **2. PLANEACIÓN ESTRATÉGICA**

La planeación estratégica es una función de todo director a cualquier nivel de una organización, pues hoy en día, la dirección y planeación estratégica son vitales en cuanto al éxito de las compañías ya que una estrategia inadecuada puede crear serios problemas, no importando lo eficiente que puede ser una empresa internamente.

Por otra parte, una compañía puede ser ineficiente en lo interno pero puede tener éxito, ya que utiliza las estrategias apropiadas.

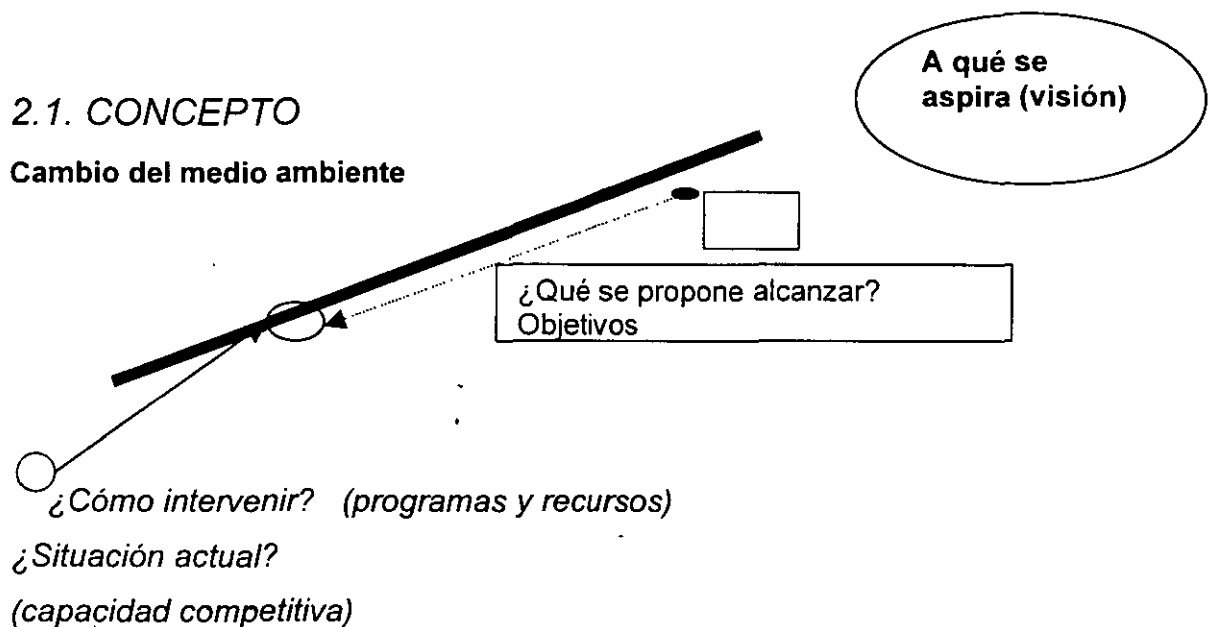
Un programa de planeación efectivo consiste en que proporciona una guía para los ejecutivos en todos los aspectos de un negocio para tomar decisiones afines con las metas y estrategias de alta dirección, entendiendo el concepto de estrategia como: el desarrollo y aprovechamiento de la capacidad interna para enfrentar distintos retos; como respuesta o anticipación a los cambios del medio ambiente; como la forma de competir en el mercado; cómo la visión de largo plazo o como el reto que resulta de preguntar ¿en qué lugar estamos? Y ¿en qué lugar deberíamos estar?

La estrategia como el vínculo entre los objetivos que se persiguen, los programas de acción y los recursos requeridos.

Por tanto el concepto de estrategia tiene un carácter multidimensional, que gira alrededor de cinco interrogantes claves: ¿en qué negocio conviene participar y cómo manejar la familia de negocios?, ¿Cómo competir en cada negocio?, ¿Cómo mejorar la capacidad competitiva?, ¿Qué retos se prevén?, Y ¿cuál es la imagen objetivo?.

## 2.1. CONCEPTO

Cambio del medio ambiente



**Factores clave que se consideran en el concepto de estrategia**

La planeación trata de decir ¿qué hacer?, ¿cómo hacerlo?, ¿dónde hacerlo?, ¿quién lo va a hacer? ¿cuándo hacerlo?, Es un proceso que señala anticipadamente cada acción o actividad que se debe realizar.

En si, la planeación es una actividad que da previamente las respuestas a las interrogantes anteriores, relacionadas con las cuatro áreas básicas de toda empresa: producción, mercados, finanzas, personalice esta relación depende la vida de la empresa.

El propósito principal de la planeación estratégica consiste en descubrir las oportunidades y los peligros futuros para elaborar planes ya sea para explotar o evitarlos.

El siguiente paso en el proceso de planeación estratégicos es formular estrategias maestras y programas. La estrategia maestra se define como misiones, propósitos, objetivos y políticas básicas, mientras que las estrategias de programa se relacionan con la adquisición, uso y disposición de los recursos para proyectos específicos, tales como la construcción de una nueva planta en el extranjero.

Una vez que los planes operativos son elaborados deben ser implantados. El proceso de implantación cubre toda la gama de actividades directivas incluyendo la motivación, compensación, evaluación directiva y procesos de control.

En términos generales el proceso de la planeación estratégica inicia con el establecimiento de metas organizacionales, define estrategias, políticas y consiste en: a) definir el negocio y establecer una misión estratégica; b) Establecer los objetivos estratégicos y las metas de desempeño; C) formular una estrategia para alcanzar los objetivos y desempeño deseados; D) Preparar y ejecutar el plan estratégico, e)Evaluar los resultados y reformular el plan estratégico y/o su aplicación.

Como complemento a la definición de estrategia es interesante revisar la manera como se concibe esta idea en el terreno de lo cotidiano.

Plan: cursos de acción para alcanzar un fin, con frecuencia de gran magnitud y con un horizonte de largo plazo (ejemplo la estrategia de salir de la crisis)

Pasada: Esto es maniobra o treta para ganar la partida a un contrincante

Posición: Tomar y defender una posición que sea ventajosa

Patrón: gradualmente los enfoques exitosos se convierten en la estrategia, es decir, un modelo o modo de actuar

Perspectiva: visión fundamental de la organización

Con base a lo anterior existen diversos elementos en común, no es posible reducir la idea de estrategia a una simple definición y que una discusión sobre este punto pudiera no tener ningún fin

No obstante, al examinar las formas específicas de análisis que se han desarrollado, se advierte que giran alrededor de cinco interrogantes clave.

Las tres primeras interrogantes están dirigidas al tema de la competencia, considerando los niveles jerárquicos típicos de una organización (directivo, unidad de negocios y operativo):

*¿En qué negocios conviene participar y cómo manejar la familia de negocios?*

*¿Cómo competir en cada negocio?*

*¿Cómo mejorar la capacidad competitiva?*

Además, como éxito o fracaso, crecimiento o caída de la organización, también está condicionado por la habilidad que se tiene para ver hacia delante, alas interrogantes anteriores se agregan las dos siguientes:

*¿Qué retos se prevén?*

## *¿cuál es la imagen objetivo*

A partir de estas interrogantes se construye un mapa que muestra las áreas clave o niveles de la planeación estratégica.

### 3. ¿CÓMO ANTICIPAR Y RESPONDER A LOS RETOS FUTUROS?

En una época de fuertes y frecuentes cambios, el éxito o fracaso de las organizaciones está condicionado en un alto grado por la habilidad que muestran para aprovechar las oportunidades o enfrentar las amenazas que el tiempo trae consigo

Conceptualmente el problema es un tanto simple: por un lado se realiza un análisis externo para identificar los cambios que vienen (oportunidades y amenazas), mientras que por el otro se realiza un análisis interno para establecer qué capacidad tiene la empresa para hacerles frente (fortalezas y debilidades), para sobre esta base definir las estrategias que conviene seguir.

Como antecedentes para este análisis se necesita conocer los claroscuros del futuro: En qué grado puede ser conocido el futuro (que va de la virtual certeza hasta la plena incertidumbre) y cómo influye esto en las formas de planeación.

#### 3.1 CLAROSCUROS DEL FUTURO

Hace tiempo se ha tenido que abandonar la idea de un futuro estable dada la continua aparición de cambios sorpresivos y radicales de alto impacto, lo que en ocasiones ha llevado a adoptar una posición tremendista en la que se marca que poco o nada puede ser predecible, por lo que la planeación carece de sentido.



Como aquí se concibe al futuro ningún extremo es del todo cierto o falso, dado que el futuro no es homogéneo, sino que está compuesto por distintas zonas que van del claro hasta la sombra total en cuanto a la certidumbre de lo que cabe esperar, conforme a lo cual varían las formas de planeación.

Zonas clara: esta zona está formada por cambio en el medio ambiente que prácticamente ya se encuentran presentes o para los que existe virtual certeza en cuanto a lo que está por venir, como es el caso de eventos predeterminados y tendencias estables que se extienden en el tiempo.

En estas condiciones, la estrategia a seguir es una de compromiso, es decir, como programas de acción bien definidos para cumplir con los nuevos requerimientos y lograr un tránsito ordenado y provechoso al futuro.

Zona de grises: constituye una extensión de la anterior zona, en la que los valores estimados no son fijos sino que se ubican en un margen, por lo que la estrategia debe ser flexible para responder a valores altos, medios o bajos.

Zona de penumbra: en este caso no hay un conocimiento cierto o único del futuro, aunque razonablemente se pueden asignar probabilidades a los distintos eventos o resultados, en cuyo caso la estrategia adquiere un carácter contingente esto es, se plantearía un plan de acción para responder a cada posible situación.

Zona de tinieblas: El futuro se presenta como una incógnita, ya sea por falta de información o entendimiento, además de las genuinas sorpresas.

Al dominar la incertidumbre, la estrategia que queda es mantener un monitoreo estrecho e ir haciendo los ajustes pertinentes conforme se requieran.

### 3.2. TECNICAS DE PRÓNOSTICOS

Para anticipar el futuro que cabe esperar se cuenta con un variado conjunto de herramientas, cuyo poder y límites no quedan siempre claros, por lo que aquí se presenta un panorama general.

Técnicas de extrapolación: se busca conocer el futuro a partir de los datos del pasado, como una continuación del mismo, lo que lleva a técnicas como la regresión, las series de tiempos, números índice o simples gráficos.

Entre sus ventajas destacan la factibilidad para su aplicación, el que no requieren de un conocimiento profundo del fenómeno de interés, que cuentan con un buen soporte teórico y que tienen buena aceptación por su objetividad (al partir de datos concretos)

Su límite es cuando no se dispone de los datos suficientes o éstos no son confiables, así como cuando tal historial deja de ser representativo debido a alguna discontinuidad que implique una ruptura con el pasado.

Modelos causales y de simulación: en donde se busca reproducir la realidad y por ese medio ver al futuro.

Sus ventajas son que permiten atender cambios estructurales y que no requieren de abundante información estadística; a cambio de ello son muy exigentes en cuanto a la profundidad del conocimiento de las variables modeladas y sus relaciones, además del tiempo y esfuerzo requerido, lo que con frecuencia los hace imprácticos.

Técnicas de consulta a expertos: en las que se aprovecha el conocimiento intuitivo de la gente para apuntar al futuro.

Con frecuencia es el único recurso con sentido práctico que queda, su defecto son los posibles sesgos de los expertos y la introducción del problema de falsa respuesta.

Monitoreo: en lugar de anticipar el futuro se tratan de detectar en forma temprana los cambios que vienen, para así dar una respuesta lo más oportuna posible, con la desventaja de que puede ser tardío.

### 3.3. ANÁLISIS EXTERNO

Con los términos de oportunidad y amenazas se hace referencia a aquellas condiciones favorables o desfavorables para la empresa que derivan de los

cambios que se dan en el medio ambiente; entre tales cambios se incluyen tanto las nuevas situaciones que de alguna manera ya están presentes, como los hechos que al futuro pueden verificarse.

El procedimiento que se sugiere para establecer las oportunidades y amenazas más significativas contempla las siguientes etapas:

Explorar el medio ambiente para definir los cambios más significativos que se han dado en los últimos tiempos y los que se pudieran anticipar para el futuro;  
Indicar qué probabilidad o grado de certeza se atribuye a la ocurrencia de cada uno de esos cambios

Establecer qué oportunidades y qué amenazas se abren para la firma si llegan a materializarse dichos cambios; y,

Finalmente, valorar el nivel de impacto que se tendría.

Así, se integra una lista de oportunidades y amenazas para las que se debe preparar la empresa, que se recomienda reducir a un mínimo al dirigir la atención a los retos de mayor relevancia.

Para analizar el examen del medio ambiente se sugiere pensar en los tres siguientes niveles:

Ambiente general: aquí se colocan aquellos factores de carácter general que al variar pueden tener un impacto directo o indirecto en la organización, como son los cambios económicos, sociales, políticos o legales.

Ambiente operativo: corresponde a aquellos elementos con los que la empresa interactúa, como son los proveedores, rivales o sociedad cercana, cuyo cambio también representa una importante fuente de oportunidades y amenazas.

Ambiente interno: en este nivel se hace referencia a cambios que si bien se dan en el interior de la empresa, su ocurrencia escapa del control de la misma, como podría ser una huelga o algún siniestro.

### 3.4. ANÁLISIS INTERNO

Una vez que se han definido las principales oportunidades y amenazas, el trabajo que sigue es valorar los elementos con los que se cuenta para ofrecer una respuesta apropiada, lo que clásicamente se refiere como el establecimiento de fortalezas y debilidades

La capacidad de respuesta está en función del nivel y la calidad de los recursos, las habilidades que se han logrado desarrollar o la posición que ocupa la empresa, lo que hace una lista larga de factores por considerar, por lo que se deben enfocar los aspectos clave.

Una manera ágil y productiva para identificar las fortalezas y debilidades críticas resulta de preguntar directamente lo siguiente:

En el caso de una oportunidad:

- |                                   |   |             |
|-----------------------------------|---|-------------|
| ¿Qué favorece su aprovechamiento? | ⇒ | Fortalezas  |
| ¿Qué lo impediría o lo limitaría? | ⇒ | Debilidades |

En el caso de una amenaza:

- |  |   |             |
|--|---|-------------|
| ¿Qué permite evitarla o neutralizarla? | ⇒ | Fortalezas  |
| ¿Qué hace vulnerable a la empresa?     | ⇒ | Debilidades |

De donde de manera natural se sigue qué tipo de acciones que son requeridas para aprovechar las oportunidades o anular las amenazas, tomando como base los puntos fuertes y tratando de construir una posición firme en aquellas áreas débiles que limitan o ponen en riesgo el futuro de la organización.

### 3.5. ESTRATEGIAS DE REPUESTAS

Al conjuntar los resultados del análisis externo e interno se han configurado los retos para los que se debe preparar la organización en los siguientes términos:

- Qué cambio se prevén en el medio ambiente
- Que probabilidad de ocurrencia se les atribuye
- Cuáles son las oportunidades y amenazas que se visualizan si dichos cambios llegaran a materializarse,
- En qué grado impartirían a la organización y
- Cuál es la capacidad de respuesta de la empresa

Si la probabilidad de ocurrencia y la capacidad de respuesta son altas:

Estructurar un plan de acción bien definido, con un carácter ofensivo para aprovechar las oportunidades o de atrincheramiento para evitar las amenazas.

Si la probabilidad es alta y la capacidad es baja:

La empresa es vulnerable ante las amenazas, por lo que habría que estudiar si es viable su fortificación o si es necesario salir; para una oportunidad las opciones serían fortificar o dejar pasar

Si la probabilidad es baja y la capacidad es alta:

Dado que está preparado para unas remotas oportunidades o amenazas, lo que se sugiere un monitoreo menor para actuar en su momento.

Si tanto la probabilidad como la capacidad son bajas:

Para las amenazas se propone un plan de contingencia, ya que su aparición resultaría catastrófica; si se trata de una oportunidad se sugiere un monitoreo menor para decidir en su momento.

#### 4. MODELOS DE PLANEACIÓN

Partiendo de la definición de planeación estratégica, se concluye que si no existiesen los competidores, no sería necesaria la estrategia, puesto que el único propósito de la planeación estratégica, viene a ser el permitir que la compañía obtenga, con la mayor eficacia posible, una ventaja sostenible sobre sus competidores. La estrategia corporativa implica el intento de alterar las fuerzas de la compañía en relación con las de sus competidores en la forma más eficaz. Para esto básicamente existen cuatro caminos para fortalecer la posición de una compañía frente a la de sus competidores.

- a) La compañía puede reajustar la asignación de recursos a disposición de su cuerpo gerencial, con objeto de reforzar ciertas capacidades de la compañía como un medio para incrementar su participación en el mercado y su rentabilidad. Si la dirección de la compañía asigna los recursos en la misma forma que sus competidores no habrá ningún cambio en su posición relativa. En este método, el punto clave consiste en identificar cuáles son los factores clave de éxito de la industria o del negocio en cuestión y después realizar una inyección de recursos concentrados en el área en que la compañía de mayor oportunidad de ganar una ventaja estratégica significativa sobre sus competidores. A este método se le llama estrategia de negocios basando en factores clave de éxito.
- b) Entre compañías que compiten en la misma industria o en el mismo ramo, puede tener una ventaja relativa al obtener provecho de cualquier diferencia que existe en las condiciones competitivas de la compañía y las de sus rivales. Aquí la tarea del estratega consiste en: a) utilizar la tecnología, la estabilidad de la fuerza de ventas, etc. De sus productos que no compitan directamente con los objetivos de los competidores, o b) utilizar cualquier otra diferencia en la composición de los activos entre la empresa y sus competidores. A este método le llama estrategia de negocios basada en la superioridad relativa.

- c) Si el principal competidor de la compañía está sólidamente establecido dentro de una industria poco dinámica y de lento crecimiento, va a resultar muy difícil desalojar a tal competidor.

Algunas veces la única respuesta es una estrategia poco convencional dirigido a desquiciar los factores clave de éxito sobre los que el competidor ha fincado su ventaja. Para llegar a esa estrategia el punto de partida debe ser desafiar o cuestionar los supuestos aceptados que gobiernan la forma de hacer negocios en la industria o en los mercados en cuestión con miras a cambiar si es posible, las reglas del juego, desquiciar el estatuto quo y como resultado, ganar una nueva y poderosa ventaja competitiva. A este enfoque se le llama estrategia de negocio basada en iniciativas agresivas.

- d) En caso de intensa competencia dentro del mismo sector o ramo, es posible lograr el éxito en la lucha competitiva mediante el despliegue de innovaciones. A este método le conoce como estrategia de negocios basada en los grados de libertad estratégica.

En cada uno de estos cuatro métodos, la preocupación principal radica en evitar hacer las mismas cosas que la competencia, en el mismo campo de acción.

El objetivo de estos cuatro métodos de planeación estratégica consiste en lograr una situación competitiva en la cual la empresa puede: 1) Ganar una ventaja relativa por medio de medidas que a los competidores les sea difícil seguir o copiar y 2) extender ventaja todavía más lejos.

Concentrarse en factores clave

Cuenta con dos enfoques. El primero consiste en seccionar el mercado con el mayor grado posible de imaginación, para identificar sus segmentos clave; el segundo radica en descubrir qué distingue a las compañías de éxito de las que no lo tienen y luego analizar las diferencias entre ambas.

## 5. CÓMO COMPETIR EN CADA NEGOCIO

La estrategia competitiva tiene como propósito definir qué acciones se deben emprender para obtener mejores resultados en cada uno de los negocios en los que interviene la empresa

Tema que en esencia nos lleva a plantear qué productos se deben manejar y qué características deben reunir para aspirar el éxito.

En cierto sentido el producto juega un papel de enlace entre oferta y demanda, por lo que el éxito al que se hace referencia está condicionado por la capacidad de la empresa para superar a la competencia y desde luego, por la bondad del producto desde la perspectiva del cliente.

En estos términos, la concepción de la estrategia competitiva descansa en el análisis de tres partes clave:

Sector industrial: naturaleza de los rivales y capacidad competitiva

Mercado: necesidades y preferencias del consumidor

Perfil del producto: precio, calidad, servicio, etc.

### 5.1. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA

El continuo avance y la emergencia de agresivos rivales plantean la necesidad de estar alerta acerca de las condiciones y la evolución del sector industrial en el que se participa, para construir una estrategia superior y no quedar atrapados en un juego a ciegas.

En algunos casos el análisis del sector se limita a una revisión de la variedad de los productos que se ofrecen y sus precios, pero esto trae consigo el peligro de no advertir alguna fuerza contraria y de quedar expuesto al movimiento de algún oponente.

Por lo tanto, lo que se propone es realizar un examen que contemple los siguientes aspectos:

Composición del sector: qué fuerzas intervienen en el sector.



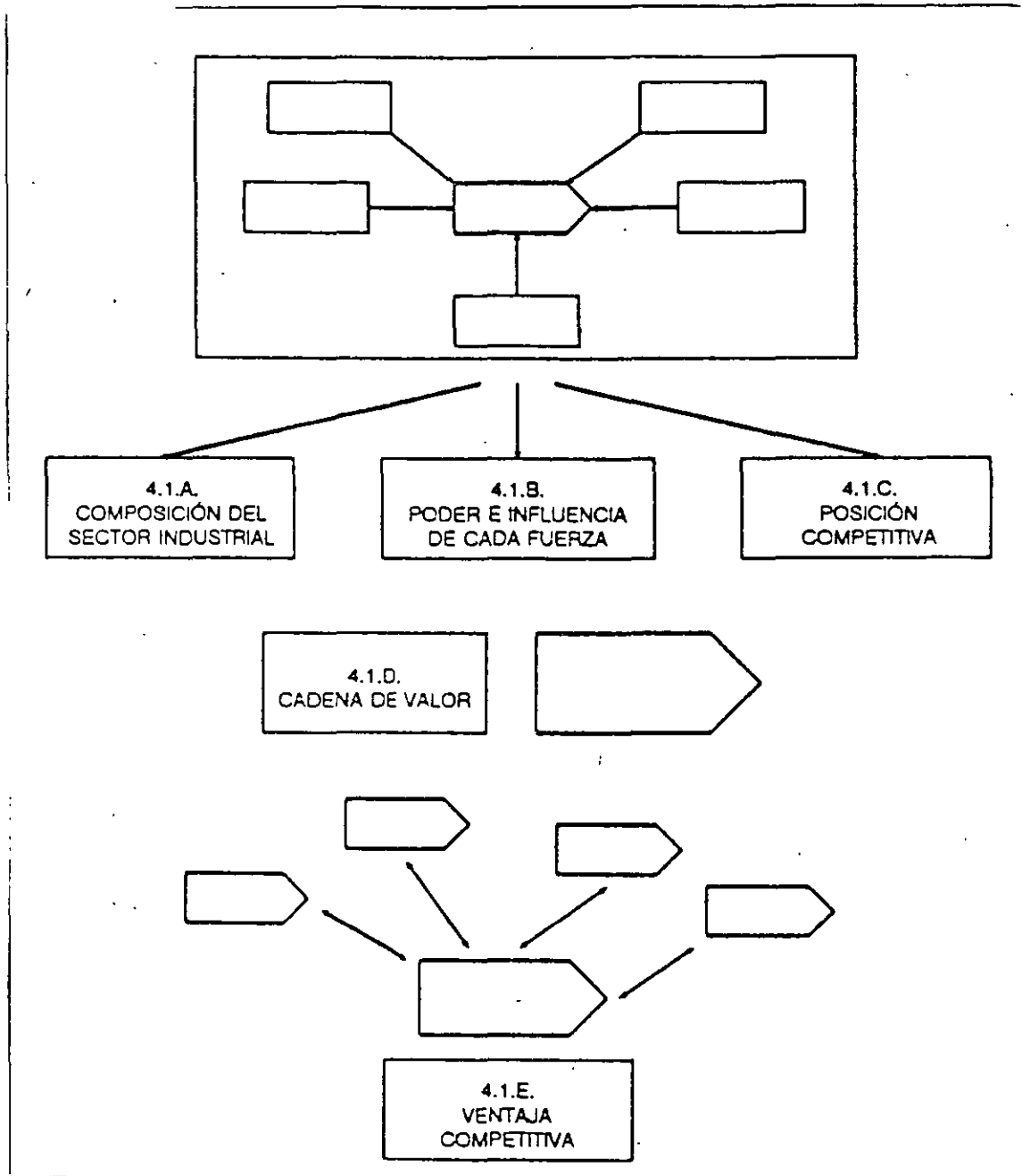
**Poder e influencia de cada fuerza:** En que forma y bajo qué condiciones cabe esperar una mayor presión.

**Posición competitiva:** qué capacidad tiene la empresa para resistir o evitar las fuerzas contrarias y cómo mejorar su posición.

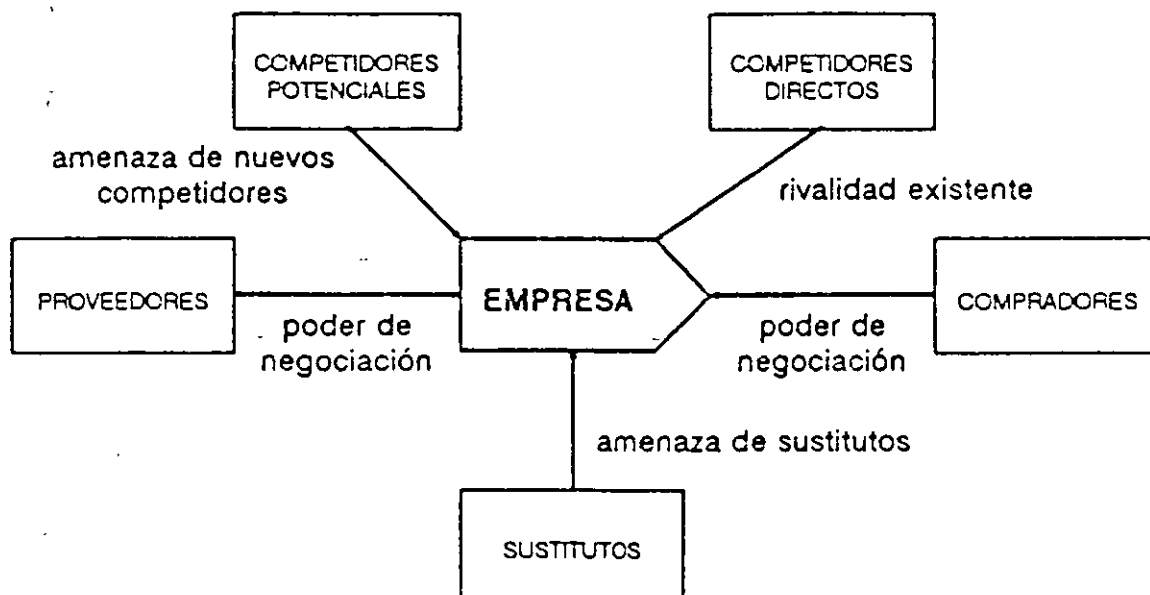
**Cadenas de valor:** constituye un instrumento básico para realizar el análisis interno de la firma y de sus conexiones con el medio ambiente

**Ventajas competitivas:** qué ventajas tiene la empresa sobre sus rivales para competir en el mercado.

# ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA



## 4.1.A. COMPOSICIÓN DEL SECTOR INDUSTRIAL



MODELO DE LAS 5 FUERZAS COMPETITIVAS DE PORTER

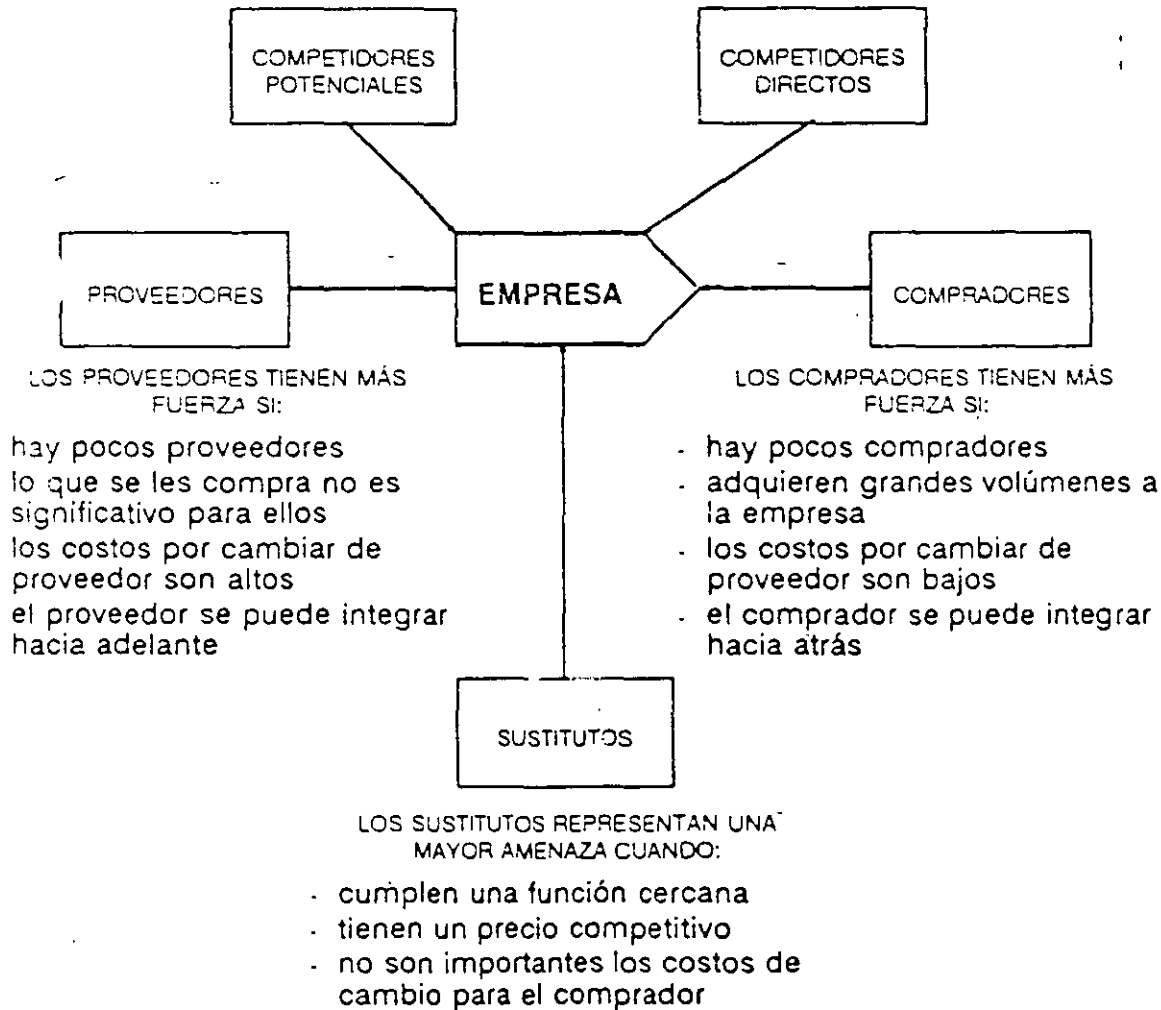
## 4.1.B. PODER E INFLUENCIA DE CADA FUERZA

LA ENTRADA DE NUEVOS COMPETIDORES ES MÁS FÁCIL SI:

las economías de escala no son importantes  
 no hay lealtad a las marcas  
 no hay restricciones del gobierno  
 hay acceso a tecnologías, materias primas y canales de comercialización

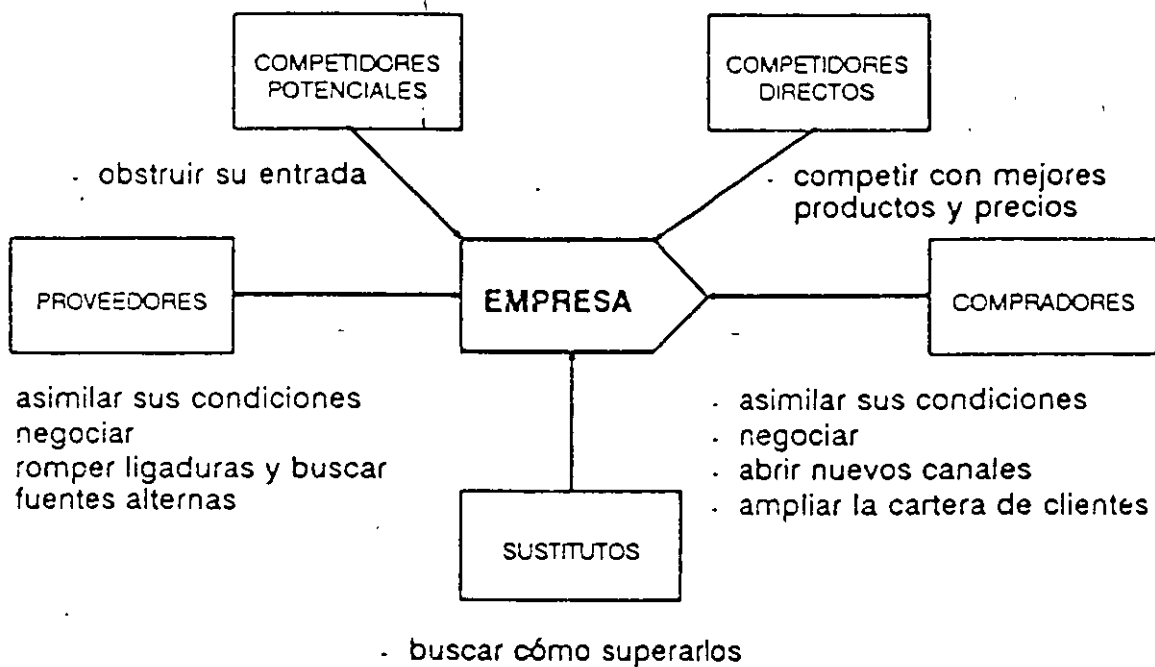
LA RIVALIDAD ES MAYOR CUANDO:

- existen muchos competidores
- el crecimiento de la demanda es bajo
- los costos fijos son altos
- existe un exceso de capacidad
- el producto no es fácilmente diferenciable



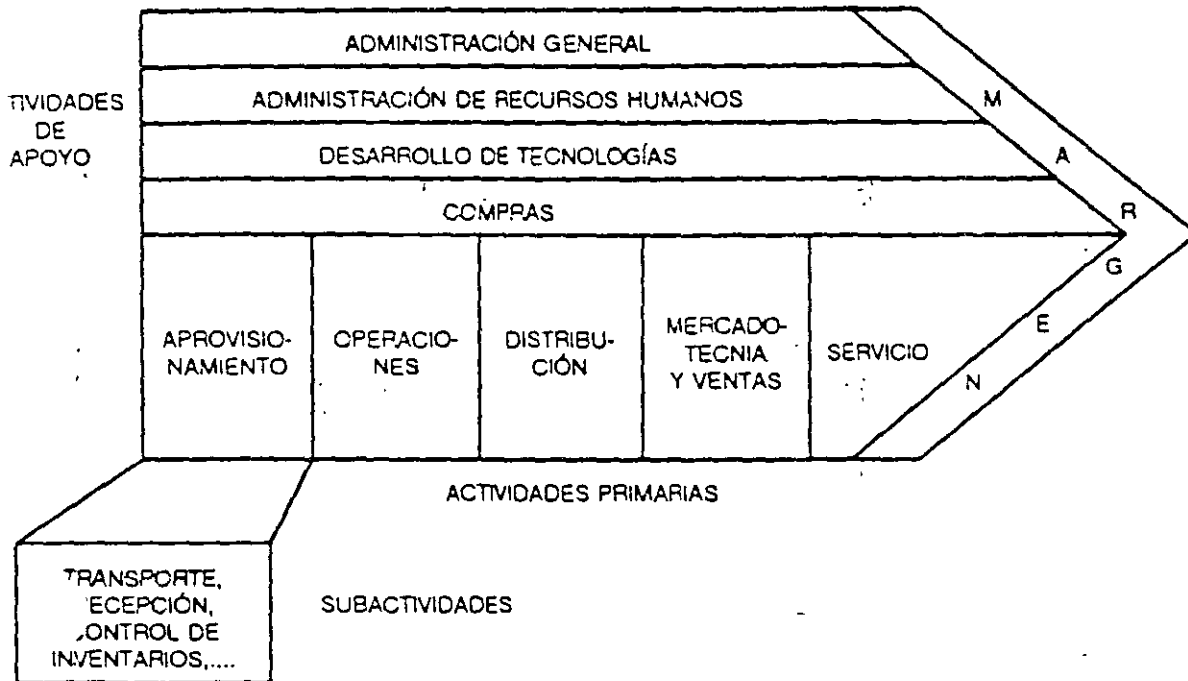
## 4.1.C. POSICIÓN COMPETITIVA

### OPCIONES PARA CONTRARRESTAR O EVITAR A LAS FUERZAS COMPETITIVAS



¿SON FAVORABLES O CONTRARIAS LAS CONDICIONES?  
¿QUÉ MEDIDAS TOMAR?  
¿ES VIABLE LA EMPRESA?

## 4.1.D. LA CADENA DE VALOR



**APROVISIONAMIENTO:** MANEJO DE INSUMOS Y MATERIALES DE CONSUMO (TRANSPORTE, RECEPCIÓN, ALMACENAJE, CONTROL DE INVENTARIOS, ETC.)

**OPERACIONES:** ACTIVIDADES ASOCIADAS A LA TRANSFORMACIÓN DE LOS INSUMOS EN EL PRODUCTO FINAL (EJ. MAQUINADO, ENSAMBLE, PRUEBAS, MANTENIMIENTO DE EQUIPO, ETC.)

**DISTRIBUCIÓN:** ALMACENAJE DE PRODUCTO TERMINADO, PROCESAMIENTO DE ÓRDENES, PROGRAMACIÓN DE VEHÍCULOS, ETC.

**MERCADOTECNOLOGÍA Y VENTAS:** ACTIVIDADES ORIENTADAS A INDUCIR Y FACILITAR LA COMPRA DEL CLIENTE (EJ. PUBLICIDAD, FUERZA DE VENTAS, SELECCIÓN DE CANALES, FIJACIÓN DE PRECIOS,....)

**SERVICIO:** INSTALACIÓN, CAPACITACIÓN, REPARACIÓN, PARTES, AJUSTES, ETC.

**COMPRAS:** CORRESPONDE A LA FUNCIÓN DE COMPRAS Y NO AL MANEJO FÍSICO DE LOS PRODUCTOS (EJ. CALIFICACIÓN DE PROVEEDORES, CONTRATACIÓN, COMPRA DE EQUIPO, PAGOS, ETC.)

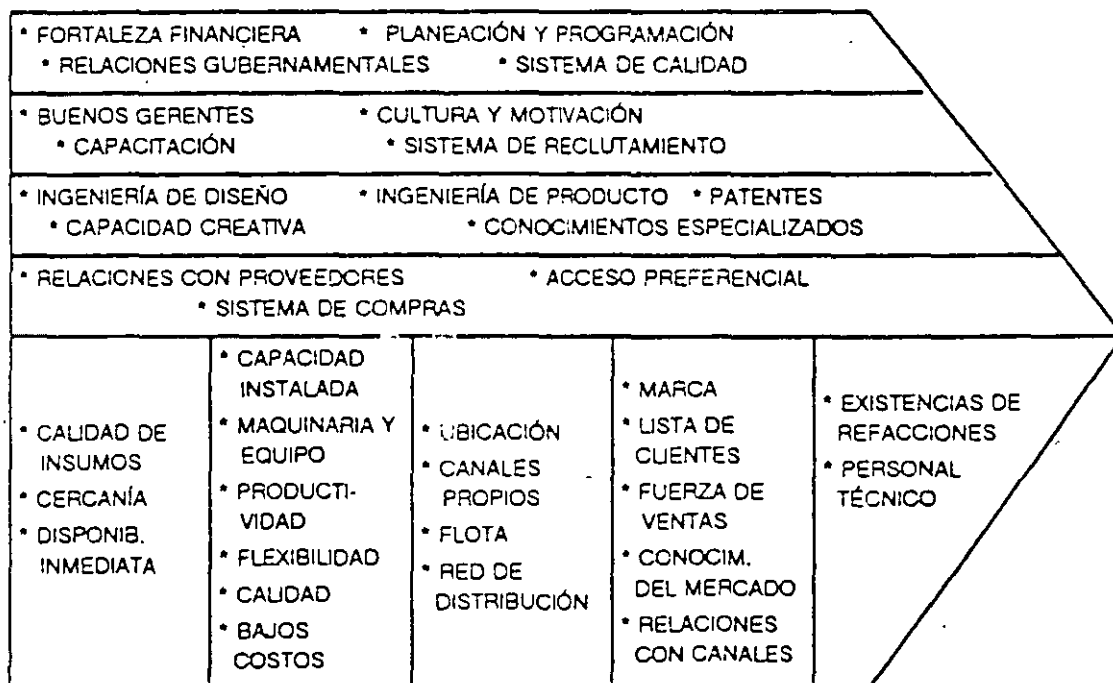
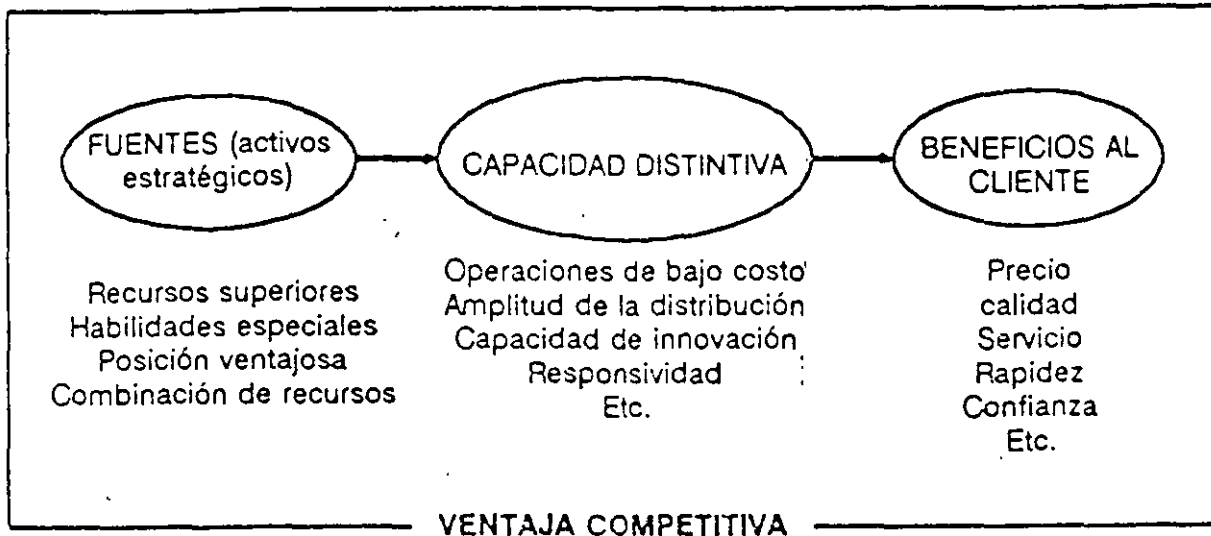
**DESARROLLO DE TECNOLOGÍA:** INGENIERÍA DE PRODUCTO Y PROCESO, INVESTIGACIÓN DE MATERIALES, AUTOMATIZACIÓN DE PEDIDOS, ETC.

**ADMN. DE RECURSOS HUMANOS:** RECLUTAMIENTO, SELECCIÓN, CAPACITACIÓN, PROMOCIÓN, ETC.

**ADMN. GENERAL:** DIRECCIÓN, PLANEACIÓN, FINANZAS, ASPECTOS LEGALES, RELACIONES CON INVERSIONISTAS, ETC.

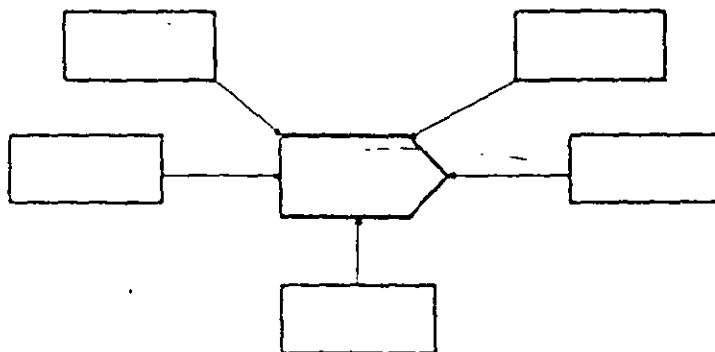


## 4.1.E. VENTAJA COMPETITIVA

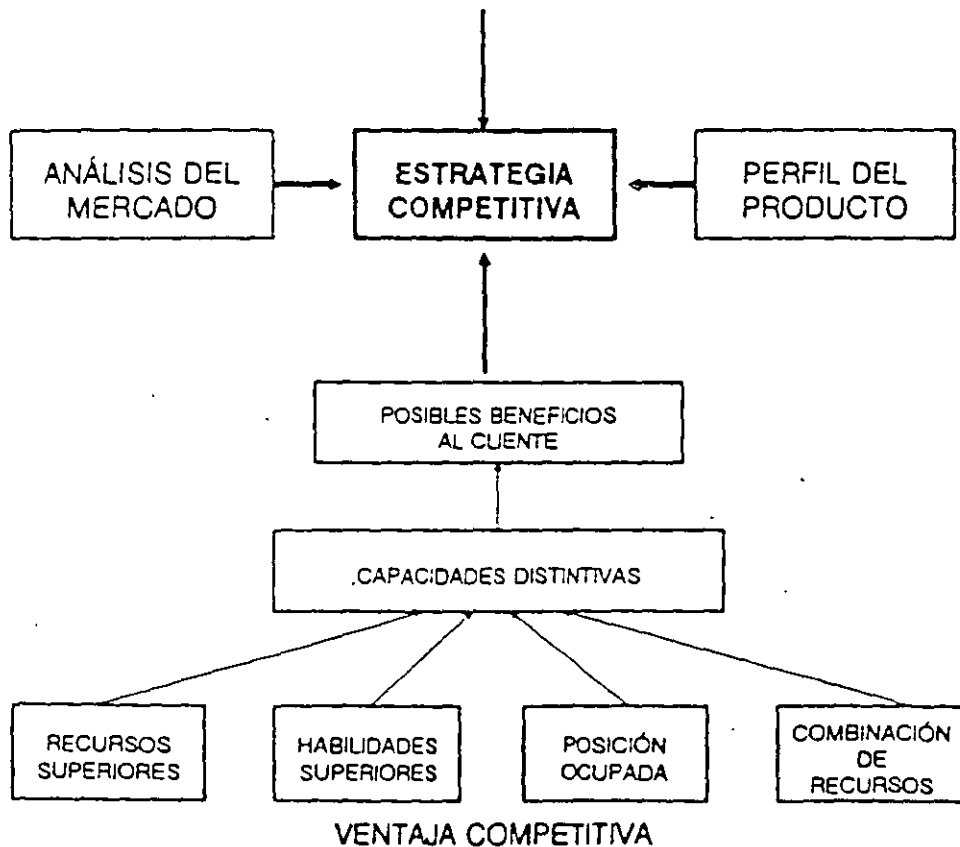


## 4.1.F. GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA

### ANÁLISIS DEL SECTOR

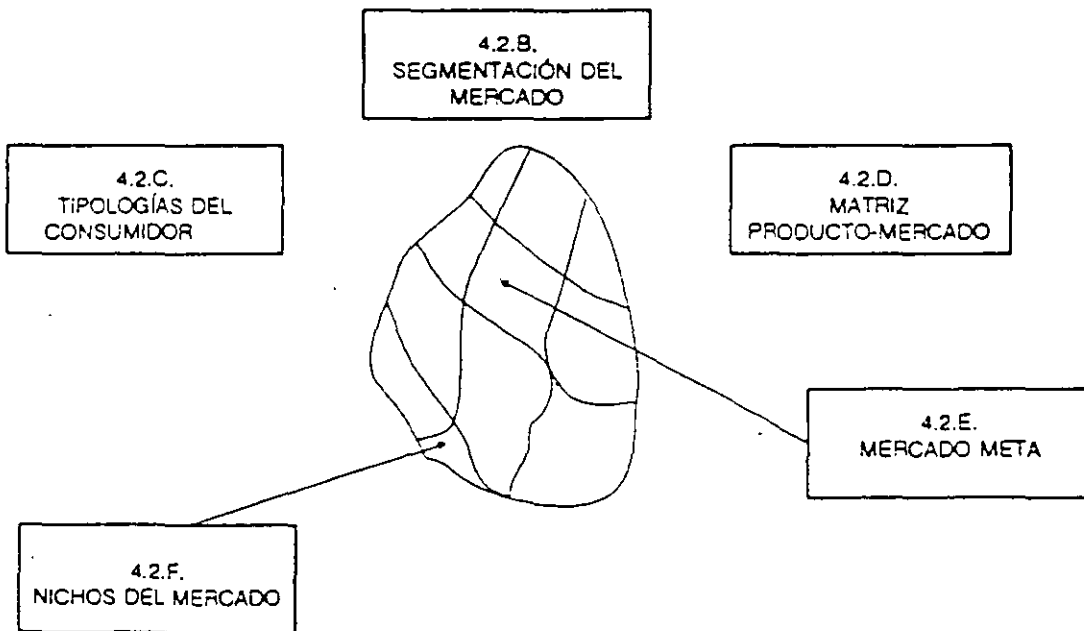
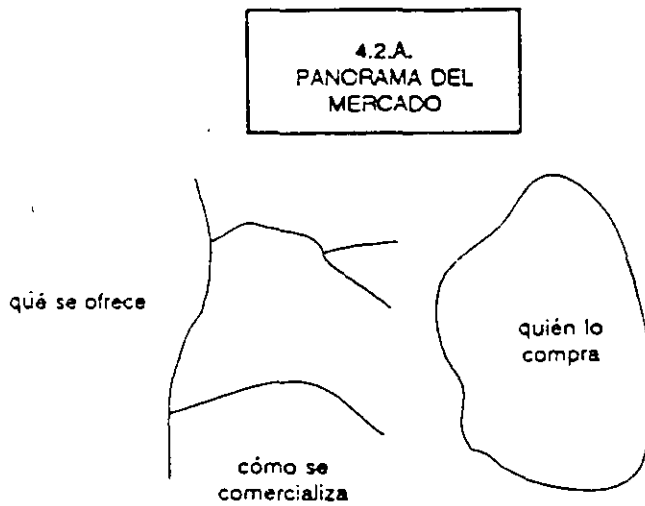


¿qué fuerzas intervienen?  
¿cómo afectan al negocio?  
¿qué hacer para contrarrestar su influencia?  
¿la posición es favorable o sostenible?  
¿seguir o salir?

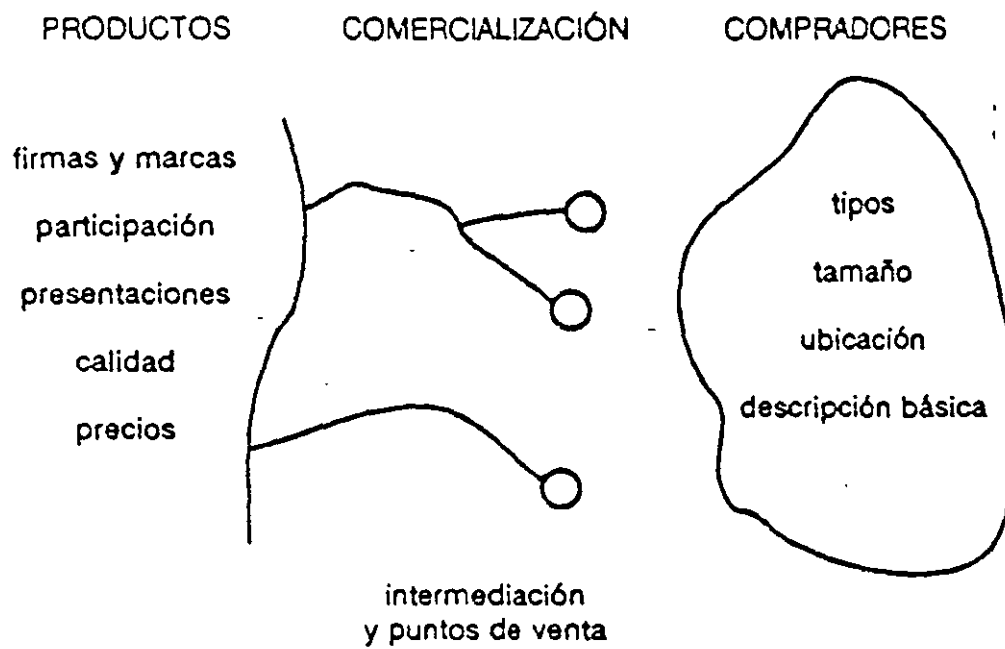




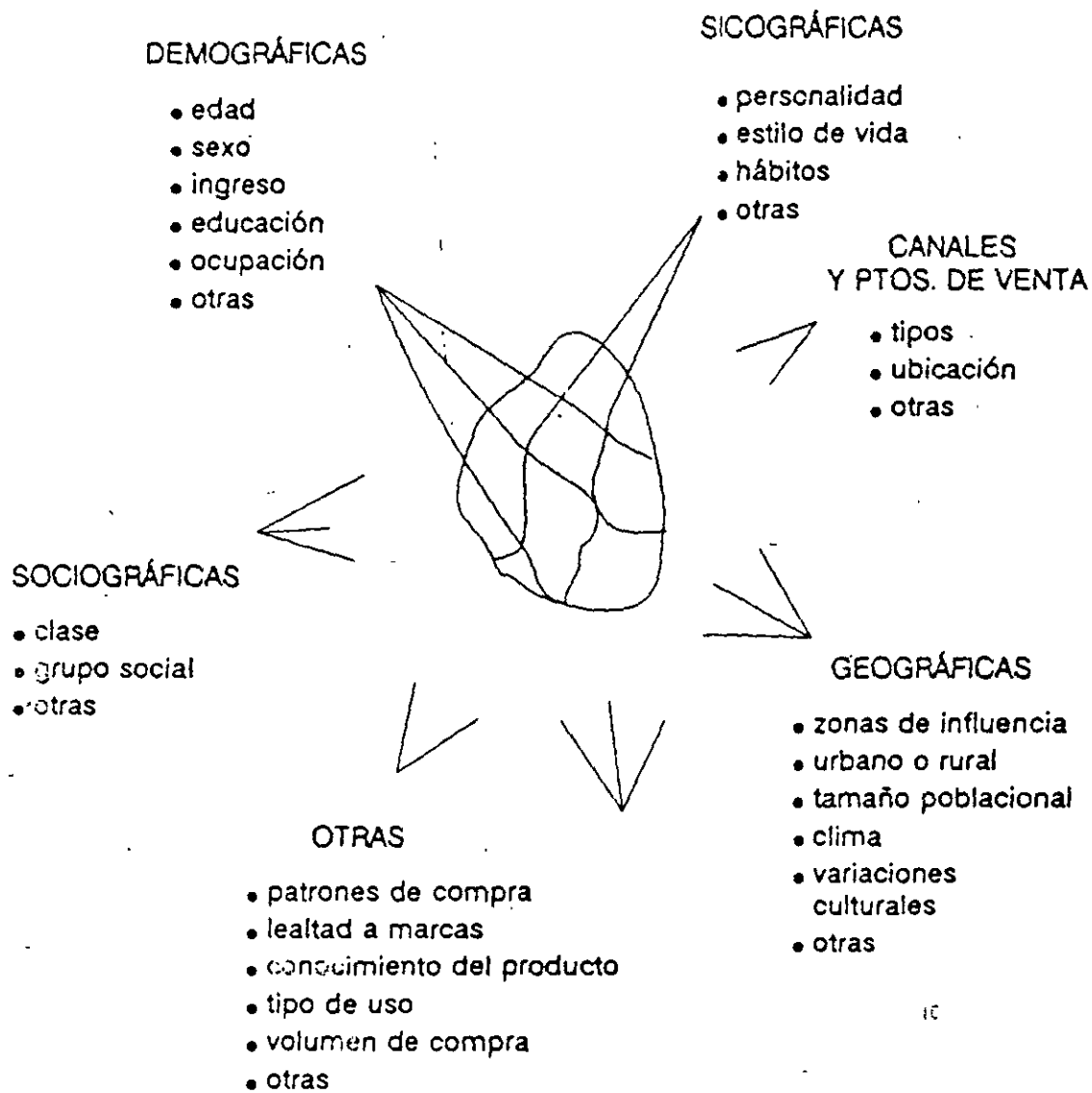
## 4.2. ANÁLISIS DEL MERCADO



## 4.2.A. PANORAMA DEL MERCADO



## 4.2.B. SEGMENTACIÓN DEL MERCADO



VARIABLES DE SEGMENTACIÓN

## 4.2.C. TIPOLOGÍA DEL CONSUMIDOR

### TIPOLOGÍA A PARTIR DEL ESTILO DE VIDA Y NIVEL DE RECURSOS

ALTO  NIVEL DE RECURSOS (ingresos, educación, etc.)	<b>H. MADURO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• responsable</li> <li>• bien educado</li> <li>• familiar</li> <li>• busca el confort</li> <li>• seguridad</li> </ul>	<b>H. EXCELSO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• exitoso</li> <li>• gusta del lujo</li> <li>• vanguardista</li> <li>• en la moda</li> <li>• exclusividad</li> </ul>	<b>H. CONOCEDOR</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• jóvenes</li> <li>• alto consumo</li> <li>• nuevos productos</li> <li>• gusto por la vida</li> <li>• de acción</li> </ul>
	<b>H. TRADICIONAL</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• conservador</li> <li>• leal a marcas</li> <li>• casero</li> <li>• predecible</li> </ul>	<b>H. SEGUIDOR</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• detallista</li> <li>• buscadores</li> <li>• en la moda</li> <li>• apariencia estética</li> </ul>	<b>H. PRÁCTICO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ahorradores</li> <li>• autosuficientes</li> <li>• buscan lo útil y durable</li> <li>• recreación</li> </ul>
BAJO			
	CONSERVADORES	DE ESTATUS	FUNCIONALES
	ESTILO DE VIDA		

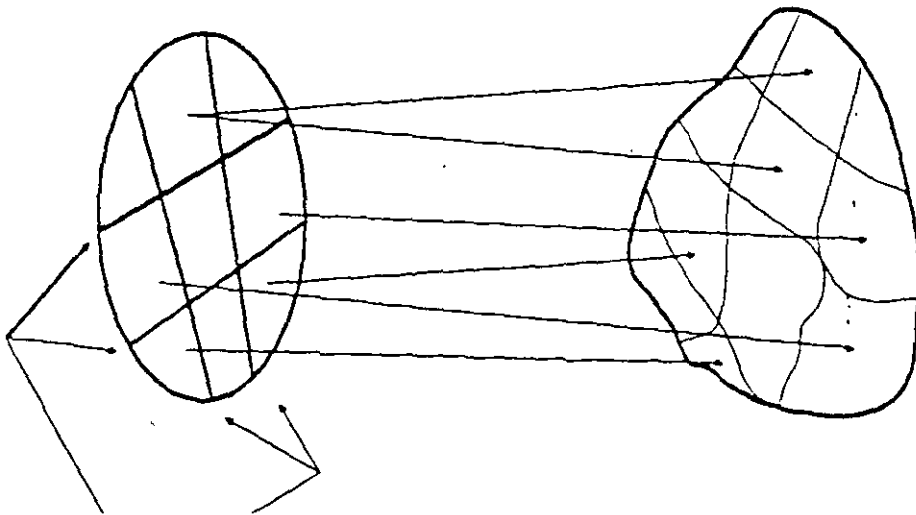
### TIPOLOGÍA SEGÚN LAS ACTITUDES DEL COMPRADOR

TIPO DE COMPRADOR	COMPORTAMIENTO
BARATERO:	busca el más bajo precio
DE PRECIO:	busca la mejor relación beneficio-precio
OPORTUNISTA:	buscadores de ofertas
DE HÁBITO:	difícil que cambie de marca o producto
IMPULSIVO:	hace compras sin previo análisis
VANGUARDISTA:	adquiere nuevos productos que suponen ventajas sobre los tradicionales
EXCELSO:	no les importa el precio sino el estatus
EMOCIONAL:	atraídos por símbolos e imágenes
FUNCIONAL:	valoran la utilidad y otras ventajas

## 4.2.D. MATRIZ PRODUCTO-MERCADO

GRUPOS DE PRODUCTOS

SEGMENTOS DEL MERCADO



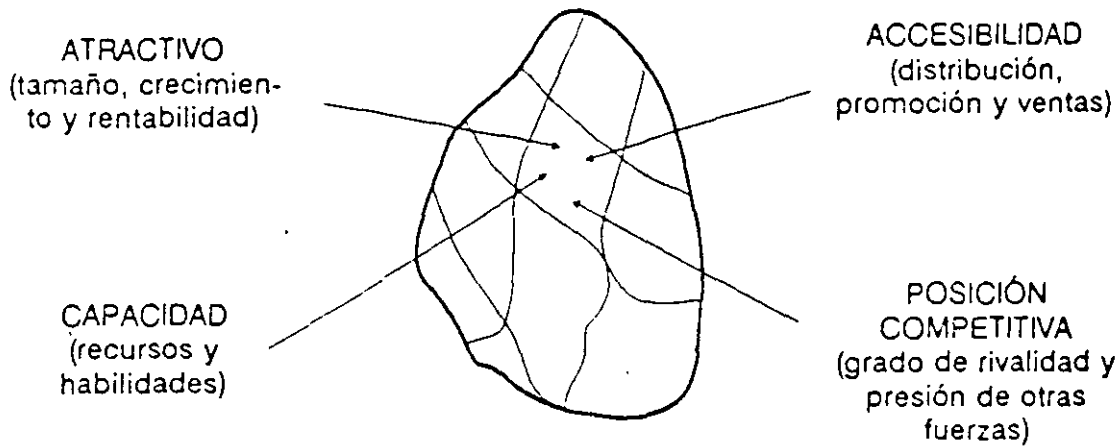
VARIABLES DEL PRODUCTO  
calidad, precio, tamaño,  
durabilidad, tecnología, etc.

MATRIZ PRODUCTO-MERCADO

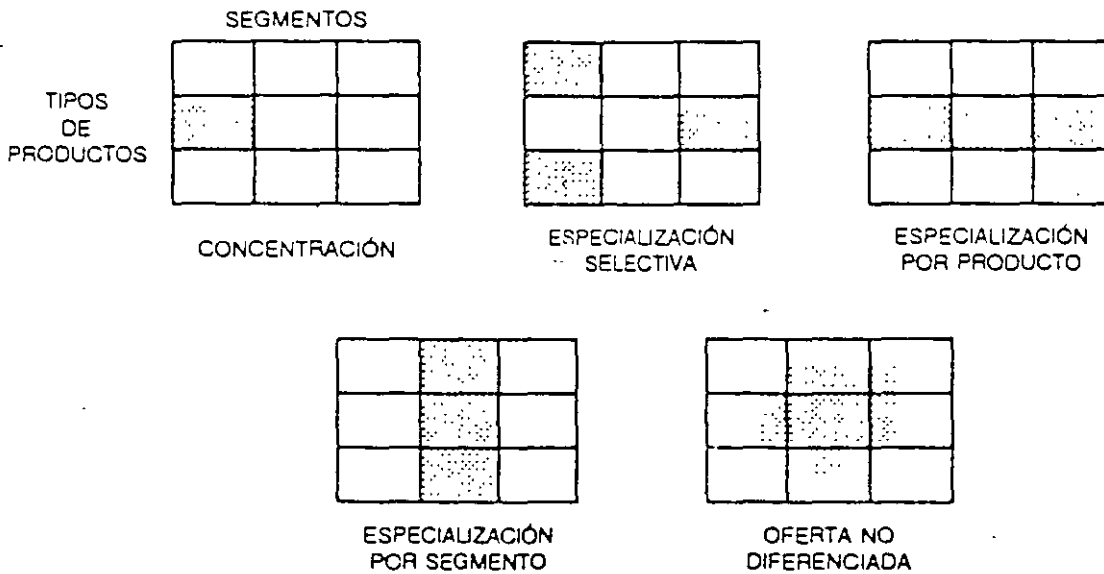
GRUPOS DEL PRODUCTO	SEGMENTOS DEL MERCADO					
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>			S <sub>N</sub>
P <sub>1</sub>		X	X			
P <sub>2</sub>			X		X	
P <sub>3</sub>	X	X				
				X		X
		X				X
P <sub>N</sub>			X	X		

## 4.2.E. MERCADO META

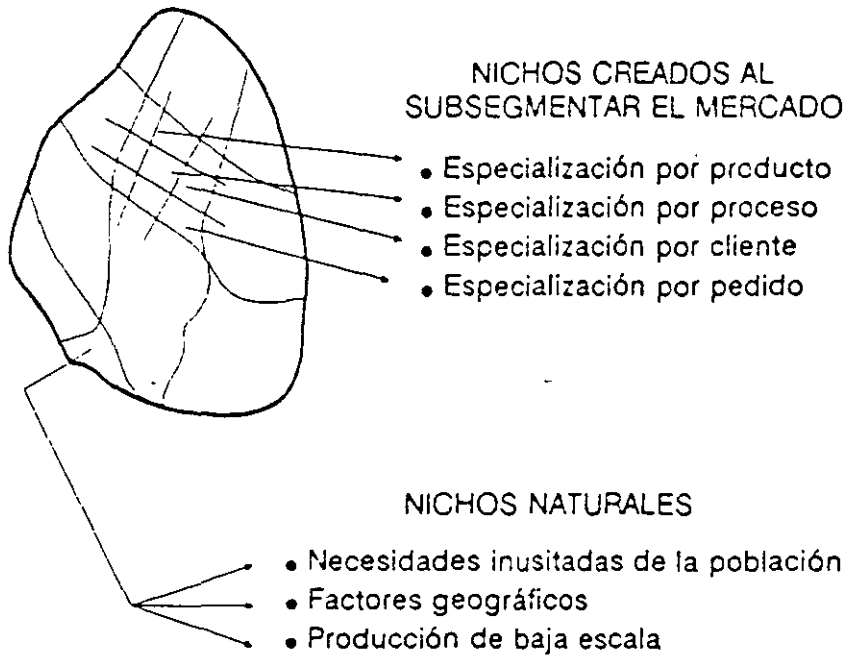
### CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL MERCADO



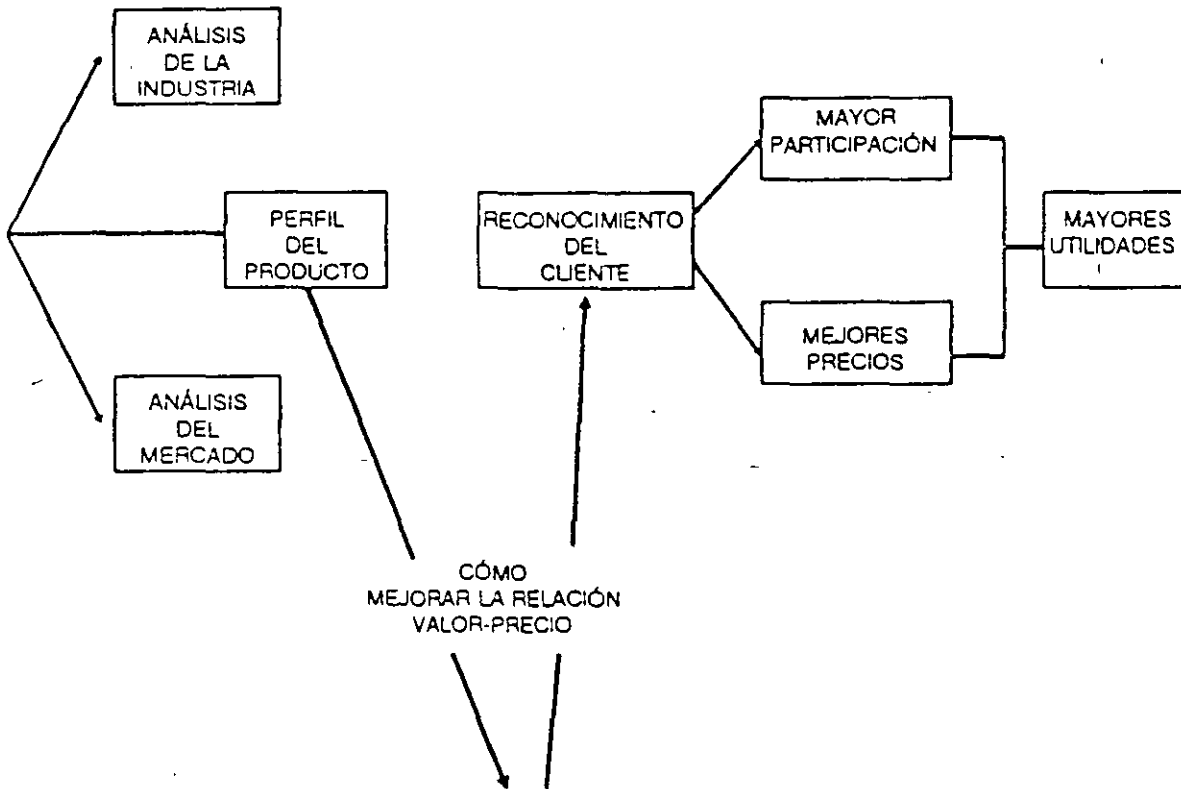
### OPCIONES PARA DEFINIR EL MERCADO META



## 4.2.F. NICHOS DE MERCADO



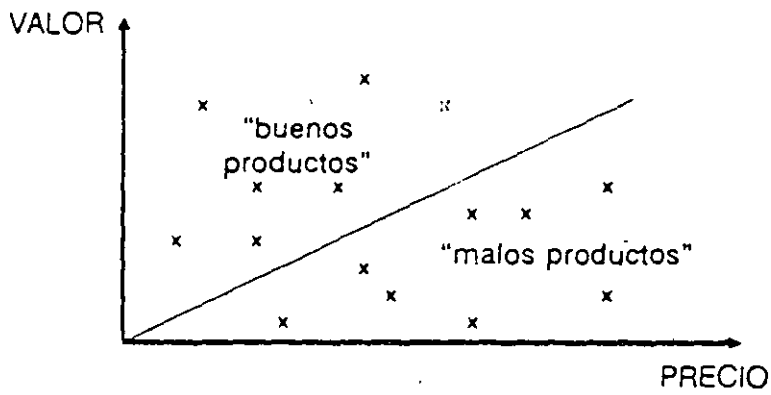
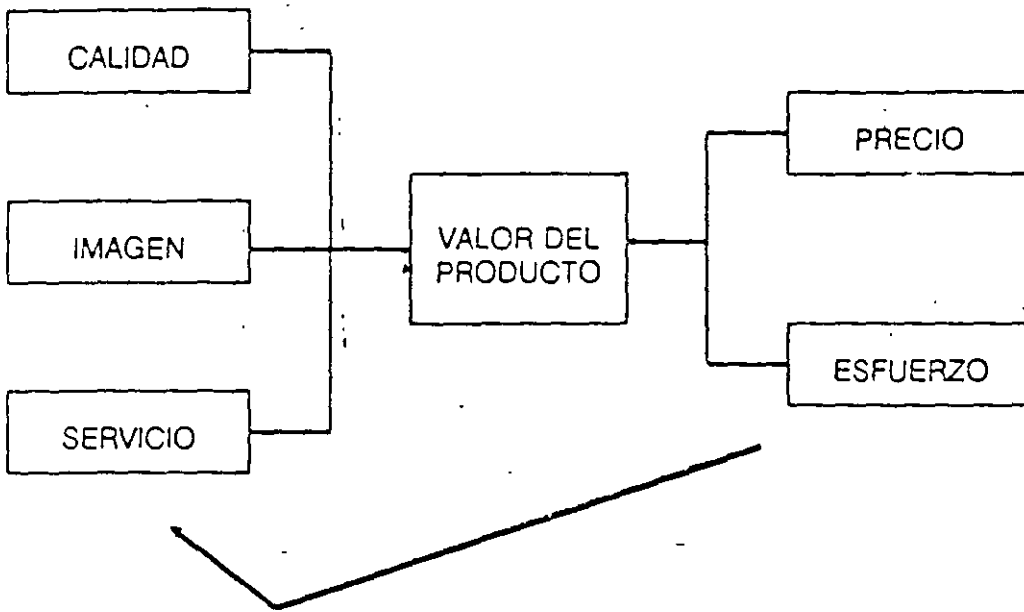
### 4.3. PERFIL DEL PRODUCTO



- 4.3.A DIMENSIONES DEL VALOR
- 4.3.B CALIDAD
- 4.3.C SERVICIO
- 4.3.D IMAGEN
- 4.3.E POSICIONAMIENTO
- 4.3.F CONSTRUCCIÓN DEL VALOR
- 4.3.G NIVELES DEL PRODUCTO

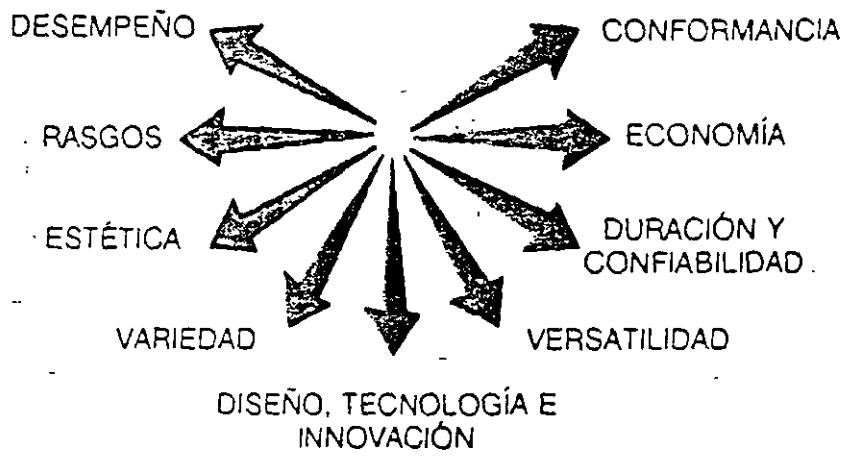


### 4.3.A. DIMENSIONES DEL VALOR



### 4.3.B. CALIDAD

¿QUÉ HACE MEJOR O PEOR AL PRODUCTO?



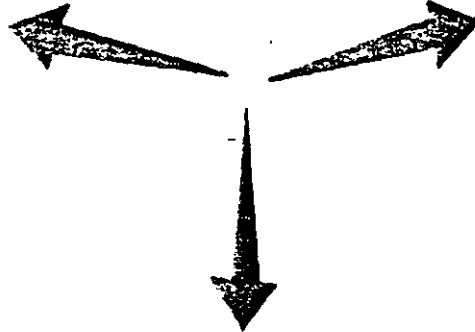
LA IDEA DE CALIDAD ES MULTIFACÉTICA

### 4.3.C. SERVICIO

#### LOS SERVICIOS PERMITEN

reducir los costos del comprador  
aumentar su desempeño  
facilitarle las cosas  
aumentar su confort

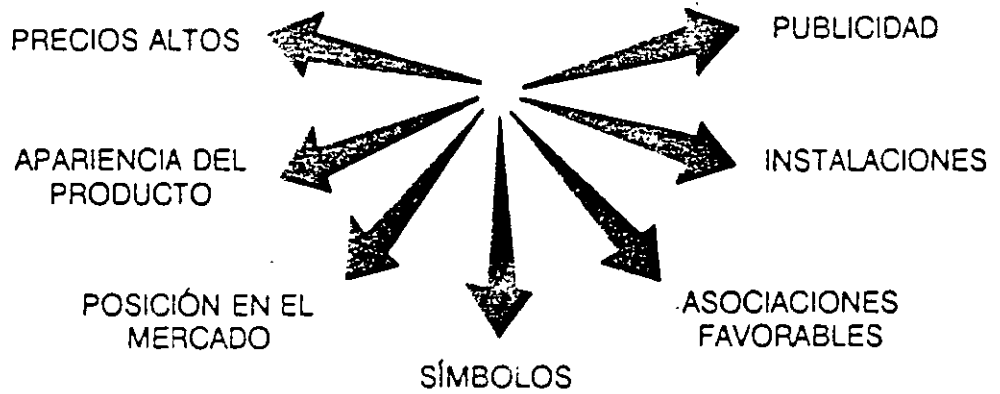
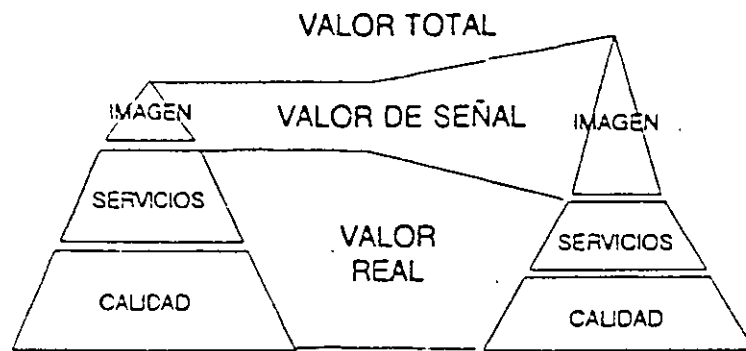
SERVICIOS AL  
PRODUCTO



PRODUCTOS  
CONEXOS

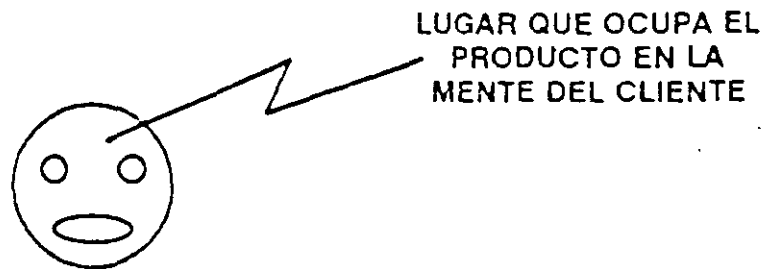
SERVICIOS AL  
CLIENTE:  
CONVENIENCIA  
TRATO

### 4.3.D. IMAGEN



INSTRUMENTOS PARA FORMAR LA IMAGEN

#### 4.3.E. POSICIONAMIENTO



DURABILIDAD Y DESEMPEÑO: nacidos Ford, nacidos fuertes

CONFIABILIDAD: Bic no sabe fallar

VARIEDAD: Campbells, la sopa de cada día

EXCELENCIA POR EL PRECIO: Chivas Regal, se ve caro, lo es

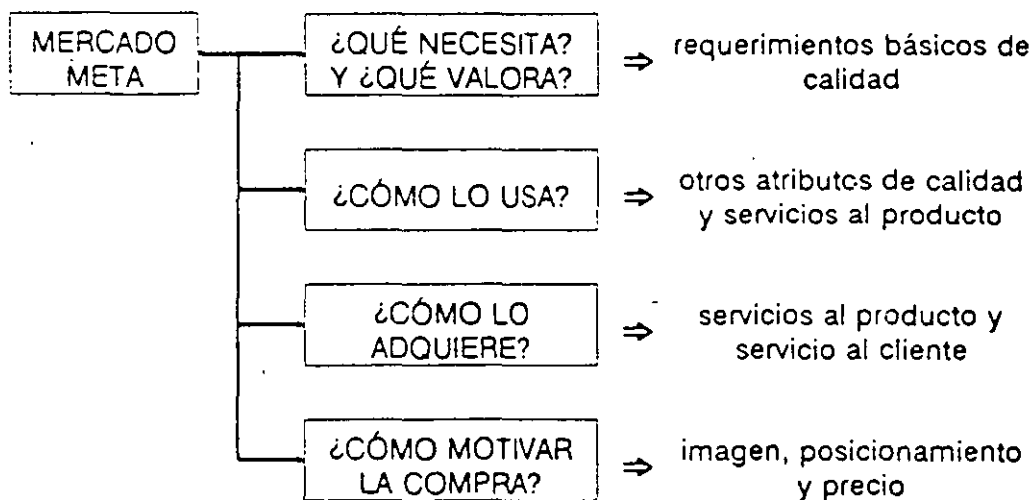
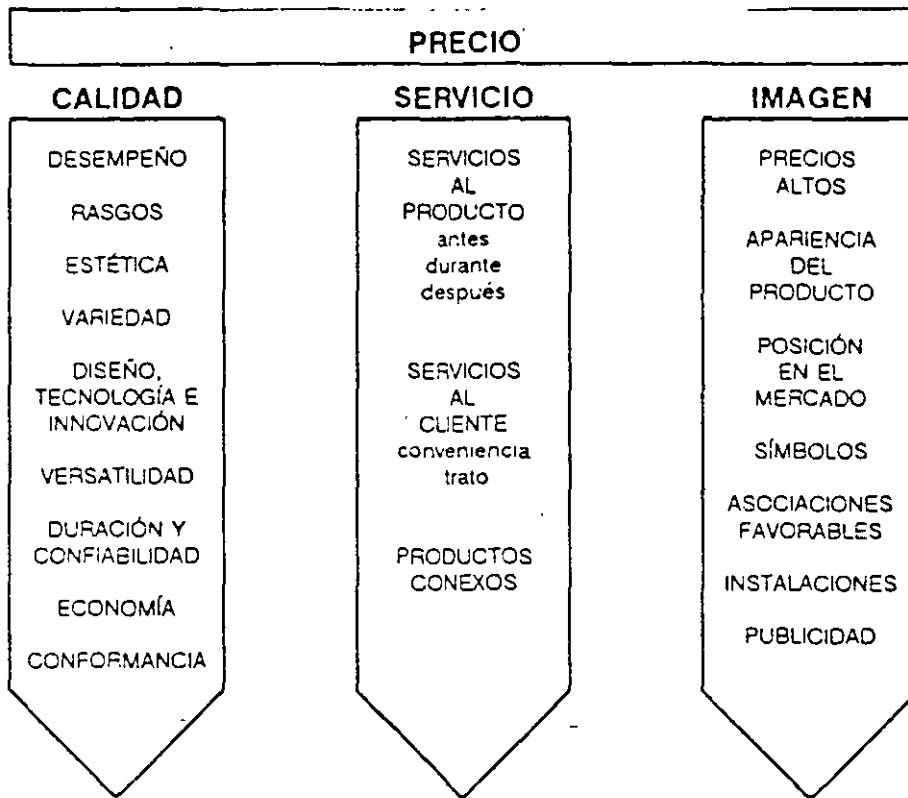
TRATO: Serfín, para ser primeros, primero usted

PRECIOS BAJOS: Con Taesa cuesta menos, mucho menos

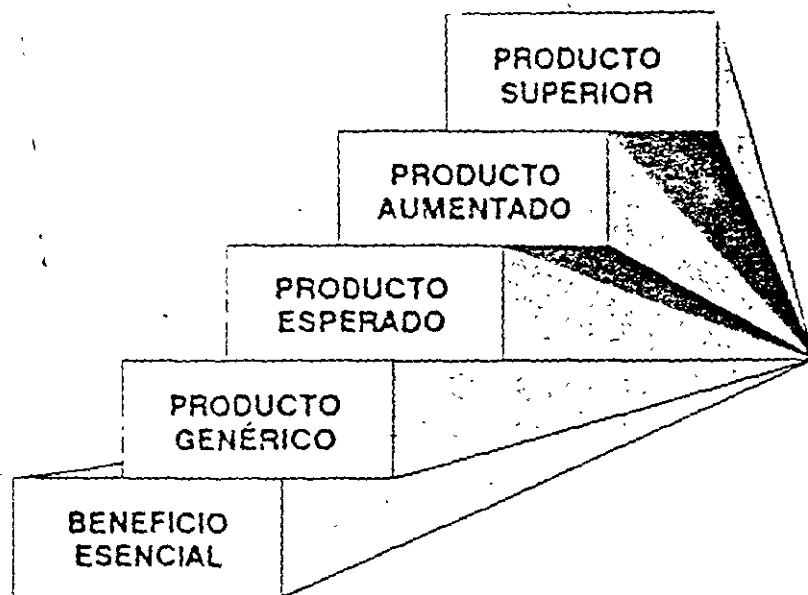
TECNOLOGÍA: Toshiba, un contacto con el mañana

EJEMPLOS ILUSTRATIVOS

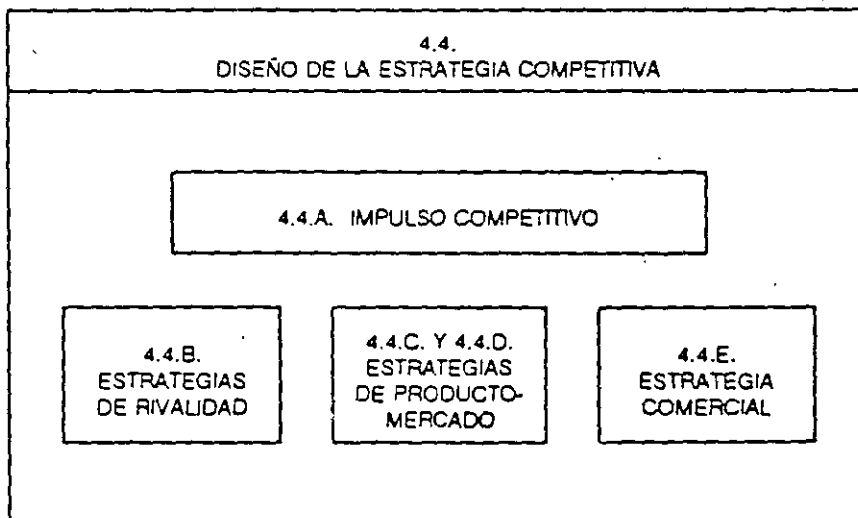
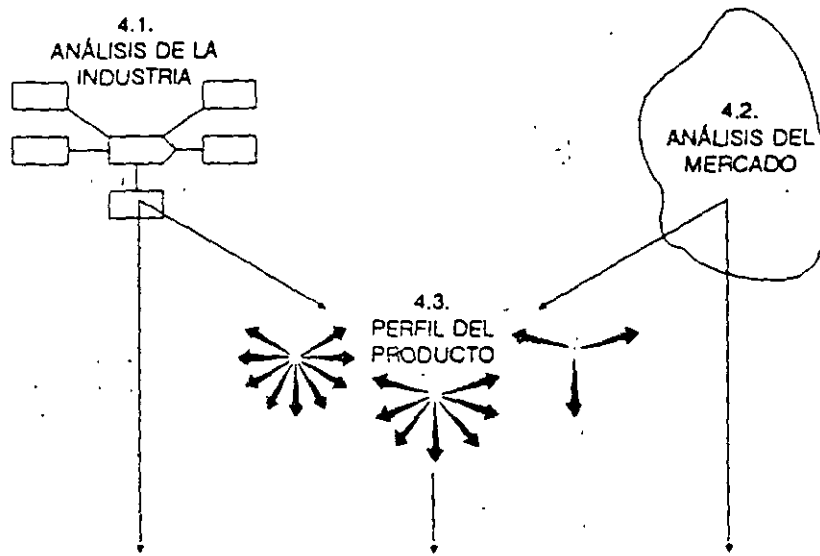
### 4.3.F. CONSTRUCCIÓN DEL VALOR



### 4.3.G. NIVELES DEL PRODUCTO



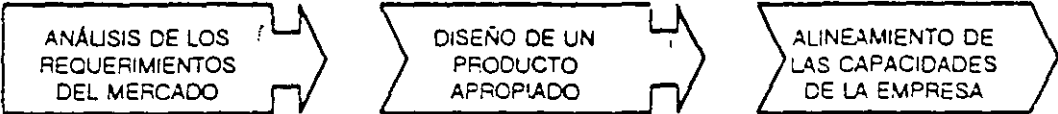
## 4.4. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA COMPETITIVA



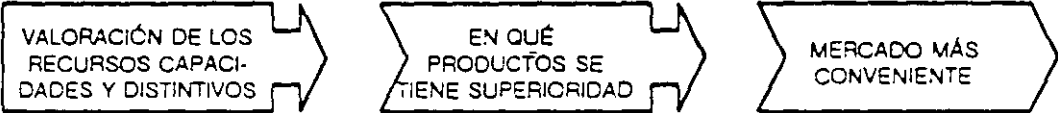


**4.4.A. IMPULSO COMPETITIVO**

**IMPULSO DE LA DEMANDA**



**IMPULSO DE LA OFERTA**



**IMPULSO DEL PRODUCTO**



## 4.4.B. ESTRATEGIAS DE PRODUCTO-MERCADO

**FORTALEZA: BAJOS COSTOS**

POSIBLES FUENTES

- Economías de escala
- Eficiencia de producción
- Costos indirectos reducidos
- Coordinación con proveedores
- Ubicación ventajosa
- etc.

**FORTALEZA: UN PRODUCTO MEJOR PARA UN SEGMENTO DEL MERCADO**

FORMAS DE DIFERENCIACIÓN

- Calidad, servicio e imagen
- Sustentadas en las capacidades distintivas correspondientes al interior de la empresa

**UN PRODUCTO ESTÁNDAR DE CALIDAD ACEPTABLE**

**UN PRODUCTO DE VALOR AUMENTADO**

ALTAS VENTAS X  
BAJOS PRECIOS =  
BUENOS RESULTADOS

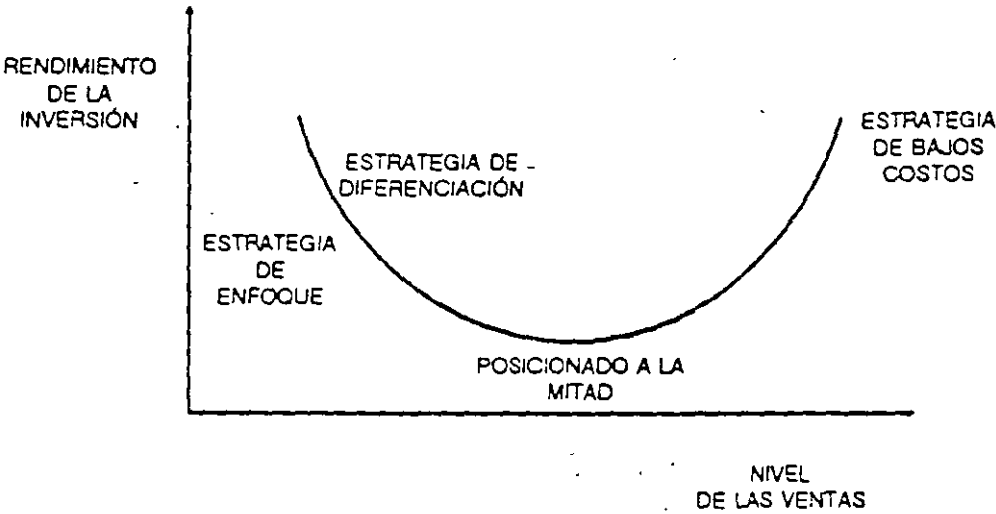
BAJOS COSTOS	DIFERENCIACIÓN
ENFOQUE EN COSTOS	ENFOQUE EN DIFERENCIACIÓN

VENTAS MEDIAS X  
MEJORES PRECIOS =  
BUENOS RESULTADOS

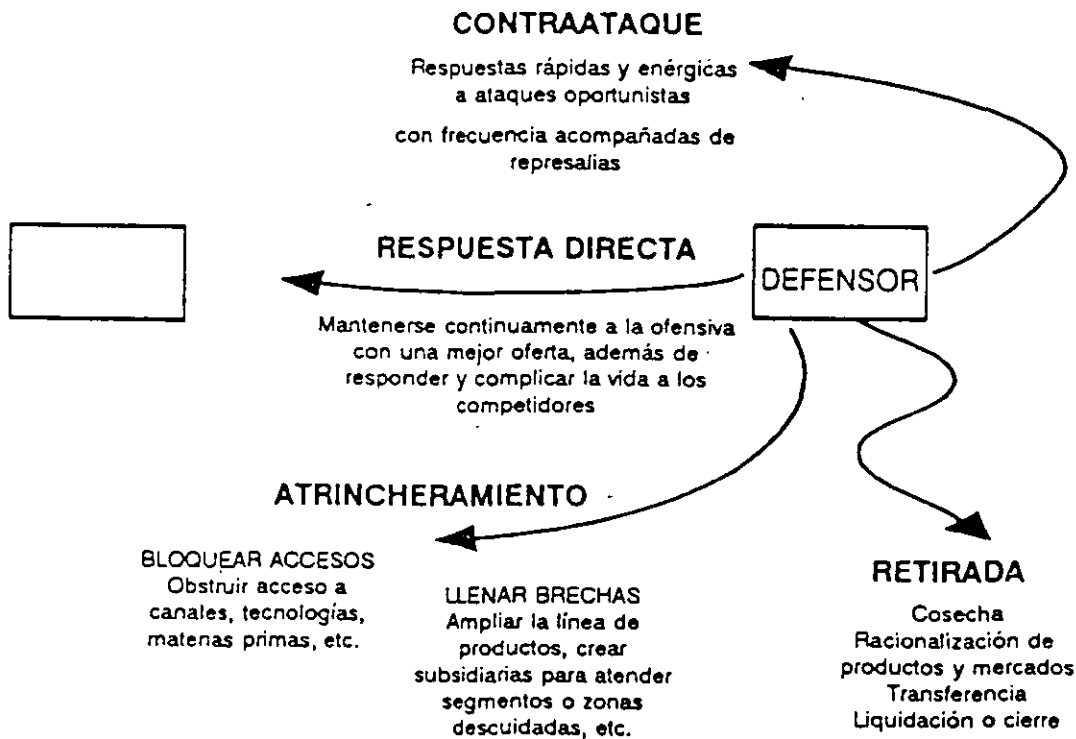
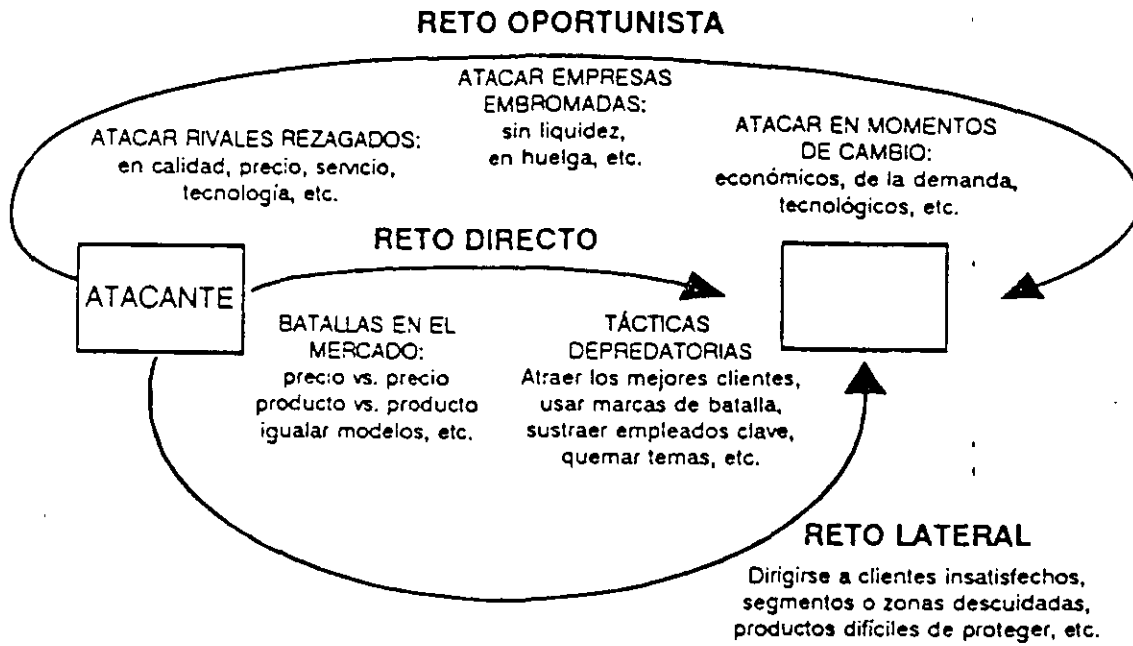
- Necesidades inusitadas de la población
- Factores geográficos
- Producción de baja escala
- Especialización por producto o proceso
- Especialización cliente o tipo de pedido
- etc.

**FORTALEZA: AJUSTE DE LOS RECURSOS Y OPERACIONES PARA LOGRAR UNA VENTAJA EN COSTO O EN DIFERENCIACIÓN EN ESE ESPACIO**

### 4.4.C. POSICIONADO A LA MITAD



#### 4.4.D. ESTRATEGIA DE RIVALIDAD



#### 4.4.E. ESTRATEGIA COMERCIAL

#### ESTRATEGIAS PRECIO-VALOR



		PRECIO		
		ALTO	MEDIO	BAJO
VALOR DEL PROD.	ALTO	ARTÍCULO DE PRIMERA	SEGUIDOR O INTRODUC.	ESTRATEGIA DE GANGA
	MEDIO	IMITACIÓN	ARTÍCULO MEDIO	PRODUCTO MEJORADO
	BAJO	PISA Y CORRE	FALSA ECONOMÍA	ARTÍCULO ECONÓMICO

#### VARIACIONES AL PRECIO DE LISTA

- Traslado de beneficios al cliente: pronto pago y pago de contado, saldos, etc.
- Precios de promoción: precios gancho o de introducción, ofertas temporales, etc.

**P**RODUCTO

**P**RECIO

**P**ROMOCIÓN

**P**LAZA

#### INSTRUMENTOS DE PROMOCIÓN

*Publicidad*      *Promociones*

*Fuerza de ventas*      *Relaciones públicas*

#### CANALES Y PUNTOS DE VENTA

