



13  
24  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE RECURSOS  
DE LA CONSTRUCCION

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

ALEJANDRO DIAZ RIVERA

Asesor: Ing. José Paulo Mejorada Mota

San Juan de Aragón Edo. de Méx. 1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**TESIS**

**COMPLETA**



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

ALEJANDRO DIAZ RIVERA  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 21 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSE PAULO MEJDRADA MOTA pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " ASPECTOS FUNDAMENTALES DE RECURSOS DE LA CONSTRUCCION ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Mex., 22 de septiembre de 1994  
EL DIRECTOR

*[Firma manuscrita]*  
M en I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

*[Firma]*  
c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica.  
c c p M en I Daniel Velázquez Vázquez, Jefe de la Carrera de Ingeniería Civil.  
c c p Ing José Paulo Mejorada Mota, Asesor de Tesis.

CCMC'ATR'11a.

*Recibida copia  
7 Oct. 94  
-mayle  
S. J. de Aragón*



AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por brindarme la oportunidad  
de existir en este tiempo y espacio,  
así como darme la capacidad de  
discernir y razonar.

A mi madre.

Por ser el medio por el cual  
Dios me dio la vida; así como por su  
amor, confianza y apoyo depositados  
en mí.

A Inés.

Por su amor, cariño y apoyo  
incondicional, bases fundamentales  
para que ambos alcancemos nuestras  
metas.

*A mis hermanos.*

*Por su amistad y confianza,  
motivaciones suficientes para  
concluir la Universidad.*

*A la Universidad.*

*Por haberme proporcionado los  
medios intelectuales y materiales  
para concluir una profesión.*

*A mis profesores.*

*Por transmitirme sus  
conocimientos y consejos, que han  
forjado mi vida profesional.*

## INDICE

	Pág.
CAPITULO I GENERALIDADES . . . . .	2
CAPITULO II INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO . . . . .	5
II.1 CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL. . . . .	5
II.2 RELACION DE LA CONSTRUCCION CON LOS DEMAS CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL. . . . .	6
II.3 OBJETIVOS DE LA INGENIERIA CIVIL. . . . .	14
II.4 RECURSOS MATERIALES, MANO DE OBRA Y MAQUINARIA. . . . .	15
II.5 EL PROCESO CONSTRUCTIVO Y EL PROCESO DE CONTROL: ADMINISTRATIVO Y DE CALIDAD. . . . .	17
II.6 PLANOS DE CONSTRUCCION. . . . .	24
II.7 INTEGRACION DE COSTOS DE RECURSOS. . . . .	28
II.8 ELABORACION DE ESPECIFICACIONES. . . . .	33
II.9 BASES PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO CONSTRUCTIVO. . . . .	38
II.10 IDENTIFICACION DE CONCEPTOS DE OBRA, SU UNIDAD DE MEDICION Y SU CUANTIFICACION EN FUNCION DE ESPECIFICACIONES. . . . .	39
CAPITULO III DETERMINACION DE LOS COSTOS DE MANO DE OBRA. . . . .	46
III.1 PLANTILLA DE TRABAJADORES. . . . .	46
III.2 PRESTACIONES Y OBLIGACIONES OBRERO-PATRONAL. . . . .	47
III.3 INCREMENTO A LOS SALARIOS NOMINALES POR PRESTACIONES Y PRIMAS OTORGADAS POR LAS LEYES VIGENTES, CONTRATO COLECTIVO DE TRABAJO. . . . .	51
III.4 DETERMINACION DE LOS RENDIMIENTOS (MANO DE OBRA) DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCION. . . . .	65

CAPITULO IV	TIPOS, APLICACIONES Y COSTOS UNITARIOS DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION . . . . .	70
-------------	--	----

IV.1	PARTES Y MECANISMOS PRINCIPALES DEL EQUIPO USUAL EN CONSTRUCCION. . . . .	70
IV.2	TIPOS Y APLICACIONES DEL EQUIPO USUAL DE CONSTRUCCION. . . . .	77
IV.2.1	Equipo para fabricación, transporte y colocación del concreto. . . . .	77
IV.2.2	Tractores y sus aditamentos opcionales. . . . .	80
IV.2.3	Máquinas de carga. . . . .	83
IV.2.4	Motoescrepas. . . . .	87
IV.2.5	Motoconformadoras. . . . .	89
IV.2.6	Equipos de Compactación. . . . .	90
IV.2.7	Máquinas utilizadas en plantas de trituration. Cribado y lavado de agregados. . . . .	94
IV.2.8	Equipo de Transporte . . . . .	98
IV.2.9	Equipo de barrenación y sus accesorios. . . . .	103
IV.2.10	Equipo de pavimentación. . . . .	106
IV.2.11	Excavadoras giratorias y aditamentos opcionales. . . . .	109
IV.3	COSTO POR UNIDAD DE TIEMPO DE LA MAQUINARIA EMPLEADA EN TRABAJOS DE CONSTRUCCION. . . . .	114

CAPITULO V	MATERIALES DE CONSTRUCCION Y DETERMINACION DE SUS COSTOS . . . . .	138
------------	---	-----

V.1	LAS ROCAS COMO MATERIALES NATURALES DE CONSTRUCCION; SUS PROPIEDADES, ENSAYOS Y UTILIZACION. . . . .	138
V.2	LOS SUELOS. . . . .	145
V.3	LOS AGREGADOS. . . . .	150
V.4	LAS MADERAS. . . . .	152
V.5	EL CEMENTO. . . . .	158
V.6	YESO, CAL, PUZOLANAS Y ADITIVOS. . . . .	163
V.7	LOS ASFALTOS Y LAS EMULSIONES ASFALPICAS. . . . .	169
V.8	EL ACERO Y EL ALUMINIO. . . . .	173
V.9	LAS CERAMICAS. . . . .	177
V.10	LAS PINTURAS Y LOS PLASTICOS. . . . .	182

CAPITULO VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	192
-------------	--	-----

BIBLIOGRAFIA . . . . .	195
------------------------	-----

CAPITULO IV	TIPOS, APLICACIONES Y COSTOS UNITARIOS	
	DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION . . . . .	70

IV.1	PARTES Y MECANISMOS PRINCIPALES DEL EQUIPO USUAL EN CONSTRUCCION. . . . .	70
IV.2	TIPOS Y APLICACIONES DEL EQUIPO USUAL DE CONSTRUCCION. . . . .	77
IV.2.1	Equipo para fabricación, transporte y colocación del concreto. . . . .	77
IV.2.2	Tractores y sus aditamentos opcionales. . . . .	80
IV.2.3	Máquinas de carga. . . . .	81
IV.2.4	Motoescrapas. . . . .	87
IV.2.5	Motoconformadoras. . . . .	89
IV.2.6	Equipos de Compactación. . . . .	90
IV.2.7	Máquinas utilizadas en plantas de trituración. Cribado y lavado de agregados. . . . .	94
IV.2.8	Equipo de Transporte . . . . .	98
IV.2.9	Equipo de barrenación y sus accesorios. . . . .	103
IV.2.10	Equipo de pavimentación. . . . .	106
IV.2.11	Excavadoras giratorias y aditamentos opcionales. . . . .	109
IV.3	COSTO POR UNIDAD DE TIEMPO DE LA MAQUINARIA EMPLEADA EN TRABAJOS DE CONSTRUCCION. . . . .	114

CAPITULO V	MATERIALES DE CONSTRUCCION Y DETERMINACION DE SUS COSTOS . . . . .	138
------------	--	-----

V.1	LAS ROCAS COMO MATERIALES NATURALES DE CONSTRUCCION; SUS PROPIEDADES, ENSAYOS Y UTILIZACION. . . . .	138
V.2	LOS SUELOS. . . . .	145
V.3	LOS AGREGADOS. . . . .	150
V.4	LAS MADERAS. . . . .	152
V.5	EL CEMENTO. . . . .	158
V.6	YESO, CAL, PUZOLANAS Y ADITIVOS. . . . .	163
V.7	LOS ASFALTOS Y LAS EMULSIONES ASFALTICAS. . . . .	169
V.8	EL ACERO Y EL ALUMINIO. . . . .	173
V.9	LAS CERAMICAS. . . . .	177
V.10	LAS PINTURAS Y LOS PLASTICOS. . . . .	182

CAPITULO VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	192
-------------	--	-----

BIBLIOGRAFIA . . . . .	195
------------------------	-----

**CAPITULO I**

**GENERALIDADES**

## GENERALIDADES

La construcción es una actividad ligada inseparablemente a las necesidades humanas; algunas veces las exigencias han sido más espirituales que materiales, pero la urgencia de construir ha sido siempre una constante de la personalidad humana. En tales circunstancias es lógico buscar los principios que subyacen en las reacciones de los humanos, que les llevan a desarrollar una práctica constructiva y que son reflejo del grado de éxito logrado en los objetivos propuestos.

El estudio sistemático de la construcción empezó en Inglaterra en 1919, inmediatamente después de la Primera Guerra Mundial. Este poderoso incentivo se mantuvo hasta veinticinco años después. Este ejemplo fue seguido en la siguiente década por distintos países, de tal modo que los industriales, preocupados por los materiales y los componentes de la construcción hallaron un lugar en donde se facilitaba la investigación y la coordinación de interés.

Debemos de tomar en cuenta que los requerimientos básicos de una obra, en términos de necesidades humanas, exigen que deben ser cómodas y confortables, seguras y duraderas; vigilando su cumplimiento dentro de un marco legal establecido, que trata de garantizar básicamente la seguridad y economía de las obras y la preservación del medio ambiente.

De esta manera, los "Recursos de la Construcción" están integrados por una amplia gama de elementos que pueden resumirse en: mano de obra, materiales y equipo; es por ello que el presente trabajo contempla estos elementos, que se estudiarán como veremos a continuación.

Capítulo I. En este capítulo se habla a grandes rasgos del contenido del presente trabajo.

Capítulo II. En éste contemplamos el "Proceso Constructivo", el cual para poder llevarlo a cabo intervienen la mano de obra, maquinaria y equipo, que junto con un control administrativo y de calidad se llega a una obra terminada. Otros puntos importantes que se tratan, es el relacionado con los planos, especificaciones y cuantificaciones, para que el lector se familiarice con estos conceptos.

Capítulo III. Aquí se habla de los diferentes sistemas que la industria de la construcción emplea para cubrir al trabajador el importe de su trabajo; como pueden ser, por día, por destajo y por tarea. Hablamos del salario, que viene siendo la retribución que se

hace al trabajador por su trabajo realizado, contemplando lo que es salario diario, salario mínimo y salario real. Se trata de los derechos y obligaciones obrero-patronal, vigilados por la Ley Federal del Trabajo y la Ley del Seguro Social. También en este capítulo determinamos los rendimientos de mano de obra de las principales actividades de la construcción.

Capítulo IV. En este capítulo hablamos de la maquinaria de construcción, sus partes y mecanismos principales, así como los diferentes tipos y sus aplicaciones. Uno de los temas que más interesan a la industria de la construcción es el relacionado con el costo por unidad de tiempo de la maquinaria, es por ello que se proponen algunos problemas para que el lector se familiarice con ellos.

Capítulo V. En este capítulo hablamos de los principales materiales empleados en construcción, sus características físicas y químicas, así como su obtención y algunas de sus principales aplicaciones en obras. Se calculan también los costos de algunos materiales puestos a pie de obra.

Capítulo VI. En este último capítulo, damos las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, esperando que sirvan de reflexión para todas aquellas personas que se dedican a la industria de la construcción.



**CAPITULO II**

**INTRODUCCION**

**AL**

**PROCESO CONSTRUCTIVO**

## INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO

### **II.1 CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL.**

Para determinar los campos de acción en que se desenvuelve, es necesario: primero, reflexionar acerca de qué es y qué hace el Ingeniero Civil. Tratar de definirlo es sumamente difícil, ya que por principio, el término "Ingeniero Civil", no nos dice nada acerca de las actividades que desempeña, como podría ser el caso de un Ingeniero Textil o un Ingeniero Agrónomo. Sin embargo, se sabe que se nombró Civil, para destacar el hecho de que su función estaba alejada de cualquier finalidad de índole militar.

Tratemos de analizar, como primer punto, el significado de la palabra "Ingeniería" que, como sabemos, deriva del latín *ingenium*, que significa capacidad de discurrir e inventar. Revisando en la literatura existente, nos encontramos con una diversidad de definiciones:

"Ingeniería es una actividad distinta de la puramente manual y del esfuerzo físico, que desarrolla la utilización de los materiales y las leyes de la naturaleza para el bienestar de la humanidad".

"Ingeniería es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos inexactos e incompletos, con el fin de obtener la mejor solución posible y que funcione de manera más satisfactoria".

Con base en las definiciones anteriores, podemos apuntar que todas giran alrededor de señalar que la Ingeniería es la actividad donde el profesional aplica sus conocimientos, su ingenio y su capacidad de trabajo para transformar la naturaleza en beneficio de las necesidades del hombre y de la sociedad. Evidentemente, el Ingeniero Civil queda enmarcado dentro de las definiciones anteriores.

En resumen: "Ingeniero Civil es el profesional capacitado con los conocimientos físico-matemáticos, que le permiten transformar óptimamente los recursos para la realización de obras civiles de servicio colectivo, tales como: caminos, puentes, ferrovías, canales, terminales aéreas y marítimas, etc., donde cubre las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las mismas".

Cabe aclarar que el Ingeniero Civil se desenvuelve dentro de un marco legal establecido, que trata de garantizar básicamente la seguridad y economía de las obras y la preservación del medio ambiente.

## II.2 RELACION DE LA CONSTRUCCION CON LOS DEMAS CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL.

Debido a la gran diversidad de conocimientos que forman parte de la Ingeniería Civil, se distinguen los siguientes campos:

- Investigación Pura
- Desarrollo o Investigación Aplicada
- Planeación
- Diseño
- Construcción
- Operación y Mantenimiento

### INVESTIGACION PURA.

Este campo tiene como objetivo primordial la búsqueda metódica y sistemática de nuevos conocimientos, potencialmente aplicables a los otros campos de la Ingeniería Civil.

La investigación pura, se lleva a cabo aplicando el método científico (Ver Fig. Nº II.1) que como sabemos, consiste fundamentalmente en:

1. Identificar un problema no resuelto por los conocimientos disponibles y formular una hipótesis sobre el mismo.
2. Derivar consecuencias lógicas de dicha hipótesis, susceptibles de verificación mediante un experimento especialmente diseñado a través de un evento natural.
3. Evaluar la validez de lo supuesto, y como conclusión:
4. Aplicar los conocimientos y formular nuevos problemas.

El término investigación tal como se entiende, denota un extenso grupo de actividades en las cuales el Ingeniero Civil se ocupa. Estas actividades incluyen la investigación de nuevos hechos en la naturaleza. Sin considerar, en muchas ocasiones, el valor utilitario posterior de los resultados obtenidos en un campo de actividades específico.

#### DESARROLLO O INVESTIGACION APLICADA.

La aplicación directa de los conocimientos generados en el campo de la investigación pura, a la solución de problemas específicos de Ingeniería, da como resultado una actividad denominada desarrollo o investigación aplicada.

Al Ingeniero dedicado a la investigación aplicada o desarrollo, no le satisfará; por ejemplo, saber que hay una manera científica de demostrar que el vuelo es posible, él necesita que el avión por diseñar también sea seguro, confiable, rápido, confortable, económico y capaz de llevar suficiente carga.

Para lograr esto, requerirá hacer investigaciones que le ayuden a comprender más a fondo los fenómenos de la naturaleza que inciden de manera directa sobre la necesidad que está tratando de satisfacer.

El ejemplo anterior aunque no corresponde la ingeniería civil, describe claramente lo que es la investigación aplicada. Difiere de la investigación básica o pura, sólo en que es más rigurosamente enfocada hacia una meta inmediatamente útil.

El Ingeniero Civil dedicado a este campo, aprovechará por ejemplo las teorías de flujo de agua, a la solución específica del problema de flujo de agua en cortinas de materiales graduados. Para ello, se valdrá de la experimentación en el laboratorio, construyendo en algunas ocasiones modelos a escala que le permitan verificar anticipadamente los resultados que se esperan tener en la estructura real.

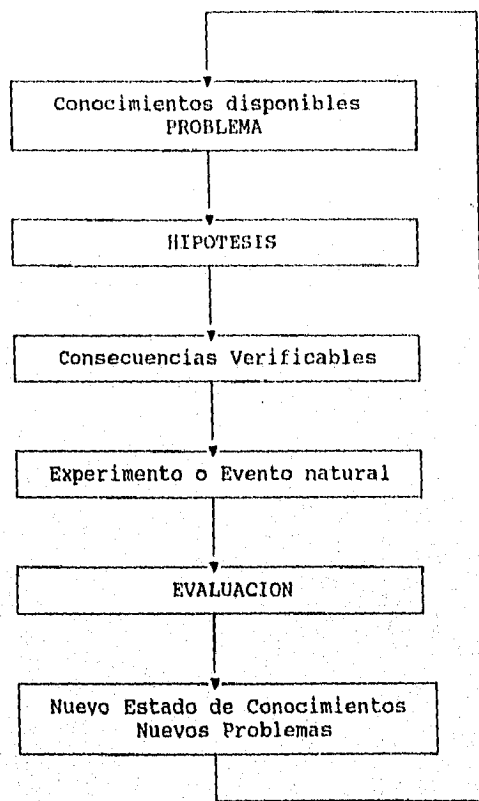


Fig. II.1 Investigación Pura

### PLANEACION.

Planeación es el proceso de análisis sistemático, documentado y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una situación, y la definición y ordenamiento de los actos que conducen a ese mejoramiento.

La planeación como actividad fundamental, debe estar presente en todas y cada una de las acciones que el Ingeniero Civil emprenda.

La planeación puede asociarse a un cierto marco de referencia; podemos planear un procedimiento constructivo, la compra de equipo, la contratación de mano de obra y la previsión de materiales.

En términos generales, los mecanismos de la planeación son:

- a) Conocimientos de la situación que se pretende cambiar.
- b) Necesidad e interés por parte de la colectividad de realizar la modificación y su proyección al futuro, lo que implica de hecho la definición de una meta.
- c) Una proposición que sea la expresión concreta del deseo de la colectividad.
- d) Un juicio que valore las consecuencias de la proposición.
- e) Un programa que ordene en el tiempo y el espacio, el desarrollo de los actos necesarios.

Estos mecanismos, referidos al área que nos ocupa, pueden resumirse en dos etapas: por una parte los estudios previos que comprenden la localización del lugar más adecuado para la construcción, beneficios esperados, factibilidad económica, etc., y por otra, la programación propia de la obra, entendida como la ordenación en el tiempo y en el espacio de los acontecimientos. En esta segunda etapa, se establecen entre otras cosas, los tipos, cantidades y tiempo de empleo de las máquinas, clasificación y número de trabajadores en los periodos durante los cuales se necesitarán, momento adecuado de adquisición y empleo de materiales, etc.

### DISEÑO.

El diseño es el campo de la Ingeniería Civil que consiste en la utilización de principios científicos, información técnica e imaginación, en la definición de una obra que cumpla funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia.

Se refiere, en otras palabras, a la simulación de lo que queremos construir, antes de construirlo, tantas veces como sea necesario, para confiar en el resultado final.

En esta etapa, el diseñador deberá apoyarse en los datos y requerimientos proporcionados por la planeación, para definir las posibles soluciones a un problema determinado, plasmando posteriormente en planos y especificaciones la solución óptima.

El Ingeniero Civil dedicado a diseño, debe tomar en consideración durante su trabajo, la factibilidad técnica y económica de su proyecto, de lo contrario, llegará a especificar soluciones que desde el punto de vista constructivo sean prácticamente imposibles de realizar o bien antieconómicas.

Tomando en consideración las especialidades que intervienen en el campo de diseño, describamos a continuación las actividades que el profesional realiza en algunas de ellas:

#### *Estructuras.*

El Ingeniero Civil especializado en esta área realiza los diseños estructurales de los proyectos de Ingeniería, atendiendo a los planteamientos teóricos y experimentales a fin de que se ejecuten con el mínimo de costo y que se mantenga la seguridad de la estructura, especificando normas de diseño y construcción.

#### *Geotecnia.*

El Ingeniero Civil especializado en esta área diseña obras de tierra y roca a fin de efectuar un adecuado análisis teórico y experimental que satisfaga las normas y reglamentos de construcción y lograr que la obra opere con factores de seguridad adecuados dentro de la economía del proyecto.

#### *Hidráulica.*

En esta especialidad, el Ingeniero Civil diseña sistemas hidráulicos que se relacionan con las obras de riego, generación hidroeléctrica, agua potable, encauzamiento, obras de defensa, etc.

#### *Ingeniería sanitaria.*

En esta especialidad el Ingeniero Civil diseña todo lo relacionado con el resguardo de la salud humana a través de obras de Ingeniería como: abastecimiento de agua potable, sistemas de alcantarillado para aguas negras, pluviales y desechos industriales, etc.

### CONSTRUCCION.

Una vez que se han determinado los planos de diseño y que se han preparado las especificaciones, que son el lenguaje con el que se relacionan el campo del Diseño y el de la Construcción, este último se encarga de la realización física de la obra.

Las obras que el Ingeniero Civil realiza en esta área, son muy diversas y abarcan todos los sectores de la actividad económica, como pueden ser:

- Obras hidráulicas y agropecuarias
- Obras industriales
- Obras de transporte y comunicación
- Obras de urbanización
- Equipamiento urbano y vivienda

Resumiendo las funciones que desempeña el Ingeniero Civil en este campo son:

- Planeación de la construcción: esta actividad abarca la elaboración de presupuestos, selección de procedimientos de construcción y de equipo, elaboración de programas de ejecución, de insumos financieros, etc.
- Ejecución: con base en planos y especificaciones y de acuerdo con la planeación establecida, el Ingeniero organiza sus recursos humanos fijando a cada persona, política y procedimientos específicos a seguir.
- Resuelve problemas particulares que se presentan en la realización de la obra y establece y mantiene una comunicación adecuada dentro y fuera de la obra.
- Control: establece y opera los mecanismos necesarios para mantener la calidad dentro de lo especificado. Vigila la oportuna realización de los trabajos para que sean ejecutados dentro de los tiempos previstos. Cuida que los costos no sobrepasen lo planeado y retroalimenta la planeación cuando las desviaciones son significativas.
- Seguridad: cuida y es responsable de la seguridad de los trabajadores en el desempeño de sus labores.



## OPERACION Y MANTENIMIENTO.

### *Operación.*

Una vez concluida la obra, debe ponerse en operación, siguiendo los procedimientos preestablecidos.

Analizando detalladamente cada una de las obras que realiza el Ingeniero Civil, observamos que no todas son operadas necesariamente por él, aunque sí interviene en muchos casos formando equipos multidisciplinarios.

En un sistema aeroportuario por ejemplo, el Ingeniero Civil podrá tener bajo su responsabilidad aspectos tales como la operación óptima de las pistas y áreas de maniobras, del edificio terminal y zonas de estacionamiento.

### *Mantenimiento.*

El diccionario de la lengua española define el mantenimiento como "Conservar o cuidar la permanencia de alguna cosa".

Para que las obras funcionen bajo condiciones óptimas de servicio y seguridad, es necesario realizar permanentemente estos trabajos de mantenimiento. Así por ejemplo, en una carretera, será necesario revisar que las características originales del pavimento se conserven, corregir deformaciones y desgastes excesivos, desasolar las obras de drenaje, verificar la estabilidad de ciertos taludes, etc.

Para ilustrar la forma en que intervienen los campos de la Ingeniería Civil dentro de una obra específica, citaremos el caso de la construcción de un dique que servirá para aprovechar una corriente para riego. (Ver Figura N° II.2.).

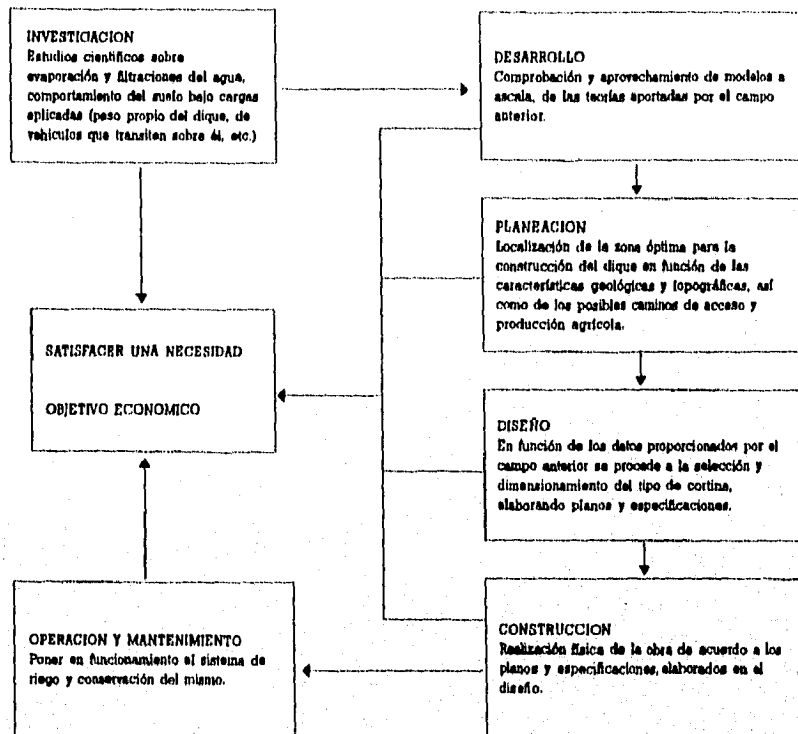


Fig. II.2 Interrelación de los campos.

Como se puede ver en la anterior figura, todos estos campos están interrelacionados, puesto que tienen como objetivo fundamental el adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad. El Ingeniero Civil, consecuentemente, debe ser capaz de tomar las decisiones correctas en cualquiera de los campos mencionados anteriormente, de tal manera que se vaya encaminando hacia el objetivo fundamental que es el económico.

### II.3 OBJETIVOS DE LA INGENIERIA CIVIL.

Podemos señalar una gran cantidad de objetivos de la Ingeniería Civil, pero básicamente los más importantes son: Planear, Diseñar, Construir, Operar y dar Mantenimiento a las construcciones que lleva a cabo, no olvidando que se desenvuelve dentro de un marco legal establecido, que trata de garantizar básicamente la seguridad y economía de las obras y la preservación del medio ambiente. De esta manera, es importante señalar que si quisiéramos hacer una división más sistemática y general de funciones con sus respectivos objetivos, podríamos englobar todas las actividades del Ing. Civil en:

1. *Ingeniería Estructural*: puentes, características estructurales de edificios, presas de mampostería, obras de puertos, estadios, ferrocarriles subterráneos, torres de transmisión eléctrica, estructuras para aviación.
2. *Ingeniería del Suelo*: cimentaciones de puentes, edificios, presas y otras obras; presas de tierra, diques, malecones y terraplenes; muros de contención, túneles y control de desprendimiento de tierras.
3. *Ingeniería Hidráulica*: sistemas de suministro de agua, sistemas de riego, plantas generadoras de energía hidroeléctrica, prevención de inundaciones, prevención de la erosión, navegación fluvial, canales, sistemas de drenaje.
4. *Ingeniería de Caminos*: carreteras, calles urbanas, control de tráfico.
5. *Ingeniería de Ferrocarriles*: instalaciones ferroviarias permanentes, con exclusión de equipo rodante y otros elementos mecánicos.
6. *Ingeniería Sanitaria*: suministro público de aguas y purificación; recogida, tratamiento y utilización de aguas residuales y desperdicios industriales, recogida y utilización de basuras; lucha contra insectos y animales perjudiciales; control de la contaminación del aire.

En la práctica todos estos campos de la Ingeniería civil tienen mucho de común entre sí. Por ejemplo, la ingeniería de ferrocarriles comprende la ejecución de explanaciones, terraplenes, túneles, puentes y sistemas de drenaje, actividades que también caen dentro de la esfera de acción de la ingeniería del suelo, la estructural y la hidráulica. Un proyecto de gran envergadura requiere generalmente los servicios de ingenieros civiles especializados en las diferentes facetas del mismo e incluso de ingenieros de otras ramas.

#### II.4 RECURSOS MATERIALES, MANO DE OBRA Y MAQUINARIA.

Si analizamos detenidamente cualquiera de las obras que hemos mencionado anteriormente (aeropuertos, carreteras, conjuntos habitacionales, presas, etc.), podemos observar que, para su realización han intervenido ciertos elementos, susceptibles de agruparse en tres grandes grupos: materiales, obra de mano y maquinaria.

Estos tres elementos se llaman también "Recursos o Insumos", los cuales son debidamente combinados y transformados a través de un cierto proceso, para obtener una obra completamente terminada; por ejemplo, en el caso de la construcción del dique, fueron necesarios una serie de materiales tales como: roca, material de filtro, material impermeable básicamente; para obtenerlos, se requirieron además otros elementos como explosivos para fragmentar la roca y en caso de tener estructuras especiales, también serían necesarios el cemento, el agua, los agregados y el acero de refuerzo.

Así mismo, durante la construcción propiamente dicha, intervinieron las máquinas y el elemento humano para explotar, transportar y colocar estos materiales.

Es obvio que, aun teniendo los mismos recursos, éstos pueden ser combinados cualitativa y cuantitativamente de manera diferente, generándose varias alternativas que nos llevarán a obtener la obra terminada; habremos entonces, de compararla y seleccionar la que mejor convenga, siguiendo un criterio fundamental que es el económico.

Es conveniente hacer notar que no precisamente el costo más bajo nos da la alternativa adecuada.

Así mismo, podemos representar esquemáticamente la construcción como uno o varios procesos de transformación con una entrada: "los recursos" y una salida: "la obra terminada". (Ver Fig. N° II.3).

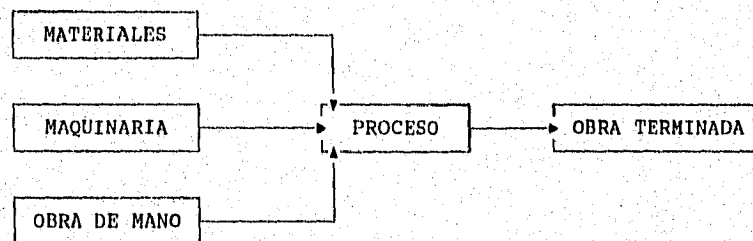


Fig. II.3 La Construcción.

Como normalmente los recursos alternativos de acción son muchos, sería imposible analizar cada uno de ellos; por lo que es conveniente buscar una forma adecuada de compararlos, de tal manera que nuestro objetivo se cumpla.

Para esto, se tendrán que analizar, en función de nuestro objetivo, los siguientes aspectos relacionados con las variables que intervienen:

A) *Variables Controlables.*

Son aquéllas posibles de manejar; es decir, que puedan ser controladas en el proceso. Como por ejemplo, tenemos en la construcción del dique de tierra.

- Tamaño del Equipo
- Cantidad de Dinamita
- Tiempo de Ejecución de la Obra
- Cantidad de Obra de Mano.

B) *Variables no Controlables.*

No pueden ser manipuladas pero se pueden prever mediante un estudio, sin embargo, influyen evidentemente en que el resultado final se acerque o no al objetivo, por lo que habrá que considerarlas. Tomando el ejemplo anterior se tiene:

- Costo de la Obra de Mano
- Costo de los Materiales

Existen además variables no controlables que no se pueden prever; tal es el caso de un sismo.

C) *Limitaciones de las Variables.*

Por otro lado, normalmente las variables tienen limitaciones; si consideramos, por ejemplo, el total de horas-máquina para ejecutar un trabajo dado, éstas no podrán ser menores que cero ni mayores que el tiempo total disponible. Se puede tener limitaciones en:

- Tiempo de ejecución de la Obra
- Sumas mensuales a gastar
- Planos y especificaciones

Estas limitaciones a las variables son muy importantes en general y muchas de ellas estarán contenidas en los mismos planos y especificaciones.

En el caso particular de la construcción, es usual que las condiciones varíen con el tiempo, ya que es común encontrar en el campo, en el momento de construir, condiciones diferentes a las que tomó el diseñador, lo que origina evidentemente cambios en especificaciones, en dimensiones y algunas veces cambios substanciales, como modificación del sitio donde se ubica la obra.

## II.5 EL PROCESO CONSTRUCTIVO Y EL PROCESO DE CONTROL: ADMINISTRATIVO Y DE CALIDAD.

¿Cómo podemos estar seguros que nuestra planeación funciona y las decisiones que vamos tomando derivadas de esta planeación nos van encaminando a los objetivos?. Si tenemos que manejar un gran conjunto de variables, estudiar sus relaciones, analizar sus limitaciones y además, hemos hecho a un lado las variables no significativas escogidas a base de criterio, es fácil comprender que no podemos esperar al término de la obra para saber si nuestro objetivo se cumplió o no. Será necesario revisar, a lo largo del proceso, si nuestro objetivo se va cumpliendo; esto puede realizarse comparando a lo largo de la construcción lo realizado con lo planeado, en función del objetivo. No basta planear; después de tomar las decisiones habrá que comunicarlás y tener una organización para su ejecución. Si algo falla, lo planeado no coincidirá con lo ejecutado y tendremos que corregir.

Esta revisión y actuación para corregir el proceso en función de los costos se denomina en construcción, "Control Administrativo". También será necesario, como hemos expuesto ya, llevar a cabo la obra en tal forma que cumpla con su propósito y tenga el factor de seguridad adecuado; como en el caso anterior, no es posible esperar a terminar el trabajo para conocer si tiene el factor de seguridad dado por el proyectista y cumple con el cometido para el cual se diseñó.

Habrà que revisar continuamente que la obra, en ejecución, se vaya construyendo acorde con este propósito. Esto se logra en forma similar a lo anterior: tomando muestras para compararlas con el estándar, y si hay desviaciones significativas influyendo en el proceso, corregir la desviación. A esto se le llama "Control de Calidad".

En realidad, estos dos controles constituyen un proceso en sí, capaz también de ser planeado, que se conoce con el nombre de Control o Retroalimentación, y actúa modificando el proceso principal.

Gráficamente puede representarse el proceso constructivo completo como se muestra en la Fig. N° II.4. Por otra parte, el mecanismo retroalimentador del Control, se ilustra con el diagrama de flujo de la Fig. N° II.5.

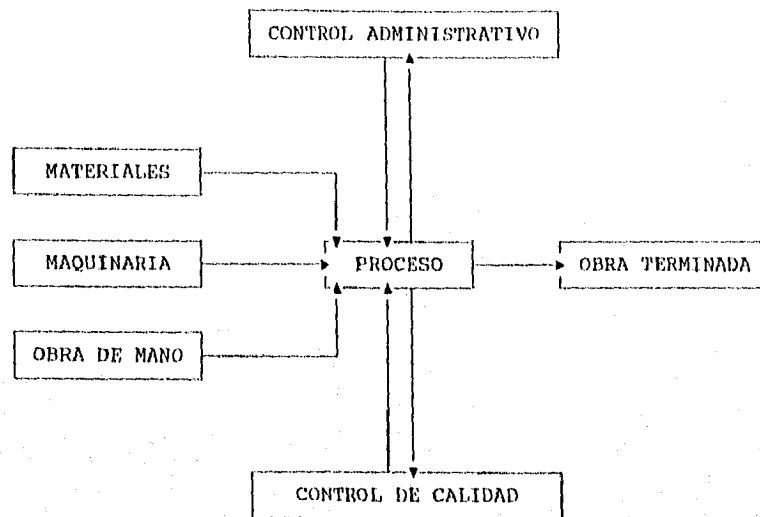


Fig. II.4 Proceso Constructivo.

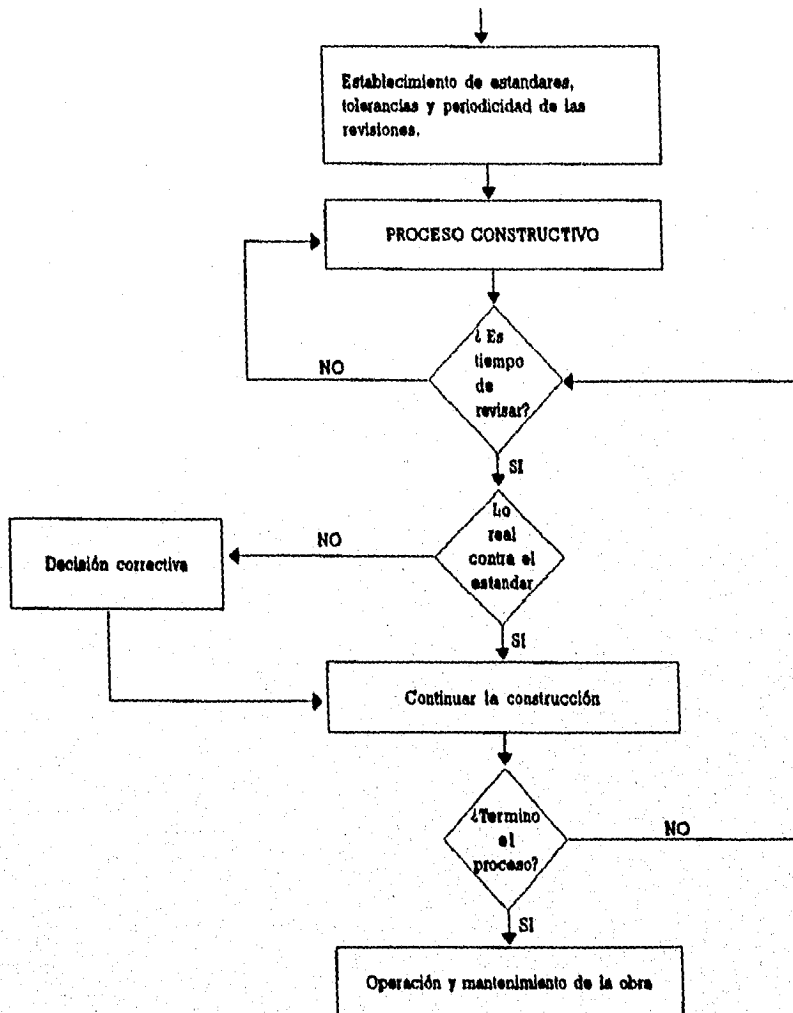


Fig. II.5 Diagrama de flujo



Para que el proceso de control sea efectivo, es necesario fijar un plan de acción que contenga básicamente cuatro pasos:

- a) Establecimiento de estándares.
- b) Verificación o Comparación de lo real contra el estándar.
- c) Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.
- d) Mejoramiento de los estándares.

Se ilustra a continuación dos casos simplificados como ejemplo de lo anterior; uno relativo al control de calidad y otro relacionado con el control administrativo.

a) *Establecimiento de estándares.*

Una de las características importantes del concreto, es su resistencia a la compresión. El estándar que actualmente se utiliza para medir esta resistencia, se conoce como  $f'c$ , y está expresado en  $Kg/cm^2$ .

La  $f'c$  del concreto, se refiere a la resistencia de un cilindro de concreto sujeto a compresión simple, elaborado bajo condiciones especificadas.

Supongamos en este caso, que nos ha sido fijada una resistencia para el concreto que estamos utilizando en obra de  $250 kg/cm^2$ , con ciertas tolerancias fijadas de acuerdo a criterios estadísticos.

b) *Verificación o comparación de lo real contra el estándar.*

Para llevar a cabo esta etapa debemos tener en cuenta las consideraciones siguientes:

1. Que de todo el concreto que se esté utilizando, deberán obtenerse las muestras representativas exigidas en las especificaciones de construcción.
2. Para poder correlacionar los resultados de las muestras con el estándar, éstas deberán ser elaboradas y probadas bajo las mismas condiciones del estándar.

Se efectúa el ensaye de la muestra elaborada, en una máquina de prueba universal que cumpla con los requisitos establecidos para este tipo de pruebas; si al determinar la resistencia de nuestro concreto, estamos dentro de los límites especificados, podremos seguir adelante con su utilización; si por el contrario, excedemos la tolerancia estipulada, emprenderemos una serie de acciones tendientes a corregir la desviación.

c) *Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.*

Si, en el caso que nos ocupa, el concreto se estuviera fabricando en obra mediante una planta móvil, los aspectos que tendríamos que corregir estarían entre los siguientes: verificación del diseño de la mezcla, revisión de la calidad de los agregados, calibración de la planta, verificación de la correcta elaboración y transporte en su caso de las muestras, etc.

Una vez tomada alguna o algunas de las medidas correctivas necesarias, repetiríamos el proceso para verificar resultados.

d) *Mejoramiento de los estándares.*

Los estándares establecidos, se van modificando conforme al avance de las investigaciones que se hacen sobre el comportamiento de los materiales.

En el caso del concreto, en la actualidad, se llevan a cabo investigaciones y pruebas con concretos polimerizados, con los cuales se alcanzan resistencias muy por arriba de las convencionales. Si, en un momento dado, es técnica y económicamente posible construir con este nuevo material, el estándar que se fije en cuanto a resistencia tendrá que ser sin duda, superior al actual.

Durante la construcción de una carretera, podemos llevar el control del tiempo de ejecución de las actividades, de la siguiente manera:

a) *Establecimiento de estándares.*

Teniendo como base los volúmenes de obra, los recursos por emplear y la interrelación de los trabajos por desarrollar, es posible dibujar un esquema que represente la duración y orden de las actividades que, en forma simplificada, integran la construcción del camino. (Ver Fig. N° II.6).

En este diagrama, hemos señalado mediante barras, la duración estimada en semanas, para la terminación de cada una de las actividades; lo cual constituye el estándar contra el que habremos de comparar.

b) *Verificación o comparación de lo real contra el estándar.*

Establecida la periodicidad de nuestras revisiones señalaremos sobre el mismo diagrama los avances reales obtenidos en obra, verificando que se apeguen a lo programado. Si en alguna actividad detectamos un atraso significativo, habremos de tomar una medida correctiva que impida un mayor atraso, tanto en la actividad que

estamos analizando, como en las actividades con las que se interrelaciona.

c) *Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.*

Observando el diagrama, encontramos que la actividad 3 (estructuras de drenaje) se encuentra atrasada conforme al programa original; por lo que es necesario revisar y corregir los aspectos relacionados con ella, tales como cantidad y calidad de la obra de mano, procedimiento constructivo, supervisión, tiempo efectivo de trabajo, etc.

d) *Mejoramiento de los estándares.*

Con base en la experiencia que se vaya acumulando en cada obra, podremos realizar nuestros programas con un rango de seguridad mayor y más apegados a la realidad en cuanto a los tiempos empleados en la ejecución de las actividades del proyecto.



## II.6 PLANOS DE CONSTRUCCION.

La única y verdadera razón de la existencia de la oficina de proyectos es la de confeccionar planos, que deben ser útiles y pensados de acuerdo con la función que deben reunir para la ejecución de los trabajos en la obra.

Desde luego, hay que tener en cuenta el material y los hombres de que se dispone. También es preciso e indispensable tener nociones de los precios de costo, así como el conocimiento práctico de la obra a efectuar. Es evidente que algunas veces puede ocurrir que el empleo de algún material suplementario de poco costo, y teóricamente irracional, pueda economizar una mano de obra que siempre es onerosa.

Es necesario que la presentación de los planos sea cuidadosa, aunque no indispensable. Un dibujo claro ejerce una buena impresión, tanto al ingeniero como al cliente, y en general a todo el mundo le complace trabajar con planos despejados. Además de los elementos técnicos indispensables, deben contener todos los detalles descriptivos precisos para la construcción, ya que los planos están entre las manos del encargado, en tanto que los pliegos de condiciones y los planos de detalle están en las oficinas del jefe de obras, y aun a veces tampoco los posee este último. Con el fin de evitar olvidos y distracciones, todo debe estar reunido y condensado en un mismo documento.

También debe evitarse todo error de interpretación, debiendo esclarecer todos los detalles, cualquiera que sea su importancia. Algunos croquis con perspectivas caballerías de los puntos dudosos serán de gran utilidad, ya que en la obra no se puede perder tiempo en esclarecer conceptos de los planos.

Los planos deben estar dibujados a escalas fácilmente legibles y de las que se emplean corrientemente. Para los de cimbrado, se utiliza la de 1:50, la de 1:20 para las armaduras y los detalles; en alguna ocasión puede ser conveniente dibujar ciertos detalles a escala 1:2, tamaño natural o a 1:10. Deben desecharse toda otra clase de escalas, a fin de evitar errores, así como también los croquis que no estén a escala, ya que se prestan a engaño, producen malos entendidos y en consecuencia son peligrosos.

El acotado de los planos debe realizarse con números claros, que permitan su fácil comprobación. Se parte siempre de los ejes principales, detallando después todos los elementos mediante líneas de cotas sucesivas y regresivas. Todas ellas deberán ser acumuladas, evitando líneas de cotas paralelas o incompletas.

Los puntos de singular interés, como son los huecos o patios, deben estar relacionados respecto a los ejes. En cuanto a los elementos de concreto armado, deben ser acotados "en bruto", o sea, indicando la sección sin contar con los anclados, tanto por lo que respecta a las vigas como a las losas.

En el plano deberán figurar, además de las secciones de concreto armado, los elementos de fábrica de ladrillo (superiores a 11 cm de grueso), así como los elementos correspondientes a muros de carga como a los de separación, también a los de concreto en masa sin armar.

Como se ha indicado anteriormente, todas las cotas vendrán indicadas "en bruto", o sea, fábrica de ladrillo y de concreto antes de efectuar los enlucidos, siendo preciso realizar un pequeño cálculo, ya que los planos del arquitecto vienen dados en cotas de acabado. Generalmente, y con el fin de simplificar, se admite para los enfoscados y enlucidos exteriores, así como para los enyesados interiores, un espesor de 2 cm y que el total de las cotas, material en bruto más el grueso del enlucido, nos dé una cota exacta.

Es preciso evitar cotas con indicaciones de 5 mm, por lo que redondeará las mismas en centímetros exactos en defecto o en exceso, lo que, en fin de cuentas, es una cuestión de sentido común, que ejerce siempre un proyectista con experiencia.

Los planos esenciales de cimbrado deben ser confiados a proyectistas que tengan gran experiencia y estén acostumbrados a esta clase de trabajo; asimismo deberán conocer a fondo su misión a fin de resolver todos los pequeños problemas que puedan presentarse sin tener que consultar a cada momento al ingeniero.

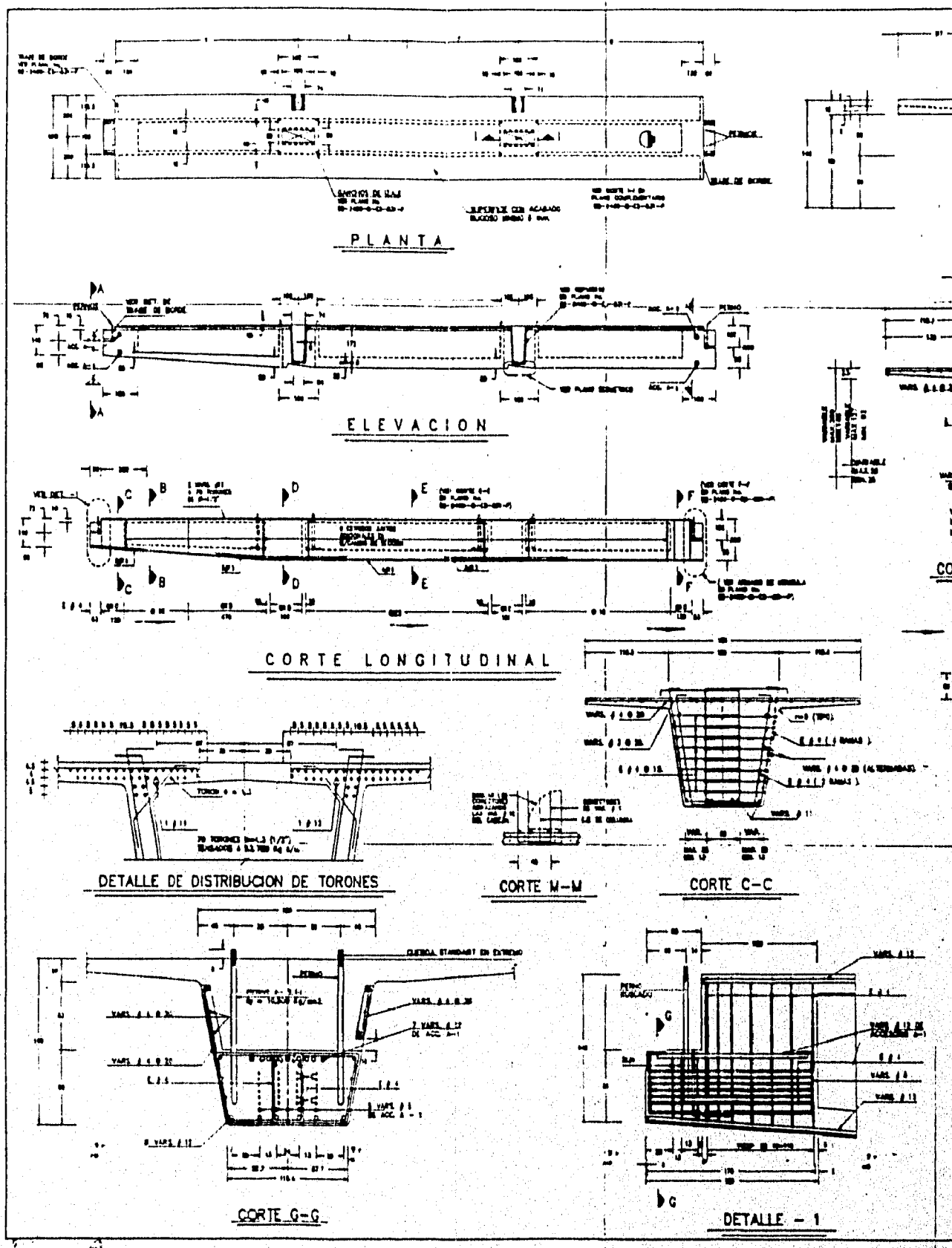
El plano del armado debe ser confeccionado por el mismo que ha dibujado el plano del cimbrado, que trabajará de acuerdo con el proyectista, y que está perfectamente al corriente del asunto.

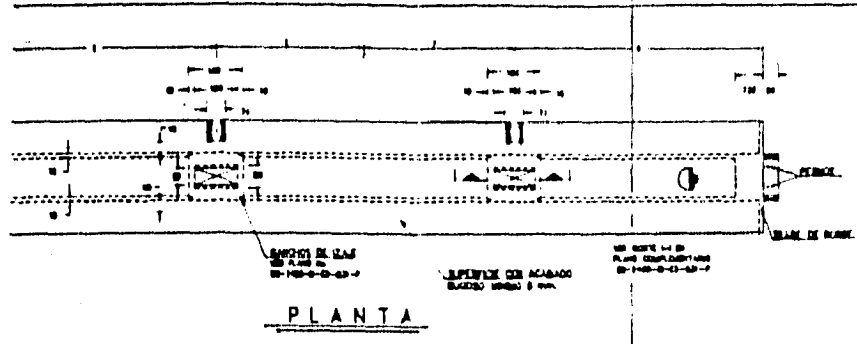
Todos los planos de armado deberán ir acompañados de una lista de los hierros, así como del peso total de los que figuran en las hojas, dispuestos en orden según los diámetros.

El plano de las cimentaciones comprende la configuración de las mismas, vistas desde un plano superior, o sea, una planta suponiendo el edificio seccionado a 1.00 m del suelo del sótano, con tierras no terraplenadas. En el mismo se representan las losas o zapatas propiamente dichas, los muros del sótano, las canalizaciones enterradas, las cunetas o desagües, registro, etc.

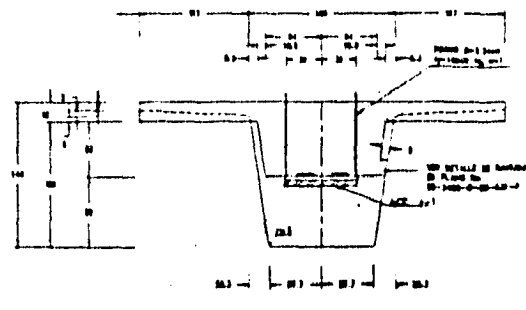
El expediente de los planos deberá ser completado con un cierto número de planos de detalles, cuya nomenclatura precisa no puede fijarse de antemano. En general, se trata de elementos complementarios para lo que a veces un simple croquis será suficiente. En estos casos, los planos tipo son de mucha utilidad.

A continuación se anexan algunos ejemplos de planos, para que de esta manera el lector se familiarice con ellos.

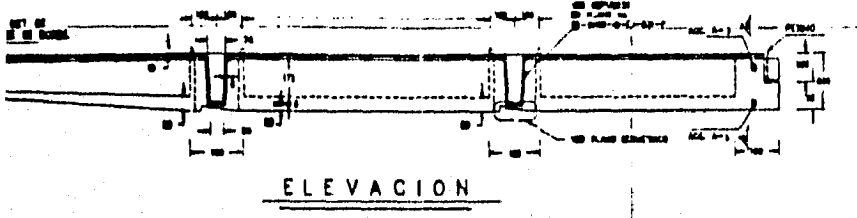




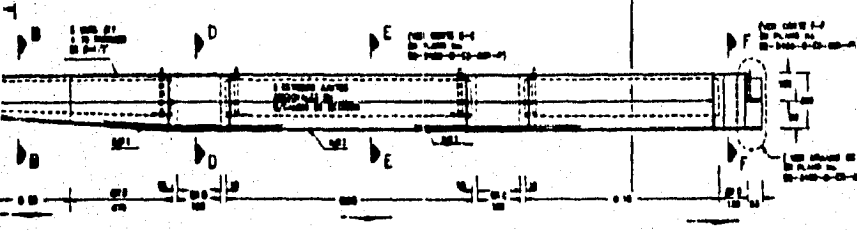
PLANTA



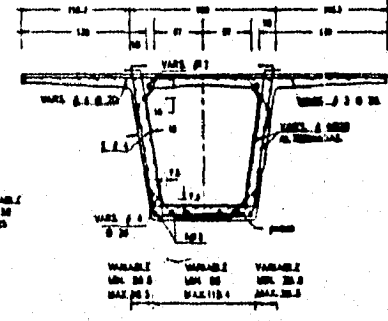
VISTA FRONTAL A-A



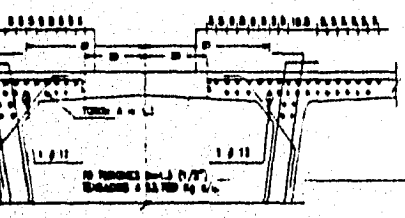
ELEVACION



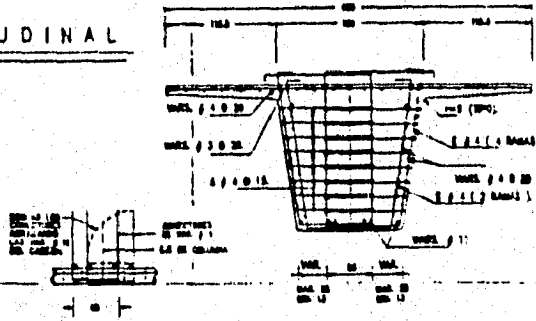
CORTE LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL B-B  
REFUERZO

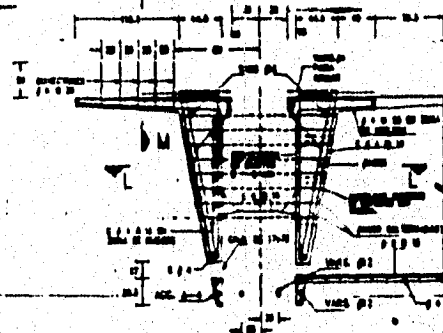


DETALLE DE DISTRIBUCION DE TORONES

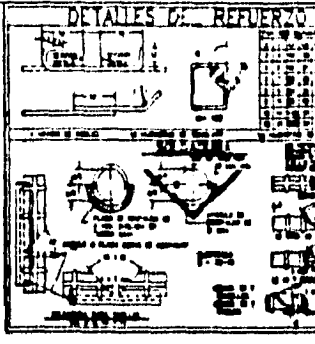


CORTE M-M

CORTE C-C



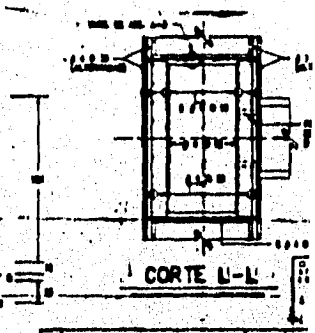
CORTE D-D



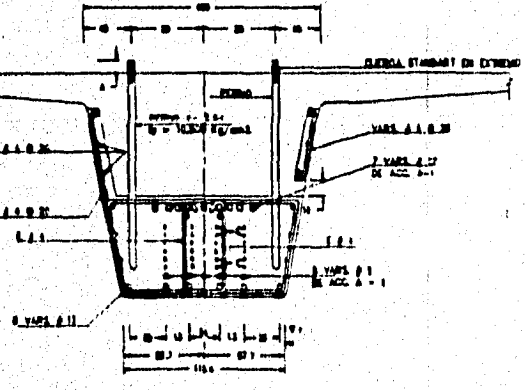
DETALLES DE REFUERZO

NOTAS GENERALES

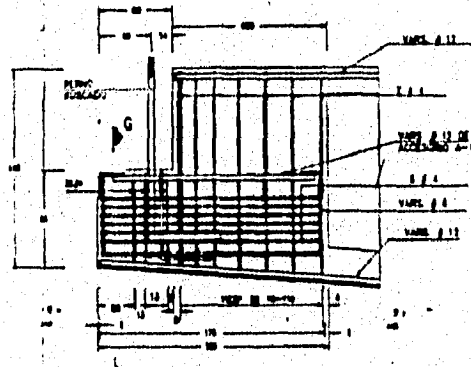
- 1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS SI NO SE INDICA OTRO UNIDAD.
- 2.- LAS OTRAS UNIDADES SE DEDUCEN DE ESTAS UNIDADES A MENOS.
- 3.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL ACERO Y DE 1.75 PARA EL HORMIGON.
- 4.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE TRACCION.
- 5.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE COMPRESION.
- 6.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE FLEXION.
- 7.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE TORSION.
- 8.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE DESPLAZAMIENTO.
- 9.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE VIBRACION.
- 10.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE FATIGA.
- 11.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE IMPACTO.
- 12.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE FUEGO.
- 13.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE COLISION.
- 14.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE SISMOS.
- 15.- SE ADOPTA UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 1.50 PARA EL HORMIGON EN LOS CASOS DE OTRAS CARGAS.



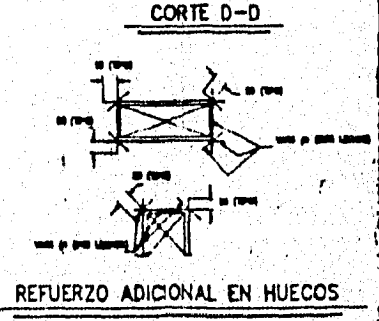
CORTE U-U



CORTE G-G



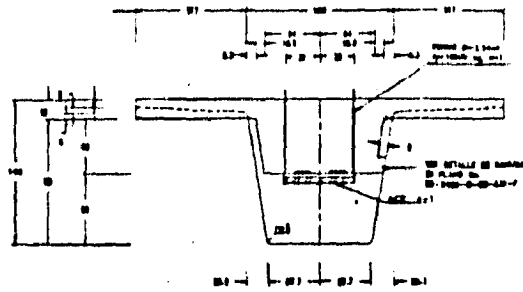
DETALLE - 1



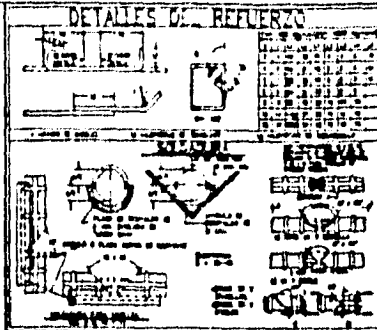
REFUERZO ADICIONAL EN HUECOS

CIUDAD DE MEXICO  
**DDF**  
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS  
 DE CONSTRUCCION DE MAQUINARIA Y TRANSPORTES  
 SISTEMA DE TRAFICO  
 COLECTIVO METRO  
 LINEA 0-04



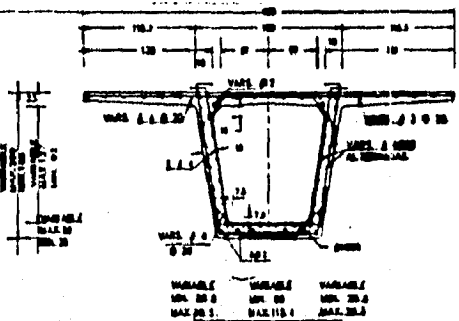


VISTA FRONTAL A-A

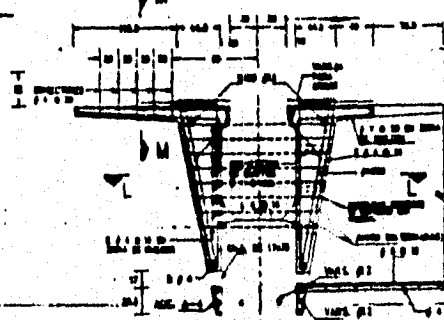


NOTAS GENERALES

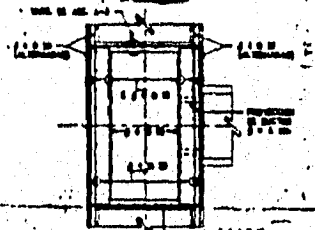
- 1.- LAS BARRAS DE ACERO DEBEN SER DE CALIDAD Y TIPO ADECUADO.
- 2.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 3.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 4.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 5.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 6.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 7.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 8.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 9.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 10.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 11.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 12.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 13.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 14.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 15.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 16.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 17.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 18.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 19.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.
- 20.- EL ESPACIO ENTRE LAS BARRAS DEBEN SER DE 25 CM.



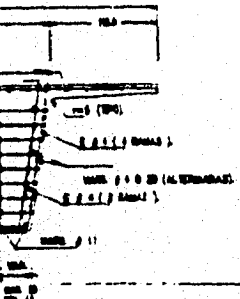
CORTE TRANSVERSAL B-B  
REFUERZO



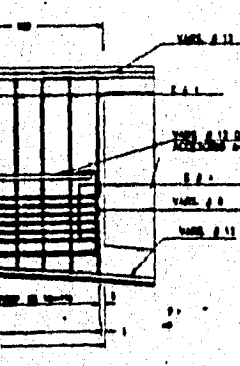
CORTE D-D



CORTE U-U



C-C



REFUERZO ADICIONAL EN HUECOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**CIUDAD DE MEXICO**  
**DDF**

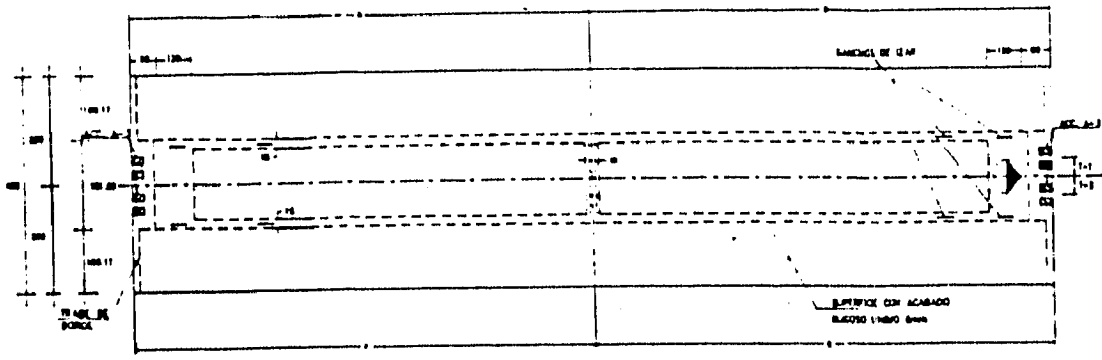
SECRETARIA GENERAL DE OBRAS  
COMISION DE CALIDAD Y TRANSPORTE URBANO

PROYECTO: SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO  
LINEA 8 SUR

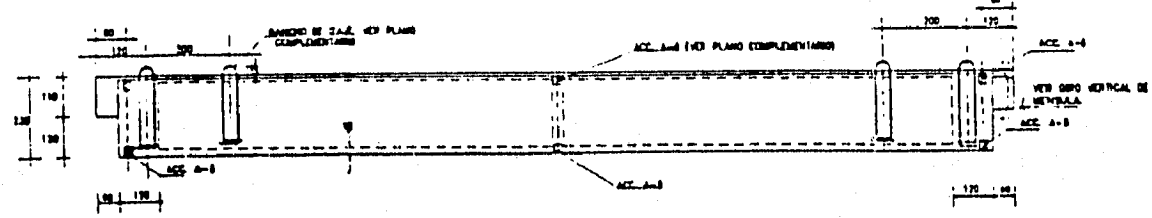
PROYECTO: LINEA 8 SUR

PROYECTO: LINEA 8 SUR

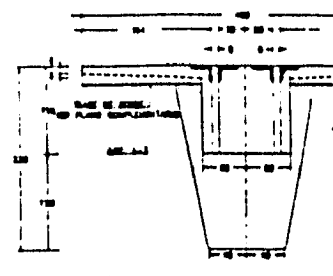
DETALLE - 1



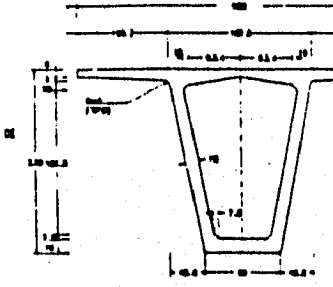
PIANTA



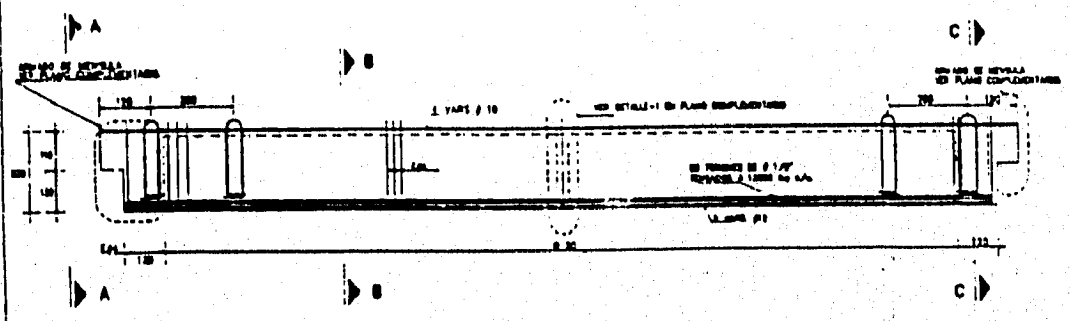
VISTA LATERAL



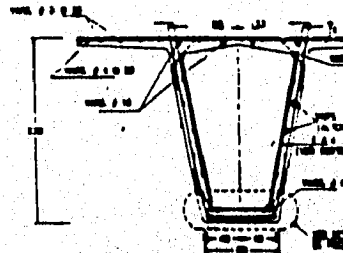
VISTA FRONTAL A - A



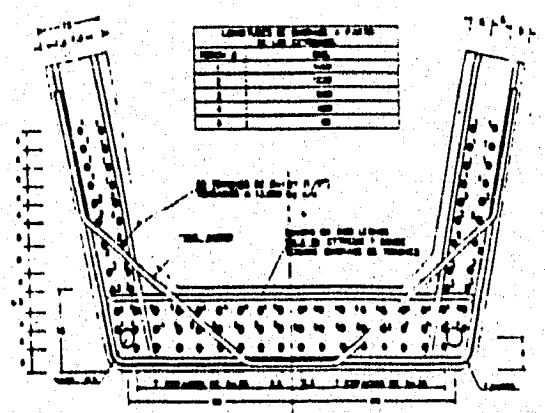
CORTE TRANSVERSAL B - B



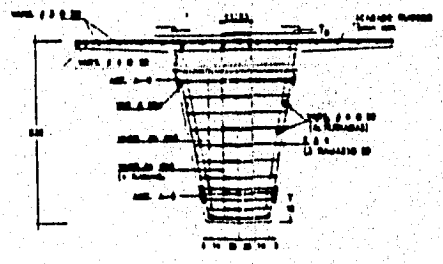
CORTE LONGITUDINAL



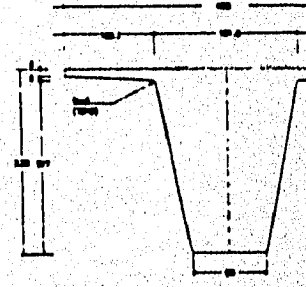
CORTE TRANSVERSAL B - B (REFUERZO)



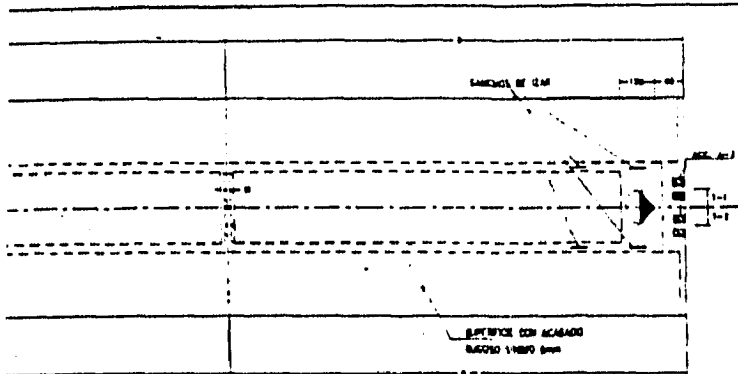
DISTRIBUCION DE PRESFUERZO



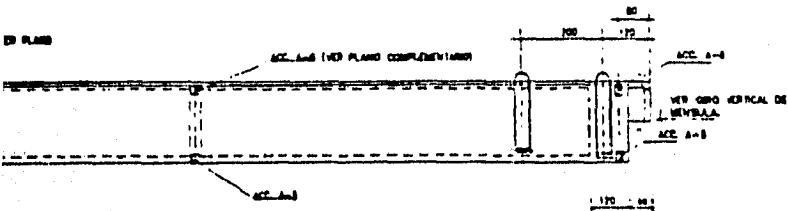
CORTE TRANSVERSAL C - C



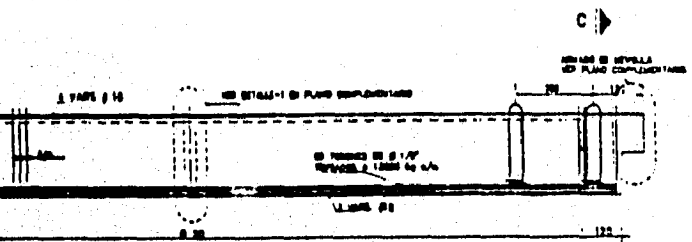
CORTE TRANSVERSAL C



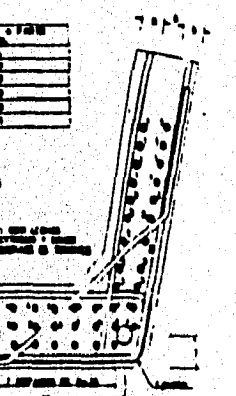
PLANTA



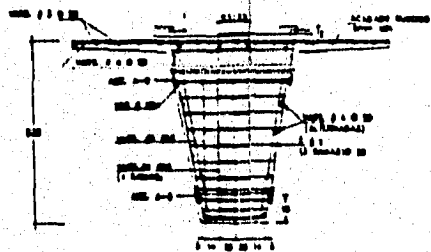
VISTA LATERAL



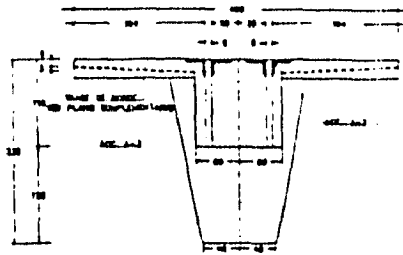
CORTE LONGITUDINAL



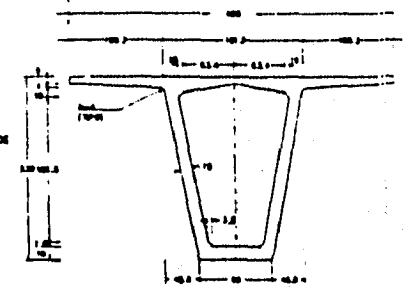
PRESFUERZO



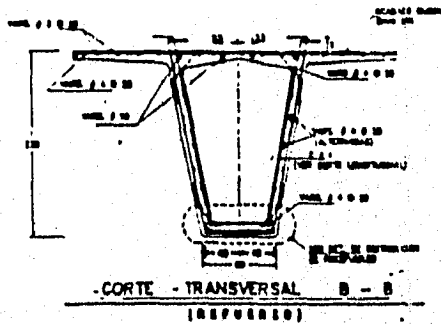
CORTE TRANSVERSAL C - C



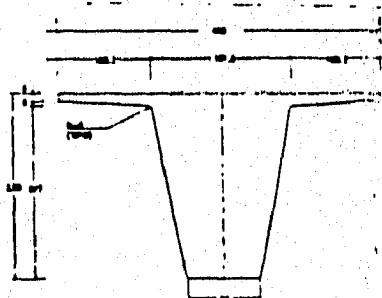
VISTA FRONTAL A - A



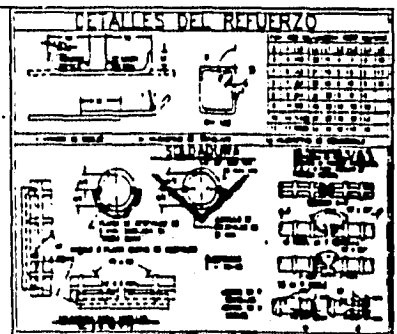
CORTE TRANSVERSAL B - B



CORTE TRANSVERSAL B - B (REFUERZO)

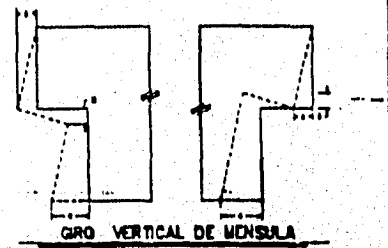


CORTE TRANSVERSAL C - C



NOTAS GENERALES

- 1.- TENER LAS DIMENSIONES ESTAS COMO DE REFERENCIA EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- 2.- LAS UNIDADES SON EN CENTIMETROS, SI SE TIENE QUE DAR EN METROS SE INDICARÁ.
- 3.- CONCRETO  $F_c = 4000 \text{ kg/cm}^2$  - O. ESTRECHO  $F_c = 2000 \text{ kg/cm}^2$ .
- 4.- TENSORES DE ACERO DE GRADO 177.
- 5.- EL REFORZADO DE ACERO SE REPRESENTARÁ LA TOLERANCIA DEL DIAMETRO DE LA BARRA DE ACERO EN FORMA DE UN CÍRCULO CON UN PUNTO EN SU CENTRO.
- 6.- PERFILES DE ACERO EN:
  - 7.- CANTONERAS DE ACERO EN:
    - 8.- O. SE REPRESENTARÁN COMO LINEAS DE 2 O. CON UN PUNTO EN SU CENTRO PARA DISTINGUIR.
  - 9.- ACERO DE GRADO 177 COMO LINEAS DE 177.
  - 10.- EN CASOS DONDE SE PUEDA RECONOCER QUE SE TRATA DE UN ACERO DE UN TIPO ESPECIAL.
  - 11.- LAS BARRAS Y TENDONES DE REFORZADO SEAN LA TOLA DE "REFORZADO DE ACERO".
  - 12.- LA REPRESENTACIÓN DE LOS BARRAS Y DE LOS TENDONES DE LA TOLA ES LA SIGUIENTE:
    - 13.- ACERO DE PLANO ACERADO ESTRECHO Y TENDONES DE 177 EN UN PUNTO EN SU CENTRO Y BARRAS DE GRADO 177 EN UN PUNTO EN SU CENTRO.
    - 14.- ACERO DE REFORZADO EN SU REPRESENTACIÓN.
    - 15.- EN LOS CASOS DONDE SE TRATARA DE UN ACERO EN SU REPRESENTACIÓN.
    - 16.- LAS BARRAS Y TENDONES DE REFORZADO EN SU REPRESENTACIÓN DE BARRAS EN SU REPRESENTACIÓN Y TENDONES EN SU REPRESENTACIÓN.
    - 17.- ESTAS LINEAS DE REFERENCIA SE ENCONTRAN EN LA TOLA.
    - 18.- ESTE PLANO DE REFORZADO DE ACERO EN SU REPRESENTACIÓN EN SU REPRESENTACIÓN.



CORTO VERTICAL DE MENSULA

CIUDAD DE MEXICO **DDF**

SECRETARIA GENERAL DE OBRAS  
COMISION DE SALUD Y TRANSPORTE URBANO

PROYECTO DE  
**SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO**  
LINEA B SUR

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL PASADIZO DE LA LINEA B SUR

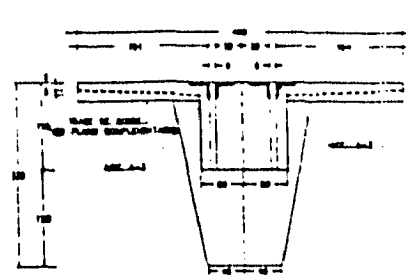
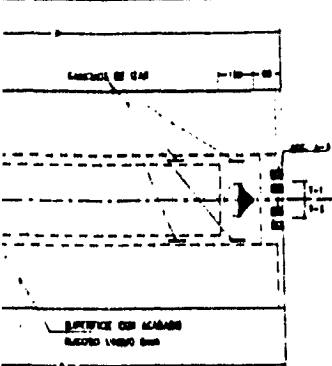
TRAMO 10 - 10.01 (10000)

ESTACION: ESTACION DE LA LINEA B SUR

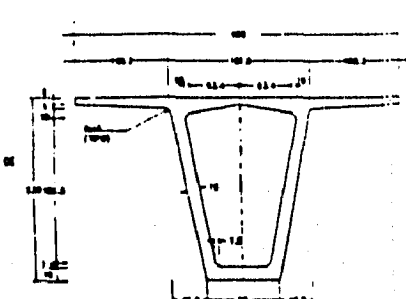
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL PASADIZO DE LA LINEA B SUR

TRAMO 10 - 10.01 (10000)

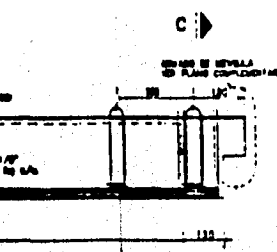
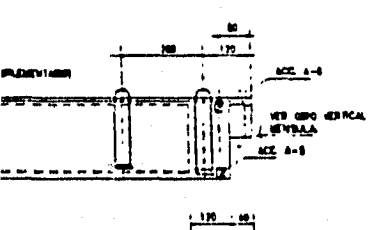
ESTACION: ESTACION DE LA LINEA B SUR



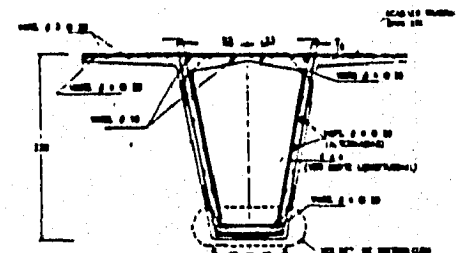
VISTA FRONTAL A - A



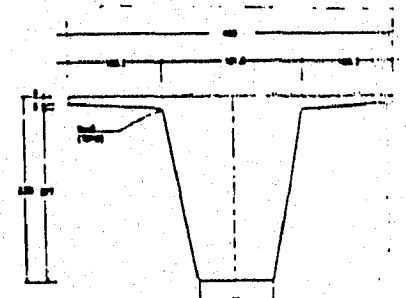
CORTE TRANSVERSAL B - B



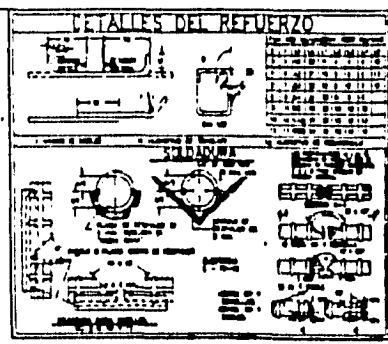
CORTE TRANSVERSAL C - C



CORTE TRANSVERSAL B - B (REFUERZO)

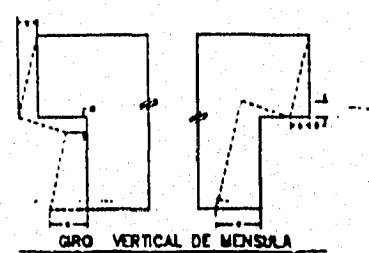


CORTE TRANSVERSAL C - C



NOTAS GENERALES

- 1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN CENTÍMETROS SIENDO LA UNIDAD DE MEDIDA EL METRO.
- 2.- LAS OBRAS DEBEN SER HECHAS DE ACUERDO A LOS PLANOS Y DETALLES.
- 3.- CONCRETO Fc = 200 kg/cm<sup>2</sup> AL MENOS Y Fd = 200 kg/cm<sup>2</sup>.
- 4.- TAMAÑO MÍNIMO DE ALAMBRE 6/8.
- 5.- EL REFORZAMIENTO DEBE SER HECHO DE ACUERDO A LA NOMENCLATURA DE LOS MATERIALES DE ACUERDO A LA NOMENCLATURA EN LA TABLA DE MATERIALES.
- 6.- PERFILES DE FIERRO 20.
- 7.- ESPESOR DE AC = 2.
- 8.- EL REFORZAMIENTO DEBE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 9.- ANTES DE EFECTUAR OBRAS DEBEN SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 10.- EL REFORZAMIENTO DEBE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 11.- LAS BARRAS Y TORNILLOS DE TORNILLAR DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 12.- LA TORNILLAR DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 13.- ANTES DE EFECTUAR OBRAS DEBEN SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 14.- ANTES DE EFECTUAR OBRAS DEBEN SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 15.- LAS OBRAS DEBEN SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 16.- ESTOS PLANOS DEBEN SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.
- 17.- ESTE PLANO DEBEN SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES DEBEN DE SER HECHO DE ACUERDO A LOS DETALLES.



GIRO VERTICAL DE MENSULA

CIUDAD DE MEXICO

**DDF**

SECRETARIA GENERAL DE OBRAS  
COMISION DE SALUD Y TRANSPORTE URBANO

SISTEMA DE TRANSPORTE  
COLECTIVO METRO  
LINEA B SUR

TRABAJOS DE OBRAS

TRABAJO N.º - 01.01.100.001



## II.7 INTEGRACION DE COSTOS DE RECURSOS.

Para poder hablar de la integración de Costos de Recursos es indispensable, ante todo, conocer algo sobre Precios Unitarios.

Dentro de los múltiples problemas que se presentan en el ramo de la construcción, el establecimiento de los precios unitarios equitativos a que debe pagarse un trabajo, ha sido tradicionalmente un punto de divergencia de opiniones entre las empresas contratistas y los órganos oficiales o particulares encargados de la realización de obras. Cuando con anticipación se establecen en forma perfectamente definidas las normas, especificaciones y criterios generales que servirán de base para el cálculo de los precios unitarios, los puntos de divergencia pueden reducirse al mínimo.

La elaboración de los precios unitarios, no es más que una etapa dentro del proceso constructivo general, que se inicia con la investigación o estudio de la factibilidad de realizar una obra, y que termina con la construcción de la misma.

No es posible calcular precios unitarios sin el apoyo de las especificaciones, ya que son éstas precisamente las que definen la obra que se requiere y la manera en que debe ejecutarse, lo que indudablemente constituye la base para determinar los precios unitarios de los conceptos de esa obra.

Previo a la elaboración de estos precios unitarios, es absolutamente indispensable, conocer a fondo la naturaleza de los recursos, tanto humanos, como de maquinaria y materiales, así como la disponibilidad de los mismos.

Antes de exponer los elementos que integran un precio unitario, es necesario establecer las siguientes definiciones:

**Precio Unitario:** es la remuneración o pago en moneda, que el contratante cubre al contratista, por unidad de obra y por concepto de trabajo que ejecute, de acuerdo a las especificaciones.

**Unidad de Obra:** es la unidad de medición señalada en las especificaciones, para cuantificar el concepto de trabajo con fines de medición y pago.

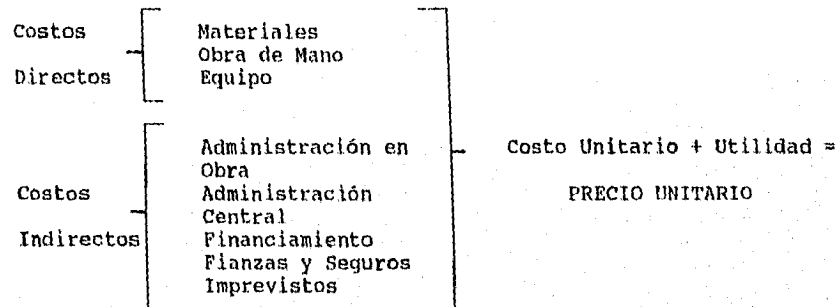
**Concepto de Trabajo:** es el conjunto de operaciones manuales y mecánicas que el contratista realiza durante la ejecución de la obra, de acuerdo a planos y especificaciones divididas convencionalmente para fines de medición y pago; incluyendo el suministro de los materiales correspondientes cuando éstos sean necesarios.

**Especificaciones:** son el conjunto de requerimientos exigidos en los proyectos y presupuestos para definir con precisión y claridad el alcance de los conceptos de trabajo. Las especificaciones de un

concepto en particular, deben contener las siguientes definiciones:

- a) Descripción del concepto.
- b) Materiales que intervienen y su calidad.
- c) Alcance de la ejecución del concepto.
- d) Mediciones para fines de pago.
- e) Cargos que incluyen los precios unitarios.

En términos generales, los elementos que componen un precio unitario son:



Esto es, podemos clasificar dentro de los costos directos de un concepto de trabajo, todas aquellas erogaciones efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto de trabajo; y todos aquellos gastos generales, necesarios para la construcción del proyecto, que no han sido considerados dentro de los costos directos, clasificados, como costos indirectos. La suma de ambos será el costo unitario de dicho concepto.

La utilidad será entonces, la ganancia que debe considerar cada empresa contratista, como resultado a sus esfuerzos técnicos, administrativos y económicos, para cumplir con la realización de un proyecto. La suma del costo unitario más la utilidad será el precio unitario de un concepto de obra.

De la tabla, concluimos que, tanto los elementos que integran los costos directos, los costos indirectos y el elemento utilidad, son los que nos permiten valorizar el precio unitario, razón por la que en conjunto, constituyen los llamados "factores de consistencia de los precios unitarios".

Para complementar, daremos las siguientes definiciones:

**Definición de costo indirecto:** es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

*Definición de costo indirecto de operación:* es la suma de gastos que, por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado (año fiscal, año calendario, ejercicio, etc.).

*Definición de costo indirecto de obra:* es la suma de todos los gastos que, por su naturaleza intrínseca, son aplicables a todos los conceptos de una obra en especial.

*Definición de costo directo:* es la suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

*Definición de costo directo preliminar:* es la suma de gastos de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un subproducto.

*Definición de costo directo final:* es la suma de gastos de material, mano de obra, equipo y subproductos para la realización de un producto.

Hemos definido como Costo Directo a "La suma de materiales, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo".

Aceptemos también que un Costo Directo puede representarse matemáticamente, mediante una ecuación del tipo siguiente:

$$[ax + by + cz + \dots + \beta\delta] = C.D.$$

Considerando variables:  $x, y, z, \dots, \delta$   
y variables condicionadas:  $a, b, c, \dots, \beta$

Como variables podemos considerar el valor de los materiales, el valor de la mano de obra y el valor del equipo; como variables condicionadas podemos considerar las cantidades consumidas de cada uno de estos integrantes, es decir, la parte que representan dentro de un Costo Directo.

Podremos aceptar también que, las variables condicionadas pueden convertirse en constantes para una obra específica, o para un rango de obras promedio. Ahora bien, las variables de cantidades de materiales, de mano de obra y de equipo, también pueden ser constantes para un tiempo determinado. Resumiendo: "Las variables lo serán en función del tiempo de aplicación", y "Las variables condicionadas, lo serán en función del Método Constructivo, tipo de edificación y de la Tendencia Estadística".

Si en un costo determinado llegásemos a convertir: "a", "b", "c", etc., en constantes determinadas por valores promedio estadísticos, tendríamos controlada una gran parte del proceso productivo y podríamos

con mayor seguridad presuponer Costos a Tiempo Inmediato y Mediato, ya que, como su nombre lo indica, "Presupuesto" no es otra cosa que anticipar una serie de suposiciones con tendencias controladas a un Tiempo Inmediato. Cuando usamos la palabra "Antepresupuesto" estamos queriendo decir con esto, que nuestras suposiciones son a un Tiempo Mediato y que necesitaremos revisarlas cuando sea necesario aplicarlas a un problema Inmediato. Por lo tanto, el presupuesto ideal sería aquél que estuviere integrado por variables "Controladas", que al serlo se convertirán en constantes.

Definiremos como Costo Final, a la "Suma de gastos de material, mano de obra, equipo y subproductos para la realización de un producto", es decir, podrá tener como integrantes uno o varios "costos preliminares".

Continuando con la misma idea expuesta, se propondrán ejemplos típicos que nos permitan inducir cualquier otro costo semejante, basados en la metodología del costo en cuestión.

Insistiremos que, en los siguientes ejemplos, se consignan valores, producto de una experiencia e investigación personal, para determinada organización de trabajo y para sistemas constructivos específicos, que habiendo concordado con la realidad en una aproximación muy aceptable, se proponen como "valores estándar". Mas aceptando su condición de valores a comparar, deberán ser modificados, para los sistemas y condiciones específicos de la empresa que los utilice, todo esto, a través de un "control de costos" que permitirá fijar "valores promedio" para la operación de la misma.

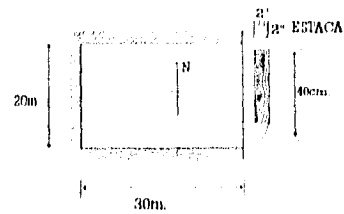
Un costo final puede constar de un gran número de conceptos que pueden reducirse según su importancia en el costo en cuestión, mas, recomendamos que, en principio se apliquen todos o casi todos ellos, para conocer su rango de variación en cada costo estudiado. Para ejemplificar, diremos que en cimbras, se consideran de 50 a 300 gr. de clavo por metro cuadrado de cimbra, pero necesitaremos analizar (contando cada uno de los clavos empleados) cuándo podemos usar 50 gr/m<sup>2</sup> y cuándo 300 gr/m<sup>2</sup> y hasta después de realizado lo anterior estaremos en condición de aproximar por experiencia.

Otra recomendación, a nuestro parecer muy importante, es considerar el costo final como representante del máximo de conceptos comunes. Por así decirlo, si deseáramos analizar el costo de una trabe, por ejemplo, no recomendamos utilizar como unidad de análisis el metro lineal, ya que, al hacerlo, cualquier modificación en el armado o las dimensiones de la sección, anularía dicho costo, sino desglosarlo en tres costos finales; concreto en metros cúbicos, acero de refuerzo en toneladas y cimbra en metros cuadrados, con esto, cualquier variación en sus tres integrantes, sólo modificaría la cantidad de obra y no afectaría al costo unitario.

En la siguiente página mostramos un ejemplo de Análisis de Costo.



Trazo y limpia en terreno sensiblemente plano.



CONCEPTO	Un.	Cant.	P.U.(N\$)	Importe (N\$)
1. Madera en estacas $\frac{20 \text{ Est.} \times 2'' \times 2'' \times 0.40 \text{ m}}{3.657} \times \frac{1}{600 \text{ m}^2} = 0.0145 \text{ P.T./m}^2$	PT.	0.0145	4.00	0.06
2. Calhúta en trazo $\frac{25 \text{ Kg.}}{600 \text{ m}^2} = 0.04 \text{ kg/m}^2$	Kg.	0.04	0.43	0.02
3. Hilos $\frac{1 \text{ Kg.}}{600 \text{ m}^2} = 0.0017 \text{ kg/m}^2$	Kg.	0.0017	325.00	0.55
4. Alquiler de Instrumentos $\frac{1 \text{ día}}{600 \text{ m}^2} \times \frac{\text{N\$ } 190.00/\text{día}}{600 \text{ m}^2} = \text{N\$ } 0.32/\text{m}^2$	m <sup>2</sup>	1.00	0.32	0.32
5. Topógrafo $\frac{1 \text{ día}}{600 \text{ m}^2} \times \frac{\text{N\$ } 210.78/\text{día}}{600 \text{ m}^2} = \text{N\$ } 0.35/\text{m}^2$	m <sup>2</sup>	1.00	0.35	0.35
6. Cadenero y ayudante $\frac{1 \text{ día}}{600 \text{ m}^2} \times \frac{\text{N\$ } 103.86 + 103.86/\text{día}}{600 \text{ m}^2} = \text{N\$ } 0.35/\text{m}^2$	m <sup>2</sup>	1.00	0.35	0.35
7. Gasto unitario del trabajo de limpia $\frac{0.2}{100 \text{ m}^2/\text{Jor}} \times \frac{\text{N\$ } 193.77}{100 \text{ m}^2/\text{J.}} = \text{N\$ } 1.93/\text{m}^2$	m <sup>2</sup>	1.00	1.93	1.93
<b>Costo N\$ 3.58/m<sup>2</sup></b>				

Tabla II.1 Análisis de Costo

## II.8 ELABORACION DE ESPECIFICACIONES.

Para empezar a hablar de Especificaciones, primero veamos su definición.

Especificación: es la descripción detallada de características y condiciones mínimas de calidad que debe reunir un producto.

### ESPECIFICACIONES GENERALES.

En forma escrita y a manera de normas generales, existen una serie de agrupaciones que dictan especificaciones para cada una de las actividades especializadas, para el caso de la edificación podemos mencionar, el "Reglamento de construcciones para el Distrito Federal", del D.D.F., el "Reglamento de ingeniería sanitaria relativo a edificios", de la S.S.A., los reglamentos estatales y municipales, el "Instructivo para el diseño y ejecución de instalaciones de gas" de la S.I.C., y en forma muy importante las normas de calidad de la Dirección General de Normas.

A nivel internacional, podemos mencionar las normas del "American Concrete Institute", el "Joint Committee", la "AWWA", la "ASTM", la "AASHTO", etc.

### ESPECIFICACIONES DETALLADAS.

Escritas. Con base en las normas generales de calidad, las peculiaridades de cada obra, son comúnmente relacionadas en documentos que las describen en forma particular.

En edificación las mejores especificaciones son aquéllas que implícitamente señalan el proceso constructivo más conveniente para obtener la calidad requerida.

En nuestra opinión, cuanto más exactas y detalladas sean las especificaciones, mayor aproximación con la realidad tendrá el costo en cuestión. La vaguedad de una especificación, puede conducirnos a un precio con un rango de variación muy grande; y más aún, una mala especificación puede impedirnos integrar un costo unitario.

Haremos notar también que las especificaciones deben apegarse en lo posible a los sistemas, materiales y equipo de que se disponga en ese momento y para esa zona determinada, ya que, al proponer unas especificaciones fuera de la realidad del lugar, en vez de obtener la calidad deseada, podríamos incurrir o hacer incurrir al constructor en errores.

Podemos tomar de base especificaciones de otros países, pero permitásenos la palabra "Traducidas" a nuestra realidad y a nuestros sistemas constructivos; con lo anterior no queremos decir que las especificaciones deberán ser estáticas, muy por lo contrario, es impostergable mejorar sistemas, materiales y procesos constructivos, pero sin situarnos en una zona de exigencias ilógicas o irreales.

*Bidimensionales.* Las características geométricas de un elemento constructivo, serían muy difíciles de detallar en forma escrita, por tanto es práctica común, dibujarlos y presentarlos en forma ordenada a través de planos constructivos.

La cabal concepción de un problema, se inicia en nuestra opinión, al iniciar su dibujo a escala, aunado lo anterior, al desarrollo de las técnicas de computación electrónica, la cuantificación por computadora, requerirá dibujos indudablemente a escala, y por tanto, recomendamos que todos los planos incluyendo los estructurales se realicen a escala, aunque en ocasiones sea necesario para claridad de armados, una escala horizontal diferente a la vertical.

Es práctica común que en tanto sea más complicado un proyecto, mayor número de planos deban generarse, más es nuestra especial sugerencia que cualquier número de planos son innecesarios en tanto no se lleve a cabo una congruencia total de ellos con el objeto de evitar: Cruces de instalaciones (imposibles de llevar a cabo), ductos inservibles (por sus dimensiones reales), vanos de puertas y ventanas que no coinciden con los planos de herrería y carpintería, traveses que rebasan el nivel general de los plafones, ductos horizontales que ignoran la estructuración, etc., que definitivamente alterarán el mejor estudio de costo, en forma, que puede llegar a ser sustancial.

La estructuración de una obra, es sin duda, otro de los aspectos que generalmente se descuida y que afecta en forma medular el costo de una obra, un apoyo adicional que modifique ligeramente un proyecto puede representar varios miles de pesos, así como también el conceptualizar procesos lógicos de construcción desde el proyecto, nos permitirá un considerable ahorro en la obra.

El uso inadecuado de materiales de construcción y de sus resistencias, incrementa sin ningún objeto el costo de una obra, como es el caso de un muro de carga al cual especificamos un mortero de  $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$ , cuando el tabique que lo forma, tiene un  $f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$  o menor.

Nuestros diseños, creemos también, deben estar de acuerdo con las especificaciones generales que nos rigen. El uso de concretos  $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$  y aceros  $fyp = 600 \text{ kg/cm}^2$  en casas de interés social de claros mínimos (donde rige la especificación de separación máxima permitida) no tiene ningún sentido.

*Tridimensionales.* En proyectos poco comunes y cuando la concepción de la obra no puede lograrse cabalmente a través de sus planos constructivos, se recurre a la maqueta que no es otra cosa que, una "construcción" a escala menor del proyecto en cuestión.

Es también deseable que la maqueta no se considere como el último eslabón de la definición de un proyecto, sino que, con base en el estudio detallado de la misma por el proyectista, sean corregidos los planos que en su caso, ayuden a la simplificación de la obra, sin olvidar que el costo también tiene como parámetro la dificultad o complejidad del proceso constructivo a realizar, por lo cual, cuando en la maqueta se detecten complejidades innecesarias, creemos económico el reestudio de las condiciones del planteamiento original.

Por otro lado, las especificaciones se fundamentan en los planos y a la vez los complementan. Se fundamentan en ellos al apoyarse en los datos que contienen sobre diseño y materiales tanto a la estructura como a la albañilería, acabados, instalaciones y complementos.

Los complementan:

- a) Al indicar los alcances de trabajo de cada concepto.
- b) Al fijar las normas que habrán de satisfacer; lo mismo los materiales que los procedimientos de construcción y equipo.
- c) Al ampliar la información sobre materiales, haciendo así posible el cálculo de los respectivos costos.

DATOS MINIMOS QUE DEBEN CONTENER LAS ESPECIFICACIONES:

1.0 Descripción

- 1.1 Referencial al plano respectivo. Claves normalizadas. Identificación de la partida.
- 1.2 Alcance del trabajo.

Se incluye:

2.0 Materiales

- 2.1 De cada uno de los materiales:
  - Nombre
  - Clase y/o tipo
  - Marca y/o procedencia
  - Dimensiones y tolerancias
  - Número de catálogo y claves

- 2.2 Normas de calidad según:
  - DGN (Dirección General de Normas)
  - ACI (American Concrete Institute)
  - ASTM (American Society for Testing Materials)
  - Pruebas para la aceptación del material
- 2.3 Manejo y almacenamiento
- 3.0 Procedimiento
  - 3.1 Requisitos que debe satisfacer el trabajo ejecutado o procedimiento de construcción.
  - 3.2 Pruebas para la aceptación o rechazo del trabajo.
- 4.0 Uso de equipo
  - 4.1 Equipo, maquinaria, herramienta.

Ejemplo de Especificación. El siguiente ejemplo presenta una especificación técnica que fue parte de las especificaciones del proyecto preparadas para construir un muelle y puentes de caballetes en el área del Caribe. Presentamos parte de esta especificación, por cuestión de espacio.

#### SECCION T3. TUBOS DE ACERO PARA PILOTES.

##### 1. Descripción.

El trabajo que se especifica en esta sección incluye el abastecimiento y el manejo de tubos de acero para pilotes cerrados, los revestimientos protectores, los pilotes de prueba, las cartas de prueba y los rellenos de concreto, como se muestra en los planos y en las especificaciones que se encuentran en ellos.

##### 2. Materiales.

- a) Los tubos para pilotes serán nuevos, sin costura, tubos de acero que se ajusten a los requerimientos de la Designación ASTM A252-69, grado 2. Los tubos tendrán dieciocho (18) pulgadas de diámetro exterior con un espesor en las paredes de media ( $\frac{1}{2}$ ) pulgada, se ordenarán por duplicado en longitudes aleatorias. Los extremos de las secciones de los tubos serán perpendiculares a los ejes longitudinales y serán biselados de la manera como se muestra en los planos, en donde lo requieran los empalmes soldados. Antes que se comiencen las operaciones se proporcionarán los certificados de fábrica que cubren la composición química de los tubos y

además dos copias certificadas de los registros de las pruebas físicas realizadas sobre los tubos recién fabricados de acuerdo con los requisitos ASTM dados antes.

- b) Las puntas de acero para los extremos de los pilotes serán de acero colado, según los requisitos de la Designación ASTM A-27-71, grado 65-35. Las puntas serán estándares a 60° con pestañas interiores y con dos varillas interiores cruzadas. Cada punta se marcará con el nombre del fabricante o con un número de identificación. El contratista debe presentar, para su autorización por parte del ingeniero, los detalles de la punta que se propone emplear.
- c) Los anillos de empalme que se muestran en los planos serán de acero estructural, de acuerdo con los requerimientos de la Designación ASTM A36-69.
- d) El concreto para los pilotes será de 3500 lb/pulg<sup>2</sup> de acuerdo con los requisitos de la sección T5, concreto.
- e) El reforzamiento de las jaulas en lo alto de los pilotes se hará según los requisitos de la sección T5, concreto.
- f) Los electrodos para la soldadura estarán de acuerdo con los requisitos de la American Welding "Specifications for Mild-Steel Covered-Arc Welding Electrodes".
- g) Los revestimientos protectores consistirán en lo siguiente:
  1. Pintura inorgánica rica en zinc (una capa), con el pigmento de zinc empacado por separado, pigmento que se mezclará al aplicarse. El contenido de polvo de zinc será de 75% del peso total del contenido no volátil. Los productos aceptables son Mobilzinc N° 7 por Mobil Chemical Co., N° 92; Tneme-Zinc por Tnemec Co., o Zinc-Rich 220 por USS Chemicals, Div. de U.S. Steel Corp.
  2. Recubrimiento de resina de alquitrán (dos recubrimientos), que es una amina de dos componentes o una resina de alquitrán polimera, de color negro. Los productos aceptables son los de Amexcoat N° 78 Ameron Corrosion Control Div.; Tar-Coat N° 78-J-2 Val-Chem por Mobil Chemical Co., Tarsel N° C-200 por USS Chemicals.
  3. Tanto la pintura rica en zinc como la resina de alquitrán deben estar de acuerdo con la especificación de la Federal Spec. Mil-P-23236.

### 3. Método de medida.

- a) Se pagará según la cantidad de pies lineales de pilotes de acero de 18 pulg. que haya, incluso los pilotes de prueba en

la estructura terminada, que se instalen de acuerdo con los planos y las especificaciones, medidos desde la punta del pilote hasta la cortadura.

- b) La cantidad de pruebas de carga de los pilotes se pagará por el número de pruebas completas realizadas de acuerdo con los planos y las especificaciones.

#### II.9 BASES PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO CONSTRUCTIVO.

En el trabajo de construcción se emplean mucho las especificaciones de referencia para los materiales y procedimientos de construcción aplicadas por las asociaciones de ingenieros profesionales, por las dependencias gubernamentales y por las asociaciones industriales. Las recomendaciones de estas organizaciones son las bases de las prácticas que se siguen en la actualidad en la construcción, en particular con respecto a la calidad de los materiales y, en algunos casos, con respecto al control de fabricación y a los procedimientos de construcción.

Las bases para el diseño de un Proceso Constructivo y de las especificaciones implica el conocimiento que deben tener los redactores del trabajo propuesto y las condiciones bajo las cuales se va a realizar, de los métodos y materiales de construcción que se usarán y de los procedimientos del propietario para la administración del contrato. Junto con la capacidad técnica, uno de los requisitos principales del redactor de especificaciones y procesos constructivos es la capacidad de entender en su totalidad los contratos de terceras personas: ingenieros, constructores, trabajadores, abogados, financieros y el público en general. La capacidad para redactar es un elemento importante, debido a que las especificaciones y procesos constructivos tienen valor en la medida en que pueden entenderse con claridad.

Los redactores de procesos constructivos y especificaciones para las construcciones civiles deben ser ingenieros civiles, graduados, con alguna experiencia en el diseño y en el campo.

Un ingeniero de proceso constructivo y especificaciones debe tener un mínimo de 10 años de experiencia en las prácticas de la construcción, de preferencia como un representante del propietario. De estos 10 años, por lo menos de tres a cinco años debe haber sido ingeniero residente, que interpreta, refuerza y defiende las especificaciones del proyecto. El ingeniero de especificaciones habrá adquirido, entonces, una buena apreciación del papel que las especificaciones tienen en el desarrollo y terminación afortunado de los proyectos.

Básicamente, los contratistas deben saber lo que se requiere de ellos según los términos de un contrato y cuáles son sus honorarios por

esto; cuanto más clara y simple sea la manera como se presente en los documentos del contrato, menor es la posibilidad de que haya problemas, demoras y reclamaciones durante el trabajo.

No es fácil arreglar en un esquema correcto el conjunto de especificaciones y procesos constructivos de las construcciones. En general, se emplean para este propósito los ingenieros especialistas, cuyo trabajo requiere de buen juicio, conocimiento amplio de los aspectos técnicos del trabajo y la apreciación de los problemas de la construcción; además la capacidad de expresar con claridad y concisión todos los términos, condiciones y disposiciones necesarias para presentar una imagen precisa al constructor.

#### **II.10 IDENTIFICACION DE CONCEPTOS DE OBRA, SU UNIDAD DE MEDICION Y SU CUANTIFICACION EN FUNCION DE ESPECIFICACIONES.**

Si por medio de las especificaciones, definimos las características y calidades requeridas para un producto, necesitamos averiguar, cuántas son las partes que integran el mismo.

El mínimo divisor de cualquier número entero, es la unidad, es ésta la razón por la cual trataremos de reducir cualquier producto o subproducto a sus componentes unitarios, utilizando para ello las medidas aceptadas en nuestro Sistema Métrico Decimal.

Para asignar a un concepto la unidad correspondiente de peso, volumen, área o longitud, tomaremos en cuenta la unidad del integrante dominante, así como también la forma más fácil de llevar a cabo dicha medición. La unidad para dimensionar el concreto hidráulico debería ser la tonelada métrica, ya que, el principal integrante es el cemento y éste se estima en toneladas métricas, mas la dificultad de controlar en obra, esa medida gravitacional nos conduce a la conveniencia de usar el metro cúbico.

Cuando un elemento medido por volumen presenta condiciones de semiconstante, en una de sus medidas, es muy conveniente por facilidad de cálculo, dimensionarlo en metros cuadrados. Uno de estos casos es el yeso utilizado para enlucidos.

Queremos recordar la interrelación existente entre Especificaciones, Cuantificación y Análisis de Costo, y muy especialmente la congruencia entre los tres, al considerar inútil un análisis detallado exacto de costos sin tener una cubicación a una especificación detallada con el mismo rigorismo.

Las condiciones de presupuesto y más aún de antepresupuesto, pueden variar en el transcurso de la obra, por lo cual es conveniente realizar las cubicaciones de tal manera sistematizadas, que nos permitan revisarlas y "entenderlas" para lo que se sugieren las siguientes formas de cuantificación.



#### *Cuantificación de concreto, acero y cimbra.*

La forma mostrada a continuación sugerimos iniciarla, anotando la denominación de la obra, el número de plano analizado y el número de la hoja consecutiva, y posteriormente, en la columna de descripción anotaremos el o los tipos de elementos a cuantificar, indicando sus ejes limitantes, y de ser conveniente un croquis de aclaración, para proceder el llenado de cada columna, indicando sus características especiales. Sugiriendo también nominar al acero de refuerzo de lecho superior "LI", bastones superiores "BS", bastones inferiores "BI", estribos "E", etc. (Ver tabla N° II.2.)

#### *Cuantificación de muros, pisos, recubrimientos, etc.*

En forma semejante a la anterior, anotaremos la denominación de la obra, el número de plano analizado, el número de la hoja consecutiva, etc., sugiriendo también, que los planos de cuantificación se iluminen con diferentes colores, los cuales de preferencia deberán representar los diferentes materiales a usarse, para anotar también sobre estos planos las áreas y volúmenes obtenidos en las hojas de cuantificación, con el objeto de realizar una congruencia visual y de detectar olvidos. (Ver tabla N° II.3.)

#### *Resumen de cuantificaciones.*

En la forma siguiente, sugerimos, resumir por partidas congruentes, las cuantificaciones obtenidas parcialmente, que creemos conveniente deba concentrar el supervisor del cuantificador para iniciar la primera detección de errores numéricos o de concepto.

#### *Revisión Paramétrica.*

Finalmente, además de la revisión parcial tanto numérica como de concepto, es recomendable una revisión global con base en parámetros lógicos tales como: cantidad de acero por metro cúbico de elemento estructural, cantidad de cimbra por metro cúbico de elemento estructural, espesor promedio de losas en relación al área cubierta, semejanza de la cantidad de pisos con el acabado en plafones, suma de recubrimientos semejante al doble de muros, etc.

Recomendando también en forma selectiva, cuantificar elementos estructurales representativos o promedio, para asignar límites más precisos a nuestra revisión paramétrica. (Ver tabla N° II.4.)

Enseguida mostramos un ejemplo de conceptos de obra, así como el cálculo de su costo. (Ver tabla N° II.5.)

CUANTIFICACION DE CONCRETO

OBRA: "EJEMPLO" PLANO: E-3

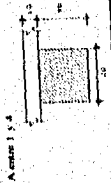


DESCRIPCION	CONCRETO m <sup>3</sup>			CUBIERTA m <sup>2</sup>		ACERO DE REFUERZO SIN TRASLAPES NI GANCHOS															
	PZA.	LONG.	SECCION NETA	VOLEMEN	CUBIERTA EN CONTACTO	TOTAL	EN METROS LINEALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
TRABES N-3 	1	14.10	23 X 30	0.966	0.90	12.38	L5 = 20' 1" = 6.10 L1 = 20' 4" X 6.00 = 122.00 B5 = 10' 5" X 3.10 = 31.50 B1 = 20' 4" X 3.90 = 79.56 E = 02 Pz. Ø 1.4 X 1.30 = 7.00	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38
Fig. A entre 4 y 6 	1	12.00	25 X 30	0.900	0.85	0.20	L5 = 20' 1" = 6.10 L1 = 20' 4" X 6.00 = 122.00 B5 = 10' 5" X 3.10 = 31.50 B1 = 20' 4" X 3.90 = 79.56 E = 02 Pz. Ø 1.4 X 1.30 = 7.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Fig. B entre 1 y 7 	1	10.00	20 X 30	0.600	0.60	0.00	L5 = 20' 1" = 6.10 L1 = 20' 4" X 6.00 = 122.00 B5 = 10' 5" X 3.10 = 31.50 B1 = 20' 4" X 3.90 = 79.56 E = 02 Pz. Ø 1.4 X 1.30 = 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUMA ESTA HOJA No. 14	5	26.10		2.466		12.58															
ACUMULADO ANTERIOR																					
TOTAL A LA HOJA No. 15				2.466		12.58															

Tabla II.2 Cuantificación de concreto

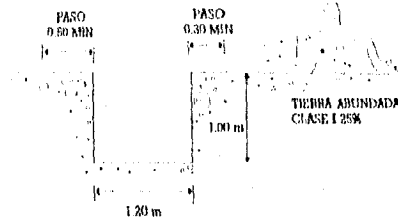
NIVEL 2, MUROS DE TABIQUE, DESCONTANDO COLUMNAS				NIVEL 2, CADENAS Y CASTILLOS			
DESCRIPCION	DIMENSIONES	H	TOTAL	DESCRIPCION	DIMENSIONES	H/I	DALAS
Horizontales Eje A entre 1 y 4	(color rojo) (16.10) - (3 x 0.30) = 15.20	2.30 =	34.96 m <sup>2</sup>	Horizontales Eje A entre 1 y 4	3 castillos C-3 Dala D-1	2.30	C-3=6.90 D-1=16.10
Eje A entre 4 y 6	(12.00) - (2 x 0.30) = 11.40	2.30 =	26.22 m <sup>2</sup>	Eje A entre 4 y 6	2 castillos C-3 Dala D-1	2.30 12.00	C-3=4.60 D-1=12.00
Eje B entre 1 y 3	(10.00) - (2 x 0.30) = 9.40	2.30	21.62 m <sup>2</sup>	Eje B entre 1 y 3	2 castillos C-2 Dala D-1	2.30 10.00	C-2=4.60 D-1=10.00
SUMA ESTA HOJA No.				Castillo C-2 4.60			
ACUMULADO ANTERIOR				Castillo C-3 11.50			
TOTAL A LA HOJA No.				Dala D-1 38.10			
				MI 4.60			
				MI 11.50			
				MI 38.10			
				MI 38.10			

Tabla II.3 Cuantificación de Muros de Tabique

CONCEPTO	ESTE EDIFICIO	PARAMETROS	
		MINIMO	MAXIMO
1. Muros Vs. Recubrimientos			
Suma de muros en M <sup>2</sup>			
Suma de recubrimientos en M <sup>2</sup>		Aprox.	0.5 M <sup>2</sup> /M <sup>1</sup>
2. Losas Vs. Pisos			
Suma de losas en M <sup>2</sup>			
Suma de pisos en M <sup>2</sup>		Aprox.	1.00 M <sup>2</sup> /M <sup>1</sup>
3. Cimbra Vs. Concreto			
a) Cimbra en zapatas en M <sup>2</sup>			
Concreto en zapatas en M <sup>1</sup>		1 a	3 M <sup>2</sup> /M <sup>1</sup>
b) Cimbra en contratraves en M <sup>2</sup>			
Concreto en contratraves en M <sup>1</sup>		13.3. a	17.5 M <sup>2</sup> /M <sup>1</sup>
c) Cim. losas tapa de ciment. M <sup>2</sup>			
Conc. losas tapa de ciment. M <sup>1</sup>		5 a	10 M <sup>2</sup> /M <sup>1</sup>
d) Cimbra en columnas en M <sup>2</sup>			
Concreto en columnas en M <sup>1</sup>		6 a	16 M <sup>2</sup> /M <sup>1</sup>
e) Cimbra en trabes en M <sup>2</sup>			
Concreto en trabes en M <sup>1</sup>		7 a	16 M <sup>2</sup> /M <sup>1</sup>
f) Cimbra en losas en M <sup>2</sup>			
Concreto en losas en M <sup>1</sup>		5 a	12.5 M <sup>2</sup> /M <sup>1</sup>

Tabla II.4 Revisión paramétrica de cuantificaciones de edificios para detectar errores muy graves.

Excavación a mano en terreno clase I (100-00) de 0.00 mts. a 1.50 mts. sin considerar acarreo.



CONCEPTO	Un.	Cant.	P. U. (N\$)	Importe (N\$)
1. Depreciación pala $\frac{1 \text{ pza.} \times \text{N}\$40.00/\text{pza.}}{500 \text{ m}^3} = \text{N}\$0.08/\text{m}^3$	M <sup>3</sup>	1.00	0.08	0.08
2. Depreciación pico $\frac{1 \text{ pza.} \times \text{N}\$65.00/\text{pza.}}{1000 \text{ m}^3} = \text{N}\$0.07/\text{m}^3$	M <sup>3</sup>	1.00	0.07	0.07
3. Costo unitario del trabajo de excavación $\frac{G1}{4 \text{ m}^3/\text{J}} = \frac{\text{N}\$159.86}{4 \text{ m}^3/\text{J}} = \text{N}\$39.96/\text{m}^3$	M <sup>3</sup>	1.00	39.96	39.96
4. Costo unitario del trabajo de traspaleo $\frac{G1}{18 \text{ m}^3/\text{J}} = \frac{\text{N}\$159.86}{18 \text{ m}^3/\text{J}} = \text{N}\$8.88/\text{m}^3$	M <sup>3</sup>	0.15	8.88	1.33
∴ Para dejar pasos considerando 15% del volumen abundado.				
<b>COSTO N\$ 41.44/m<sup>3</sup></b>				

Tabla II.5 Análisis de Costo

**CAPITULO III**

**DETERMINACION DE LOS COSTOS**

**DE MANO DE OBRA.**

## DETERMINACION DE LOS COSTOS DE MANO DE OBRA.

### III.1 PLANTILLA DE TRABAJADORES.

La orientación que se dará al estudio de la Obra de Mano en este capítulo, se enfocará hacia la obtención de todos aquellos datos que por el renglón Obra de Mano puedan afectar directa o indirectamente a la integración de los precios unitarios.

Los sistemas que en la industria de la construcción se siguen para cubrir al trabajador el importe de su trabajo son comúnmente los siguientes:

- a) *Por día:* será "por día", cuando deba darse al trabajador una cantidad fija por jornada normal de trabajo.
- b) *Por destajo:* será "por destajo", si la remuneración se valoriza en base a las unidades de trabajo ejecutadas por el trabajador y afectadas en un precio previamente acordado.
- c) *Por tarea:* será "por tarea", a la asignación de un trabajo determinado por día, y al ejecutar el trabajador la tarea asignada, podrá retirarse, recibiendo su jornal diario completo.

Los tres sistemas anteriores tienen ventajas y desventajas, para determinar cuál es el más adecuado en cada caso, habrá que estudiar y analizar las condiciones y tipo de trabajo por realizar. En una misma obra podrán emplearse diferentes sistemas simultáneamente. Sin embargo, en términos generales, podemos hacer notar que en los trabajos realizados "a destajo", se tendrá un mayor rendimiento pero menor calidad que en los trabajos ejecutados "por día", ya que estando "a destajo", el trabajador tratará de incrementar su productividad en detrimento de la calidad; de lo anterior resulta para el ingeniero, la necesidad de mantener una mejor y mayor vigilancia sobre los trabajos que se realicen bajo este sistema. La experiencia demuestra que si existe una adecuada vigilancia y un estricto control de calidad laborando "por día", pueden obtener óptimos resultados a un bajo costo. El sistema "por tareas" es el menos empleado y su utilización está restringida a aquellos trabajos en los que el riesgo y la calidad requerida sean mínimos, como pueden ser: excavaciones menores, acarreos locales y estibado de madera y varilla.

En nuestro medio, el personal que labora en la industria de la construcción, está organizado en diversos niveles jerárquicos cuyas principales categorías son las de: maestro, oficial y ayudante o peón, las que a su vez, dependiendo del tipo y magnitud de la obra, se dividen en otras tantas subcategorías, como pueden ser: oficial de primera, segunda, cabo, etc.

La obra de mano interviene en la determinación del precio unitario, dentro de los costos directos, y es el resultado de prorratear el pago de los salarios al personal individual o por cuadrilla, cuando participan única y exclusivamente en forma directa en la ejecución del trabajo de que se trate, entre las unidades de producción ejecutadas en el tiempo para el cual se ha calculado dicho pago.

Existe el caso particular de la obra de mano de operación de equipo, la cual se involucra dentro del costo hora-máquina, ya que el operador depende directamente del número de horas que trabaja la máquina, como se verá más adelante.

### III.2 PRESTACIONES Y OBLIGACIONES OBRERO-PATRONAL.

Salario: llamamos salario, en general, a la retribución que se hace al trabajador por su trabajo realizado. El monto de este salario se determina en base al tiempo trabajado, al tipo de trabajo realizado, a las condiciones de su realización y a la capacidad y preparación del trabajador.

Con el fin de dar protección a los estratos menos favorecidos socialmente, en nuestro medio existen leyes que regulan las relaciones laborales; por lo que para efectos de análisis y determinación de costos por obra de mano, es indispensable conocer a fondo las obligaciones legales contraídas por todo constructor el contratar personal obrero, ya que tales obligaciones tienen repercusiones económicas muy importantes, en la evaluación de la erogación real por concepto de salarios.

En la práctica común, en el medio de la construcción y para efecto de análisis de costos directos por obra de mano, llamaremos:

- a) *Salario Diario, Salario Base o Salario Nominal*; al que se paga en efectivo al trabajador por día transcurrido (incluyendo domingos, vacaciones y días festivos) mientras dura la relación laboral, y por el cual fue contratado.
- b) *Salario Mínimo*: es la cantidad menor que debe recibir en efectivo el trabajador por los servicios prestados en una jornada de trabajo. El salario mínimo deberá ser suficiente para satisfacer las necesidades normales de un jefe de familia en el orden material, social, cultural y para proveer la educación obligatoria de los hijos.

El salario Mínimo es establecido por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos y la cual vigila su cumplimiento la Ley Federal del Trabajo.



En algunas regiones y por los problemas económicos locales, los sindicatos o asociaciones gremiales establecen salarios mínimos diferentes a los que la mencionada comisión, por lo que el ingeniero deberá considerar en su análisis los salarios realmente vigentes en la localidad donde se ejecutará la obra.

- c) *Salario Real*: es la erogación total del patrón por día trabajado, que incluye pagos directos al trabajador, prestaciones en efectivo y en especie, pagos al gobierno por concepto de impuestos y pagos a instituciones de beneficio social.

#### LEY FEDERAL DEL TRABAJO.

A continuación se presentan los artículos y disposiciones de nuestras leyes de trabajo, cuya consideración deberá ser de primordial importancia en el cálculo del salario real del trabajador.

Art. 20. Se entiende por relación de trabajo, cualquiera que sea el acto que le dé origen, la prestación de un trabajo personal subordinado a una persona mediante el pago de un salario.

Art. 35. Las relaciones de trabajo pueden ser por obra o tiempo determinado o por tiempo indeterminado. A falta de estipulaciones expresas, la relación será por tiempo indeterminado.

Art. 58. Jornada de trabajo es el tiempo durante el cual el trabajador está a disposición del patrón para prestar su trabajo.

Art. 61. La duración máxima de la jornada será: ocho horas la diurna, siete la nocturna y siete horas y media la mixta.

Art. 66. Podrá prolongarse la jornada de trabajo por circunstancias extraordinarias, sin exceder nunca de tres horas diarias.

Art. 67. Las horas de trabajo extraordinario se pagarán con un ciento por ciento más del salario que corresponda a las horas de la jornada.

Art. 68. La prolongación del tiempo extraordinario que exceda de nueve horas a la semana, obliga al patrón a pagar al trabajador el tiempo excedente con un doscientos por ciento más del salario que corresponda a las horas de la jornada, sin perjuicio de las sanciones establecidas en esta Ley.

Art. 69. Por cada seis días de trabajo disfrutará el trabajador de un día de descanso, por lo menos, con goce de salario íntegro.

Art. 71. Los trabajadores que presten servicio en día domingo tendrán derecho a una prima adicional de un veinticinco por ciento, por lo menos, sobre el salario de los días ordinarios de trabajo.

Art. 73. Los trabajadores no están obligados a prestar sus servicios en sus días de descanso. Si se quebranta esta disposición el patrón pagará al trabajador independientemente del salario que le corresponda por el descanso un salario doble por el servicio prestado.

Art. 74. Son días de descanso obligatorio:

- 1º de enero
- 5 de febrero
- 21 de marzo
- 1º de mayo
- 16 de septiembre
- 20 de noviembre
- 1º de diciembre de cada seis años, cuando corresponda la transmisión del Poder Ejecutivo Federal; y
- 25 de diciembre.

Art. 75. En los casos del artículo anterior, los trabajadores y los patrones determinarán el número de trabajadores que deban prestar sus servicios.

Los trabajadores quedarán obligados a prestar los servicios y tendrán derecho a que se les pague, independientemente del salario que les corresponda por el descanso obligatorio, un salario doble por el servicio prestado.

Nota: Si por la naturaleza del trabajo que se desarrolla en una empresa se requiere de una labor continua, los trabajadores deben convenir con su patrón quiénes de ellos deberán prestar sus servicios en los días de descanso obligatorio, y en caso de no llegar a un acuerdo, se planteará el conflicto ante las autoridades del Trabajo, conforme a los procedimientos ordinarios señalados en la propia Ley.

Art. 76. Los trabajadores que tengan más de un año de servicios disfrutarán de un período anual de vacaciones pagadas, que en ningún caso podrá ser inferior de seis días laborables, y que aumentará en dos días laborables hasta llegar a doce, por cada año subsecuente de servicios. Después del cuarto año, el período de vacaciones aumentará en dos días por cada cinco de servicios.

Art. 80. Los trabajadores tendrán derecho a una prima no menor de veinticinco por ciento sobre los salarios que les correspondan durante el período de vacaciones.

Art. 82. Salario es la retribución que debe pagar el patrón al trabajador por su trabajo.

Art. 83. El salario puede fijarse por unidad de tiempo, por unidad de obra, por comisión, a precio alzado o de cualquier otra manera.

Cuando el salario se fije por unidad de obra, además de especificarse la naturaleza de ésta, se hará constar la cantidad y calidad del material, el estado de la herramienta y útiles que el patrón, en su caso, proporcione para ejecutar la obra, y el tiempo por el que los pondrá a disposición del trabajador, sin que pueda exigir cantidad alguna por concepto de desgaste natural que sufra la herramienta como consecuencia del trabajo.

Art. 84. El salario se integra con los pagos hechos en efectivo por cuota diaria, gratificaciones, percepciones, habitación, primas, comisiones, prestaciones en especie y cualquiera otra cantidad o prestación que se entregue al trabajador por su trabajo.

Art. 85. El salario debe ser remunerador y nunca menor al fijado como mínimo de acuerdo con las disposiciones de la ley. Para fijar el importe del salario se tomarán en consideración la cantidad y calidad del trabajo.

En el salario por unidad de obra, la retribución que se pague será tal, que para un trabajo normal, en una jornada de ocho horas, dé por resultado el monto del salario mínimo, por lo menos.

Art. 87. Los trabajadores tendrán derecho a un aguinaldo anual que deberá pagarse antes del día veinte de diciembre, equivalente a quince días de salario, por lo menos.

Los que no hayan cumplido el año de servicios, independientemente de que se encuentren laborando o no en la fecha de liquidación del aguinaldo, tendrán derecho a que se les pague la parte proporcional del mismo, conforme al tiempo que hubieran trabajado, cualquiera que fuere éste.

Art. 90. Salario mínimo es la cantidad menor que debe recibir en efectivo el trabajador por los servicios prestados en una jornada de trabajo. Se considera de utilidad social el establecimiento de instituciones y medidas que protejan la capacidad adquisitiva del salario y faciliten el acceso de los trabajadores a la obtención de satisfactores.

Art. 94. Los salarios mínimos serán fijados por las Comisiones Regionales y serán sometidos para su ratificación o modificación a la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.

Art. 136. Toda empresa agrícola, industrial, minera o de cualquier otra clase de trabajo, está obligada a proporcionar a los trabajadores habitaciones cómodas e higiénicas. Para dar cumplimiento a esta obligación las empresas deberán aportar al Fondo Nacional de la Vivienda el cinco por ciento sobre los salarios ordinarios de los trabajadores a su servicio.

Art. 137. El Fondo Nacional de la Vivienda tendrá por objeto crear sistemas de financiamiento que permitan adquirir en propiedad habitaciones cómodas e higiénicas para la construcción, reparación, o mejoras de sus casas habitación y para el pago de pasivos adquiridos por estos conceptos.

**III.3 INCREMENTO A LOS SALARIOS NOMINALES POR PRESTACIONES Y PRIMAS OTORGADAS POR LAS LEYES VIGENTES, CONTRATO COLECTIVO DE TRABAJO.**

OTRAS CONSIDERACIONES EN LA INTEGRACION DEL SALARIO REAL.

- I. *Días no laborables por fiestas de costumbre.*  
Por tradiciones arraigadas en nuestro medio laboral, los días correspondientes a celebraciones religiosas más notables, como son: Viernes y Sábado Santos, 3 de mayo, 1º y 2 de noviembre y 12 de diciembre, el obrero no trabaja; es por eso que los constructores aceptan como no laborables.
- II. *Días no laborables por enfermedad no profesional.*  
Cuando por enfermedad no profesional el obrero no trabaja el patrón se ve obligado a cubrir su salario durante los 3 primeros días de ausencia por lo que el ingeniero deberá considerar a criterio, los días no laborables por esta causa.
- III. *Días no laborables por agentes físico-metereológicos.*  
En base al lugar donde se van a ejecutar las obras, el medio geográfico, la estación del año, la topografía local. Se debe realizar una investigación estadística y la aplicación en la definición en un número de días no laborables por causas como: lluvia, nieve, calor, frío, inundaciones y derrumbes.

De lo establecido en los incisos anteriores, podemos obtener ya conclusiones importantes aunque parciales, para la integración del salario real del trabajador.

Primero: Los trabajadores, de acuerdo con la ley, tienen derecho a recibir como compensación a su trabajo, los siguientes pagos directos mínimos anuales:

Por cuota diaria (Art. 83) _____	365 días
Por prima vacacional (Arts. 76 y 80)	
0.25 X 6 días de vacaciones mínimas _____	1.5 "
Por aguinaldo (Art. 87) _____	15 "
Suma	381.5 días

Segundo: También de acuerdo con la ley, los trabajadores tienen derecho de descansar, con goce de salario, los siguientes días mínimos al año:

Por séptimo día (Art. 69) _____	52 días
Por días festivos (Art. 74) _____	7.17 días
Por vacaciones (Art. 76) _____	6 días
Suma	<u>65.17 días</u>

Tercero: es necesario considerar como inactivos algunos días del año, durante los cuales el trabajador goza de su salario íntegro, como pueden ser:

Por fiestas de costumbre _____	3 días
Por enfermedad no profesional _____	2 días
Por mal tiempo y otros _____	4 días
Suma	<u>9 días</u>

En resumen, se tiene que los días pagados al trabajador por año, son: 381.5 días y los días realmente trabajados son: 365-65.17-9-290.83 días, por lo que se puede determinar un coeficiente de incremento debido exclusivamente a la Ley Federal del Trabajo, que es:

$$\frac{381.5 \text{ días pagados}}{290.83 \text{ días laborados}} = \underline{\underline{1.3118}}$$

Lo cual significa, al integrar el salario real del trabajador, deberá considerarse un incremento del 31.18 % sobre su salario base, por concepto de prestaciones de la Ley Federal del Trabajo.

Es recomendable ver el tabulador de salarios mínimos para la construcción, el cual se anexa en la página 54. Como se puede observar, esta lista de salarios está vigente a partir del primero de abril de 1995.

#### INFONAVIT

Con el fin de proporcionar a los trabajadores habitaciones cómodas, higiénicas y a un precio accesible, el 1º de mayo de 1972, se creó el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT).

Dicho fondo está formado por las aportaciones que en efectivo hacen las empresas, del 5 % sobre los salarios ordinarios de los trabajadores a su servicio, de acuerdo a lo mencionado en el artículo

136 de la L.F.T. Además dado que por decreto aparecido posteriormente en el diario oficial, el 5 % debe aportarse sobre el salario integrado, el factor que por este concepto modifica la integración del salario real del trabajador, será:

$$\frac{0.05 \times 381.5 \text{ días de salario ordinario}}{290.83 \text{ días laborados}} = \underline{\underline{0.0656}}$$

Lo cual significa que, al integrar el salario real del trabajador, deberá considerarse un incremento del 6.56 % sobre su salario base, por concepto de cuotas patronales al INFONAVIT.

En los concursos de obras públicas, se dispone: "en los análisis de precios unitarios" no debe figurar el 5 % del importe de las percepciones de los trabajadores que en términos del artículo 136 de la Ley Federal del Trabajo, las empresas en su calidad de patronos, están obligados a aportar al Fondo Nacional de la Vivienda.

#### SEGURO SOCIAL Y PRESTACIONES.

De acuerdo a las disposiciones legales vigentes emanadas de los principios constitucionales que nos rigen, todos los empresarios tienen la obligación ineludible de inscribir a sus trabajadores en el Instituto Mexicano del Seguro Social.

El régimen obligatorio de la Ley, comprende los siguientes seguros:

1. Riesgos de trabajo.
2. Enfermedad y maternidad.
3. Invalidez, vejez, cesantía en edad avanzada y muerte:
4. Guardería para hijos de asegurados.

La misma Ley establece cuotas o primas que cubren cada uno de los seguros anteriores. A continuación se presenta la tabla N° II.1 en la que se resumen los importes de las cuotas vigentes que se deben pagar al Seguro Social, para distintos grupos de salario diario, por concepto de seguro de enfermedades y maternidad, seguro de invalidez, vejez, cesantía y muerte.

# salarios mínimos

vigentes a partir del 1o. de abril de 1995

salarios mínimos	AREAS GEOGRAFICAS			N U M
	A	B	C	
	Nuevos pesos diarios			
Generales	18.30	17.00	15.44	
Profesionales				
1 Albañilería oficial de	20.72	24.83	22.58	1
2 Archivero clasificador en oficinas	25.48	23.68	21.50	2
3 Boticas, farmacias y droguerías dependiente de mostrador en	23.25	21.59	19.62	3
4 Bolidor, operador de	28.09	26.10	23.70	4
5 Cajero(a) de máquina registradora	23.74	22.06	20.04	5
6 Cajista de imprenta oficial	25.23	23.44	21.29	6
7 Cantinero preparador de bebidas	24.24	22.52	20.46	7
8 Carpintero de obra negra	24.86	23.09	20.98	8
9 Carpintero en fabricación y reparación de muebles, oficial	26.23	24.36	22.13	9
10 Cepilladora, operador de	25.36	23.55	21.40	10
11 Cocinero(a), mayor(a) en restaurantes, fondas y demás establecimientos de preparación y venta de alimentos	27.09	25.17	22.87	11
12 Colchonero oficial en fabricación y reparación de	24.49	22.75	20.68	12
13 Colocador de mosaicos y azulejos, oficial	26.11	24.25	22.03	13
14 Contador, ayudante de	25.73	23.90	21.72	14
15 Construcción de edificios y casas habitación, yesero en	24.74	22.98	20.88	15
16 Construcción ferreiro en	25.73	23.90	21.72	16
17 Cortador en talleres y fábricas de manufactura de calzado, oficial	23.09	22.29	20.25	17
18 Costurero(a) en confección de ropa en talleres o fábricas	23.62	21.94	19.94	18
19 Costurero(a) en confección de ropa en trabajo a domicilio	24.36	22.64	20.58	19
20 Chofer acomodador de automóviles en estacionamiento	24.86	23.09	20.98	20
21 Chofer de camión de carga en general	27.34	25.40	23.07	21
22 Chofer de camioneta de carga en general	26.48	24.60	22.34	22
23 Chofer operador de vehículos con guía	25.36	23.55	21.40	23
24 Draga, operador de	28.46	26.44	24.01	24
25 Ebanista en fabricación y reparación de muebles, oficial	26.60	24.71	22.44	25
26 Electricista instalador y reparador de instalaciones eléctricas, oficial	26.11	24.25	22.03	26
27 Electricista en la reparación de automóviles y camiones, oficial	26.35	24.46	22.24	27
28 Electricista reparador de motores y/o generadores en talleres de servicio, oficial	25.36	23.55	21.40	28
29 Empleado de góndola, anaqueil o sección en tiendas de autoservicio	23.13	21.48	19.52	29
30 Encargado de bodega y/o almacén	24.11	22.40	20.35	30
31 Enfermero(a) con título	30.20	28.06	25.48	31
32 Enfermera, auxiliar práctica de	24.86	23.09	20.98	32
33 Ferraterías y herrerías, dependiente de mostrador en	24.62	22.87	20.78	33
34 Fogonero de calderas de vapor	25.48	23.68	21.50	34
35 Gasolinero, oficial	23.62	21.94	19.84	35
36 Herrería, oficial de	25.73	23.90	21.72	36
37 Hojalatero en la reparación de automóviles y camiones, oficial	26.23	24.36	22.13	37
38 Hornero fundidor de metales, oficial	26.85	24.94	22.66	38
39 Joyero-platero, oficial	24.86	23.09	20.98	39
40 Joyero-platero en trabajo a domicilio, oficial	25.97	24.14	21.93	40
41 Laboratorios de análisis clínicos, auxiliar en	24.49	22.75	20.68	41
42 Limpiador, oficial	27.72	25.75	23.39	42
43 Lubricador de automóviles, camiones y otros vehículos de motor	23.87	22.18	20.15	43
44 Maestro en escuelas primarias particulares	28.21	26.21	23.81	44
45 Manipulador de gallos	22.99	21.99	19.91	45
46 Máquina agrícola, operador de	26.85	24.94	22.66	46
47 Máquinas de fundición o presión, operador de	24.24	22.52	20.46	47
48 Máquinas de hojalatería en trabajos de metal, operador de	24.11	22.40	20.35	48
49 Máquinas para madera en general, oficial operador de	25.48	23.68	21.50	49
50 Máquinas para moldear plástico, operador de	23.62	21.94	19.84	50
51 Mecánico fosador, oficial	28.97	25.05	22.76	51
52 Mecánico operador de rectificadora	25.97	24.14	21.93	52
53 Mecánico en reparación de automóviles y camiones, oficial	27.72	25.75	23.39	53
54 Mecánico tornero, oficial	25.97	24.14	21.93	54
55 Mecanógrafo(a)	23.74	22.06	20.04	55
56 Molero en fundición de metales	25.36	23.55	21.40	56
57 Montador en talleres y fábricas de calzado, oficial	23.99	22.29	20.25	57
58 Motorista en barcos de carga y pasajeros, ayudante de	26.23	24.36	22.13	58
59 Niquelado y cromado de artículos y piezas de metal, oficial de	25.23	23.44	21.29	59
60 Peñador(a) y manicurista	24.86	23.09	20.98	60
61 Perforista con pistola de aire	26.35	24.46	22.24	61
62 Pintor de automóviles y camiones, oficial	25.73	23.90	21.72	62
63 Pintor de casas, edificios y construcciones en general, oficial	25.48	23.68	21.50	63
64 Planchador a máquina en tintorerías, lavanderías y establecimientos similares	23.74	22.06	20.04	64
65 Plomero en instalaciones sanitarias, oficial	25.60	23.79	21.60	65
66 Prensa offset multicolor, operador de	28.72	24.83	22.56	66
67 Prensaista, oficial	24.66	23.09	20.98	67
68 Radiotécnico reparador de aparatos eléctricos y electrónicos, oficial	28.60	24.71	22.44	68
69 Recamero(a) en hoteles, moteles y otros establecimientos de hospedaje	23.13	21.48	19.52	69
70 Recepcionista en general	23.67	22.18	20.15	70
71 Releccionarios de automóviles y camiones, dependiente de mostrador en	24.11	22.40	20.35	71
72 Reparador de aparatos eléctricos para el hogar, oficial	25.23	23.44	21.29	72
73 Reportero(a) en prensa diaria impresa	54.90	51.00	46.33	73
74 Reportero(a) gráfico(a) en prensa diaria impresa	54.90	51.00	46.33	74
75 Repostero o pastelero	26.72	24.83	22.56	75
76 Sastre(a) en trabajo a domicilio, oficial de	26.85	24.94	22.66	76
77 Soldador con soplete a con sico eléctrico	20.35	24.48	22.24	77
78 Talarario en la manufactura y reparación de artículos de piel, oficial	24.86	23.09	20.98	78
79 Teblajero y/o carnicero en mostrador	24.66	23.09	20.98	79
80 Tapicero de vestiduras de automóviles, oficial	25.36	23.55	21.40	80
81 Tapicero en reparaciones de muebles, oficial	25.36	23.55	21.40	81
82 Trabajomecanográfico(a) en español	24.99	23.22	21.09	82
83 Trabajomecanográfico(a) en español	30.20	28.06	25.48	83
84 Traxcavador neumático y/o oruga, operador de	27.22	25.29	22.97	84
85 Vaqueiro ensañador a máquina	23.13	21.48	19.52	85
86 Vendedor	23.62	21.94	19.94	86
87 Vendedor de piso de aparatos de uso doméstico	24.36	22.64	20.58	87
88 Zapatero en talleres de reparación de calzado, oficial	23.99	22.29	20.25	88

### ÁREA GEOGRÁFICA A

**BAJA CALIFORNIA:**  
Todos los municipios del Estado

**BAJA CALIFORNIA SUR:**  
Todos los municipios del Estado

Municipios del Estado de **CHIHUAHUA:**  
Guadalupe Praxedis G. Juárez Guerrero

**DISTRITO FEDERAL:**

Municipio del Estado de **GUERRERO:**  
Acapulco de Juárez

Municipios del Estado de **MÉXICO:**  
Acapulco de Juárez Ecatepec Zazacatlán Nautcalpan de Juárez Cuautlém Tlalvepanta de Baz Cuautlém Tultitlán

Municipios del Estado de **SONORA:**  
Agua Prieta Plutarco Elías Calles Cananea Puerto Peñasco Naco San Luis Río Colorado Nogales Santa Cruz

Municipios del Estado de **TAMAULIPAS:**  
Camargo Miguel Alemán Guerrero Nuevo Laredo Gustavo Reynosa Díaz Ordaz Río Bravo Matamoros San Fernando Mier Valle Hermoso

Municipios del Estado de **VERACRUZ:**  
Agua Dulce Ixmiquilán del Sureste Coatzacoalcas Minatitlán Cosoleacaque Motozintla Los Choapas Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río

### ÁREA GEOGRÁFICA B

Municipios del Estado de **JALISCO:**  
Guadalupe Tlaquepaque El Salto Tonalá Tlaxiaco Zapotlán

Municipios del Estado de **NUEVO LEÓN:**  
Apodaca Monterrey Garza García San Nicolás Copera de los Garza Escobedo Santa Catarina Guadalupe

Municipios del Estado de **SONORA:**  
Altar Inuris Atil Magdalena Bâcum Navojoa Benjamín Hill Opodepe Caborca Oquillo Cajeme Píllitla Carbó San Miguel La Colorada de Horcasitas Cucupe Santa Ana Empalme Sáic Elchojoa Suaqui Grande Guaymas Trinchera Homesillo Tubutama Hualabampo

Municipios del Estado de **TAMAULIPAS:**  
Aldama González Altamira Minatitlán Antigua Nuevo Morelos Morelos Ocampo Ciudad Madero Tampico Gómez Farías Xicoténcatl

Municipios del Estado de **VERACRUZ:**  
Coatzacoalcas Tuxpan Poza Rica de Hidalgo

### ÁREA GEOGRÁFICA C

Todos los municipios de los Estados de:

AGUASCALIENTES	OAXACA
CAMPECHE	PUEBLA
COAHUILA	QUERÉTARO
COLIMA	QUINTANA ROO
CHIAPAS	SAN LUIS POTOSÍ
DURANGO	SINALOA
GUANAJUATO	TABASCO
HIDALGO	TLAXCALA
MICHOACÁN	YUCATÁN
MORELOS	ZACATECAS
NAYARIT	

Más todos los municipios de los Estados de: CHIHUAHUA, GUERRERO, JALISCO, MÉXICO, NUEVO LEÓN, SONORA, TAMAULIPAS y VERACRUZ no comprendidos en las Áreas A y B



Los importes de las cuotas correspondientes a los grupos "O" a "U", resultan de multiplicar los valores medios de salario diario en esos grupos, por 7 días y por los porcentajes indicados para el pago de cuotas en el grupo "W", por lo que se deduce que la base para la determinación de las cuotas obrero-patronales, corresponde a un porcentaje fijo aplicable al salario diario.

Así por ejemplo para el grupo "R", multiplicando el Salario Diario medio de \$115.00 por 7 días y por los porcentajes indicados en el grupo "W" para cada caso, obtendremos las cuotas semanales correspondientes, tal como sigue:

- I. Cuotas semanales por enfermedad y maternidad.
- |                    |                                 |                 |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|
| a) Del patrón      | \$115.00/día X 7 días X 0.05625 | = \$ 45.28/sem. |
| b) Del asegurado   | \$115.00/día X 7 días X 0.02250 | = \$ 18.11/sem. |
| c) Obrero-patronal | Suma de a) + b)                 | = \$ 63.39/sem. |
- II. Cuotas semanales por invalidez, vejez, cesantía y muerte.
- |                    |                                 |                 |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|
| a) Del patrón      | \$115.00/día X 7 días X 0.03750 | = \$ 30.19/sem. |
| b) Del asegurado   | \$115.00/día X 7 días X 0.01500 | = \$ 12.08/sem. |
| c) Obrero-patronal | Suma de a) + b)                 | = \$ 42.27/sem. |
- III. Cuota total semanal.
- |                    |                                 |                 |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|
| a) Del patrón      | \$115.00/día X 7 días X 0.09375 | = \$ 75.47/sem. |
| b) Del asegurado   | \$115.00/día X 7 días X 0.03750 | = \$ 30.19/sem. |
| c) Obrero-patronal | Suma de a) + b)                 | = \$105.66/sem. |

Se comprueba con estos sencillos cálculos que la determinación de los importes de las cuotas obrero-patronales, corresponde a la aplicación de un factor fijo de salario diario.

De acuerdo a la tabla N° III.1 cabe mencionar que, el artículo 42 de la misma ley dice que corresponde al patrón pagar íntegramente la cuota señalada para los trabajadores que sólo perciban el salario mínimo, la cual significa que para este caso, el patrón deberá pagar la totalidad de cuotas obrero-patronales.

Para efectos de la fijación de cuotas patronales del seguro de riesgos de trabajo, el artículo 78 de la Ley del Seguro Social establece que éstas se determinarán en relación a la cuota obrero-patronal del seguro de invalidez, vejez, cesantía y muerte, conforme a los términos del "Reglamento de Clasificación de Empresas y Grados de Riesgos para el Seguro de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales", que se expresan en forma condensada, en la tabla N° III.2.

El artículo 12 del reglamento mencionado, clasifica a las empresas relacionadas con la construcción en la clase V, por lo que la prima por seguro de accidentes de trabajo es del 125 % del importe de la cuota obrero-patronal del seguro de invalidez, vejez, cesantía y muerte.



GRUPO DE SALARIO	SALARIO DIARIO	CUOTAS SEMANALES										TOTAL CUOTA SEMANAL		
		DE ENFERMEDAD Y MATERNIDAD					DE INVALIDEZ, VEJEZ, CESANTIA Y MUERTE					PATRON	ASEGURADO	SUMA
		DEL PATRON	DEL ASEGURADO	CUOTA OBRERO PATRONAL	CUOTA OBRERO PATRONAL	DEL PATRON	DEL ASEGURADO	DEL ASEGURADO	CUOTA OBRERA TRONAL					
O	80.00	29.53	11.81	41.34	19.70	7.88	27.58	49.23	19.69	68.92				
P	100.00	35.44	14.18	49.62	23.63	9.45	33.08	59.07	23.63	82.70				
R	130.00	45.38	18.11	63.39	30.19	12.08	42.27	75.47	30.19	105.66				
S	170.00	59.06	23.63	82.69	39.38	15.75	55.13	98.44	39.38	137.82				
T	210.00	76.78	30.71	107.49	51.19	20.48	71.67	127.97	51.19	179.16				
U	280.00	98.44	39.38	137.82	65.63	26.23	91.88	164.07	65.63	229.70				
W	280.00 10 veces salario minimo vigente en el D.F.	5.625 %	2.250 %	7.875 %	3.750 %	1.500 %	5.250 %	9.375 %	3.750 %	13.125 %				

Tabla III.1 Cuotas obrero-patronales al Seguro Social, por semana y grupo de salario.

Clase de empresas según el reglamento de clasificación de empresas en grado de riesgo	Grado de riesgo			Primas correspondientes al grado medio de riesgo expresadas en porciento del importe de las cuotas obrero-patronales del seguro de invalidez, vejez, cesantía y muerte.
	Mínimo	Medio	Máximo	
I	1	3	5	5%
II	4	9	14	15%
III	11	24	37	40%
IV	30	45	69	75%
V	50	75	100	125%

**Tabla III.2 Cuotas al Seguro Social por riesgos de trabajo.**

La previsión de medidas de higiene y seguridad en una obra, implica la generación de costos que el ingeniero podrá considerar en la parte correspondiente a costos indirectos; sin embargo esta práctica resulta siempre recomendable en cuanto a la salud y las vidas de los trabajadores que quedarán protegidas por estos medios. Ejemplo de estos conceptos son: el uso de casco, mascarillas, anteojos, botas, barandales en rampas, andamios de seguridad, redes e iluminación de áreas de circulación.

Por todo lo anterior mencionado, podemos determinar, por dichos conceptos, un coeficiente de incremento adicional para la integración del salario real, teniendo los siguientes casos:

a) Para el trabajador de salario mínimo.			
Enfermedad y maternidad (tabla N° III.1):			7.8750 %
Invalidez, vejez, etc. (tabla N° III.1):			5.2500 %
Riesgo de trabajo			
125% de la cuota obrero-			
patronal de invalidez,			
vejez, cesantía y muerte	1.25 X 5.25%	=	6.5625 %
	SUMA		19.6875 %

Por lo que se deberá de considerar al salario integrado:

$$\frac{0.196875 \times 381.5 \text{ días pagados}}{290.83 \text{ días laborados}} = \underline{\underline{0.2583}}$$

b) Para los trabajadores de salario mayores que el Mínimo.			
Enfermedad y maternidad (tabla N° III.1):			5.6250 %
Invalidez, vejez, etc. (tabla N° III.1):			3.7500 %
Riesgo de trabajo			
125% de la cuota obrero-			
patronal de invalidez			
vejez, cesantía y muerte	1.25 X 5.25 %	=	6.5625 %
	SUMA		15.9375 %

Por lo que se deberá de considerar al salario integrado

$$\frac{0.159375 \times 381.5 \text{ días pagados}}{290.83 \text{ días laborados}} = \underline{\underline{0.2091}}$$

Lo cual significa que al integrar el salario real del trabajador, debemos considerar incrementos del 25.83 % para el trabajador con salario mínimo, y de 20.91 % para los trabajadores con salarios

superiores, sobre sus respectivos salarios base, por concepto de cuotas patronales al Seguro Social correspondiente a los seguros antes mencionados.

El 1º de abril de 1973, se creó el Seguro de Guarderías para hijos de aseguradas y de acuerdo a los Artículos 190 y 191 de la Ley del Seguro Social, los patrones cubrirán íntegramente el importe de la prima correspondiente, independientemente de que tengan o no trabajadoras a su servicio; además, el monto de dicha prima será del 1 % sobre la cantidad que por salario paguen a todos sus trabajadores en efectivo por cuota diaria.

El factor que por este concepto modifica la integración del salario real del trabajador, será:

$$\frac{0.01 \times 365 \text{ días de cuota diaria}}{290.83 \text{ días laborados}} = \underline{\underline{0.0126}}$$

Lo que significa que debemos considerar un incremento de 1.26 % adicional al salario base del trabajador, debido a cuotas patronales al Seguro Social por concepto de guarderías para hijos de asegurados, en la integración del salario real.

#### IMPUESTOS SOBRE REMUNERACIONES PAGADAS.

Por decreto presidencial, a partir de 1º de febrero de 1965 se creó el pago de un impuesto del 1 % sobre diversas percepciones y erogaciones, que se dedica a la enseñanza media y superior, técnica y universitaria, actualmente integrado a la "Ley de Ingresos de la Federación". En la fracción I del artículo 2º de dicho decreto se establece que son causantes del impuesto "quienes efectúen pagos por concepto de remuneraciones al trabajo personal".

El pago de dicho impuesto corresponde a una erogación real del patrón que repercute en el costo de la obra de mano, ya que deberá pagar el 1 % del total de remuneraciones pagadas, lo que modifica la integración del salario real del trabajador en:

$$\frac{0.01 \times 381.5 \text{ días pagados}}{290.83 \text{ días laborados}} = \underline{\underline{0.0131}}$$

Por tanto, deberá considerarse un incremento del 1.31 % sobre el salario base del trabajador, por concepto del impuesto patronal sobre remuneraciones pagadas.

EL IVA EN LOS COSTOS DE OBRA DE MANO.

La remuneración de la obra de mano no incluye traslación de IVA por los trabajadores al empleador; los pagos que éste hace por tal concepto no incluyen, pues, el porcentaje del IVA y en consecuencia éste no debe aparecer en los análisis ni formar parte de los precios unitarios.

INTEGRACION DEL SALARIO REAL DEL TRABAJADOR.

La determinación y valoración de los factores que intervienen en toda relación obrero-patronal, conducen a la integración del salario real del trabajador que, como se mencionó anteriormente, corresponde a la erogación total del patrón por cada día realmente laborado por el trabajador y que incluye pagos directos, prestaciones en efectivo y en especie, pagos por impuestos y cuotas a instituciones de beneficencia social.

En la práctica, dicha integración corresponde en realidad a la integración de un coeficiente, usualmente llamado "factor de salario real", que al ser multiplicado por el salario base del trabajador, da por resultado el salario real por determinar. Este factor es variable para cada categoría pero, en general, se determinan: uno para la categoría de salario mínimo y otro para categorías de salarios mayores; asimismo es usual que tal factor se calcule en base a la erogación y los días trabajados durante un ciclo anual a efecto de considerar proporcionalmente todas las variaciones que se presenten durante ese ciclo.

Obtengamos el factor de salario real, sumando los incrementos al salario base.

• Factor aplicable al salario base del trabajador por obligaciones y prestaciones marcadas por la Ley Federal del Trabajo. _____	1.3118
• Incremento al factor por cuotas al INFONAVIT Nota: este concepto no debe aparecer en los análisis de precios unitarios para contratos de obra pública.	0.0656
• Incremento al factor por cuotas patronales al Seguro Social debidas a los seguros de: Riesgos profesionales, enfermedades y maternidad e invalidez, vejez, cesantía y muerte.	
a) Para categorías de Salario mínimo _____	0.2583
b) Para categorías de salarios mayores al mínimo _____	0.2091

- Incremento al factor por cuotas patronales al Seguro Social debidas al Seguro de Guarderías ..... 0.0126
- Incremento al factor por impuestos sobre remuneraciones pagadas al trabajo ..... 0.0131

LA SUMA DE LOS INCREMENTOS ANTERIORES NOS DETERMINA EL FACTOR DE SALARIO REAL PARA:

- a) SALARIO MINIMO ..... 1.6614
- b) SALARIOS MAYORES AL MINIMO ..... 1.6122

Problema: Obtener el salario real (SR) de un peón cuyo salario base es de N\$ 18.30 y de un oficial carpintero cuyo salario es de N\$ 26.23. Las prestaciones que ofrece la empresa son:

- a) 15 días de vacaciones.
- b) Considerar 6 días no trabajados por lluvia.
- c) 3 días por fiestas de costumbre.
- d) 3 días por permiso y enfermedad.
- e) Prima vacacional del 25 %.
- f) Considere todas las prestaciones de ley.
- g) Considerar el Seguro Social para salarios mínimos y salarios mayores al mínimo.

I.	Peón con salario base = N\$ 18.30 (Mínimo)	
	Por cuota diaria	365.0 días
	Por prima vacacional:	
	(25 %) (15 días)	3.75 "
	Por aguinaldo	15.0 "
	<b>TOTAL =</b>	<b>383.75 días pagados al trabajador</b>
	Por séptimo día	52.0 días
	Por días festivos	7.17 "
	Por vacaciones	15.0 "
	<b>TOTAL =</b>	<b>74.17 días</b>
	Por fiestas de costumbre	3.0 días
	Por enfermedad no profesional	3.0 "
	Por mal tiempo y otros	6.0 "
	<b>TOTAL =</b>	<b>12.0 días</b>

Días pagados al trabajador = 383.75 días  
 Días realmente trabajados = 365 - 12.0 - 74.17 = 278.83 días

<u>383.75 días pagados</u>	= 1.3763	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1.3763</span>
278.83 días trabajados		

INFONAVIT

<u>(5 %) (383.75 días pagados)</u>	= 0.0688	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.0688</span>
278.83 días trabajados		

Para el trabajador de salario mínimo tendremos:

Enfermedad y maternidad	7.875 %
Invalidez, vejez, cesantía y muerte	5.250 "
Riesgos de trabajo 125 % de la cuota obrero patronal de:	
invalidez, vejez, cesantía y muerte (125 %) (5.25)	6.5625 "
<b>TOTAL</b>	<b>= 19.6875 %</b>

Por lo que deberá considerarse al salario integrado:

<u>(19.6875 %) (383.75 días pagados)</u>	= 0.2709	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.2709</span>
278.83 días trabajados		

Por concepto de guarderías tendremos:

<u>(1 %) (365 días por cuota diaria)</u>	= 0.0131	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.0131</span>
278.83 días trabajados		

Por impuesto patronal

<u>(1 %) (383.75 días pagados)</u>	= 0.0138	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.0138</span>
278.83 días trabajados		

Sumando los valores encerrados en los rectángulos, obtenemos el factor de salario real (F.S.R.):

$$FSR = 1.3763 + 0.0688 + 0.2709 + 0.0131 + 0.0138$$

FSR = 1.7429
--------------

Multiplicando el F.S.R. por el salario base, obtenemos el Salario Real (S.R.):

$$S.R. = (\text{N}\$ 18.30) (1.7429) = \text{N}\$ 31.90$$

II. Oficial Carpintero con salario base = N\$ 26.23 (Mayor al mínimo).

Por cuota diaria	_____	365.0 días
Por prima vacacional:		
(25 %) (15 días)	_____	3.75 "
Por aguinaldo	_____	15.0 "
TOTAL	=	383.75 días pagados al trabajador

Por séptimo día	_____	52.0 días
Por días festivos	_____	7.17 "
Por vacaciones	_____	15.0 "
TOTAL	=	74.17 días

Por fiestas de costumbre	_____	3.0 días
Por enfermedad no profesional	_____	3.0 "
Por mal tiempo y otros	_____	6.0 "
TOTAL	=	12.0 días

Días pagados al trabajador = 383.75 días  
 Días realmente trabajados = 365 - 12.0 - 74.17 = 278.83 días

383.75 días pagados		
-----	=	1.3763
278.83 días trabajados		

1.3763
--------

INFONAVIT

(5 %) (383.75 días pagados)		
-----	=	0.0688
278.83 días trabajados		

0.0688
--------



Para el trabajador de salario mayor al mínimo tendremos:

Enfermedad y maternidad	5.625 %
Invalidez, vejez, cesantía y muerte	3.750 "
Riesgos de trabajo 125 % de la cuota obrero patronal de:	
invalidez, vejez, cesantía y muerte (125 %) (5.25 %)	6.5625 "
TOTAL	= 15.9375 %

Por lo que deberá considerarse al salario integrado:

$$\frac{(15.9375\%) (383.75 \text{ días pagados})}{278.83 \text{ días trabajados}} = 0.2193 \quad \boxed{0.2193}$$

Por concepto de guarderías tendremos:

$$\frac{(1\%) (365 \text{ días por cuota diaria})}{278.83 \text{ días trabajados}} = 0.0131 \quad \boxed{0.0131}$$

Por impuesto patronal:

$$\frac{(1\%) (383.75 \text{ días pagados})}{278.83 \text{ días trabajados}} = 0.0138 \quad \boxed{0.0138}$$

Sumando los valores encerrados en los rectángulos, obtenemos el factor de salario real (F.S.R.):

$$FSR = 1.3763 + 0.0688 + 0.2193 + 0.0131 + 0.0138$$

$$\boxed{FSR = 1.6913}$$

Multiplicando el FSR, obtenemos el Salario Real (SR):

$$SR = (N\$ 26.23) (1.6913) = N\$ 44.40$$

Problema: Considerando jornadas de trabajo normales de 8 hrs., obtener el salario real para las categorías y salarios base enlistados.

<u>Categorías</u>	<u>Salario Base</u>
Peón (salario mínimo)	N\$ 18.30
Oficial de albañilería	N\$ 26.72
Carpintero de obra negra	N\$ 24.86

Fierrero de construcción	N\$ 25.73
Operador de bulldozer	N\$ 28.09
Chofer de camión	N\$ 27.34
Operador de traxcavo, motoconformadora y compactador	N\$ 27.22

En este caso únicamente tenemos que multiplicar los salarios base por los factores de salario real correspondientes, calculados anteriormente, por lo que ahora tenemos:

CATEGORIAS	SALARIO BASE	F.S.R.	SALARIO REAL
Peón (salario mínimo)	N\$ 18.30	1.6614	N\$ 30.40
Oficial de albañilería	N\$ 26.72	1.6122	N\$ 43.10
Carpintero de obra negra	N\$ 24.86	1.6122	N\$ 40.10
Fierrero de construcción	N\$ 25.73	1.6122	N\$ 41.50
Operador de bulldozer	N\$ 28.09	1.6122	N\$ 45.30
Chofer de camión	N\$ 27.34	1.6122	N\$ 44.10
Operador de traxcavo, motoconformadora y compactador	N\$ 27.22	1.6122	N\$ 43.90

#### III.4 DETERMINACION DE LOS RENDIMIENTOS (MANO DE OBRA) DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCION.

Aunque en la industria de la construcción existen diversas modalidades a efecto de cubrir al trabajador el importe de su esfuerzo, en esencia, como se mencionó al principio del presente capítulo, el costo de la obra de mano es el resultado de prorratear el pago de los salarios al personal que interviene directamente en la ejecución de los trabajos necesarios del concepto por analizar, entre las unidades de producción realizadas en el tiempo para el que se calcula dicho pago.

Hasta aquí, han quedado establecidos los factores que el ingeniero debe considerar en la integración del salario real del trabajador.

Resta definir, el factor producción de la obra de mano, más conocido en el medio de la construcción como "el rendimiento de la obra de mano", y que corresponde a las unidades de producción realizadas por el trabajador o la cuadrilla de trabajadores en la unidad de tiempo establecida. Así por ejemplo, podríamos hablar de rendimiento en m<sup>3</sup>/día de un peón, haciendo excavaciones manuales, traspaleos, acarreos en carretilla, etc.; también podemos hablar del rendimiento en m<sup>3</sup>/hora de una cuadrilla compuesta por un oficial albañil con 7 peones, en la colocación, vibrado y enrasado de concreto en cimentaciones, columnas, muros y losas, o bien del rendimiento en toneladas/semana de una

cuadrilla de 5 oficiales con 10 ayudantes, habilitando y colocando acero de refuerzo en la estructura de un muelle, etc.

En la evaluación del costo de la obra de mano, el ingeniero analista se enfrenta quizá al mayor problema por resolver en la integración de un precio unitario, sobre todo cuando no cuenta con precios de destajo que le ayuden a suponer los costos, cuando por diferentes razones desconoce el ambiente físico-social que rodean al medio laboral donde se va a desarrollar la obra, o cuando su experiencia no le permite suponer diversos factores que afectan la producción del trabajador.

En principio el ingeniero analista debe tener en mente que la producción de la obra de mano nunca será constante ya que el trabajador como individuo y como ser pensante dista en mucho de ser comparado con una máquina, y que su capacidad de producción puede ser afectado principalmente por los siguientes factores:

Del medio físico-geográfico, como la fatiga, el clima, las variaciones atmosféricas, los accesos a la obra y al lugar de trabajo, la iluminación y la ventilación adecuada.

Del medio socio-económico, como la educación, el salario, las prestaciones, los incentivos y los sindicatos.

Técnicos, como la capacitación, la experiencia, la herramienta, el equipo, el procedimiento constructivo, la dirección y el programa.

Psicológicos, como la inseguridad, el peligro, la competencia y el bienestar mental.

Tomando en cuenta lo anterior y su experiencia en cuanto a estadística de rendimientos, el ingeniero analista podrá definir rendimientos de obra de mano con un buen grado de confiabilidad, ya que de sus suposiciones dependerá en gran parte el éxito o el fracaso económico de la obra.

Problema. Costo obra de mano: excavación en tierra suelta por metro cúbico, a cielo abierto y a mano.

Obra de mano: (Para el D.F. abril 1995, salario mínimo N\$ 18.30)  
Factor de Salario Real (F.S.R.) = 1.6614  
Salario Real (S.R.) obra de mano peón = N\$ 30.40

El salario del cabo, sobrestante y demás personal que están al mando de este tipo de trabajos, se considera generalmente como un porcentaje o se aplica a costos indirectos, ya que este personal realiza diferentes actividades durante el día, según la obra de que se trate. Para el presente análisis no lo consideraremos.

**Rendimiento:**

Capacidad de la pala: 3.0 a 3.5 litros, dependiendo del ángulo de reposo del material (usaremos 3.0 litros).

Ciclo por palada: 6 segundos

Número de horas efectivas por día: 7 h x 3600 seg/h = 25200 seg.

Eficiencia: 50 %

Coefficiente de abundamiento: 1.20

$$\text{Rendimiento efectivo/día} = \frac{25200}{6} \times \frac{0.50}{1.20} \times 0.003 = 5.25 \text{ m}^3/\text{día}$$

(En la práctica este volumen oscila entre 3.00 y 6.00 m<sup>3</sup>).

Aplicando el rendimiento obtenido al costo diario por concepto de obra de mano, obtenemos:

$$\text{Obra de mano excavación/m}^3 = \text{N\$ } 30.40/5.25 \text{ m}^3 = \text{N\$ } 5.80/\text{m}^3$$

Costo obra de mano excavación en tierra suelta a mano y a cielo abierto, por metro cúbico: N\$ 5.80/m<sup>3</sup>.

**Problema.** Costo obra de mano: cimbrado y descimbrado por metro cuadrado de contacto en losas.

Obra de mano cimbrado:

PERSONAL	SALARIO BASE	FACTOR S.R.	SALARIO REAL
1 oficial carpintero	N\$ 26.23	1.6122	N\$ 42.30
1 ayudante	N\$ 18.30	1.6614	N\$ 30.40
Suma por día trabajado:	_____		N\$ 72.70

Rendimiento cimbra:

Este personal tiene un rendimiento promedio de 8.0 m<sup>2</sup>/día (oscila entre 6.0 m<sup>2</sup> y 10.0 m<sup>2</sup> por turno trabajado).

$$\text{Cimbrado por m}^2 \text{ contacto: } \text{N\$ } 72.70/8.0 \text{ m}^2 = \text{N\$ } 9.10/\text{m}^2$$

Obra de mano descimbrado:

Se considera el mismo personal del cimbrado, o sea:  
N\$ 72.70/día trabajado

Rendimiento descimbrado:

Varía entre 40.0 y 60.0 m<sup>2</sup>/día; usaremos 50 m<sup>2</sup>/día

Descimbrado por m<sup>2</sup> contacto:  $N\$ 72.70/50 \text{ m}^2 = N\$1.50/\text{m}^2$

Costo obra de mano (cimbra) por metro cuadrado = N\$10.60/m<sup>2</sup>

Problema: Costo obra de mano: corte, habilitado y colocación de acero de refuerzo por tonelada.

Obra de mano:

PERSONAL	SALARIO BASE	FACTOR S.R.	SALARIO REAL	IMPORTE
1 maestro	N\$ 25.73	1.6122	N\$ 41.50	N\$ 41.50
3 oficiales	N\$ 26.72	1.6122	N\$ 43.10	N\$129.30
6 peones	N\$ 18.30	1.6614	N\$ 30.40	N\$182.40

Suma total por día trabajado: ————— N\$353.20

Rendimiento:

Se determina por experiencias anteriores; depende de los diámetros de varilla que se habiliten y del sitio y facilidades del trabajo. El personal supuesto habilita y coloca entre 0.8 y 1.0 toneladas de fierro por turno de trabajo. Consideraremos para el presente análisis un rendimiento de: 0.9 ton.

Obra de mano habilitado acero/ton =  $N\$353.20/0.9 = N\$392.40/\text{ton}$

Costo obra de mano corte, habilitado y colocación de fierro de refuerzo por tonelada ————— N\$392.40/ton

## **CAPITULO IV**

**TIPOS, APLICACIONES Y COSTOS UNITARIOS**

**DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION.**

## TIPOS, APLICACIONES Y COSTOS UNITARIOS DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION.

### IV.1 PARTES Y MECANISMOS PRINCIPALES DEL EQUIPO USUAL EN CONSTRUCCION.

#### POTENCIA DE LA COMBUSTION INTERNA.

Hacia 1930, en los países industrializados del mundo, el motor de combustión interna comenzó a reemplazar a la máquina de vapor en el equipo móvil para construcción. Esta máquina genera su potencia de la energía térmica contenida en la gasolina o en el combustible diesel. El primero que se desarrolló fue el motor de gasolina, que tomó como modelo el motor de gas construido en 1876 por Nicolás Augusto Otto. Al ciclo de cuatro tiempos se le conoce como ciclo de Otto.

El ciclo de Otto es un ciclo de cuatro tiempos para cada pistón. En el primer tiempo, que ocurre en una dirección, y que se conoce como tiempo o carrera de "admisión", el pistón aspira combustible y aire al cilindro. En el siguiente tiempo, que ocurre en la dirección contraria, tiene lugar la "compresión" de esta mezcla; al tercer tiempo que ocurre en la misma dirección que el de admisión, se llama tiempo de explosión o de "encendido", porque en él ocurre el encendido y la explosión de la mezcla comprimida; y finalmente, el último tiempo, que ocurre de nuevo en la dirección de la carrera de compresión, tiene como función la "expulsión" de los gases producto de la combustión. El tiempo de explosión es el que produce trabajo útil. Sin embargo, el tiempo de "compresión" tiene mucho que ver con la potencia relativa, el tamaño y el peso del motor. Originalmente, los motores de combustión interna tenían relaciones de "compresión" de 4 a 1; es decir, la gasolina que servía de combustible se comprimía a una cuarta parte del volumen que tenía en la "admisión". Con el advenimiento de combustibles mejores y más compresibles, de metales más resistentes para el cilindro y los pistones, de tolerancias más estrictas y diseños más eficientes, se han podido lograr relaciones mayores de 8 a 1 en los motores de gasolina, y de 16 a 1 en los motores diesel.

#### *Generación de la potencia de motores de combustión interna.*

La efectividad de un motor de combustión interna se mide generalmente en función de la potencia o del par de torsión. La potencia está directamente relacionada a la fuerza aplicada y a la velocidad de movimiento en dirección lineal, por la expresión  $P=K_1FV$ , en la cual  $K_1$  es una constante de proporcionalidad. En el motor de combustión interna, la potencia se desarrolla en el eje motor giratorio movido por los pistones desde los cilindros. En consecuencia, la potencia motriz procede de un par de torsión, que puede traducirse a una fuerza aplicada tangencialmente a la circunferencia del eje motor.

Así, tenemos que el par de torsión:

$$T = Ftr$$

siendo  $Ft$  = fuerza tangencial, y  
 $r$  = radio, desde el centro de rotación hasta el punto de aplicación de la fuerza, generalmente, el radio del eje motor. En estos términos, la ecuación de la potencia es:

$$P = \frac{2\pi NT}{4,500} \text{ caballos de potencia}$$

en la cual  $N$  = velocidad del eje en revoluciones por minuto, rpm, y  
 $T$  = par de torsión en kg-m

La fuerza tangencial puede aplicarse mediante una banda al eje impulsor del motor, o puede ser una fuerza de rozamiento debida a la presión aplicada radialmente, por enfrenado, sobre el eje impulsor.

*Transmisión de la potencia de los motores de combustión interna.*

¿Cómo transmite el motor de combustión interna su potencia al freno en el eje de entrega para vencer las fuerzas de la carga aplicada al equipo?. El mecanismo que lo hace es una transmisión de engranes que reduce la velocidad y aumenta la potencia entregada. Estos cambios se logran usando las relaciones apropiadas de reducción de los engranajes en el diseño.

Desafortunadamente, la transmisión de potencia desde su origen hasta el punto en que debe efectuar trabajo, nunca es 100 % efectiva. Ocurren pérdidas en el tren de engranes y en otras partes del mecanismo. La eficiencia mecánica del sistema puede ser del 60 % al 80 %, dependiendo de su diseño y del estado de conservación del mismo.

*Resumen del tema potencia del motor de combustión interna.*

La potencia de los motores de combustión interna tiene gran variedad de aplicaciones en el equipo de construcción. Las unidades motrices se fabrican en cantidades tan grandes, que sus tamaños varían desde los motores de 3 hp para las bombas de construcción más pequeñas, hasta los enormes motores para dragas flotantes grandes, con capacidades que se acercan a los 10,000 hp. Los diversos motores de uso común en el equipo móvil de fácil maniobra, son fabricados en una amplia gama de tamaños. Varían desde los motores de gasolina de 5 a 10 caballos, utilizados para carritos acarreados de concreto y los motores de gasolina de 40 caballos usados en tractores pequeños, hasta los grandes motores diesel para campo de 500 caballos para movimiento de tierra y las unidades motrices de potencia diesel, de más de 1500 caballos para camiones de acarreo del tipo de volteo, de 200 toneladas.



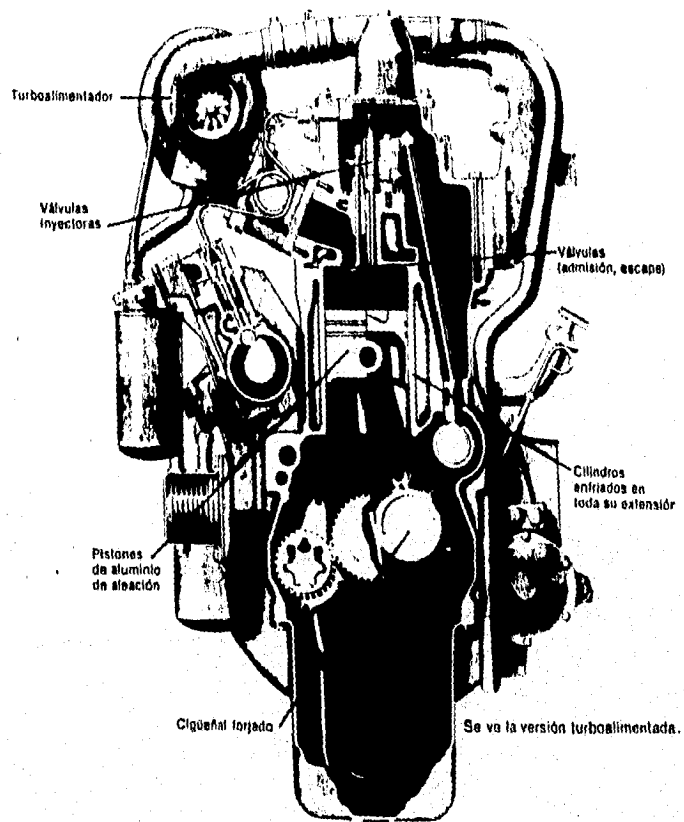


Fig. IV.1 Corte transversal de motor diesel

Con frecuencia, la razón por la que se elige un equipo con motor de combustión interna no es porque ese tipo de unidad motriz sea más barato que otro, sino por una o varias de las siguientes ventajas clave del motor de combustión interna:

1. Generación de potencia integrada para dar la máxima movilidad al equipo.
2. Mayor proporción de potencia a peso para combinar máxima potencia con buena maniobrabilidad.
3. Flexibilidad en la aplicación de la potencia y en la velocidad de trabajo, particularmente, con una transmisión del tipo de convertidor de par de torsión.

#### POTENCIA ELECTRICA.

La utilización de la potencia eléctrica para el equipo de construcción, depende del tipo de trabajos, de las necesidades de movilidad y de la disponibilidad de la energía eléctrica o posibilidades de generarla. Cuando se puede disponer fácilmente de esta forma de energía y los trabajos de construcción están concentrados en un solo sitio, la potencia eléctrica debe considerarse en primer término, bajo tales circunstancias, por ser la forma más económica. Es decir, habiendo energía eléctrica disponible, no hay otra fuente de energía más barata para accionar equipo.

#### *Selección de los motores eléctricos.*

Como sucede con otras formas de la potencia la selección de motores eléctricos para usos de construcción, depende de factores como:

- a) Los pares de torsión de trabajo.
- b) Las necesidades de velocidad -constante o variable-.
- c) La necesidad de invertir o no el sentido de rotación.
- d) La tarifa de demanda; de servicio continuo o intermitente.

Los motores de corriente alterna (c.a.), se fabrican en gran variedad de tamaños en sus dos tipos, monofásicos y trifásicos, siendo estos últimos los de uso más frecuente para equipos pesados. En general, se clasifican en motores de inducción y motores sincrónicos.

Los motores de corriente continua (c.c.), también llamados de corriente directa (c.d.), no son de uso tan frecuente como los de corriente alterna, por la casi nula disponibilidad de energía en forma de corriente continua. Sin embargo, si se ha de generar energía eléctrica, especialmente para los usos de una construcción, se preferiría la corriente continua.

#### *Generación de potencia eléctrica para construcción.*

Hay varios tipos de construcción importantes en los cuales puede ser conveniente generar electricidad para abastecer potencia. Este sería el caso para los equipos de soldadura y para lograr un sistema de alumbrado si no se tuviera electricidad disponible de antemano.

Los motores eléctricos que se emplean en las máquinas rápidas para movimiento de tierras, deben ser sólidas, resistentes a la intemperie, y fáciles de manobrar, mantener y recibir servicio.

#### LA POTENCIA HIDRAULICA APLICADA AL EQUIPO DE CONSTRUCCION.

El sistema hidráulico utiliza una bomba hidráulica de diseño especial como generador de potencia, situado cerca del operador, y un conjunto de cilindros hidráulicos situados en los puntos estratégicos para aplicar el trabajo.

La sencillez del mecanismo del tipo de válvulas y émbolo, es una de las principales ventajas de esta forma de potencia. Otra ventaja, es que el fluido hidráulico es autolubrificante y reduce el desgaste del sistema. La potencia hidráulica puede aplicarse para accionar los frenos y la dirección en los equipos de movimiento rápido. Puede usarse con igual ventaja para accionar diversos mecanismos de los equipos para movimiento de tierras. Por ejemplo, puede manejar las partes siguientes en tractores de orugas; elevación y movimientos angulares de la cuchilla, niveladores motorizados o motoconformadoras; accionando cuchilla y escarificadores a cualquier ángulo y posición; cargadores frontales; elevación del cucharón, inclinación del mismo, etc; elevación del depósito y del faldón y accionamiento del expulsor.

#### OTRAS FORMAS DE LA POTENCIA PARA EQUIPOS DE CONSTRUCCION.

El aire comprimido es muy utilizado en la industria para accionar herramientas de mano, a causa de sus cualidades inherentes de seguridad. En los trabajos de construcción es muy usado por su facilidad de manejo y seguridad. El aire comprimido se transmite desde un sitio de generación, por tuberías de aire, en forma similar al fluido eléctrico o hidráulico. El generador es, por supuesto, un compresor de aire.

#### MONTAJE SOBRE ORUGA.

Un equipo móvil de construcción que deba trabajar sobre superficies de material tosco o suelto, que aportan un apoyo deficiente, debe estar montado sobre carriles de oruga. Se recomienda lo anterior, en particular cuando el equipo después de ser instalado en el lugar de las obras, no necesita ser movido frecuentemente, usualmente éste es el caso de las palas motorizadas que se utilizan en canteras y excavaciones al aire libre. El montaje de oruga aporta el máximo de área de apoyo para los trabajos en tierra suelta, a la vez que puede soportar el mayor abuso de la superficie de soporte en terrenos ásperos.

Las excavadoras montadas sobre orugas (Fig. IV.2), avanzan normalmente a velocidades de 0.8 a 3.2 km/hr, sobre superficies planas.

Dichos equipos deben poder subir por una pendiente de 30 % (30 metros de elevación vertical por cada 100 metros de distancia horizontal), sobre terreno firme, parejo, seco y sin material suelto en su superficie, sin llevar carga.

La unidad motriz adecuada para entregar esta capacidad, es un motor de combustión interna o un motor eléctrico.

	Con brazo de 1980 mm 8,6"	Con brazo de 2440 mm 8'0"	Con brazo de 3050 mm 10'0"
<b>Con pluma de una pieza:</b>			
Altura de embarque (A) .....	3251 mm/10'8"	3230 mm/10'7"	3400 mm/11'2"
Longitud de embarque (B) .....	9855 mm/32'4"	9830 mm/32'3"	9830 mm/32'3"
<b>Con pluma de dos piezas: (antepluma extendida)</b>			
Altura de embarque (A) .....	3302 mm/10'10"	3610 mm/11'10"	3940 mm/12'11"
Longitud de embarque (B) .....	10.338 mm/33'11"	10.312 mm/33'10"	10.260 mm/33'8"

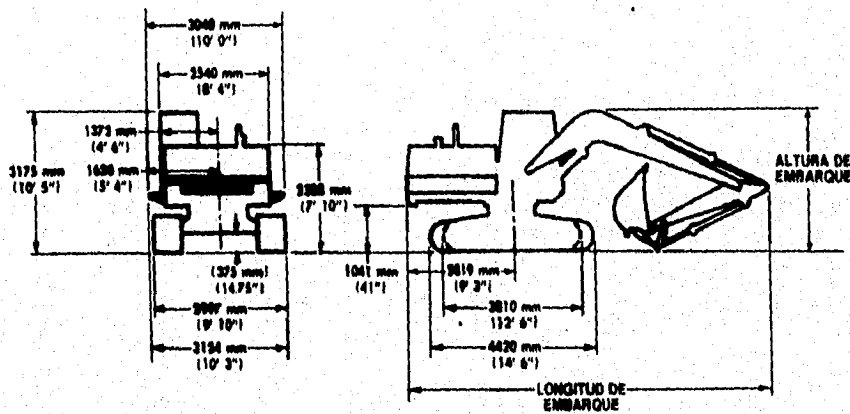


Fig. IV.2 Excavadora montada sobre orugas, indicando sus dimensiones de embarque.

#### MONTAJES SOBRE NEUMATICOS.

La gran mayoría de equipo de construcción es de montaje sobre neumáticos. En el caso de la gran variedad de equipos de autopropulsión, se fabrican neumáticos de muchos tamaños para satisfacer las distintas necesidades de soporte y movilidad.

Para el equipo que trabaja en terreno blando, es mejor un neumático de baja presión, porque le da una menor resistencia al rodamiento, que un neumático de alta presión. Esto sucede porque el neumático de baja presión, está diseñado para tener mayor superficie de apoyo, y en consecuencia, no tiene que penetrar tanto en la superficie para lograr el soporte necesario para una carga dada. Debe observarse que la resistencia al rodamiento es proporcional a la profundidad de penetración, ya que el neumático tiene que "rodar hacia afuera" del agujero que produjo. Pasando al otro extremo, es mejor el neumático de alta presión para una superficie dura, en la que prácticamente no hay penetración del neumático. Esto ocurre porque la resistencia al rodamiento, bajo esa circunstancia, se debe básicamente al flexionamiento de las paredes del neumático, y a mayor presión del neumático corresponde menor flexibilidad.

Es importante dar atención especial a la selección y a la conservación de los neumáticos, tratándose de equipos de alta movilidad. La razón principal es que los neumáticos de equipos tan grandes, como las unidades de acarreo de alta velocidad y los equipos para movimiento de tierra, forman una parte importante del costo total.

Las consideraciones a observar son:

1. Porcentaje de la presión normal de inflado del neumático.
2. Carga que soporta el neumático en comparación con su capacidad nominal.
3. Velocidad de trabajo del neumático, en comparación con la velocidad especificada para lograr una duración dada del mismo.
4. Otras medidas fundamentales de conservación del equipo, tendientes a lograr una larga duración de los neumáticos.

#### IV.2 TIPOS Y APLICACIONES DEL EQUIPO USUAL DE CONSTRUCCION.

##### IV.2.1 Equipo para fabricación, transporte y colocación del concreto.

###### EQUIPO PARA EL MANEJO DE CONCRETO.

En general, los agregados para concreto se mueven de sus depósitos de embarque o sitios de almacenaje, por tolvas. Las tolvas se usan para almacenaje temporal, y particularmente, para tener disponibles los materiales separados hasta el momento de alimentarse a los dosificadores que proporcionan las cantidades correctas para la mezcla de concreto. Los agregados se mueven a estas tolvas mediante varios tipos de equipos. Estos pueden ser transportadores de banda o de canchilones, cucharones de almeja operados por unidades de tipo grúa, o cargadores en el caso de tolvas bajas. El material procedente de una tolva, se alimenta por gravedad directamente al dosificador, que se encuentra debajo de la boca de descarga del tipo de tolva.

El cemento se deposita en un silo cerrado para preservarlo de la humedad, y evitar que ésta reaccione prematuramente con las pequeñas partículas activas de cemento. El cemento se entrega a su silo de almacenamiento por medio de carros de ferrocarril de fondo de tolva, camiones-tanque o barcasas selladas a prueba de agua.

###### *Mezcladoras de concreto.*

La mezcladora de concreto es el equipo para vaciado de concreto que rige generalmente las capacidades necesarias de todo el equipo interdependiente.

Una mezcladora de camión se diseña para mezclar un lote que ocupe más de la mitad del volumen total del tambor. El lote mezclado puede ocupar un poco más del 60 % del volumen total del tambor. Con un espacio abierto tan pequeño para volcar y mezclar los materiales, es necesario hacer girar el tambor más vueltas. Se ha encontrado que para lograr un concreto bien mezclado son necesarias entre 50 y 150 revoluciones de 8 a 18 r.p.m.

###### *Equipo para procesado de lotes y equipo de control.*

Los controles del equipo de dosificación varían desde la operación puramente manual hasta el control totalmente automático. La exactitud de la operación manual depende totalmente de la pericia del operador para obtener los pesos especificados. La operación totalmente automática sólo necesita que el operador arranque o pare el equipo. El sistema automático tiende a ser lento cuando se pesa en el dosificador la cantidad final de cada material. Es por esta razón que es preferible

un sistema semiautomático, en el que el operador controla la pesada final.

*Plantas portátiles mezcladoras y para procesado de lotes.*

Un diseño simple y antiguo de planta dosificadora portátil, es el que se conoce como el dosificador de trole. Este tiene integrado un juego de dos a cuatro silos abiertos en su parte superior, dispuestos en línea y soportados horizontalmente cerca del nivel del piso. El hecho de tener silos bajos significa que pueden cargarse mediante un cargador frontal, un cucharón de almeja o un transportador.

El dosificador portátil de trole que se instala a corta distancia del piso, se diseña para capacidades pequeñas. Los silos tienen capacidad hasta para 40 toneladas de material.

*Plantas mezcladoras estacionarias.*

Para la producción masiva de concreto, con un alto grado de control, es más apropiado instalar una planta mezcladora estacionaria. Una planta completa de concreto de este tipo tiene un juego completo de silos de agregados, uno o más silos de cemento, y todos los transportadores necesarios para mover los materiales hacia adentro y hacia afuera de estas unidades de almacenamiento. Tiene tanques de agua y equipos de medición para controlar su llenado y para pesar el agua para cada lote de mezcla de concreto. Los dosificadores se localizan entre los silos de almacenamiento de material, y los tanques y el equipo para mezclar los ingredientes de concreto. Estos dosificadores tienen sus básculas, controles y accesorios de registro apropiados. En la Fig. IV.3, se ilustra una gran planta mezcladora estacionaria.

Una planta estacionaria se diseña para utilizarse para tres propósitos distintos: concreto premezclado, una planta de prefabricados de concreto, o para vaciado de concreto masivo.

*Equipo para transporte de concreto.*

La selección de equipo para el acarreo del concreto desde la mezcladora hasta el punto de vaciado, generalmente depende de dos consideraciones básicas, que son: 1) el lugar y el volumen de concreto que hay que vaciar, y 2) los métodos seleccionados para mezclar el concreto y vaciarlo en las formas. Generalmente, el acarreo no rige los métodos de vaciado seleccionados.

El método de acarreo del concreto puede ser uno de los siguientes:

1. Carretas o carretillas movidas manualmente, con una o dos ruedas con neumáticos.
2. Carrito motriz de dos ejes, y de tres a seis ruedas.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

3. Carros vaciadores suspendidos para viajar sobre un monorraíl.
4. Canjilón o bote elevado por malacate, para viajar por una torre vertical.
5. Recipientes movidos por grúa, tanto vertical como horizontalmente.
6. Transportadores de banda para concreto.
7. Bomba de concreto con tubería rígida o flexible.
8. Camiones para mezclado en tránsito o camiones volcadores de concreto.
9. Carros de ferrocarril, generalmente de vía angosta, para cargar botes o recipientes.
10. Un cablevía para mover recipientes sobre sus cables de elevación.

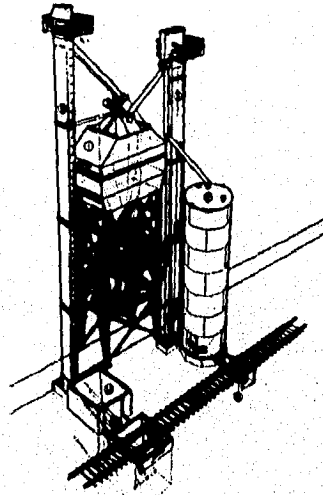


Fig. IV.3 Planta estacionaria mezcladora de concreto.

#### EQUIPO PARA COLOCACION DE CONCRETO.

El equipo que se use para colocar concreto debe satisfacer una característica importante. No debe permitir que el concreto sufra una segregación perjudicial mientras se esté vaciando en su forma final. Para asegurar que no suceda tal cosa, el equipo de vaciado debe poder entregar el concreto mezclado tan cerca como sea posible de su lugar definitivo de uso en formas o moldes.



El concreto no debe moverse a distancia alguna mediante un vibrador en una forma de parte superior abierta. Ciertamente, el concreto no debe chorrear libremente y sin restricción en ninguna distancia apreciable. Algunas especificaciones limitan la caída libre a una distancia del orden de dos a cinco pies (0.61 m a 1.52 m).

#### *Canjilones para el colocado de concreto.*

Los canjilones que se usan para el vaciado de concreto se soportan, mediante cables de grúas, torres de elevación o cablevías.

Los canjilones para concreto se clasifican en 1) ligeros, 2) para servicio normal y 3) para servicio pesado. El canjilón estándar para concreto es, generalmente, cilíndrico y fabricado de plancha de acero. Esto significa que el canjilón vacío pesa alrededor de 20 a 30 % del peso del concreto que puede acarrear. Otra característica especial de todo canjilón para concreto es que su diseño limita la caída libre y la posible segregación del concreto.

#### *Transportadores para el vaciado de concreto.*

Se fabrican transportadores de banda con ciertas características especiales para poder usarse en el vaciado de concreto. Generalmente, difieren de los transportadores que se usan para agregados, en que forman una artesa, más redondeada, misma que se logra agregando más rodillos. Esta característica ayuda a reducir la segregación posible del concreto, manteniendo al material en estado compacto y dándole un viaje más uniforme.

### **IV.2.2 Tractores y sus aditamentos opcionales.**

#### **TIPOS DE TRACTORES.**

Los tractores son máquinas que convierten la energía del motor a energía de tracción. Su principal objetivo es el de jalar o empujar cargas, aunque, a veces, pueden utilizarse para otros fines. Pueden dividirse en dos tipos principales:

1. Oruga
2. Enlantados
  - a) Dos ruedas
  - b) Cuatro ruedas

Al seleccionar un tractor deben tomarse en cuenta varios factores, incluyendo los siguientes:

1. El tamaño que se requiere para una determinada obra.

2. La clase de obra en la que se empleará, conformación, jalando una escrepa, jalando un vagón, arando, etc.
3. El tipo de terreno sobre el que viajará, alta o baja eficiencia de tracción.
4. La firmeza del camino de acarreo.
5. La rugosidad del camino de acarreo.
6. La pendiente del camino de acarreo.
7. La longitud de acarreo.
8. El tipo de trabajo que tenga que hacerse después de haber terminado la obra.

#### Tractores de oruga

El tractor de oruga es tal vez la máquina más básica y versátil en la industria de la construcción. Sirve para multitud de fines, tales para mover cargas empujándolas o jalándolas, como unidad motriz para malacates y pequeñas torres elevadoras, y como montura para cuchillas de bulldozer, plumas laterales y cucharones de carga frontales.

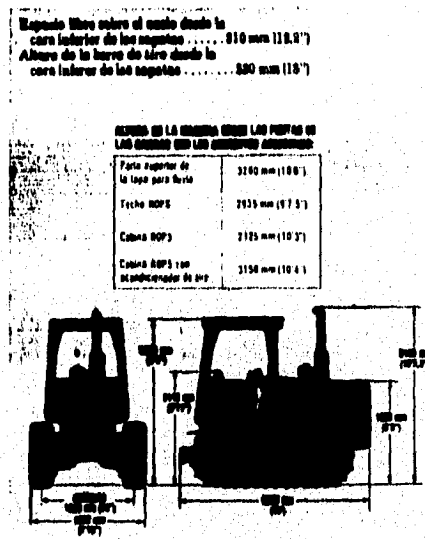


Fig. IV.4 Dimensiones aproximadas de un tractor montado sobre orugas.

Aunque las especificaciones para los tractores de oruga serán algo diferente entre los diversos fabricantes, las velocidades andan alrededor de los 12 Km/hr. Este tipo de tractor se usa principalmente en los lugares en donde es necesario sacrificar una alta velocidad de avance, de manera que se pueda obtener una buena tracción y una alta tracción en la barra. En la Fig. IV.4 está ilustrado un tractor de orugas típico.

El coeficiente de tracción puede definirse como el factor por el cual debe multiplicarse la carga sobre una rueda u oruga motriz para determinar la máxima fuerza de tracción posible entre la llanta u oruga y la superficie justamente antes de que comience a deslizar.

El coeficiente de tracción entre llantas de hule y superficies de caminos variará con el tipo de grabado de las llantas y con la superficie del camino. Para las orugas variará con el diseño de los dientes y con la superficie del camino. Estas variaciones son tales que no pueden darse valores exactos.

Superficie	Llantas de hule	Orugas
Concreto rugoso, seco.....	0.80 - 1.00	0.45
Lama arcillosa seca .....	0.50 - 0.70	0.90
Lama arcillosa mojada .....	0.40 - 0.50	0.70
Arena y grava mojadadas .....	0.30 - 0.40	0.35
Arena seca, suelta .....	0.20 - 0.30	0.30
Nieve seca .....	0.20	0.15 - 0.35
Hielo .....	0.10	0.10 - 0.25

Tabla IV.1 Coeficientes de tracción para varias superficies de caminos

#### Tractores enllantados

Las altas velocidades que es posible lograr con los tractores enllantados le dan una ventaja en las obras en donde se requiere que viajen por distancias considerables. Sin embargo, las altas velocidades de avance se obtienen a expensas de la tracción.

La tracción desarrollada por un tractor enllantado se expresa en libras-rimpull. Esto es una medida del esfuerzo de tracción que es capaz de entregarle el motor a la superficie que soporta a las ruedas motrices.

#### TIPOS DE TRACTORES ENLLANTADOS.

Existen dos tipos de tractores enllantados, los de dos y los de cuatro ruedas. Cada uno tiene ciertas ventajas en comparación con el otro. El tipo de dos ruedas tiene la fuerza motriz y la dirección en las mismas ruedas. Debido a la concentración de peso sobre las ruedas motrices podrá desarrollar más rimpull que la unidad de cuatro ruedas semejante en potencia de motor. Las ruedas delanteras de una unidad de cuatro ruedas se usan principalmente para fines de dirección.

Entre las ventajas adjudicadas a cada tipo, en comparación con el otro, están las siguientes:

##### *Tipo de dos ruedas*

1. Mayor maniobrabilidad.
2. Mayor tracción en el eje motriz.
3. Menor resistencia al rodamiento debido a la eliminación del otro eje.
4. Menos llantas que proporcionar y mantener.

##### *Tipo de cuatro ruedas*

1. Mayor confianza del operador en la máquina debido a las mejores propiedades de dirección.
2. Menos tendencia a rebotar en los caminos ásperos.
3. Mayores velocidades probables, debido a (1) y a (2) del tipo de cuatro ruedas.
4. Habilidad para operar como unidad independiente cuando esté separado de la unidad de arrastre.

#### **IV.2.3 Máquinas de carga.**

El cargador es una trailla de avance continuo que se compone de un tractor y un tren trasero sobre neumáticos enlazados por un chasis articulado a la parte trasera del tractor (Fig. IV.5).

Lo útil del trabajo es una cuchilla horizontal de corte soportada por un brazo articulado, lo que permite hacerla bajar o subir. Usualmente se disponen ante la cuchilla escarificadores que disgregan el terreno.

Los materiales extraídos por la hoja son recogidos y elevados por un transportador de cinta y descargados lateralmente en camiones. El aparato trabaja en grandes pasadas para cepillado continuo, sucediéndose los camiones de transporte sin interrupción para la evacuación de los materiales.

También se pueden disponer lateralmente cuchillas de corte verticales, que permiten recortar el terreno en robanadas verticales en lugar de horizontales, atacando de costado los bordes de una excavación

### Dimensiones (aproximadas)

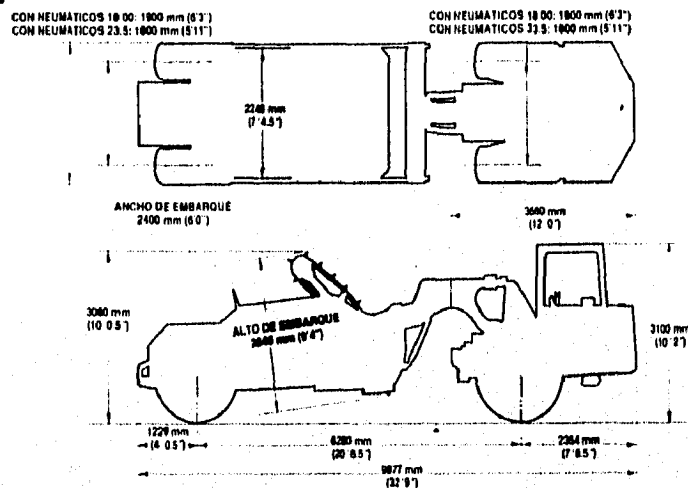


Fig. IV.5 Dimensiones aproximadas de una trailla autocargadora.

realizada previamente por pasadas horizontales. Su potencia anda alrededor de 187 hp, capacidad colmada de 8.4 m<sup>3</sup>, velocidad de desplazamiento hasta de 39.4 km/h y el peso en orden de trabajo cargada de 26,644 kg.

#### Retroexcavadoras cargadoras.

En las minas, las retroexcavadoras cargadoras se emplean en servicios generales en la extracción de tuberías de drenaje, mantenimiento de zanjas y pequeños trabajos de construcción. El sistema hidráulico con detección de carga, de flujo variable, adapta automáticamente la potencia a las demandas del trabajo con respuesta

rápida. Los controles de presión compensada proporcionan excelente modulación y fácil operación.

#### Cargadores de ruedas.

Los cargadores de ruedas dan una alta producción, movilidad y flexibilidad que muchas veces se requiere en la industria de la minería. Los cargadores de ruedas pueden cargar camiones de hasta 150 toneladas y manejar eficientemente diversos materiales. Existen versiones de alto levantamiento que proporcionan mayor alcance y altura libre de descarga para cargar camiones más grandes. Los fabricantes de cargadores de ruedas pueden ofrecer:

1. Servotransmisión para cambios rápidos y suaves de velocidad y de sentido de marcha.
2. Dirección articulada para lograr excelente maniobrabilidad.
3. Mecanismo de barra en Z con extraordinaria fuerza de desgarramiento para obtener cargas útiles grandes en toda clase de materiales.

En la figura IV.6 se muestra un cargador de ruedas.

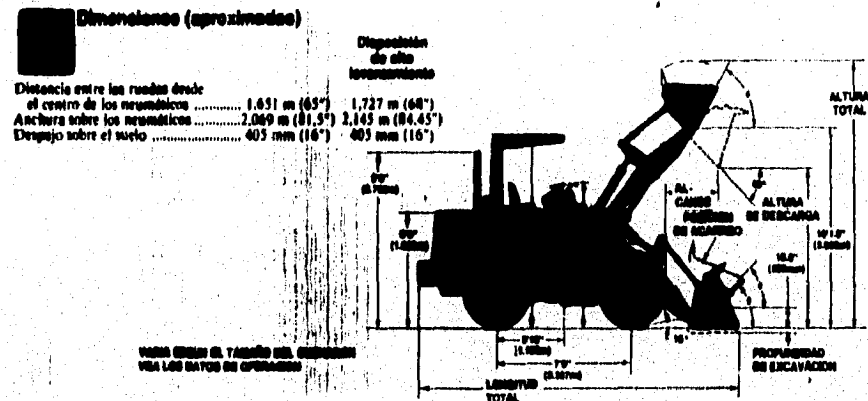


Fig. IV.6 Cargador de ruedas mostrando sus dimensiones (aproximadas).

### Excavadoras hidráulicas.

Las excavadoras hidráulicas producen eficazmente en rigurosas aplicaciones mineras. Las configuraciones con cucharón retroexcavador y pala delantera permiten cargar en frentes de trabajo vertical y horizontal, a la vez que la versión de excavación en gran volumen ofrece alta producción en buen material de carga. Las excavadoras pueden también excavar selectivamente en la veta y sacar el material del banco. También pueden utilizar la potencia disponible total con bombas de caudal variable, para poder dislocar materiales duros, elevar o descargar el cucharón o desplazarse con la máquina en cualquier combinación a la vez que las bombas trabajen para optimizar su producción. En la Fig. IV.7 se aprecia un cargador hidráulico de cadenas de 150 hp, capacidad del cucharón de 2.2 m<sup>3</sup> y un peso total de 20,530 kilogramos.

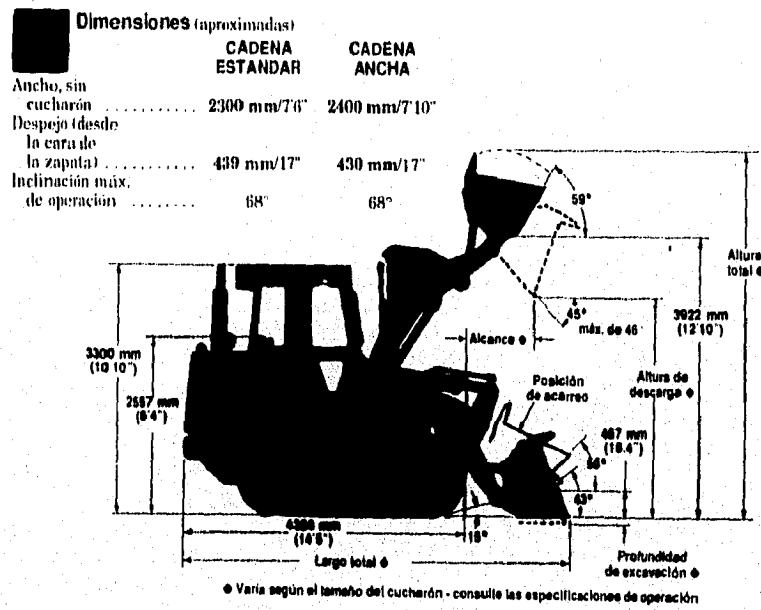


Fig. IV.7 Dimensiones aproximadas de un cargador de cadenas.

#### IV.2.4 Motoescrepas.

La motoescrepa para movimiento de tierras se inventó y desarrolló como un equipo que puede cargar, acarrear y vaciar material suelto. A la parte del equipo que maneja el material se le llama escrepa o raspador. El otro componente, que aporta la potencia, se conoce como la unidad motriz. En consecuencia, puede llamarse a este equipo tractor-raspador. Por simplicidad, a toda la combinación se le llama generalmente motoescrepa.

La escrepa y su unidad motriz pueden trabajar independientemente de cualquier otro equipo. Por esta capacidad, se llama a este equipo movedor de tierra autocargable. Las motoescrepas se utilizan mucho en los trabajos de terracerías.

En la Fig. IV.8 se presenta un tractor-escrepa de tres ejes.

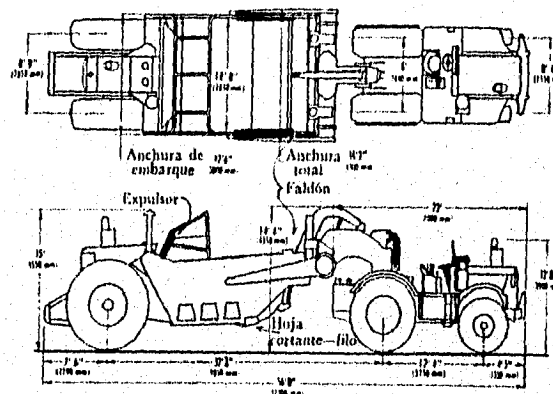


Fig. IV.8 Vista en planta y elevación de una combinación de tractor-escrepa, de tres ejes.

Existen varios diseños básicos de motoescrepas, la mayoría de los cuales tienen una sola unidad motriz de combustión interna. En ese caso, la unidad motriz va instalada al frente del tractor, y sirve para tirar de la escrepa. Hay también motoescrepas de dos motores, que



tienen la segunda unidad motriz instalada atrás del recipiente o cajón de la escrepa. Este motor sirve para empujar todo el equipo, y su funcionamiento debe coordinarse con el de la unidad motriz frontal que aporta la potencia de tiro.

Las dimensiones exteriores de una motoescrepa las rige su recipiente, o sea, la caja que recibe el material que se carga, lo acarrea y lo vacía. En el fondo, y al frente de la caja, se encuentra la hoja cortante. La pared frontal de la escrepa es una compuerta móvil a la que se conoce como faldón. La escrepa en movimiento de avance, carga material cuando su borde cortante (cuchilla), está abajo, penetrando en el material, y con el faldón levantado.

El equipo de motoescrepa completo, con su recipiente de carga de material y su unidad motriz, puede tener uno de varios tipos de ejes. La combinación total puede tener 2, 3 ó 4 ejes para una unidad montada sobre ruedas. O bien, puede consistir en una escrepa de dos ejes con su unidad tractora montada en orugas.

Las ventajas del tractor de un eje, aplicado a la motoescrepa, son:

1. Puede desarrollar mayor esfuerzo tractivo, que el tractor de dos ejes con motor del mismo peso, a no ser que el tractor de dos ejes sea de tracción en las cuatro ruedas.
2. Las maniobras se hacen con mayor facilidad porque las dos ruedas de su eje único le permiten pivotar, prácticamente en su punto central.
3. El tractor de un solo eje parece "flotar" sobre el terreno accidentado, por la libertad de movimiento adicional que tiene en la articulación de la escrepa.

En comparación, el tractor de dos ejes tiene las ventajas de ser:

1. Más seguro en su operación, en el caso de una voladura de neumático o de alguna falla de la articulación, o de las demás partes de trabajo.
2. Más versátil para una variedad de aplicaciones como tractor, cuando se le desprende de la escrepa.

La productividad de una motoescrepa dependerá de:

1. La naturaleza del material excavado y cargado.
2. La potencia disponible para cargar.
3. Las rutas de acarreo; sus pendientes, su alineación y estado.

4. Las velocidades de recorrido que son posibles en tramos continuos de ruta de acarreo.
5. La eficiencia del operador que maneja el equipo.

La capacidad de las motoescrapas varía de 5 m<sup>3</sup> hasta 34 m<sup>3</sup> de capacidad de carga, manejando un promedio de velocidad de 50 km/hr. Su potencia va de los 300 hp hasta los 550 hp. Las motoescrapas se pueden unir una con otra para poder manejar mayores volúmenes de material.

Para terminar; la motoescrapa para movimiento de tierras está diseñada para excavar, cargar, acarrear y vaciar el material de terracerías. Este es el único equipo para construcción que puede hacer por sí mismo todos estos pasos, que forman una operación completa, en forma económica, y en un amplio intervalo de distancias de acarreo. Ese intervalo está comprendido, por lo general, entre 90 y 1,600 metros.

#### **IV.2.5 Motoconformadoras.**

La motoconformadora es un equipo que se utiliza para mover tierra u otro material suelto. Generalmente, su función consiste en nivelar, moldear o dar la pendiente necesaria al material en el que trabaja, para darle una configuración predeterminada. Es de particular utilidad, porque su hoja puede mantenerse en diversas posiciones. A esta hoja también se le llama hoja conformadora o moldeadora. La motoconformadora es un equipo muy versátil para el movimiento de tierras. Su hoja estándar tiene de 3.0 a 4.20 metros de longitud.

##### *Características de diseño de las motoconformadoras.*

La hoja de la motoconformadora puede mantenerse en posiciones semejantes a las del tractor de hoja frontal angular, del tractor de hoja frontal recta y del tractor de hoja frontal inclinada, y tiene mayor flexibilidad de movimiento que las hojas de los tractores.

La motoconformadora puede cortar el material superficial a muchos más ángulos y con ajuste mucho más fácil que el de un tractor.

La inclinación de las ruedas frontales y la articulación que se utiliza para dar a las ruedas traseras un ángulo respecto a la dirección del movimiento, conducen a una mejor estabilidad de la dirección. Estas características de diseño también permiten a la motoconformadora girar en un círculo de radio pequeño o en el ancho normal de una carretera de dos carriles con acotamientos. El radio de giro es de alrededor de 6 metros. La motoconformadora puede manejar pendientes de 0 hasta 20 %.

#### Operaciones de una motoconformadora.

La motoconformadora se usa para una gran variedad de operaciones de construcción. Esta versatilidad se debe a la flexibilidad de sus acciones. Su utilidad se aumenta mediante accesorios que puede manejar la motoconformadora, como dientes o uñas escarificadoras, ensanchadores de pavimentos y unidades elevadoras de material.

Un uso básico de la motoconformadora es, como lo sugiere su nombre, la conformación y nivelación final de toda la anchura de un camino. Esto comprende no sólo la base para la superficie del camino, sino también los acotamientos, las pendientes de los taludes laterales y las pendientes transversales desde la superficie del camino.

Otra operación que cabe en esta categoría, requiere la adición de un escarificador, montado generalmente al frente de la motoconformadora. Con esta adición, el equipo puede usarse para romper la superficie de un pavimento viejo, flexible, para reconformación o para preparación para recibir una superficie mejor.

#### IV.2.6 Equipos de Compactación.

Para entrar de lleno en este tema, primeramente diremos que la compactación es un aumento artificial de la densidad de un suelo por medios mecánicos; o dicho de otra forma, es la disminución de vacíos.

Se sabe por la Mecánica de Suelos, que para una energía de compactación y un material dados, hay un contenido de agua que permite obtener la máxima densidad seca (diagramas Proctor).

Se sabe también que la compactación del suelo está condicionada por los factores siguientes:

- a) Naturaleza de la maquinaria de compactación.
- b) Energía utilizada (lastrado del aparato, número de pasadas).
- c) Contenido de agua del material.
- d) Espesor de las capas compactadas.
- e) Naturaleza de los materiales compactados.

El esfuerzo aplicado por el equipo de compactación puede identificarse en cuatro formas distintas, y son los esfuerzos debidos: 1) peso estático, 2) acción de amasado, 3) vibración y 4) fuerza de impacto.

Un rodillo cilíndrico pesado aplica primordialmente peso estático. El esfuerzo de compactación de los neumáticos portadores de carga da una acción de amasado, al tener su carga distribuida tanto hacia afuera como hacia abajo, sobre el material de soporte. La acción vibratoria se integra en algunos equipos de compactación, mediante pesos que giran

excéntricamente. Otros producen la vibración con diferentes mecanismos. La fuerza de impacto es más obvia en el pistón de aire para el apisonado de material suelto de relleno.

La prueba Proctor permite analizar la energía de compactación y el contenido de agua. Lo que se refiere a la elección de la máquina y el número de pasadas, por lo regular se determinan teniendo en cuenta la experiencia.

Lo que se refiere al espesor de las capas, se admite generalmente que después de la compactación -cualquiera que sea la maquinaria de compactación empleada- no deben tener espesores superiores a 20 cm.

A continuación mencionaremos la maquinaria de compactación más importante:

1. *Pisones de mano o neumáticos.*

Los pisones neumáticos son pequeñas máquinas de accionamiento manual movidas por aire comprimido que sustituyen con ventaja a los antiguos pisones de mano de los peones camineros, y que se utilizan para la construcción de rellenos de terraplenes ordinarios.

2. *Aplanadoras de rodillo liso de acero.*

La aplanadora con triple rodillo puede tener rodillos de rayos o cilindros huecos que pueden cargarse con agua u otro "fluido" como lastre. Estas son, probablemente, las aplanadoras de peso estático más conocidas y cuyo uso es más común. Este tipo de aplanadoras de autopropulsión, tienen un peso que oscila entre 7 y 12 ton. El material de lastre puede aumentar su peso en un 15 a 35 %.

Las aplanadoras de rodillos lisos de acero van equipadas, generalmente, con barras raspadoras y dispositivos de aspersión. Esto impide que los rodillos arrastren material en una vuelta completa y que, por lo tanto, se produzcan irregularidades adicionales durante la compactación.

3. *Compactadoras de neumáticos.*

Su extensión resulta de los perfeccionamientos producidos en la fabricación de neumáticos de baja presión. Las deformaciones y desplazamientos relativos de estos neumáticos durante el apisonado producen un amasado del suelo que da lugar a una compactación rápida.

Para ello las ruedas se montan de forma que sean casi independientes o agrupadas dos a dos sobre los ejes.

Las apisonadoras normales comprenden un tren de ruedas delanteras y otro de ruedas traseras de tres y cuatro ruedas enlazado mediante una caja de lastre y permiten elevar la carga total a 11 ton aproximadamente, o sea, 1.5 ton por rueda como máximo.

Para compactaciones importantes se construyen compactadores de neumáticos de 30.50 ton e incluso 200 ton; y se pueden trasladar a velocidades no mayores de 20 millas por hora (32.19 km/h).

4. *Compactadores del tipo de pata de cabra.*

Estos aparatos se componen de uno o varios rodillos montados en un marco metálico normal o en varios marcos metálicos articulados entre sí. Cada marco lleva los cojinetes de rodamiento de los rodillos y un dispositivo de enganche.

Los rodillos son estancos y pueden llenarse de agua o arena para cargarlos. Algunos modelos pueden estar provistos además de cajas suplementarias de lastrado en las partes anterior y posterior del marco.

Las puntas de patas de cabra tienen un extremo ensanchado para su fijación sobre el cilindro y después de una parte ensanchada un extremo aplanado en forma de pata de cabra.

La longitud de las patas es de 18 a 21 cm. Su número varía según el tamaño del cilindro de 56 a 144. El diámetro del tambor está comprendido, por lo general, entre 1 m y 1.50 m y su longitud entre 1.20 m y 1.80 m.

Los compactadores modernos de pata de cabra aplican pesos estáticos de 16 a 20 ton por eje.

5. *Compactadores vibratorios.*

El efecto consiste en dar más profundidad al esfuerzo compactador en la mayoría de los materiales granulados, que la que se logra con peso estático y acción de amasado. Esto significa que se pueden colocar y compactar capas más gruesas de material suelto. Sin embargo, esto no se aplica a los terrenos de más del 15 % de arcilla u otro material cohesivo.

Para producir las densidades requeridas en el material compactado, los compactadores vibratorios tendrán un peso de 2 a 25 toneladas. Los compactadores vibratorios autopulsados pesan por lo menos 6 toneladas.

Para obtener la compactación deseada a una profundidad razonable, el compactador no debe pasar demasiado rápido. Las profundidades a las que puede esperarse una compactación efectiva

con las aplanadoras vibratorias están comprendidas entre 20 y 40 pulgadas, por lo que pueden colocarse capas relativamente gruesas.

En la Fig. N° IV.9 se observa una compactadora de rodillo vibratorio.

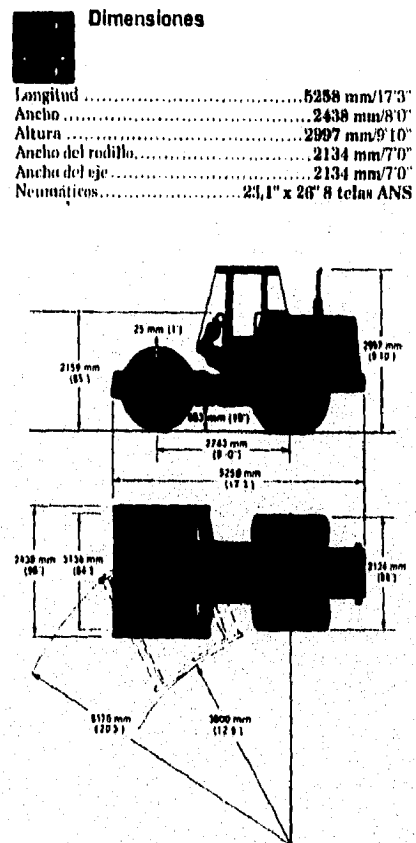


Fig. IV.9 Dimensiones aproximadas de un compactador de rodillo vibratorio.

#### 6. Compactadores de placa vibratoria y de impacto.

Además de los diversos compactadores de rodillo, hay dos tipos de compactadores del tipo de impacto. Estos compactadores son unidades que entregan impactos en sucesión rápida sobre el material que se compacta. Su acción es como la del bastón de base ancha con saltos muy cortos. Los golpes pueden producirse simplemente mediante un pistón de aire del tipo de martinete, aplicados sobre una placa de apisonado. También pueden producirse por pesos excéntricos giratorios situados dentro de un depósito en forma de caja, con una placa en el fondo para actuar sobre el material.

#### ELECCION DEL TIPO DE COMPACTADORA.

Sería imposible dar a priori una aplicación perfectamente determinada a cada una de estas máquinas en función de la naturaleza del material a tratar y solamente la experiencia permite decidir su elección. Sin embargo, pueden tenerse en cuenta los datos generales siguientes:

- Los rodillos de neumáticos sirven generalmente para la compactación de obras con materiales térreos o de aluvión.
- Las apisonadoras de llanta lisa sirven, en general, para materiales pétreos o suelos granulados ligeramente coherentes.
- Los rodillos de pata de cabra son especialmente eficaces con suelos grasos y finos.
- Los rodillos vibratorios cilíndricos parecen prestarse adecuadamente a la compactación de suelos granulares secos.
- Los aparatos de impacto se emplean sobre todo en lugares estrechos de difícil acceso.
- Los rodillos cilíndricos estriados se utilizan en los terraplenes con núcleo. Los núcleos se componen de materiales especialmente compactados destinados a formar elementos de estanquidad, especialmente en las presas de tierras.

#### IV.2.7 Máquinas utilizadas en plantas de trituración. Cribado y lavado de agregados.

Los agregados se usan en la construcción para aumentar el volumen de otros materiales o como superficie de desgaste. Pueden mezclarse con otros materiales para formar un relleno sólido y dar estructura a los miembros de construcción. Por lo general, los agregados se hacen de roca natural o de material granulado. Las trituradoras cambian el tamaño y la forma del material natural y sirven, además, para limpiarlo y separarlo en forma diferente de la separación natural o desintegración.

Las etapas básicas de la operación que se realiza para producir agregados son las siguientes:

1. Extraer la materia prima de la fuente (banco).
2. Reducir el material a una forma o tamaño que pueda procesar la planta.
3. Transportar el material a la planta.
4. Alimentar el material a los componentes del equipo de la planta para su trituración y otros procesos, hasta obtener el agregado terminado.

Las especificaciones establecen los requisitos de prueba de muchas de las siguientes características de los agregados como producto final: dureza, tenacidad, resistencia a la abrasión, densidad específica, forma y fractura de la partícula, módulo de finura, impurezas orgánicas, humedad superficial, partículas blandas y clasificación de acuerdo a su tamaño.

#### TIPOS DE QUEBRADORAS.

Las quebradoras o trituradoras pueden clasificarse de acuerdo con la etapa de trituración que lleva a cabo, como primaria, secundaria, terciaria, etc. Una trituradora primaria recibe la piedra directamente de la cantera y produce la primera reducción en tamaño. La producción de la trituradora primaria se alimenta a la trituradora secundaria, que reduce aún más el tamaño. Una parte de la piedra puede pasar a través de cuatro o más trituradoras antes de ser reducida a la finura necesaria.

La siguiente clasificación de trituradoras es representativa de los usos comunes de este tipo de máquinas.

1. Trituradoras primarias.
  - a) De quijada
  - b) Giratoria
  - c) Molinos de martillos
2. Trituradoras secundarias.
  - a) Cónicas
  - b) De rodillos
  - c) Molinos de martillos
3. Trituradoras terciarias.
  - a) De rodillos
  - b) Molinos de barras
  - c) Molinos de bolas



#### *Quebradoras de quijada*

Esta máquina es muy popular como trituradora primaria. Trabaja permitiendo que la piedra fluya hacia las quijadas, una de las cuales es fija, mientras que la otra es móvil. La distancia entre las quijadas disminuye a medida que la piedra viaja hacia abajo por el efecto de la gravedad y de la quijada móvil, hasta que al final pasa a través de la abertura inferior. La quijada móvil es capaz de ejercer una presión lo suficientemente alta para triturar la roca más dura.

#### *Quebradoras giratorias*

La unidad de la quebradora consiste en un pesado marco de hierro colado o de acero, con una chumacera para una flecha excéntrica y engranes motrices en la parte inferior de la misma. En la parte superior está una cámara de trituración de forma cónica, forrada con placas de acero-duro o de acero al manganeso; estas placas se llaman concavidades.

A medida que la piedra que se alimenta en la parte superior de la cámara triturante, se mueve hacia abajo, sufre una reducción en tamaño hasta que finalmente pasa a través de la abertura provista en la parte inferior de la cámara.

#### *Quebradoras cónicas*

Las quebradoras cónicas o de reducción, se utilizan como trituradoras secundarias y terciarias. Son capaces de producir grandes cantidades de piedra uniforme y finamente triturada.

#### *Molinos de martillos*

El molino de martillos, es la quebradora de impacto más usada, y puede utilizarse ya sea para la trituración primaria o secundaria.

A medida que se alimenta la piedra por triturar al molino, los martillos, que giran a una alta velocidad, golpean las partículas, rompiéndolas y empujándolas contra las placas angulares, que reducen todavía más su tamaño.

#### *Quebradoras de rodillos*

Las quebradoras de rodillos se utilizan para producir reducciones adicionales en los tamaños de la piedra una vez que se ha sometido la producción de una cantera a una o más etapas anteriores de trituración. El tamaño máximo del material que puede alimentarse a una quebradora, es directamente proporcional al diámetro de los rodillos. Si la

alimentación contiene piedras demasiado grandes, los rodillos no podrán morderlas para jalarlas después a través de la quebradora.

#### *Molinos de barras y bolas*

Estos molinos se emplean para producir agregado fino, como la arena, a partir de piedra que ha sido triturada a tamaños adecuados por otra clase de equipos de trituración.

Un molino de barras es un cascarón de acero, forrado en el interior con una dura superficie de mineral para evitar el desgaste, equipado con un soporte adecuado o con chumacera en cada uno de sus extremos, con un engrane motriz en uno de los extremos. Trabaja con su eje en posición horizontal. Está cargado con barras de acero, cuyas longitudes son ligeramente inferiores a las del molino. La piedra triturada, que se alimenta a través de una tolva en uno de los extremos, fluye a la descarga en el otro extremo. A medida que gira lentamente el molino, la piedra está sujeta constantemente al impacto de las barras en movimiento, que producen la molienda deseada.

Un molino de bolas, que utiliza bolas de acero en vez de barras para suministrar el impacto necesario para moler la piedra, producirá agregados finos con tamaños de grano menores que los producidos por los molinos de barras.

#### CRIBADO DEL AGREGADO.

El cribado de la piedra triturada es necesario para poder separar los diferentes tamaños. La mayoría de las especificaciones que rigen el empleo de agregados estipulan que se combinarán los diferentes tamaños para producir la mezcla.

#### *Harneros giratorios*

Los harneros giratorios tienen varias ventajas sobre otros tipos de harneros, especialmente cuando se emplean para lavar y harnear arena y grava. La acción de operación es lenta y simple, y los costos de mantenimiento y reparación, bajos. Si el agregado que se va a lavar contiene limos o arcillas, puede instalarse un lavador, cerca del extremo de entrada del harnero a fin de que el material pueda ser lavado por agua. Al mismo tiempo puede rociarse chorros de agua sobre el agregado a medida que avanza sobre el harnero.

#### *Harneros vibratorios*

El harnero vibratorio es la criba más empleada para la producción de agregados. El marco de acero puede estar diseñado para permitir la instalación de una o más cribas, una arriba de otra. A cada criba se le

denomina cubierta. La vibración se obtiene por medio de una flecha excéntrica, una flecha con contrapeso, o con electroimanes conectados al marco del harnero.

#### PLANTAS MOVILES DE TRITURACION Y HARNEADO.

Cuando existe un depósito de piedra satisfactorio cerca al sitio de la obra, con frecuencia será más económico instalar una planta móvil y producir la piedra triturada en vez de comprarla. Las plantas móviles emplean una quebradora de quijada para la trituración primaria y una quebradora de rodillos para la trituración secundaria.

Una vez que se tritura, harnea y lava la piedra para proporcionar los tipos de tamaños, será necesario manejarlo cuidadosamente para evitar que puedan segregarse las partículas pequeñas de las grandes, destruyendo así la mezcla de tamaños, que con frecuencia es esencial en un buen agregado.

#### **IV.2.8 Equipo de Transporte**

El problema del transporte en las obras es especialmente importante por su influencia en la organización general de las obras y los precios de costo. Es susceptible de soluciones diversas, que dependen de las condiciones siguientes:

1. Disposición general de las obras:
  - Transporte en el interior, exterior para el aprovisionamiento de una obra.
2. Naturaleza de los accesos:
  - Transportes por tierra en terrenos poco o bastante accidentados.
  - Transportes por agua.
  - Transportes por avión en ciertos casos excepcionales.
3. Pendiente del transporte:
  - Transportes horizontales o casi horizontales.
  - Transportes en pendiente entre dos puntos de altitudes diferentes. Los transportes por vía férrea apenas pueden sobrepasar una rampa de 3 % y los transportes por carretera el 12 %; para rampas superiores son necesarias soluciones especiales.
4. Distancia de transporte.
5. Importancia del tonelaje a transportar:
  - Según la naturaleza de las obras, el tonelaje diario a transportar puede variar desde algunas decenas a varios millares de toneladas (obras de presas y de puertos).

## 6. Potencia de transporte de las máquinas.

A continuación mencionaremos algunos de los equipos de transporte que se emplean en la construcción:

*Carretilla.* La carretilla permite pequeños transportes en el interior de las obras a cortas distancias (100 m como máximo) y con rampas pequeñas (10 % como máximo).

El volumen útil de la carretilla varía de 40 a 50 lts, y su carga útil de 60 a 75 kg, siendo el peso muerto de aproximadamente 30 kg.

*Transportes automóbiles.* Esta forma de transporte se desarrolla cada vez más y ofrece soluciones muy interesantes en obras públicas; tiende prácticamente a sustituir a los transportes por ferrocarriles, excepto para los transportes en masa.

Además de los vehículos para el personal, se utilizan camionetas, camiones, camiones con remolque y tractores con remolques o semi-remolques.

Los elementos con dos o tres ejes (grandes camiones) están montados sobre neumáticos; los camiones pesados tienen ruedas traseras gemelas.

Circulan en carreteras con rampas que alcanzan hasta el 10 ó el 12 %.

Según la carrocería, pueden utilizarse:

*Camiones plataforma lisos o con andrales;* estos camiones pueden cubrirse para transportar materiales que pueden ser perjudicados por el agua (cemento).

*Camiones con caja basculante,* para transporte de escombros, arena, piedra machacada, etc. Las cajas levantadas por un dispositivo mandado por el motor, basculan vaciándose por detrás y a veces lateralmente.

*Dumpers.* En el sentido literal de esta palabra inglesa (to dump: descargar vertiendo), un dumper es simplemente un camión que se vacía por sus propios medios.

*Los remolques* se prestan al transporte de piezas largas o de maquinaria; para transportar, por ejemplo, palas mecánicas, se utilizan remolques rebajados de tipo górgola. Existen actualmente en el mercado remolque de cama alta y baja. Existen remolques con capacidades de carga que van de 10 y 20 toneladas hasta de 100 a 1,000 toneladas; éstos últimos, se emplean para el transporte de cargas especiales.

*Volquetes;* en los grandes movimientos de tierras se prefieren los volquetes semi-remolque de un eje o tractor de uno o dos ejes. Los neumáticos de baja presión permiten cargas elevadas (44 ton útiles para

ciertos modelos) grandes velocidades (hasta 60 km/h), la circulación por rampas pronunciadas y gran manejabilidad en todos los terrenos. Los volquetes se vacían: abriendo dos compuertas longitudinales de fondo; a veces, basculando (caja para escollera).

Los movimientos de abertura y cierre de las compuertas se hacen en marcha y se dirigen desde la cabina. Se emplean gatos y varillaje o simplemente gatos.

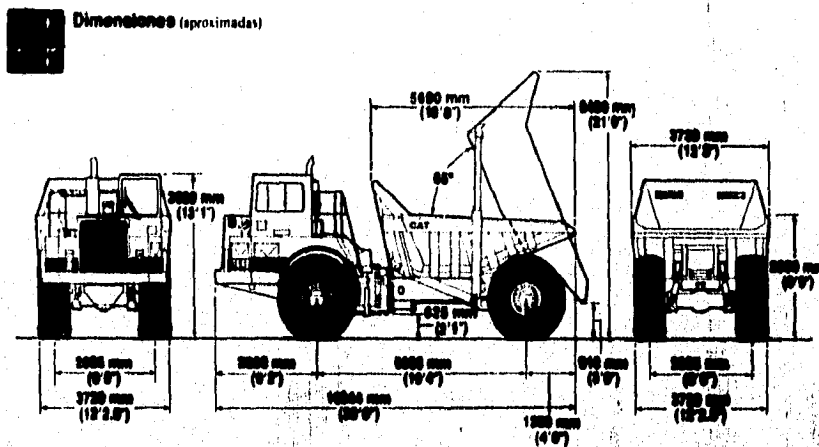


Fig. IV.10 Dimensiones aproximadas de un volquete articulado.

#### TRANSPORTES POR VIA FERREA.

El empleo de vías férreas permite aumentar la capacidad de las máquinas de transporte disminuyendo la fuerza motriz necesaria y aumentando su velocidad; así permite aumentar la potencia del transporte disminuyendo el precio de costo.

Por el contrario, no admite, como consecuencia de la adherencia necesaria a las máquinas de tracción sobre carriles, rampas superiores al 3 %, mientras que con los vehículos de carretera se alcanza normalmente el 10 ó el 12 %.

La capacidad de los vehículos es tanto mayor cuanto mayor es la anchura de vía: es sensiblemente proporcional al cubo del ancho de vía.

Se utilizan tres tipos de vías caracterizados por los anchos siguientes:

- Vía estrecha (en cm): 40, 50, 60, 75.
- Vía métrica: 0.90 m y 1.0 m
- Vía normal: 1.44 m.

#### *El material móvil.*

El transporte se hace sobre vagones que deben ser muy robustos para resistir a las condiciones de empleo muy duras del material de obras públicas.

Se utilizan habitualmente vagones de dos ejes y excepcionalmente vagones de carretones para unidades de gran capacidad sobre vía normal, o unidades largas destinadas al transporte de piezas especiales (perfiles metálicos, madera, etc.).

Los vagones pueden ser vagones-plataforma para el transporte de piezas pesadas (maquinaria) y materiales pesados (cemento en sacos, piedra machacada, perfiles metálicos, madera), o vagones-caja o tolva para el transporte de escombros y materiales a granel (piedra machacada, arena).

En las obras marítimas en las que se utiliza escollera se emplean vagones constituidos por un simple chasis sobre el que se colocan cajas metálicas llenas de escollera que se mueven mediante grúas.

La carga útil de un vagón representa aproximadamente los dos tercios del peso total del vagón cargado. Un tren de vagones cargados pesa pues aproximadamente tres veces más que vacío.

#### *Tipos de locomotoras.*

1. Locomotoras de vapor. Las locomotoras de obra son del tipo ténder, es decir, que ellas mismas llevan en cajas el combustible y el agua que necesitan.
2. Locomotoras de motor Diesel o de gasolina. Se utilizan locomotoras con motor diesel o de gasolina, siendo generalmente las primeras más económicas que las segundas.

3. Locomotoras eléctricas. Las locomotoras eléctricas son de empleo relativamente raro en las obras públicas al aire libre. Por el contrario, su empleo es interesante en las obras subterráneas.
4. Locomotoras de aire comprimido. Las locomotoras de aire comprimido se utilizan en los túneles cuando no se pueden utilizar locomotoras de vapor como consecuencia de los vapores perjudiciales que desprenden estas máquinas.

#### PLANOS INCLINADOS Y MONTACARGAS.

Cuando la rampa de una vía férrea sobrepasa el 3 %, la tracción por locomotora resulta económicamente imposible.

Para el transporte de viajeros, el empleo de locomotoras de cremallera permite subir rampas hasta del 25 %, pero este método no se aplica en obras públicas. En las obras se utiliza la solución consistente en establecer entre los dos puntos a enlazar una vía férrea en línea recta, generalmente con vía de 60 cm y hacer subir la carga mediante un cable accionado por un cabrestante instalado en el extremo superior.

En el caso de un transporte vertical (pozos de acceso a un túnel), las vagonetas se elevan en una jaula elevada por un cabrestante y equilibrada por un contrapeso. Es el sistema de montacargas.

El sistema de montacargas puede utilizarse para desniveles que alcancen hasta varios centenares de metros (jaulas de extracción de minas). La capacidad de los montacargas va de algunos cientos de kilos hasta varias toneladas (20 ton o más).

#### TRANSPORTADORES DE CABLE O TELEFERICOS.

Los transportadores de cable o teleféricos son vías férreas aéreas en las que la vía de rodamiento está constituida por un cable metálico soportado por postes. Las vagonetas o cubas colgadas son movidas, por un cable tractor accionada por un cabrestante. Este sistema permite transportes en terreno muy accidentado, sea en horizontal o en pendiente. Los transportadores de cable utilizados en obras públicas son de dos tipos:

- a) transportadores de vaivén;
- b) transportadores continuos.

Este tipo de transporte puede manejar pendientes del 60 %, pueden manejar velocidades de 10 km/hora hasta 36 km/hora y pueden manejar cargas y descargas de 20 ton/km e incluso hasta de 1,500 ton/km.

#### TRANSPORTADORES DE CORREA O CINTAS TRANSPORTADORAS.

El aparato se compone en principio de una correa o cinta sinfín de tejido recubierto de caucho soportado a distancias regulares por rodillos fijos sobre una viga rígida que sirve de soporte. En un extremo, la cinta pasa por un tambor motor que le imprime un movimiento continuo. Características principales de este transporte:

- Ancho de la cinta: de 0.50 m a 1.20 m.
- Velocidad de la cinta: de 100 m/min a 200 m/min.
- Longitud de la cinta: de 500 m a 3,200 m (en tramos).
- Pendiente: hasta 25 % ó más.
- Rendimiento horario (por hora): de 400 m<sup>3</sup> a 1,100 m<sup>3</sup>.

#### TRANSPORTE POR AGUA.

Los transportes por agua se emplean principalmente para el transporte de:

- Escombros ordinarios y procedentes de dragado.
- Materiales para hormigón (arena, grava, cemento).
- Escollera para obras portuarias.
- Bloques de hormigón para diques y muelles.
- Maquinaria de diverso tipo.

La capacidad de las barcazas y los barcos va de unos cuantos cientos de toneladas a miles de toneladas.

#### TRANSPORTE POR VIA AEREA.

En ciertos casos, verdaderamente aún excepcionales, puede ser conveniente considerar el transporte por avión, como medio de enlace entre obras que se extienden centenares de kilómetros, así como para el rápido suministro de piezas de recambio, el avión se impone.

#### **IV.2.9 Equipo de barrenación y sus accesorios.**

Para poder excavar sobre roca, es necesario romperla o fraccionarla primero para que pueda ser manejada con los equipos de excavación. El fraccionado se lleva a cabo barrenando hasta cierta profundidad, y colocando explosivos dentro de la perforación, para hacerlos detonar.

Se utilizan varios tipos de equipos de perforación para barrenar, dependiendo la selección del tipo y del tamaño de la obra, de la naturaleza del terreno, de la clase de roca, de la profundidad y tamaño



de los agujeros, y del tipo y tamaño de la piedra que se quiera producir.

Broca. La broca es la parte esencial de los taladros, puesto que entra en contacto directo con la roca para desintegrarla. El éxito de una operación de barrenado depende de la capacidad de la broca para permanecer afilada bajo el impacto del taladro. Existen muchos tipos y tamaños. Pueden encontrarse en tamaños desde 1 hasta 4½ pulgadas, variando en su medida cada ¼ de pulgada.

La profundidad de perforación con una broca de acero variará desde unas cuantas pulgadas hasta 9.0 ó 12.0 m, o más, dependiendo del tipo de roca.

Cuando algunos tipos de rocas son muy abrasivas, es recomendable utilizar brocas de carburo de tungsteno, un metal muy duro. Aunque estas brocas son más caras que las brocas de acero, la velocidad de perforación y profundidad del agujero por broca, proporcionará una economía total cuando se esté taladrando en roca. Cuando se perfora con broca de carburo de tungsteno se pueden alcanzar grandes profundidades, de 600 m a 1,000 m, o más, dependiendo del tipo de roca.

#### *Martillos neumáticos.*

Los martillos neumáticos, son taladros de percusión que se sostienen con la mano, utilizados principalmente para la barrenación de agujeros. Por esta razón se les llama con frecuencia perforadores. Se clasifican de acuerdo con su peso, por ejemplo: de 45 ó 55 lb. Una unidad de taladro completa consiste en un martillo, una barra de acero y una broca. Aunque los martillos pueden emplearse para taladrar agujeros de más de 1 m de profundidad, muy rara vez se utilizan en barrenos de más de 3.0 m. Los martillos pueden hacer agujeros hasta de 2½ pulgadas.

#### *Perforadoras.*

Las perforadoras se asemejan a los martillos, en su operación, pero son más grandes y se utilizan como herramientas montadas para taladrar hacia abajo, en dirección horizontal hacia arriba. Varían en peso desde 75 hasta 260 lb y son capaces de taladrar agujeros de 4½ pulgadas de diámetro. Estas herramientas se utilizan extensamente para trabajos de minería y de túneles. Puede utilizarse ya sea agua o aire comprimido para sacar los detritos del agujero.

#### *Taladros de vagoneta.*

Los taladros de vagoneta son perforadoras montadas sobre columnas que a su vez están montadas sobre ruedas para hacerlas móviles. Se usan extensamente para taladrar agujeros hasta de 4½ pulgadas de diámetro y

de 9 pulgadas, o más de profundidad. Pueden utilizarse para taladrar a cualquier ángulo desde el vertical hacia abajo hasta ligeramente arriba de la horizontal.

#### *Taladro de impacto.*

Un taladro de impacto consiste de; una broca de acero, adherida a un pesado vástago de taladrar, que se levanta y deja caer repetidamente, por medio de un cable de acero, dentro del agujero que se está taladrando. Las brocas se encuentran en diámetros variables desde aproximadamente 6 hasta 12 pulgadas. Los taladros de impacto pueden utilizarse para taladrar las rocas que tengan cualesquier grado de dureza. Las profundidades pueden ser de varios cientos de pies.

#### *Taladros de pistón.*

La acción de este taladro es semejante a la de un taladro de vagoneta, excepto que la barra del taladro, que es un tubo hueco con un diámetro exterior de 3½ pulgadas, está unida al pistón y tiene un movimiento recíprocante con él. Las barras de extensión son de 10 m de largo. La altura de la columna es de 15 m. El taladro suministra aproximadamente 200 golpes por minuto. La carrera y el movimiento giratorio del pistón son reguladas para rendir el mejor comportamiento en todos los tipos de roca. El diámetro de la broca removible del carburo de tungsteno varía de 5½ a 6 pulgadas. Este taladro tiene un límite de profundidad práctico de aproximadamente 21 m, lo cual puede restringir su empleo en algunas obras. El taladro cuyo peso es de 16,330 kg, está montado sobre orugas.

#### *Taladros barrenadores.*

El taladro barrenador es un taladro auto-impulsado, montado sobre un camión, o sobre orugas. La barrenación se lleva a cabo por medio de una broca de tres conos, del tipo rodillo, atornillada en la parte inferior de un tubo de perforación. A medida que gira la broca en el agujero, se hace fluir hacia abajo un chorro continuo de aire comprimido para sacar los detritos y enfriar la broca. Es impulsado con un motor diesel o eléctrico. Con estos taladros se pueden hacer perforaciones en rocas semiduras (dolomita o piedra caliza), pero no es adecuado para taladrar en las duras rocas ígneas. Se pueden alcanzar profundidades de 100, 500 metros o más, con diámetros de 6½ y 6¼ de pulgada.

#### *Taladros abrasivos.*

El taladro abrasivo es una herramienta que depende del efecto abrasivo de perdigones de acero para penetrar la roca. Las partes esenciales incluyen una broca de perdigones, un tubo de perforación, un

tubo para lodos, una barra de taladro, una bomba de agua y una unidad giratoria.

Se pueden alcanzar profundidades de 182.0 m e incluso mayores de 300 m, con diámetros que van de 2½ pulgadas hasta de 9 pulgadas. La velocidad de perforación es muy baja, algunas veces menor de 35 pulgadas por hora.

#### *Taladros de diamante.*

Los taladros de diamante se utilizan principalmente en las perforaciones de exploración, en donde se desea obtener corazones de la roca con el objeto de estudiar su estructura. Su tamaño va de 1½ a 3 pulgadas, e incluso, mayores. Los taladros de diamante son capaces de perforar a profundidades mayores de 300 metros. Las velocidades de la broca pueden variar entre 200 y 1,200 rpm.

#### *Horadación por fusión.*

Este es un reciente desarrollo de la perforación de agujeros. La horadación por fusión se produce quemando una mezcla de oxígeno y un combustible que contenga un fundente, como el querosén, por ejemplo, con un soplete.

#### **IV.2.10 Equipo de pavimentación.**

El equipo utilizado para transportar y colocar materiales bituminosos en pavimentos, se compone básicamente de camiones, pavimentadoras y aplanadoras. Los camiones que sirven para transportar los materiales calentados son de tres tipos: los camiones de volteo ordinarios, los de volteo con descarga por el fondo y los camiones de tipo de tanque. Para acarrear las cargas de material de la planta de mezcla caliente, la unidad de acarreo más usual es el camión de volteo ordinario, aunque también puede usarse el camión de volteo de descarga en el fondo. Cualquier camión que se use para transportar el material asfáltico o la mezcla caliente debe protegerlo. La protección mínima para estos fines es una lona pesada y alquitranada para cubrir la parte superior abierta de la caja del camión de volteo.

Una variante del transporte de material procesado es el camión largo de volteo, con descarga por el fondo, pero que puede descargar también por la parte posterior. Este puede transportar de 20 a 30 toneladas de material mezclado.

#### EQUIPO PARA EL ROCIADO DE ASFALTO (BETUN).

El betún se riega sobre la base preparada, como capa o riego de liga. Generalmente, los camiones (petrolizadores) que se usan para transportar y regar betunes licuados son camiones tanque de dos ejes. Tienen contruidos en la propia unidad, medios para calentar el chapopote a intervalos de 66 °C a 80 °C. El riego se realiza por medio de una barra regadora que va montada en la parte posterior del camión, aproximadamente a 30.48 cm de altura sobre la superficie que se va a regar.

#### PAVIMENTADORAS CON MATERIALES ASFÁLTICOS (BITUMINOSOS).

Para formar un pavimento se usan equipos de diseño especial, los cuales extienden la mezcla caliente de materiales asfálticos que reciben de los camiones de descarga por su extremo. Estos equipos se conocen como pavimentadoras, esparcidoras o terminadoras.

La caja de la tolva que recibe la mezcla de material caliente varía desde la más pequeña, con capacidad de 3 toneladas, a la unidad de mayor tamaño de 12 toneladas. El material se envía del fondo de la tolva a la unidad conformadora mediante un transportador plano. La conformadora es la parte más importante de una pavimentadora, ya que debe extender el material de pavimentación uniformemente y con exactitud para obtener una superficie lisa y homogénea. La conformadora extiende el ancho del pavimento que se está poniendo. La mezcla caliente enviada por el transportador a la parte trasera de la pavimentadora se distribuye luego lateralmente a lo ancho de la conformadora mediante miembros giratorios de forma de tornillo.

Las pavimentadoras se diseñan para un ancho básico de pavimento de 182.88 cm a 304.8 cm. El ancho que cubre cada una puede cambiarse con extensiones de 60.96 cm a 304.8 cm de la conformadora y del esparcidor de tornillo.

Dichas variaciones conducen a un ancho de pavimento de 182.88 a 579.12 cm para una sola pavimentadora.

Pueden hacerse ajustes del espesor desde  $\frac{1}{4}$ " hasta un máximo de 6" a 10" en las diversas pavimentadoras de asfalto.

Las velocidades de recorrido para una pavimentadora montada sobre ruedas, varían hasta un máximo de 29 kilómetros por hora. La limitación de esta clase de pavimentadora está en su tracción para empujar un camión cargado pesadamente.

#### EQUIPO PARA PAVIMENTACION CON CONCRETO.

La variedad de equipo necesario para moldear, vaciar y terminar un pavimento de concreto es similar a la que se acaba de mencionar para el

pavimento bituminoso. Las diferencias se deben principalmente a la forma en que se consolida y endurece el material mezclado, así como a la temperatura a que se coloca.

Específicamente, para la pavimentación de concreto, se utilizan los camiones para tránsito, los camiones agitadores y los camiones de volteo no agitadores para el acarreo de los materiales de concreto ya procesados.

Las cargas secas dosificadas de concreto, se transportan utilizando camiones de volteo al lugar que se va a pavimentar, y se descargan en el cucharón de una pavimentadora de concreto. El concreto mezclado húmedo que se transporta en camiones de tránsito u otros permitidos, puede descargarse por medio de un tubo telescópico en el lugar que se va a pavimentar.

Para lograr una calidad aceptable del concreto en un pavimento, no debe haber segregación de los materiales. Para compensar la segregación que puede originar la descarga con tubos largos u otros métodos de vaciado, se necesita un esparcidor mecánico que ayude a colocar el concreto. Al esparcidor de concreto sobre los moldes laterales para el pavimento, le siguen una o más máquinas de acabado o emparejadoras. Puede utilizarse una máquina de acabado transversal y una de acabado longitudinal. Puede usarse también una pavimentadora de cimbra deslizante para vaciar el concreto sobre una subrasante bien preparada.

#### *Extendedor de concreto para pavimentos.*

El extendedor o espaciador de concreto se usa para distribuir el concreto mezclado húmedo a lo ancho del pavimento. Puntea el camino a pavimentar, montado sobre ruedas de acero que ruedan sobre la parte superior de los moldes metálicos, cuando se usan éstos para la pavimentación. Las extendedoras son muy útiles para los pavimentos en que se colocan armazones de varilla o mallas de alambre a la mitad del espesor de la losa.

#### *Pavimentadora de cimbra deslizante.*

La pavimentadora moderna con moldes deslizantes puede pavimentar una losa hasta de 12" de espesor que tenga un ancho de 365.76 cm a 853.44 cm. Para colocar una losa en este intervalo de tamaños, se efectúan media docena o más etapas de pavimentación. Estas etapas se suceden una a una en la pavimentadora, del extremo frontal al trasero, y son:

1. Extendido del concreto fresco con un transportador de gusano.
2. Recorte de excedentes con la emparejadora primaria alimentadora de concreto.
3. Vibración con vibradores de elemento vibrador interno introducidos en el concreto fresco.

4. Uso de una conformadora oscilatoria con frecuencias que van de cero a 80 rpm.
5. Conformación de la superficie final con una terminadora oscilatoria de extrusión.
6. Flotación con una terminadora de superficie fina.

Para accionar tantas partes móviles se necesita una unidad motriz de casi 200 hp. Adicionalmente, algunas pavimentadoras de formas deslizantes tienen unidades motrices auxiliares pequeñas, para cada uno de los cuatro conjuntos impulsados de tránsito de orugas.

#### IV.2.11 Excavadoras giratorias y aditamentos opcionales.

##### PALAS MECANICAS.

Las palas mecánicas se utilizan principalmente para excavar tierra y cargarla en camiones o en vagones tirados por tractor, o sobre bandas transportadoras. Son capaces de excavar todo tipo de tierra, excepto roca fija, sin necesidad de aflojarla primero. Pueden estar montadas sobre orugas, en cuyo caso se les conoce como "palas montadas sobre oruga". Estas palas mecánicas tienen muy bajas velocidades de deslizamiento, pero como las orugas anchas dan presiones muy pequeñas en el suelo, esto les permite operar en terrenos blandos. Pueden estar montadas en ruedas con llantas de hule.

Las palas montadas sobre llantas, que tienen más altas velocidades de deslizamiento que las unidades montadas sobre orugas, son útiles en obras pequeñas, en donde es necesario hacer movimientos considerables y en donde las superficies de los caminos y del terreno en general sean firmes.

##### *Tamaño de una pala mecánica.*

El tamaño de una pala mecánica está indicado por el tamaño del cucharón, expresado en metros cúbicos. Al medir la capacidad del cucharón, la tierra estará al ras de los bordes superiores. El tamaño del cucharón va de 1 m<sup>3</sup> hasta más grandes. Por ejemplo, la máquina más grande del mundo, la Mannesman Demag H485S. Está impulsada por electricidad y carga camiones de 190 toneladas en solamente tres pasadas. Esta pala gigantesca tiene un peso funcional de 625 toneladas y un cucharón con una capacidad de 33 metros cúbicos. Tiene una fuerza de excavación de 2,100 KN. La fuente de energía de la excavadora es un motor eléctrico de 4,160 voltios, con un ciclo de 60 que provee 2,100 kw. También se puede ocupar un motor diesel como opción. El bastidor tiene un carril de 1,500 mm con un poderoso impulsor hidráulico que le permite mantener buena estabilidad, tracción y manejabilidad.

Existe otra excavadora, la Liebherr R996, a un precio de 8.3 millones de marcos alemanes, pesa 530 toneladas, está impulsada por dos motores diesel turbocargados V16 Cummins que proporcionan una potencia combinada de 2,240 kw. Los motores accionan doce bombas hidráulicas en la excavadora, que viene estándar con un cucharón de mandíbulas para roca de 28 m<sup>3</sup>. Es capaz de cargar camiones de 172, 218 y 290 ton (en proyecto).

#### *Partes básicas de una pala.*

Las partes básicas de una pala mecánica incluyen la montura, la cabina o caseta, la pluma, el aguilón, el cucharón y el cable del malacate. Las palas modernas como las mencionadas anteriormente, de 530 y 625 toneladas son del tipo hidráulicas, que no emplean cables y malacates.

#### *Dimensiones y espacios libres de una pala.*

Al considerar el tamaño de una pala mecánica, para una obra determinada, puede ser aconsejable conocer las dimensiones de la pluma y del aguilón, así como la altura máxima del corte, el radio de excavación, el radio de carga y la altura de carga. Estas consideraciones también son válidas para las modernas palas mecánicas.

#### *Rendimiento de las palas mecánicas.*

El rendimiento de una pala mecánica está afectado por numerosos factores, incluyendo los siguientes:

1. Clase de material.
2. Profundidad del corte.
3. Angulos de oscilación.
4. Condiciones de la obra.
5. Condiciones administrativas.
6. Tamaño de las unidades de acarreo.
7. Habilidad del operador.
8. Condiciones físicas de la pala.

#### DRAGAS.

Las dragas se utilizan para excavar tierra y cargarla en unidades de acarreo, tales como camiones o vagones tirados por tractor, o para depositarla en diques, presas y bancos de desperdicio cerca de los cortes de donde se excava.

En algunas obras puede utilizarse, ya sea una pala mecánica o una draga para excavar los materiales, pero en otras obras la draga tendrá

ventajas decisivas sobre la pala. La draga, por lo general, no tiene que estar adentro del agujero o banco para poder excavar. Puede operar sobre el nivel natural del terreno al estar excavando material en un banco con su cucharón. Esto será muy ventajoso para sacar la tierra de una zanja, canal o de un banco que contenga agua. Una desventaja del empleo de la draga, en comparación con la pala mecánica, es la reducida producción de la draga, ya que puede excavar aproximadamente de un 75 a 80 % de la tierra que puede excavar una pala del mismo tamaño.

#### *Tipos de dragas.*

Las dragas pueden dividirse en cuatro tipos:

1. Montadas sobre orugas.
2. Montadas sobre ruedas, de autopropulsión.
3. Montadas sobre camión.
4. Ambulantes.

#### *Tamaño de una draga.*

El tamaño de una draga está indicado por el tamaño del cucharón, expresado en metros cúbicos, que, en general, es del mismo tamaño que el del cucharón de una pala mecánica, en la que puede convertirse.

#### *Partes básicas de una draga.*

Las partes básicas de una draga están ilustradas en la Fig. Nº IV.11.

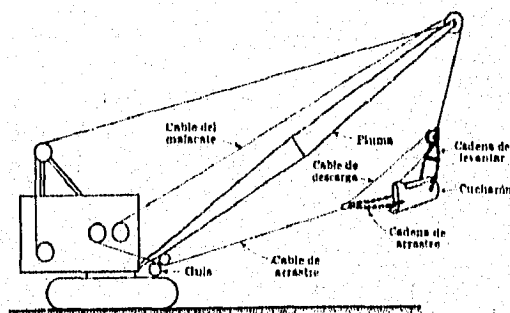


Fig. IV.11 Partes básicas de una draga.



#### *Dragas ambulantes.*

Las dragas ambulantes tienen varias ventajas en comparación con las del tipo de oruga, entre las que se incluyen su gran tamaño, plumas largas y los correspondientes amplios rangos de trabajo, diseño estructural sencillo, maniobrabilidad simplificada y baja presión en el suelo debajo de las bases. Algunas veces se utilizan plumas que exceden los 70 metros de longitud.

#### CLAMSHELLS.

Las clamshells (o cucharón de valvas de almeja), se utilizan principalmente para manejar materiales sueltos tales como la arena, grava, piedra triturada, carbón, etc., y para sacar materiales de los encofrados, cimentaciones para diques y muelles, pozos de visita en alcantarillas, zanjas con ataguías, etc. Son especialmente adecuados para levantar en dirección vertical de un sitio a otro, por ejemplo, en la carga de tolvas y silos. Los límites de movimiento vertical pueden ser relativamente amplios cuando se usan con largas plumas de grúa.

#### RETROEXCAVADORAS.

Este término se aplica a una máquina excavadora del grupo de las palas mecánicas. Se le conoce con diferentes nombres, tales como excavadora de pala, retroexcavador y pala retroexcavadora. Las retroexcavadoras frecuentemente están equipadas con una pluma en forma de cuello de ganso para aumentar la profundidad de excavación de la máquina. En la Fig. Nº IV.12 se ilustra una retroexcavadora, mostrando su curva de excavación.

Las retroexcavadoras se utilizan principalmente para excavar debajo de la superficie natural del terreno sobre la cual descansa la máquina. Están adaptadas para la excavación de trincheras, pozos, sótanos y trabajos generales de excavaciones escalonadas, en donde se requiera un control preciso de las profundidades. A causa de su rigidez, son superiores a las dragas cuando operan en espacios pequeños y para cargar camiones. Debido al esfuerzo directo ejercido sobre el cucharón, las retroexcavadoras pueden propiciar mayores presiones con los dientes que las palas.

En algunos aspectos, las retroexcavadoras son mejores que las zanjadoras de ruedas o de canjilones, especialmente en la excavación de trincheras en donde se permite que los bancos establezcan sus taludes naturales y en donde no se amontonará el material excavado a lo largo de la trinchera.

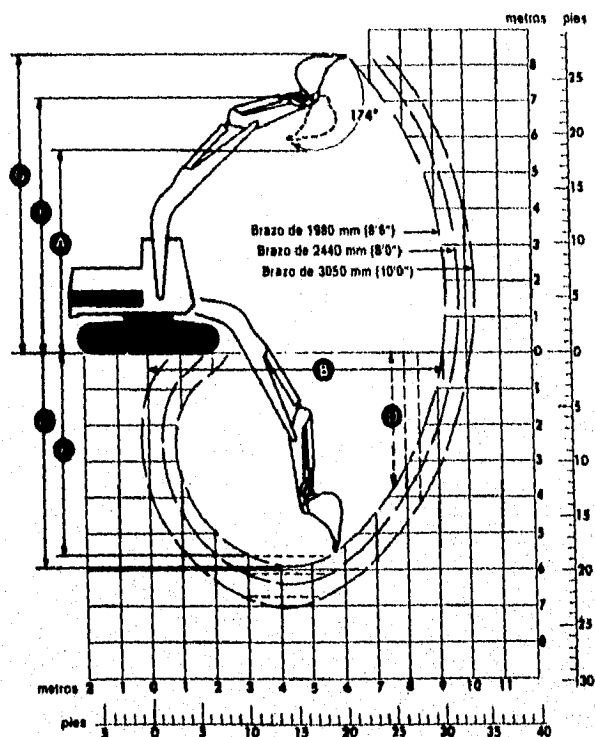


Fig. IV.12 Retroexcavadora mostrando su curva de excavación.

*Partes básicas de una retroexcavadora.*

Las partes básicas de una retroexcavadora son: cucharón (que varía su capacidad de 2.3 m<sup>3</sup> a 5.16 m<sup>3</sup>), pluma (de 5,485 mm a 3,660 mm de alcance), cabina, montura.

*Producción de las retroexcavadoras.*

Cuando se utiliza esta máquina para excavar a profundidades moderadas, su rendimiento puede aproximarse al de una pala mecánica de tamaño comparable, excavando en la misma clase de material. Sin embargo, a medida que aumenta la profundidad, disminuirá considerablemente su producción. Se obtendrá la mayor producción cuando se excave cerca de la máquina, debido al reducido tiempo del ciclo, y a que el material cae más fácilmente en el cucharón cuando se jala hacia arriba, cerca de la máquina.

**IV.3 COSTO POR UNIDAD DE TIEMPO DE LA MAQUINARIA EMPLEADA EN TRABAJOS DE CONSTRUCCION.**

VIDA UTIL DE LA MAQUINARIA.

Vida útil de una maquinaria es el lapso durante el cual el equipo está en condiciones de realizar trabajo, sin que los gastos de su posición excedan los rendimientos económicos obtenidos por el mismo, por mínimos que éstos sean.

La vida útil de una maquinaria depende de múltiples y complejos factores, que pueden ser: fallas de fabricación, falta de protección contra los agentes atmosféricos, desgastes excesivos debidos a uso anormal, vibraciones y fricción de sus partes móviles, manejo de diferentes operadores e irresponsabilidad de los mismos, descuidos técnicos, etc.

VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO.

Se entiende por vida económica de una maquinaria, el período durante el cual puede ésta operar en forma eficiente, realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando la máquina sea correctamente conservada y mantenida.

A medida que aumenta la vida y el uso de la máquina, la productividad de la misma, tiende a disminuir y sus costos de operación van en constante aumento como consecuencia de los gastos cada vez mayores de conservación y mantenimiento; así como por averías cada vez más frecuentes que sufre, mismas que van aumentando sus tiempos muertos e improductivos, reduciendo por tanto su "disponibilidad", llegando incluso a afectar la productividad de otras máquinas que se encuentran abasteciendo a la primera, o trabajando conjuntamente con ella en la ejecución de cierto trabajo.

Después de cierto período cuando los costos por hora de operación de la misma son cada vez mayores que el promedio de costos obtenidos

durante sus operaciones anteriores, la máquina habrá llegado al fin de su período de vida económica, a partir del cual su operación resultará antieconómica.

Al finalizar el período de vida económica de una máquina solamente podrán presentarse cualquiera de los tres casos alternos siguientes:

- a) Que por su patente estado de deterioro, la máquina indudablemente deba ser definitivamente desechada, debiéndose vender para obtener algún rescate por la misma, ya que, sea cual fuere su estado de deterioro, siempre tendrá un valor de rescate, por ínfimo que éste pueda ser.
- b) Que por el esmero puesto en su cuidado y operación, la máquina se encuentre en condiciones aceptables y capaz de continuar trabajando, aunque sujeta a ciertas limitaciones, especialmente en lo que respecta a su eficiencia, potencia y por ende, productividad y operación económica.
- c) Que por razones de orden presupuestal o financiero, el poseedor de la máquina, independientemente del estado de la misma, se encuentra en imposibilidad de sustituirla, por lo que aún a costa de sus utilidades, se ve en la necesidad de continuar empleando la máquina "obsoleta" en las operaciones de construcción.

#### VALOR DE RESCATE.

Se ha llamado valor de adquisición de una máquina, a su precio promedio actual en el mercado, pagado de contado.

Cuando el valor de adquisición de la máquina incluye el valor de las llantas y otros accesorios de desgaste rápido, estos valores deberán ser descontados del valor de adquisición original.

Se entiende por valor de rescate de una máquina el valor comercial que tiene la misma al final de su vida económica.

Toda máquina usada, aún en el caso de que sólo amerite considerarse como chatarra, tiene siempre un cierto valor de rescate. Se acostumbra considerar el valor de rescate, como un porcentaje del valor de adquisición de la máquina, que puede variar entre 5 % y 20 %.

#### COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA.

El costo horario por equipo, es el que se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los conceptos de trabajo, conforme a lo estipulado en las especificaciones y en el contrato. Se integra mediante los siguientes cargos:

- I. Cargos fijos.
- II. Cargos por consumo.
- III. Cargos por operación.

I. CARGOS FIJOS.

Son los que se derivan de los correspondientes al:

- I.1 Cargo por depreciación.
- I.2 Cargo por inversión.
- I.3 Cargo por seguros.
- I.4 Cargo por mantenimiento mayor y menor.
- I.5 Cargo por almacenaje.

I.1 *Cargos por depreciación.*

Es el que resulta por la disminución en el valor original de la maquinaria, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica. Existen muchas formas para valorar este concepto, pero el más empleado es el sistema lineal, es decir, que la maquinaria se deprecia la misma cantidad por unidad de tiempo.

Se representa por la fórmula:

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

En donde:

- D: depreciación por hora efectiva de trabajo.
- Va: valor de adquisición o valor inicial de la máquina descontando el valor de las llantas.
- Ve: vida económica de la máquina expresada en horas de trabajo.
- Vr: valor de rescate de la máquina; puede variar de 5 % a 20 %.

En la actualidad, en el medio de la construcción, la legislación fiscal considera que la depreciación total del equipo de construcción se completa en un período de 5 años, lo cual significa una depreciación anual del 20 % del costo de adquisición de la máquina, siguiendo el criterio de depreciación lineal.

I.2 *Cargos por inversión.*

Podemos decir que el "cargo por inversión", es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en maquinaria.

Se representa por la ecuación:

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i$$

En donde:

- I: cargo por inversión por hora efectiva de trabajo.  
 Va: valor de adquisición o valor inicial de la máquina descontando el valor de las llantas.  
 Vr: valor de rescate de la máquina; puede variar de 5 % a 20 %.

$$\frac{Va + Vr}{2} : \text{valor medio de la máquina durante su vida económica.}$$

- Ha: número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año.  
 i: tasa de interés actual (93 %).

### 1.3 Cargos por seguros.

Se entiende como "cargo por seguros", el necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida económica y por accidentes que sufra.

Este cargo está expresado por:

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s$$

En donde:

- S: cargo por seguros por hora efectiva de trabajo.  
 Va: valor de adquisición o valor inicial de la máquina descontando el valor de las llantas.  
 Vr: valor de rescate de la máquina; puede variar de 5 % a 20 %.

$$\frac{Va + Vr}{2} : \text{valor medio de la máquina durante su vida económica.}$$

Ha: número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año.  
 s: prima anual promedio, expresada en por ciento del valor de la máquina (varía entre 3 % y 6 %).

#### I.4 Cargos por mantenimiento mayor y menor.

Son los originados por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica. Se divide en mayor y menor. En el mantenimiento mayor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar reparaciones a la maquinaria en talleres especializados, o aquellas que puedan realizarse en el campo, empleando personal especialista, y que requieran retirar la maquinaria de los frentes de trabajo por un tiempo considerable. En el mantenimiento menor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar los ajustes rutinarios, reparaciones y cambios de repuestos que se efectúan en las propias obras.

Se representa por la fórmula:

$$M = Q.D$$

En donde:

- M: cargo por mantenimiento mayor y menor por hora efectiva de trabajo.  
 Q: representa un coeficiente que incluye tanto el mantenimiento mayor como el menor. Se calculará con base en experiencias estadísticas; varía para cada tipo de máquina y las distintas características de trabajo (varía de 0.5 a 1.0).  
 D: depreciación por hora efectiva de trabajo.

#### I.5 Cargos por almacenaje.

Estos cargos están representados por la fórmula:

$$A = K.D$$

En donde:

- A: cargo por almacenaje por hora efectiva de trabajo. El cargo derivado de las erogaciones para cubrir la guarda y vigilancia de la maquinaria durante los periodos de su vida económica

considerados como inactivos; incluye también, los gastos que se realizan por mantenimiento de las bodegas o patios de guarda y la vigilancia necesaria para la maquinaria.

- K: coeficiente que está en función de las dimensiones de los mismos equipos, de los salarios del personal de vigilancia y del tiempo considerado. Varía del 5 % al 10 %.
- D: depreciación por hora efectiva de trabajo.

#### II. CARGOS POR CONSUMOS.

Las máquinas empleadas en la construcción de las obras, generalmente son accionadas por motores de combustión interna, bien sean de gasolina o diesel. Para que las máquinas puedan operar, se requiere de un constante abastecimiento de los combustibles y lubricantes consumidos por las mismas. Cabe mencionar que existe un coeficiente llamado "factor de operación", el cual varía entre 50 % y 90 % con respecto a la potencia nominal máxima o intermitente.

Los cargos por consumos son los que se derivan de las erogaciones que resulten por el uso de:

- II.1 Combustibles.
- II.2 Otras fuentes de energía.
- II.3 Lubricantes.
- II.4 Llantas.
- II.5 Piezas especiales de desgaste rápido.

##### II.1 Cargo por consumo de combustibles.

Es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan al desarrollar trabajo.

Está representado por la ecuación:

$$E = e P_c$$

En donde:

- E: cargo por consumo de combustible, por hora efectiva de trabajo.
- e: representa la cantidad de combustible necesaria, por hora efectiva de trabajo, para alimentar los motores de las máquinas a fin de que desarrollen su trabajo dentro de las condiciones medias de operación de las mismas. Se determina en función de la potencia del motor, del factor de operación de la máquina y de un coeficiente determinado por la experiencia, que variará de acuerdo con el combustible que se utilice.



Pe: precio del combustible que consume la máquina.

$$\begin{aligned} e &= \text{Motor diesel: } 0.20 \text{ litros por H.P. op/hora} \\ e &= \text{Motor de gasolina: } 0.24 \text{ litros por H.P. op/hora} \end{aligned}$$

Así por ejemplo, una máquina con motor diesel de 100 H.P., cuyo factor de operación sea 0.70 (promedio), tendrá un consumo de combustible de:

$$e = 0.20 \text{ litros} \times 100 \text{ H.P.} \times 0.70 = 14.0 \text{ litros/hora}$$

## II.2 Cargo por consumo de otras fuentes de energía.

Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos de energía eléctrica o de energéticos diferentes de los combustibles señalados en el punto anterior, y representa el costo que tenga la energía consumida en la unidad de tiempo considerada.

La ecuación fundamental que nos ayuda a determinar el costo de estos consumos es:

$$Ec = N \times Em \times Pe$$

En donde:

Ec: energía consumida.  
 N: eficiencia del motor eléctrico.  
 Em: energía mecánica utilizable.  
 Pe: precio de la unidad de energía eléctrica suministrada.

Para obtener el consumo horario de energía de un motor eléctrico en una hora de operación, utilizaremos la fórmula:

$$Ec = 0.653 \text{ H.P.} \times Pe$$

En donde:

Ec: energía eléctrica consumida en kWh.  
 H.P.: potencia nominal del motor.  
 Pe: precio de kilowatt-hora puesto en la máquina.

### II.3 Cargo por consumo de lubricantes.

Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceites; incluye las erogaciones necesarias para suministrarlos en la máquina.

Este cargo está representado por:

$$L = a P_l$$

En donde:

- L: cargo por consumo de lubricantes por hora efectiva de trabajo.  
 a: cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo, de acuerdo con las condiciones medias de operación.  
 P<sub>l</sub>: precio de los lubricantes (aceites) que consumen las máquinas.

Los consumos de aceite, incluyendo los cambios periódicos del mismo, se pueden determinar a partir de las siguientes fórmulas obtenidas por medio de observaciones estadísticas.

Para máquinas con potencia de placa igual o menor de 100 H.P.

$$a = \frac{c}{t} + 0.0030 \times \text{H.P. op.}$$

Para máquinas con potencia de placa mayor de 100 H.P.

$$a = \frac{c}{t} + 0.0035 \times \text{H.P. op.}$$

En donde:

- a: cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo, en litros.  
 c: capacidad del carter en litros.  
 t: número de horas transcurridas entre dos cambios de aceite (generalmente t = 100 horas. Cuando abunda el polvo, t = 70 horas).  
 H.P. op.: potencia de operación (potencia de placa del motor por el factor de operación).

#### II.4 Cargo por consumo de llantas.

Las llantas del equipo de construcción, al igual que el propio equipo, sufren demérito derivado del uso de las mismas por lo que es necesario, además de repararlas y renovarlas periódicamente, reemplazarlas cuando han llegado al fin de período de su vida económica.

La vida económica de las llantas varía en función de las condiciones de uso a que sean sometidas, del cuidado y mantenimiento que se les imparta, de las cargas a que operen y de las condiciones de las superficies de rodamiento de los caminos en que trabajen.

Este cargo está representado por:

$$LL = \frac{V_{ll}}{H_v}$$

En donde:

- LL: representa el cargo por consumo de llantas, por hora efectiva de trabajo.  
 V<sub>ll</sub>: valor de adquisición de las llantas.  
 H<sub>v</sub>: representa las horas de vida económica de las llantas tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas. Se determina de acuerdo a la experiencia, considerando los factores siguientes: velocidades máximas de trabajo, condiciones relativas al camino en que transitan, tales como pendientes, curvaturas, rodamiento, posición en la máquina, cargas que soportan y climas en que se operan.

En base a lo anteriormente expuesto, se adjunta la tabla N° IV.3 en la que se consignan tabularmente los valores de los diversos factores (tabla N° IV.2), aplicados para cada tipo de maquinaria de construcción, así como la vida económica calculada para las llantas de la misma.

En el subrenglón superior correspondiente a cada tipo de maquinaria, se consignan los valores correspondientes a condiciones normales medias, en tanto que el subrenglón inferior, se consignan los valores correspondientes a condiciones adversas. Las vidas económicas se obtuvieron multiplicando la vida óptima de las llantas, considerada del orden de 5,000 horas.

## FACTORES PARA DETERMINAR LA VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS

CONDICIONES:	FACTOR:
<b>1. DE MANTENIMIENTO:</b>	
Excelentes	1.00
Medias	0.90
Deficientes	0.70
<b>2. VELOCIDAD DE TRANSITO (Máxima):</b>	
16 km por hora	1.00
32 km por hora	0.80
48 km por hora	0.60
<b>3. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO:</b>	
Tierra suave sin roca	1.00
Tierra suave incluyendo roca	0.90
Caminos bien conservados con superficie de grava compactada	0.70
Caminos mal conservados con superficie de grava compactada	0.70
<b>4. POSICION DE LAS LLANTAS:</b>	
En los ejes traseros	1.00
En los ejes delanteros	0.90
En el eje de tracción	
vehículos de descarga trasera	0.80
vehículos de descarga de fondo	0.70
motoescrapas y similares	0.60
<b>5. CARGAS DE OPERACION:</b>	
Dentro del límite especificado por los fabricantes	1.00
Con 20 % de sobrecarga	0.80
Con 40 % de sobrecarga	0.50
<b>6. DENSIDAD Y GRADO DE CURVAS EN EL CAMINO:</b>	
No existen	1.00
Condiciones medias	0.90
Condiciones severas	0.80
<b>7. PENDIENTES DE LOS CAMINOS:</b>	
(Aplicables a las llantas del eje tractor)	
A nivel	1.00
5 % como máximo	0.90
10 % como máximo	0.80
15 % como máximo	0.70
<b>8. OTRAS CONDICIONES DIVERSAS:</b>	
Inexistentes	1.00
Medias	0.90
Adversas	0.80

TABLA IV.2 Factores para determinar la vida económica de las llantas.

Así por ejemplo, las horas de vida económica de las llantas de un camión pesado de acarreo de terracería, para las condiciones normales, es el producto de:

$$Hv = 1.0 \times 0.90 \times 0.80 \times 0.95 \times 1.0 \times 0.85 \times 1.0 = 58.14 \% \times 5,000 \text{ horas.}$$

Hv = 2,900 horas, valor que está registrado en la última columna de la tabla N° IV.3.

CONDICION	1	2	3	4	5	6-7	8	FACTOR TOTAL	VIDA ECONOMICA
CAMIONES DE CARRETERA	1.0 0.9	0.90 0.90	0.90 0.80	0.95 0.95	1.0 1.0	0.90 0.70	1.0 0.9	69.26 38.783	3463 1940
CAMIONES PESADOS DE TERRACERRIAS	1.0 0.9	0.90 0.90	0.80 0.70	0.95 0.95	1.0 1.0	0.85 0.70	1.0 0.9	58.40 33.94	2900 1697
ESCREPAS Y MOTOESCREPAS	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.70	0.75 0.75	1.0 1.0	0.85 0.70	1.0 1.0	51.0 33.07	2550 1650
MOTO CONFORMADORAS	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.80	0.90 0.90	1.0 1.0	0.85 0.70	1.0 1.0	61.20 45.36	3060 2270
PALAS CARGADORAS	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.80	0.90 0.90	1.0 1.0	0.85 0.85	1.0 0.9	61.20 49.57	3060 2480
TRACTORES	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.80	0.80 0.80	1.0 1.0	0.85 0.70	1.0 0.9	54.40 36.288	2720 1815
APISONADORAS	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.80	1.00 1.00	1.0 1.0	0.85 0.85	1.0 1.0	68.0 61.2	3400 3060

**Tabla IV.3 Factores de conservación de las llantas del equipo de construcción y vida económica de las mismas.**

### II.5 Consumos por piezas de desgaste rápido.

Finalmente, el último cargo por consumos, es el relativo a piezas sujetas a continuas fuerzas abrasivas, a variaciones súbitas de presión, etc., y cuya vida económica es menor al resto del equipo. Se calcula mediante la fórmula:

$$Pe = \frac{Vp}{Hr}$$

En donde:

- Pe: costo por piezas de desgaste rápido, por hora de operación del equipo.  
 Vp: valor de adquisición de piezas especiales de desgaste rápido.  
 Hr: horas de vida económica de las piezas especiales de desgaste rápido.

### III. CARGOS POR OPERACION.

Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto del pago de salario al personal encargado de la operación de la máquina, por hora efectiva de la misma. Este cargo está representado por:

$$O = \frac{St}{H}$$

- O: cargo por operación del equipo por hora efectiva de trabajo.  
 St: representa los salarios por turno del personal necesario para operar la máquina. Los salarios deberán comprender: salario base, cuotas patronales por seguro social, impuesto sobre remuneraciones pagadas, días festivos, vacaciones y aguinaldo, o sea el salario real de este personal.  
 H: representa las horas efectivas de trabajo que se consideren para la máquina, dentro del turno.

### CARGOS POR TRANSPORTE.

En términos generales, el transporte de la maquinaria se considera como cargo indirecto, pero cuando sea conveniente a juicio del constructor, podrá tomarse en cuenta dentro de los cargos directos o como un concepto de trabajo específico.

EL IVA EN LOS COSTOS DEL EQUIPO.

El cargo por IVA no deberá incluirse en la estructuración de los costos horarios de equipo.

En el momento que el constructor adquiere un equipo, ya sea en el mercado nacional o de importación, debe pagar el IVA correspondiente al proveedor.

CARGO UNITARIO POR MAQUINARIA.

Se expresa como el cociente del costo directo por hora máquina entre el rendimiento horario de dicha máquina.

Este cargo está representado por:

$$CM = \frac{HMD}{RM}$$

En donde:

CM: cargo unitario por maquinaria.

HMD: costo directo de hora-máquina.

RM: rendimiento horario, expresado en la unidad de que se trate.

Problema: Calcular el costo directo hora-máquina con los siguientes datos, de acuerdo a la figura N° IV.13.

**DATOS GENERALES**

Máquina _____	Traxcavo sobre neumáticos
Modelo _____	963
(Va) Precio de adquisición _____	N\$ 1,218,233.00
Equipo adicional neumáticos _____	
(V1) Precio de adquisición _____	N\$ 137,000.00
(Vr) Valor de rescate _____	10 %
(i) Tasa de interés _____	93 %
(s) Prima de seguros _____	6 %
(Ve) Vida económica _____	6 años
(Ha) Horas por año _____	2,000 hr
Motor diesel de _____	130 H.P.
Factor de operación _____	0.70
Potencia de operación _____	91 H.P.
(Q) Factor de mantenimiento _____	8 %
(K) Coeficiente de almacenaje _____	5 %
(c) Capacidad del carter _____	21 lts
(t) Cambios de aceite _____	100 hrs

Factor de salario	1.6122
Salario	N\$ 27.22
(Pc) Precio de diesel	N\$ 1.50
(IIV) Vida económica de llantas	3050 hrs
(Pi) Precio del lubricante	N\$12.00

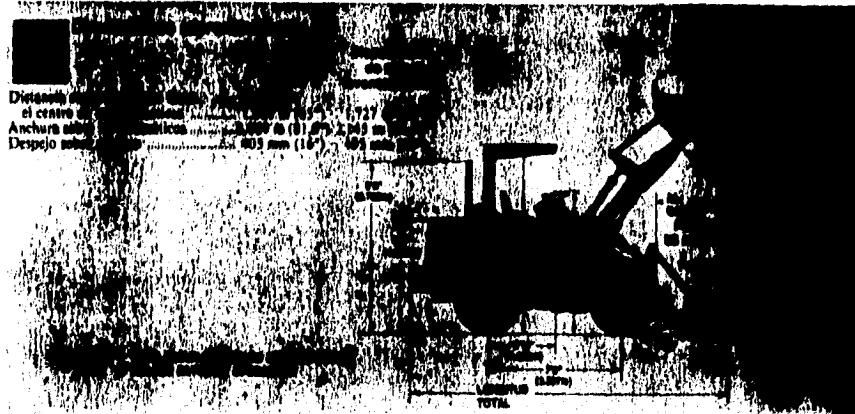


Fig. IV.13 Dimensiones aproximadas de un traxcavo montado sobre neumáticos.

#### I. CARGOS FIJOS.

##### I.1 Depreciación

$$V_a = \text{N}\$ 1,218,233.00 - \text{N}\$ 137,000.00 = \text{N}\$ 1,081,233.00$$

$$V_r = \text{N}\$ 1,218,233.00 \times 10\% = \text{N}\$ 121,823.30$$

$$V_e = 6 \text{ años} \times 2,000 \text{ hr} = 12,000 \text{ hr}$$

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{\text{N}\$ 1,081,233.00 - \text{N}\$ 121,823.30}{12,000 \text{ hr}} \quad D = \text{N}\$ 80.00/\text{hr}$$



### I.2 Inversión

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} \quad i = \frac{N\$1,081,233.00 + N\$121,823.30}{2 \times 2,000 \text{ hr}} \times 9\% \quad I = N\$279.71/\text{hr}$$

### I.3 Seguros

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} \quad s = \frac{N\$1,081,233.00 + N\$121,823.30}{2 \times 2,000 \text{ hr}} \times 6\% \quad S = N\$18.05/\text{hr}$$

### I.4 Mantenimiento

$$M = QD = 8\% \times N\$ 80.00/\text{hr} \quad M = N\$ 6.40/\text{hr}$$

### I.5 Almacenaie

$$A = KD = 5\% \times N\$ 80.00/\text{hr} \quad A = N\$ 4.00/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS FIJOS = N\$388.16/hr

## II. CARGOS POR CONSUMOS

### II.1 Combustible

$$e = 0.20 \text{ litros por H.P.op/hr} = 0.20 \text{ lts} \times 130 \text{ H.P.} \times 0.70 = 18.2 \text{ lts/hr}$$

$$E = ePc = 18.2 \text{ lts/hr} \times N\$ 1.50/\text{lts} \quad E = N\$ 27.30/\text{hr}$$

### II.2 Lubricantes

Como la máquina es mayor a 100 H.P.  
y el H.P. op. = 130 H.P. x 0.70 = 91 H.P.

$$a = \frac{c}{t} + 0.0035 \times \text{H.P. op.} = \frac{21 \text{ lts}}{100 \text{ hrs}} + 0.0035 \times 91 \text{ H.P.} = 0.5285 \text{ lts/hr}$$

$$L = aPL = 0.5285 \text{ lts/hr} \times \text{N\$ } 12.00/\text{lts}$$

$$L = \text{N\$ } 6.30/\text{hr}$$

### II.3 Llantas

$$LL = \frac{Vll}{Hv} = \frac{\text{N\$ } 137,000.00}{3,050 \text{ hrs}}$$

$$LL = \text{N\$ } 45.00/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS POR CONSUMO = N\$ 78.6/hr

### III. CARGOS DE OPERACION

$$\text{Factor de salario real} = 1.6122$$

$$\text{SR} = \text{N\$ } 27.22 \times 1.6122 = \text{N\$ } 43.88$$

(H) Horas efectivas de trabajo  
para la máquina: 7 hrs

$$O = \frac{St}{H} = \frac{\text{N\$ } 43.88}{7 \text{ hr}}$$

$$O = \text{N\$ } 6.27/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS POR OPERACION = N\$ 6.27/hr

### COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD):

$$\text{HMD} = \text{N\$ } 388.16/\text{hr} + \text{N\$ } 78.6/\text{hr} + \text{N\$ } 6.27/\text{hr}$$

HMD = N\$ 473.03/hr

Problema: Calcular el costo directo hora-máquina con los siguientes datos, de acuerdo a la figura N° IV. 14.

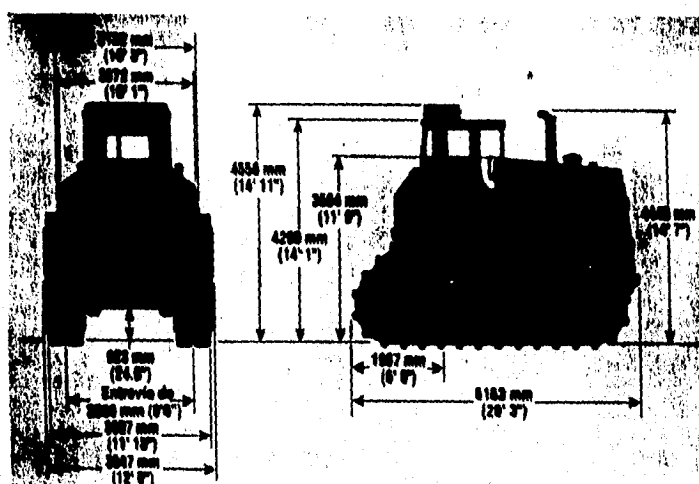


Fig. IV.14 Dimensiones aproximadas de un tractor de cadenas.

#### DATOS GENERALES

Máquina	Tractor de cadenas
Modelo	D11N
(Va) Precio de adquisición	N\$7,426,003.20
Equipo adicional ripper (1 diente)	
Precio de adquisición	N\$ 557,696.00
(Vr) Valor de rescate	10 %
(i) Tasa de interés	93 %
(s) Prima de seguros	6 %
(Ve) Vida económica	6 años
(Ha) Horas por año	2,000 hr
Motor diesel de	317 H.P.
Factor de operación	0.70
Potencia de operación	572 H.P.
(Q) Factor de mantenimiento	8 %

(K) Coeficiente de almacenaje	5 %
(c) Capacidad del carter	106 lts
(t) Cambios de aceite	100 hrs
Factor de salario	1.6122
Salario	N\$27.22
(Pc) Precio del diesel	N\$1.50/lt
(Pi) Precio de lubricante	N\$12.00/lt

### I. CARGOS FIJOS

#### I.1 Depreciación

$$\begin{aligned} Va &= N\$7,426,003.20 - N\$557,696.00 = N\$6,868,307.20 \\ Vr &= N\$7,426,003.20 \times 10\% = N\$742,600.30 \\ Ve &= 6 \text{ años} \times 2,000 \text{ hr} = 12,000 \text{ hr} \end{aligned}$$

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{N\$6,868,307.20 - N\$742,600.30}{12,000 \text{ hr}} \quad D = N\$510.50/\text{hr}$$

#### I.2 Inversión

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} \quad i = \frac{N\$6,868,307.20 + N\$742,600.30}{2 \times 2,000 \text{ hr}} \times 93\% \quad I = N\$1769.50/\text{hr}$$

#### I.3 Seguros

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} \quad s = \frac{N\$6,868,307.20 + N\$742,600.30}{2 \times 2,000 \text{ hr}} \times 6\% \quad S = N\$114.20/\text{hr}$$

#### I.4 Mantenimiento

$$M = QD = 8\% \times N\$510.50/\text{hr} \quad M = N\$40.80/\text{hr}$$

1.5 Almacenaje

$$A = KD = 5\% \times N\$510.50/\text{hr}$$

$$A = N\$25.50/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS FIJOS = N\$2460.50/hr
--------------------------------------

## II. CARGOS POR CONSUMOS

II.1 Combustible

$$e = 0.20 \text{ litros por H.P.op/hr} = 0.20 \text{ lts} \times 817 \text{ H.P.} \times 0.70 = 114.40 \text{ lts/hr}$$

$$E = ePc = 114.40 \text{ lts/hr} \times N\$ 1.50/\text{lts}$$

$$E = N\$171.60/\text{hr}$$

II.2 Lubricante

Como la máquina es mayor a 100 H.P.

y el H.P. op. = 817 H.P.  $\times$  0.70 = 572 H.P.

$$a = \frac{c}{t} + 0.0035 \times \text{H.P.op.} = \frac{106 \text{ lts}}{100 \text{ hrs}} + 0.0035 \times 572 \text{ H.P.} = 3.062 \text{ lts/hr}$$

$$L = aPL = 3.062 \text{ lts/hr} \times N\$ 12.00/\text{lt}$$

$$L = N\$36.70/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS POR CONSUMO = N\$208.30/hr
---

## III. CARGOS DE OPERACION

Factor de salario real = 1.6122  
 SR = N\$ 27.22 x 1.6122 = N\$ 43.88

(H) Horas efectivas de trabajo  
 para la máquina: 7 hrs

$$O = \frac{St}{H} = \frac{N\$ 43.88}{7 \text{ hr}}$$

$$O = N\$ 6.27/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS POR OPERACION = N\$ 6.27/hr

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD):

$$HMD = N\$2460.50/\text{hr} + N\$208.30/\text{hr} + N\$ 6.27/\text{hr}$$

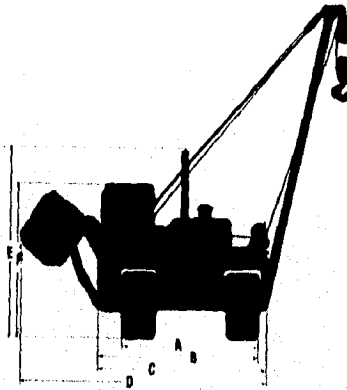
HMD = N\$2675.10/hr

Problema: Calcular el costo directo hora-máquina con los siguientes datos, de acuerdo a la figura N° IV.15.

## DATOS GENERALES

Máquina	Tiendetubos
Modelo	572G
(Va) Precio de adquisición	N\$2,268,646.40
(Vr) Valor de rescate	10 %
(i) Tasa de interés	93 %
(s) Prima de seguros	6 %
(Ve) Vida económica	6 años
(Ha) Horas por año	2,000 hrs
Motor diesel de	200 H.P.
Factor de operación	0.70
Potencia de operación	140 H.P.
(Q) Factor de mantenimiento	8 %
(K) Coeficiente de almacenaje	5 %
(c) Capacidad del carter	27.4 lts
(t) Cambios de aceite	100 hrs

Factor de salario .....	1.6122
Salario .....	N\$27.22
(P <sub>c</sub> ) Precio de diesel .....	N\$ 1.50/lt
(P <sub>l</sub> ) Precio de lubricante .....	N\$12.00/lt



#### Dimensiones

(A) Ancho mínimo de embarque (sin los bastidores laterales) .....	2950 mm (9'8")
(B) Ancho de embarque (sin el bastidor izquierdo) .....	3380 mm (11'1")
(C) Ancho con los contrapesos retraídos .....	3560 mm (11'8")
(D) Ancho con los contrapesos extendidos .....	5080 mm (16'7")
(E) Altura sin la pluma .....	3350 mm (11'1")
(F) Altura hasta el tope de los contrapesos .....	2670 mm (8'7")
Longitud total .....	4930 mm (16'2")

Fig. IV.15 Dimensiones aproximadas de una máquina tiendetubos.

## I. CARGOS FIJOS.

### I.1 Depreciación

$$V_a = \text{N}\$2,268,646.40$$

$$V_r = \text{N}\$2,268,646.40 \times 10\% = \text{N}\$226,864.60$$

$$V_e = 6 \text{ años} \times 2,000 \text{ hr} = 12,000 \text{ hr}$$

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{N\$2,268,646.40 - N\$226,864.60}{12,000 \text{ hr}} \quad D = N\$170.15/\text{hr}$$

### I.2 Inversión

$$I = \frac{V_a + V_r}{2H_a} \quad i = \frac{N\$2,268,646.40 + N\$226,864.60}{2 \times 2,000 \text{ hr}} \times 9\% \quad I = N\$580.20/\text{hr}$$

### I.3 Seguros

$$S = \frac{V_a + V_r}{2H_a} \quad s = \frac{N\$2,268,646.40 + N\$226,864.60}{2 \times 2,000 \text{ hr}} \times 6\% \quad S = N\$17.40/\text{hr}$$

### I.4 Mantenimiento

$$M = QD = 8\% \times N\$170.15/\text{hr} \quad M = N\$13.60/\text{hr}$$

### I.5 Almacenaie

$$A = KD = 5\% \times N\$170.15/\text{hr} \quad A = N\$ 8.50/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS FIJOS = N\$809.85/hr

## II. CARGOS POR CONSUMOS

### II.1 Combustible

$$e = 0.20 \text{ litros por H.P.op/hr} = 0.20 \text{ lts} \times 200 \text{ H.P.} \times 0.70 = 28 \text{ lts/hr}$$

$$E = eP_c = 28 \text{ lts/hr} \times N\$ 1.50/\text{lt} \quad E = N\$42.00/\text{hr}$$



## II.2 Lubricantes

Como la máquina es mayor a 100 H.P.

y el H.P. op. = 200 H.P. x 0.70 = 140 H.P.

$$a = \frac{c}{t} + 0.0035 \times \text{H.P. op.} = \frac{27.4 \text{ lts}}{100 \text{ hrs}} + 0.0035 \times 140 \text{ H.P.} = 0.764 \text{ lts/hr}$$

$$L = aPl = 0.764 \text{ lts/hr} \times \text{N}\$12.00/\text{lt}$$

$$L = \text{N}\$ 9.20/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS POR CONSUMO = N\$51.20/hr
--

## III. CARGOS DE OPERACION

Factor de salario real = 1.6122

SR = N\$ 27.22 x 1.6122 = N\$ 43.88

(H) Horas efectivas de trabajo  
para la máquina: 7 hrs

$$O = \frac{St}{H} = \frac{\text{N}\$ 43.88}{7 \text{ hr}}$$

$$O = \text{N}\$ 6.27/\text{hr}$$

SUMA DE CARGOS POR OPERACION = N\$ 6.27/hr
--

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD):

$$\text{HMD} = \text{N}\$809.85/\text{hr} + \text{N}\$51.20/\text{hr} + \text{N}\$6.27/\text{hr}$$

HMD = N\$ 867.30/hr
---------------------

**CAPITULO V**

**MATERIALES DE CONSTRUCCION Y**

**DETERMINACION DE SUS COSTOS**

## MATERIALES DE CONSTRUCCION Y DETERMINACION DE SUS COSTOS

### **V.1 LAS ROCAS COMO MATERIALES NATURALES DE CONSTRUCCION; SUS PROPIEDADES, ENSAYOS Y UTILIZACION.**

Los materiales pétreos empleados en construcción se clasifican en naturales y artificiales.

Piedras naturales: son las que se extraen directamente de la naturaleza, no precisando para su empleo nada más que darles forma adecuada.

Piedras artificiales: se preparan con productos diversos en estado pulverulento o pastoso, para darles forma, y se endurecen por procesos fisicoquímicos.

#### PIEDRAS NATURALES.

Se hallan en la naturaleza formando masas considerables, denominadas rocas, las cuales están formadas por la integración de minerales o cuerpos de la misma composición química y forma cristalina. Las rocas pueden ser simples o compuestas, según estén constituidas por iguales minerales o distintos.

Los minerales más importantes que integran las rocas principalmente empleadas en construcción son: cuarzo, feldespato, turmalina, mica, piroxeno, diálaga, anfíbol, olivino, granate, cloritas, talco, calcita, magnesita, dolomía, limonita, pirita.

#### CLASIFICACION.

Se clasifican las rocas por su composición química, mineralógica, estructura, yacimiento y origen.

La generalmente empleada en construcción es la de origen geológico o modo de formación, que las clasifica en: rocas eruptivas o ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

#### *Rocas ígneas.*

Se han formado al enfriarse el magma fundido, habiéndose consolidado en el interior de la corteza terrestre las llamadas de profundidad o plutónicas; en el exterior, las efusivas o volcánicas, y a poca profundidad las filonéas.

Están compuestas de silicatos de potasio, sodio, aluminio, hierro, calcio y magnesio.

Las rocas eruptivas se denominan ácidas cuando contienen del 50 al 80 % de anhídrido silícico, tienen cuarzo libre, abundan el calcio, aluminio y sodio o potasio, escaseando el magnesio y el hierro. Son de colores claros, debidos a los silicatos aluminicos, y su densidad varía de 2.3 a 2.7.

Las rocas eruptivas básicas contienen del 40 al 50 % de sílice, careciendo el cuarzo libre. Contienen magnesio, hierro, escaseando o faltando el calcio, aluminio, sodio y potasio. Como los silicatos de hierro y magnesio, son de colores oscuros, negruzcos y más densas: de 2.7 a 3.2.

#### *Rocas sedimentarias.*

Las rocas sedimentarias se forman al depositarse los fragmentos de las rocas ígneas y metamórficas, por cristalización de substancias disueltas en el agua, acumulación de restos orgánicos o productos de las explosiones volcánicas.

Se presentan formando capas o estratos superpuestos, separados por superficies paralelas, representando cada estrato un período sedimentario, y cada plano, una interrupción del depósito o cambio de la naturaleza del sedimento.

La composición química depende de la naturaleza de las rocas que las han originado, no estando reguladas por leyes químicas, sino por el agente de transporte y la naturaleza del cemento que las aglomera.

Teniendo en cuenta cómo se han producido estos sedimentos, se clasifican: 1. Sedimentación mecánica. 2. Precipitación química. 3. Origen orgánico. 4. Origen volcánico.

#### *Rocas metamórficas.*

Estas rocas se han formado a expensas de las ígneas y sedimentarias, por transformaciones en su composición mineralógica y estructura, a causa de las grandes presiones, temperaturas elevadas de las capas profundas de la corteza terrestre y de las emanaciones gaseosas de los magmas. Como estas transformaciones o metamorfismos afectan lo mismo a las rocas ígneas que a las sedimentarias, existen rocas metamórficas de uno y otro origen.

La composición química y mineralógica es muy parecida a las rocas ígneas, por estar formadas principalmente por cuarzo y silicatos; pero, no obstante, posee minerales característicos como el talco, clorita, serpentina, mica, etc.

PROPIEDADES QUE DEBEN REUNIR LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCION.

- I. Ser homogéneas, compactas y de grano uniforme.
- II. Carecer de grietas, coqueras, nódulos, restos orgánicos, etc., lo que se aprecia fácilmente por el sonido claro al golpearlas con el martillo.
- III. Ser resistentes a las cargas que hayan de soportar, superior a 500 kg/cm<sup>2</sup> las de sedimentación y metamórficas.
- IV. No deberán alterarse por los agentes atmosféricos (humedad, agua, hielo, etc.), teniendo una pérdida de resistencia a la compresión menor del 10 %.
- V. Ser resistentes al fuego.
- VI. No ser absorbentes o permeables en proporción mayor del 4.5 % de su volumen.
- VII. Tener adherencia a los morteros.
- VIII. Dejarse labrar fácilmente.

ENSAYOS A LAS PIEDRAS NATURALES.

Las piedras que se envían a un laboratorio se desbastarán en forma de prismas rectangulares de 30 cm de lado, y altura igual al espesor del banco de que proceda, y si éste es de gran tamaño, se sacarán muestras a diferentes alturas, señalándose los lechos de cantera. Las probetas se obtienen cortándolas con el hilo o la sierra y desgastándoles por frotamiento, para no alterar su cohesión con la labra.

Ensayos físicos.

Examen óptico. Se aprecia a simple vista o con aparatos de ampliación; el color, estructura y fractura. Según como se hallen dispuestos los elementos que constituyen las piedras, se aprecian las siguientes estructuras: compacta, celular, cristalina, vítrea, fibrosa, laminar, oolítica, etc. Por el tamaño de sus granos cristalinos o amorfos se denominan:

Granos muy gruesos	_____	>	5.0	mm de diámetro
Granos gruesos	_____	5.0 a	2.5	" "
Granos medios	_____	2.5 a	1.0	" "
Granos finos	_____	1.0 a	0.5	" "
Granos muy finos	_____	0.5 a	0.2	" "

Por el aspecto de la fractura, la cual hace que ofrezcan mayor o menor dificultad para la labra, se clasifican en fractura plana, rugosa, ondulada, concoidea, cristalina, hojosa, etc. También se aprecia las cavidades o coqueras, haciéndose constar si hay muchas o pocas.

**Densidad.** Se define como el cociente del peso de un cuerpo por su volumen. Según como se aprecie este volumen, se obtendrá la densidad aparente cuando se considere el volumen de los poros, y densidad real cuando se excluye.

La densidad aparente se determina pesando probetas cúbicas desecadas a 50° hasta peso constante con una balanza sensible al centígramo, y el volumen se aprecia con un calibrador que aprecie la décima de milímetro.

**Porosidad.** La porosidad aparente se define como la relación del volumen de los huecos o poros abiertos de una piedra y el volumen total expresado en tanto por ciento de este último.

La porosidad absoluta es cuando se considera la totalidad de los poros abiertos y cerrados, y se determina hallando la relación entre la diferencia de las densidades real y aparente y la densidad real y multiplicada por 100.

$$P = \frac{V - V'}{V}$$

$$P = \frac{d_r - d_a}{d_r} \times 100$$

En donde:

P: porosidad aparente  
V: volumen aparente total  
V': volumen de la parte maciza

En donde:

P: porosidad absoluta  
d<sub>r</sub>: densidad real  
d<sub>a</sub>: densidad aparente

Se llama módulo de saturación a la relación del volumen de sus poros abiertos al volumen total de sus poros multiplicados por 100.

**Absorción de agua.** La absorción normal es la cantidad de agua absorbida hasta saturación por una piedra a presión y temperatura ambiente. Para ello se pesa desecada, P, y saturada, P', y se relaciona con la piedra seca:

$$A = \frac{P' - P}{P} \times 100$$

Capilaridad. Se define en las piedras como la propiedad de ascender el agua que está en contacto con sus caras. En las piedras homogéneas la elevación es proporcional al cuadrado de los tiempos, siendo la línea de separación, de la parte seca y mojada, horizontal.

Permeabilidad. Es la propiedad que tienen los cuerpos a dejarse atravesar por los fluidos. En las piedras el fluido generalmente es el agua, y se define como la cantidad de agua, en litros, que la atraviesan en una hora y a una presión dada.

Dureza. Se define como la resistencia que oponen los cuerpos, en virtud de la cohesión, a dejarse penetrar o rayar por otros. La escala de Mohs consta de 10 minerales, ordenados por dureza creciente:

- |              |                       |
|--------------|-----------------------|
| 1. Talco.    | 6. Feldespato ortosa. |
| 2. Yeso.     | 7. Cuarzo.            |
| 3. Calcita.  | 8. Topacio.           |
| 4. Fluorita. | 9. Corindón.          |
| 5. Apatito.  | 10. Diamante.         |

Cada uno de estos minerales raya al anterior y es rayado por el posterior. Para determinar la dureza, se pasa el cuerpo por los minerales, apreciándose cuál es el que raya y cuál es rayado.

En mineralogía se aprecia la dureza por los esclerómetros.

Resistencia al calor. Las probetas se calientan en un horno a elevadas temperaturas, que se aprecian mediante los conos de seger o por pirómetros, y después de enfriarlos ligeramente se introducen en agua fría, observando su aspecto; si se agrietan desprenden trozos o estallan, como el cuarzo. Se ensayan después sus resistencias mecánicas para compararlas con las que no sufrieron el efecto del calor.

Resistencia al frío. Heladicidad. El agua, al helarse, aumenta de volumen aproximadamente en un 10 %, y las piedras cuya cohesión no es capaz de resistir estas dilataciones producidas al helarse el agua contenida en los poros, se agrietan, desprenden escamas, se redondean las aristas y disminuyen las resistencias mecánicas.

Ensayos mecánicos.

Resistencia a la compresión. Este ensayo es quizá el más importante a realizar con una piedra natural, por ser a este esfuerzo como generalmente se hace trabajar a las piedras. Este esfuerzo está determinado por la fórmula:

$$R_c = \frac{P}{A}$$

En donde:

Rc: resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

P: carga (kg)

A: área (cm<sup>2</sup>)

Las dimensiones de las probetas varían desde 5 cm de arista para las rocas duras, 7 cm en las de dureza media y 10 cm las blandas. Se ensayan las probetas en estado natural, disecadas en estufa a 40-50 °C hasta peso constante. Las probetas se colocan entre los platillos de una prensa hidráulica, interponiendo una cartulina de 1 mm de espesor y seca, ejerciendo el esfuerzo perpendicularmente a los lechos de cantera, que deberán estar marcados. La forma de la rotura varía con la naturaleza de la piedra y forma de la probeta.

Resistencia a la flexión. Se practica este ensayo con las piedras naturales, con prismas de 16 x 4 x 4 cm, apoyados sobre 2 cuchillos distantes 10 cm y cargándolo en un punto medio. La resistencia a la flexión se determina por la siguiente fórmula:

$$R_f = \frac{3 \cdot p \cdot l}{2 \cdot a \cdot b^2} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Midiendo p en kg y l, a y b en cm.

La resistencia de las piedras naturales a la flexión es aproximadamente 1/10 de la resistencia a la compresión.

Resistencia a la tracción. Muy pocas veces se hace esta prueba, variando mucho la forma de las probetas según la máquina que se emplee, no estando normalizado en casi ningún país. La resistencia a la tracción de las piedras naturales varía entre 1/8 y 1/57 de la resistencia a la compresión, tomándose como término medio en las piedras usadas en construcción 1/28 de la resistencia a la compresión.

Resistencia a la cortadura. Se determina colocando una probeta de 4 x 4 x 16 cm, sobre dos apoyos metálicos a los que se sujetan fuertemente y ejerciendo una compresión con una prensa hidráulica mediante un taco metálico. La tensión de rotura a cortadura, si llamamos A al área de la sección plana y P a la fuerza que produce la rotura, viene dada por la fórmula:

$$R_c = \frac{P}{2 \cdot A} \quad \text{kg/cm}^2$$

Viene a ser 1/15 de la resistencia a la compresión.



Resistencia al desgaste. Por frotamiento se determina, sometiendo las probetas de 7.07 cm de aristas, previamente pesadas, a un frotamiento sobre una pista circular giratoria con interposición de una substancia abrasiva, arena silícea o limaduras de acero. Las probetas se cargan con 30 kg; o sea,  $0.6 \text{ kg/cm}^2$ , y pueden girar lentamente alrededor de un eje. Al cabo de un número determinado de vueltas que corresponde a un recorrido de 500 ó 1,000 m, se pesa y mide la disminución de altura. El resultado expresa el desgaste en  $\text{cm}^3$ , dividiendo la pérdida de peso por la densidad o también en gramos de pérdida por centímetro cuadrado de longitud recorrida.

Resistencia al choque. Este ensayo se hace sometiendo la probeta a una serie de golpes, dejando caer un peso generalmente de 1 ó 2 kilogramos sobre la probeta, desde alturas crecientes desde 1 cm, hasta que se produce la fractura. El resultado se expresa en  $\text{kg.m}$ , para lo cual se toma nota del número de golpes, altura y peso que produce la rotura.

Adherencia a los morteros. Con la balanza del Dr. Michaelis se practica preparando una probeta en forma de semiocho, colocándola en un molde y rellenando la otra mitad con el mortero a ensayar. Se deja endurecer el tiempo que se crea conveniente, y rompe con las probetas de cemento.

Resistencia a los agentes atmosféricos. Las probetas en forma de placas de  $7 \times 5 \times 3 \text{ cm}$ , se someten en atmósfera húmeda a una corriente de gases, oxígeno y anhídrido carbónico y sulfuroso a una presión y temperatura constante. Se pesan antes y después del tratamiento, viendo la pérdida de peso y comparándola con los efectos que se obtienen, repitiendo en iguales condiciones con una probeta de mármol de Carrara.

#### UTILIZACION DE LAS ROCAS.

Las rocas se pueden emplear de muchas maneras en el campo de la construcción, algunas de ellas son:

Granito: se puede emplear para la fabricación de adoquines y losas.

Diorita: por su dureza se puede emplear en pavimentación y producción de balasto.

Aplitas: se usan en ornamentación las de grano muy fino, y para firmes de carreteras por su dureza, fácil extracción y trituración.

Pórfido cuarzoso y felsita: Es una de las rocas más duras, alcanzando una resistencia a la compresión de  $2,900$  a  $3,500 \text{ kg/cm}^2$ ; se divide fácilmente en cubos, por lo que se utiliza para pavimentación de calles y balasto para ferrocarriles y carreteras.

Riolitas: se emplean para fabricar ladrillos ligeros, aislantes térmicos y para pulir.

Basalto: tiene una resistencia a la compresión de 1,000 a 5,800 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se puede emplear como agregado grueso para fabricar concreto estructural de gran resistencia.

Incoherentes o disgregadas: los tamaños mayores se emplean en mampostería, concretos y para balasto en los ferrocarriles y carreteras.

Arenas: en construcción las arenas desempeñan un papel muy importante, por fabricarse con ellas los morteros y concretos.

La grauvaca (arenisca): se emplea para la fabricación de adoquines, balasto, grava, etc., también pueden emplearse para mampostería.

Gneis: su resistencia a la compresión es de 1,500 a 2,300 kg/cm<sup>2</sup>. Se emplea mucho en pavimentación por su asperosidad y facilidad de poderse dividir en planos o lajas.

Cuarcitas: son de colores claros, amarillentos, grises, rojizas, muy compactas, superficie brillante, estructura granuda y a veces porfídica. Se emplean, por su dureza, para grava y balasto.

Mármoles: Por el uso a que se destinan se clasifican los mármoles en: estatuarios, los de color uniforme, compactos, translúcidos y de fácil labra; arquitectónicos, los resistentes y de bellas coloraciones, empleados para chapeados, pavimentos y decoración.

Como puede observarse, existe una gran gama de usos, que mencionarlos todos resultaría un poco excesivo.

## V.2 LOS SUELOS.

### CLASIFICACION DE SUELOS BASADOS EN CRITERIOS DE GRANULOMETRIA.

Los límites de tamaño de las partículas que constituyen un suelo, ofrecen un criterio obvio para una clasificación descriptiva del mismo. Originalmente, el suelo se dividía únicamente en tres o cuatro fracciones debido a lo engorroso de los procedimientos disponibles de separación por tamaños. Posteriormente, con el advenimiento de la técnica del cribado, fue posible efectuar el trazo de curvas granulométricas, contando con agrupaciones de las partículas del suelo en mayor número de tamaños diferentes. Actualmente se pueden ampliar notablemente las curvas de los tamaños finos, gracias a la aplicación de técnicas de análisis de suspensión.

Algunas clasificaciones granulométricas de los suelos según sus tamaños, son los siguientes:

a) Clasificación Internacional.

Basada en otra desarrollada en Suecia.

Tamaño en mm				
2.0	0.2	0.02	0.002	0.0002
Arena gruesa	Arena fina	Limo	Limo	Ultra-Arcilla (coloides)

b) Clasificación M.I.T.

Fue propuesta por G. Gilboy y adoptada por el Massachusetts Institute of Technology.

Tamaño en mm								
2.0	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	0.0006	0.0002
Gruesa	Media	Fina	Grueso	Medio	Fino	Gruesa	Media	Fina (coloides)
ARENA			LIMO			ARCILLA		

c) La siguiente clasificación, utilizada a partir de 1936 en Alemania, está basada en una proposición original de Kopecky. (Ver tabla N° V.1.).

Abajo de 0.00002 mm las partículas constituyen disoluciones verdaderas y ya no se depositan.

MATERIAL	CARACTERISTICA	TAMAÑO (mm)
Piedra	-----	Mayor de 70 mm
Grava	Gruesa	30 a 70
	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
Arena	Gruesa	1 a 2
	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
Polvo	Grueso	0.05 a 0.1
	Fino	0.02 a 0.05
Limo	Grueso	0.006 a 0.02
	Fino	0.002 a 0.006
Arcilla	Gruesa	0.0006 a 0.002
	Fina	0.0002 a 0.0006
Ultra-Arcilla	-----	0.00002 a 0.0002

Tabla Nº V.1. Clasificación basada en una  
proposición original de Kopecky.

#### SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS.

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50 % de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Se describirán en primer lugar los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.

#### *Suelos gruesos.*

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo.

- a) Gravas y suelos en que predominen éstas. Símbolo genérico G (gravel).
- b) Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (Sand).

Las gravas y las arenas se separan con la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50 % de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla N° 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos.

1. Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW y SW.
2. Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poorly graded). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.
3. Material con cantidad apreciable de finos o plásticos. Símbolo M (del sueco mo y mjala). En combinación con los símbolos genéricos da lugar a los grupos GM y SM.
4. Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C (clay). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC y SC.

#### Suelos finos.

También en este caso el sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar a las siguientes divisiones.

- a) Limos inorgánicos, de símbolo genérico M (del sueco mo y mjala).
- b) Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C (clay).
- c) Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O (organic).

Cada uno de esos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si éste es menor de 50 %, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (low compressibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor de 50 %, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (high compressibility), teniéndose así los grupos MH, CH y OH.

#### UTILIZACION DE LOS SUELOS.

El suelo tiene una gama extensa en la cual puede ser empleado. Por el momento nos vamos a basar al empleo de las arcillas como material de construcción.

Las arcillas son el resultado de la descomposición lenta, por la acción de la atmósfera y la acción química del anhídrido carbónico y el oxígeno del aire de numerosas rocas o minerales silico-aluminosos, tales como los feldespatos, las micas, los granitos, los basaltos, etc.; por lo tanto, están constituidos por varios silicatos aluminicos hidratados. En su estado puro recibe el nombre de caolinita o caolín.

En la industria ladrillera, como materia prima, y en la construcción, como aglutinante, se emplean las arcillas, tierras arcillosas o barros del tipo magro, por sufrir menor contracción y agrietamiento que las llamadas grasas.

Las arcillas, utilizadas en crudo, tienen actualmente un papel secundario en el ramo de la construcción, pues su endurecimiento, al que no es posible dar el nombre de fraguado, obedece sólo a procesos físicos de evaporación de su agua de amasado, y constituye un material deleznable y poco resistente a la acción del intemperismo.

Dentro de los métodos actuales de construcción, las arcillas y las tierras arcillosas o barros se utilizan para la obtención, mediante preparaciones especiales y cocción de materiales artificiales, tales como: ladrillos, tejas, tubos, etc.

Sin el proceso de cocción, las tierras arcillosas tienen también diversas aplicaciones en la construcción de tipo temporal y de tipo rural, que subdividimos en:

Morteros	{	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para conglutinar.</li> <li>Para enlucidos y revoques.</li> <li>Para fabricar adobes.</li> <li>Para pavimentos interiores.</li> <li>Para tapiales.</li> <li>Para tejados rústicos.</li> </ul>
----------	---	---

Morteros de arcilla. Se denominan así las pastas formadas por tierras más o menos arcillosas y la cantidad de agua conveniente. Las arcillas escogidas para tal objeto son las margas, que aunque menos plásticas que las grasas, proporcionan morteros más manejables y homogéneos, de secado más fácil, con menos contracción y por consiguiente sin presentar cuarteaduras notables.

El mortero así formado, se utiliza como aglutinante para hacer paredes de adobe, mamposterías de piedra o ladrillo cocido de tipo provisional. Aprovechando su gran adherencia con las maderas se le utiliza también para cubrir entramados de materiales vegetales.

**Adobes.** Son piezas moldeadas de barro sin cocer, de dimensiones variables, generalmente de 20 cm x 40 cm x 60 cm, que constituyen un material de segundo orden, ya que su empleo se limita a las construcciones provisionales y rurales.

Para dotar al adobe de cierta resistencia a la tracción, disminuir su contracción y evitarle en lo posible cuarteaduras, se aconseja adicionar al mortero paja, fibras vegetales, cerdas, etc., de este modo se forma un esqueleto o entramado dentro de la masa que garantiza los resultados que se buscan.

Los adobes bien preparados, con arcillas adecuadas, alcanza un coeficiente de fractura a la compresión de 20 kg/cm<sup>2</sup>, mas a la tensión este material no tiene prácticamente resistencia, a menos que se adicione al mortero fibras resistentes.

**Suelo-cemento.** Se designa así a las mezclas convenientes de suelos adecuados con cierto porcentaje de cemento, empleadas actualmente por la técnica constructiva para proporcionar medios de habitación adecuadas en zonas rurales o sub-urbanas, para la estabilización de los terraplenes, para la construcción de silos, escuelas, etc.

### V.3 LOS AGREGADOS.

#### CARACTERISTICAS APROPIADAS.

Los agregados constituyen alrededor del 75 % en volumen, de una mezcla típica de concreto. El término agregado comprende las arenas, gravas naturales y la piedra triturada utilizadas para preparar morteros y concretos y también se aplica a los materiales especiales utilizados para producir concretos ligeros y pesados.

La limpieza, sanidad, resistencia y forma de las partículas son importantes en cualquier agregado. Los agregados se consideran limpios si están exentos de exceso de arcilla, limo, mica, materia orgánica, sales químicas y granos recubiertos. Un agregado es físicamente sano si retiene la estabilidad en su forma con cambios de temperatura o humedad y resiste la acción de la intemperie sin descomponerse. Para que un agregado pueda considerarse de resistencia adecuada, debe ser capaz de desarrollar toda la resistencia propia del aglomerante. Cuando la resistencia al desgaste es importante, el agregado debe ser duro y tenaz. Las partículas planas o alargadas perjudican la docilidad del concreto, debido a lo cual es necesario utilizar mezclas con más arena y, en consecuencia, más cemento y agua.

Se han desarrollado varios procesos para mejorar la calidad de los agregados que no cumplen con las especificaciones deseadas. Puede utilizarse el lavado para eliminar los recubrimientos de las partículas o para cambiar la graduación del agregado. La separación en medio pesado, con el uso de un líquido de densidad específica variable, como una suspensión de agua y magnetita y ferrosilicio triturados muy finos, puede utilizarse en el mejoramiento de los agregados gruesos. El material ligero dañino se elimina por flotación y las partículas pesadas se sedimentan. El clasificador hidráulico, en el cual las partículas más ligeras son impulsadas hacia arriba por las pulsaciones ocasionadas por el aire o por diafragmas de hule, también es un procedimiento para separar las partículas ligeras. Las partículas blandas, friables, pueden separarse de las partículas duras elásticas por un proceso llamado fraccionación elástica. Los agregados se dejan caer sobre una superficie inclinada, de acero endurecido y su calidad se mide por la distancia que rebotan.

#### GRANULOMETRIA.

La clasificación y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en las dosificaciones, docilidad, economía, porosidad y contracción. La distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de tamices normales. Los tamices normales utilizados son Nos. 4, 8, 16, 30, 50 y 100, para agregado fino, y 6, 3, 1½, ¾ y ½ de pulgada y N° 4, para agregado grueso.

El módulo de finura (MF) es un índice utilizado para describir si el agregado es fino o grueso. El MF de una arena se calcula al sumar los porcentajes acumulados retenidos en las seis cribas normales y al dividir la suma entre 100. Por ejemplo, el siguiente cálculo muestra un análisis típico de arena:

Criba N°	Porcentajes (%) individuales retenidos	Porcentajes (%) acumulativas retenidos
4	1	1
8	18	19
16	20	39
30	19	58
50	18	76
100	16	92
Charola	8	
	100	285

$$MF = 285/100 = 2.85$$



El módulo de finura (MF) no es un índice de granulometría, ya que un número infinito de tamizados da el mismo valor para el módulo de finura. Sin embargo, da una medida del grosor o finura del material. Los valores de M.F. de 2.50 a 3 son normales.

Debemos señalar que las arenas están constituidas por granos sueltos, incoherentes y de estructura cristalina que provienen de la disgregación de las rocas naturales por procesos mecánicos o químicos y que, arrastradas por corrientes aéreas o fluviales, se acumulan en lugares determinados. Artificialmente se obtienen por trituración y molienda de las rocas duras.

De acuerdo con su origen, las arenas toman los nombres de: sílicas o cuarzosas, calizas, graníticas y arcillosas. De acuerdo con su dureza y estabilidad química, las arenas silíceas son las mejores.

Los buenos agregados gruesos (gravas), que se utilizan en conjunto con las arenas para la dosificación de los hormigones o concretos, deben de satisfacer las condiciones de éstas; es decir, deben de estar limpios, de composición química estable, ser resistentes, etc.

Los agregados se preparan para su empleo: a) Cribándolos, para obtener sus distintos gruesos de acuerdo con el agregado de que se trate; b) Lavándolos, para eliminar las sales, arcillas y demás substancias extrañas; c) secándolos si fuera necesario.

Para finalizar, diremos que el cribado y lavado de los agregados son operaciones que pueden considerarse como indispensables cuando se quieren obtener materiales inertes que garanticen la futura calidad de los morteros y concretos.

#### V.4 LAS MADERAS.

##### PROPIEDADES.

La madera es un polímero natural compuesto por células en forma de tubos largos y delgados con extremos ahusados. La pared de la célula consiste en celulosa cristalina, paralelamente alineada con el eje de la célula.

El tronco del árbol crece por el desarrollo de capas concéntricas de células en el exterior de la madera y bajo la corteza. El ciclo anual de crecimiento, ocasionado por las variaciones estacionales en temperatura y humedad, produce los conocidos anillos y vetas de la madera. Las células formadas en la primavera tienen paredes delgadas y la madera tiene una textura abierta. Las células formadas durante el verano tienen paredes más gruesas con textura más cerrada y producen una sustancia más fuerte en la madera. Debido a su estructura de

células dirigidas, la madera tiene mayor resistencia y rigidez en el sentido longitudinal que en los otros sentidos.

Conforme crece el árbol, las células en la parte central del tronco cesan de funcionar como células vivas y se vuelven parte del corazón muerto de la madera. En las maderas comunes, la densidad varía desde 0.12 de la de balsa hasta 0.74 del roble (encino). La resistencia y dureza de estas maderas tienen una variación similar.

#### IMPORTANCIA DE LA MADERA.

La madera es uno de los materiales más valiosos para la construcción. Debido a que se puede cortar y darle forma fácilmente, la madera ha sido una materia prima muy popular desde hace miles de años; hay muchas variedades de madera con diferentes texturas, vetas y colores que son apropiados para un gran número de usos.

La madera como materia prima, tiene una ventaja definitiva sobre otros recursos naturales, ya que puede renovarse por medio de un programa de reforestación.

#### CLASIFICACION DE LA MADERA.

Se pueden considerar dos grupos de maderas al clasificarlas en función de su procedencia: maderas blandas y maderas duras.

##### *Maderas blandas.*

Proviene de árboles conocidos como coníferas, que tienen hojas en forma de agujas y las conservan todo el año, como el abeto, pino, cedro, pinabeto, etc. Las maderas blandas se usan para cimbras, construcción de casas, aislamiento, etc.

##### *Maderas duras.*

Proviene de árboles de hoja ancha. Debido a que estos árboles se desprenden de sus hojas en invierno, se conocen como árboles caducos o árboles de hoja caduca, como el roble, nogal, caoba, arce, etc. Las maderas duras proporcionan mayor resistencia a las construcciones, pero su uso se generaliza más en escaleras, puertas y sobre todo, muebles.

La clasificación de los árboles por la forma de sus hojas no siempre indica la textura de su madera; el tilo y el álamo se clasifican como madera dura, pero el tilo es blando y el álamo medianamente duro. Por otra parte, el pino y el abeto son maderas

clasificadas como suaves, pero son bastante durables y tienen una textura mediana.

#### ASERRADO DE LA MADERA.

##### *Aserrado sencillo.*

Cuando a un tronco se le corta por aserrado sencillo, todos los cortes de la sierra son hechos en una sola dirección. Usando este método, se obtiene un aserrado barato debido al poco trabajo que necesita hacerse en el aserradero.

Las tablas que se cortan de la mitad del tronco resultan cortadas a 45 grados porque los rayos medulares se extienden en ángulo recto con los anillos anuales, formando una veta esquinada. Las tablas más alejadas del centro tendrán una veta plana y se tuercen más fácilmente que las de enmedio. La torcedura se debe a que las células de cada lado de la tabla tienen distinta estructura. Las células del exterior del árbol (la albura) contienen más humedad que las células del centro (corazón); cuando se seca una tabla aserrada simplemente, el lado del corazón se seca más rápidamente que el lado de la albura, haciendo que la tabla se tuerza.

##### *Aserrado en cuartos.*

Un tronco aserrado en cuartos tiene todos los cortes hechos aproximadamente a 90 grados de los anillos anuales.

Para aserrar el tronco en cuartos se requiere considerablemente más manejo que en el sencillo y hay mucho más desperdicio. Por consiguiente, el aserrado es más costoso. Sin embargo, las tablas aserradas en cuartos no se tuercen tanto al secarse como las de aserrado simple porque la formación de las células es casi siempre igual en los dos lados, lo que permite a esta tabla que pierda o absorba igual humedad en los dos lados.

Las tablas aserradas en cuartos tienen la orilla de una veta en la superficie de la tabla, mientras que las de aserrado simple tienen un patrón floral (o veta plana).

#### CURADO O SECADO DE LA MADERA.

El curado de la madera aserrada es realmente la reducción de la humedad de la madera hasta un contenido correcto. El contenido correcto de humedad para la madera aserrada curada al aire es del 10 al 15 por

ciento; la madera aserrada curada en estufa debe contener cerca del 5 por ciento de humedad.

#### *Curado al aire.*

Las tablas que van a ser curadas al aire se apilan bien separadas del suelo y en un pequeño ángulo, de tal manera que la lluvia pueda escurrirse; se deja un pequeño espacio entre sus filas y se separa cada capa con tiras de madera que puedan ser de 1 por 2 pulgadas. Este arreglo permite que el aire circule libremente alrededor de cada tabla. El tiempo de secado varía con el grosor y textura de la madera aserrada. El factor clima siempre tiene un papel importante en la determinación del tiempo de secado. En condiciones normales, 1 pulg de madera blanda requiere aproximadamente seis meses de secado al aire libre; la madera dura tarda mucho más tiempo. Por eso, la madera dura se seca generalmente en estufas. La mayoría de las maderas blandas se secan al aire libre y su uso es generalizado en la construcción.

#### *Secado en horno.*

Un horno es una gran estufa en la cual se seca la madera. El objeto del secado en horno es acelerar el proceso de eliminación de la humedad, requiriéndose de dos a cinco semanas para obtener el secado necesario. Las maderas secadas en horno son generalmente duras y su uso no es común en cimbras, sino que se utiliza en muebles, pisos, etc.

#### CLASIFICACION DE LA MADERA BLANDA ASERRADA.

La madera blanda se divide en tres grupos: madera de patio, madera de taller y vigas.

#### *Madera de patio.*

En general, la madera de patio se clasifica como selecta, de primera, de segunda y de tercera, y se usa ampliamente en cimbras y en la construcción.

#### *Madera de taller.*

Se usa en la fabricación de artículos de madera.

#### *Vigas.*

Las vigas refuerzan los sitios donde se tienen cargas, varían en tamaño empezando de 4 por 4 pulgadas, como el más usual.

DEFECTOS DE LA MADERA.

Cualquier irregularidad en la madera que afecte a su resistencia o durabilidad es un defecto. Los defectos más comunes son:

1. Rajadura a través de los anillos, que es una hendidura o separación longitudinal de la madera que atraviesa los anillos anuales; generalmente proviene del proceso de curado.
2. Se llama reventadura entre anillos a la separación a lo largo del hilo, principalmente entre anillos anuales. Estos dos tipos de defectos reducen la resistencia al esfuerzo cortante; por lo tanto, los miembros sujetos a flexión resultan afectados directamente por su presencia.
3. La pudrición es la desintegración de la sustancia línosa debida al efecto destructor de los hongos. La pudrición se reconoce con facilidad, porque la madera se hace blanda, esponjosa o se desmorona. Generalmente es difícil determinar el alcance de la pudrición; por tanto, en las maderas de los grados estructurales, no se tolera ninguna forma de pudrición.
4. Descantillado o Gema es el término que se aplica a la corteza, o ausencia de madera o corteza, en la arista o esquina de un trozo de madera aserrada. La resistencia de un miembro puede resultar afectada por la gema, porque el miembro tiene un área de la sección transversal insuficiente. En las especificaciones, el descantillado puede evitarse con el requisito de que las aristas sean en ángulo recto.
5. Un nudo es la parte de una rama incorporada en el tallo de un árbol. Hay varios tipos y clasificaciones de nudos, y la resistencia de un miembro resulta afectada por el tamaño y posición de los nudos que pueda contener. Las reglas para clasificar en grados la madera estructural son específicas respecto al número y el tamaño de los nudos, y se les toma en cuenta, al determinar los esfuerzos de trabajo.
6. Las bolas de resina son aberturas paralelas a los anillos anuales que contienen resina, ya sea sólida o líquida.

MADERA CONTRACHAPADA.

Se hace por superposición de cierto número de hojas o chapas de madera. La veta en las capas adyacentes se orienta en ángulos rectos y se utiliza un número impar de capas. El propósito principal de la madera contrachapada es contrarrestar las propiedades direccionales de la madera con que se obtiene un material más uniforme en todas direcciones. Este material presenta más resistencia a las grietas y hendiduras que la madera y tiene mejor estabilidad dimensional debido a que hay menos contracción e hinchazón.

La madera contrachapada se utiliza para interiores y exteriores, según el tipo de adhesivo utilizado para pegar las capas entre sí. La clase para interiores por lo general se aglutina con adhesivos solubles en agua y tiene resistencia limitada a la humedad. La clase para exteriores es completamente impermeable y puede soportar una inmersión prolongada en agua sin desintegrarse.

#### CUANTIFICACION.

La madera debería cuantificarse en el Sistema Métrico Decimal, es decir, por metro cúbico; mas la práctica es hacerlo a base de "pie tablón", definiendo como pie tablón la cantidad de madera que integra un elemento de un pie de ancho por un pie de largo por una pulgada de espesor; por lo tanto, un pie tablón debe ser igual al volumen contenido en una pieza de madera de esas dimensiones.

#### ELEMENTOS DE UNION.

Para determinar la capacidad de los distintos elementos de unión tales como los clavos, pernos, conectores, pijas y otros, las maderas se dividirán en tres grupos:

- Coníferas livianas.
- Coníferas densas.
- Estructurales densas de hoja caduca (tales como cedro, álamo y similares).

#### Clavos.

Sólo se permiten para uso estructural los clavos comunes de alambre de acero estirado en frío.

#### Tornillos.

Se podrán emplear tornillos de acero para madera, de cualquier tipo de cabeza. Los tornillos deben insertarse en agujeros previamente hechos con un diámetro de 0.875 del diámetro del tornillo en la zona de rosca. La penetración en el miembro que contenga la punta será cuando menos 7 veces el diámetro del tornillo.

#### Pernos.

Se entiende que se trata de pernos de acero con la cabeza en un extremo o con dos extremos roscados y usando rondanas bajo cabeza y tuerca.

**Conectores.**

La capacidad de carga de estos elementos se determinará de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes de los mismos.

**Colas o adhesivos.**

Se emplean para pegar cuerpos orgánicos puestos en contacto, y tienen por fundamento la adhesión a los tubos capilares, la cohesión de las partículas del adhesivo y la afinidad química entre las superficies encoladas y la cola, es decir, que ambos sean polares o no, como por ejemplo la madera, que es muy polar, y las colas animales, y mejor aún la baquelita y los metales que no son polares, precisan aglutinante que no lo sea, como el cemento y resinas vinílicas.

Las colas se clasifican en animales, vegetales y sintéticas, según el procedimiento de obtención.

**V.5 EL CEMENTO.**

Se le atribuye a José Aspdin la invención del cemento Portland, pues lo patentó en 1824, y por el parecido de color que adquiere, después del fraguado, con la piedra de la localidad inglesa de Portland, le puso este nombre.

**CLASIFICACION.**

Existen varias maneras de clasificarlos, según el fraguado, composición química y aplicación.

- a) Con relación al tiempo de fraguado, se dividen en cementos de fraguado rápido (cementos romanos) y lentos, según que éste termine antes o después de una hora, respectivamente.
- b) Por su composición química se denominan cementos naturales, Portland, grappiers, escorias, puzolánicos, aluminosos, sulfatados, etc.; que es el empleado en Europa.
- c) Según sus aplicaciones de altas resistencias iniciales, resistentes a sulfatos, bajo calor de hidratación, como en Norteamérica.

**FABRICACION.**

Los cementos Portland se elaboran con la incorporación de una mezcla de materiales calcáreos (piedra caliza) y arcillosos. La materia





compuestos puede identificarse en la estructura del clinker de cemento Portland vista al microscopio y cada uno aporta propiedades características que determinan la mezcla final.

Dos silicatos de calcio, que constituyen alrededor del 75 % por peso del cemento Portland, reaccionan con el agua para producir dos nuevos compuestos: gel de tobermorita, alrededor del 50 %.

Cada producto de la reacción de hidratación desempeña una función en el comportamiento mecánico de la pasta endurecida. El más importante de ellos es el compuesto llamado gel de tobermorita, el cual es el principal compuesto aglomerante de la pasta de cemento.

El diámetro promedio de un grano de cemento Portland proveniente de la trituración del clinker es de alrededor de 10 micras. Las partículas del producto de hidratación, gel de tobermorita, son del orden de una milésima de ese tamaño. La enorme área de superficie del gel (alrededor de 3 millones de  $\text{cm}^2$  por gramo) produce fuerzas atractivas entre las partículas, porque los átomos en cada superficie tratan de completar sus enlaces insaturados por medio de absorción. Estas fuerzas ocasionan que las partículas de gel de tobermorita se adhieran entre sí y con las partículas de agregado introducidas en la pasta de cemento. Por tanto, el gel de tobermorita forma la base de la pasta de cemento endurecida y del concreto, porque liga o aglutina entre sí a todos los componentes.

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento Portland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación. El conocimiento del comportamiento de cada uno de los compuestos principales durante la hidratación permite ajustar las cantidades de cada uno durante la fabricación, para producir las propiedades deseadas en el cemento.

El silicato tricálcico ( $\text{C}_3\text{S}$ ): es el que produce la alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado. Pasa del fraguado inicial al final en unas cuantas horas. La reacción del  $\text{C}_3\text{S}$  con agua desprende una gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento está en relación directa con el calor de hidratación; cuanto más rápido sea el fraguado, tanto mayor será la exotermia. El  $\text{C}_3\text{S}$  hidratado casi alcanza su mayor resistencia en siete días.

El silicato dicálcico ( $\text{C}_2\text{S}$ ): se encuentra en tres formas designadas alfa, beta y gama. Dado que la fase alfa es inestable a la temperatura ambiente y la fase gama no muestra endurecimiento al hidratarla, sólo la fase beta es importante en el cemento Portland. El  $\text{C}_2\text{S}$  beta requiere algunos días para fraguar. Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento Portland. Debido a que la reacción de hidratación avanza con lentitud, hay un bajo calor de hidratación.

El aluminato tricálcico ( $C_3A$ ): exhibe fraguado instantáneo al hidratarlo. Es el causante primario del fraguado inicial del cemento Portland y desprende grandes cantidades de calor durante la hidratación. El yeso agregado al cemento Portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el  $C_3A$  para controlar el tiempo de fraguado.

La aluminoferrita tetracálcica ( $C_4AF$ ): es semejante al  $C_3A$ , porque se hidrata con rapidez y sólo desarrolla baja resistencia. No obstante, al contrario del  $C_3A$  no muestra fraguado instantáneo.

La rapidez de hidratación es afectada, además de la composición, por la finura del molido, la cantidad de agua agregada y las temperaturas de los componentes al momento de mezclarlos. Para lograr una hidratación más rápida, los cementos se trituran hasta dejarlos muy finos. El aumento inicial en la temperatura y la presencia de una cantidad suficiente de agua también acelera la rapidez de reacción.

#### TIPOS DE CEMENTO PORTLAND.

Los cementos Portland, por lo general, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de especificaciones. Los tipos se distinguen según los requisitos tanto químicos como físicos.

Tipo I: cemento para usos generales, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para los otros cuatro tipos de cemento.

Tipo II: cemento modificado para usos generales y se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un calor moderado de hidratación. El cemento tipo II adquiere resistencia con más lentitud que el tipo I; pero, al final de cuentas, alcanza la misma resistencia.

Tipo III: cemento de alta resistencia inicial, recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. Desarrolla una resistencia en tres días, igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II. Esta alta resistencia inicial se logra al aumentar el contenido de  $C_3S$  y de  $C_3A$  en el cemento al molerlo más fino. Dado que tiene un gran desprendimiento de calor, el cemento tipo III no se debe usar en grandes volúmenes. Con un 15 % de  $C_3A$  presenta una mala resistencia al sulfato.

Tipo IV: cemento de bajo calor de hidratación. Se ha perfeccionado para usarse en concreto de volúmenes. El bajo calor de hidratación en el cemento tipo IV se logra limitando los compuestos que más influyen

en la formación de calor por hidratación, o sea, C<sub>3</sub>A y C<sub>3</sub>S. Dado que estos compuestos también producen la resistencia inicial de la mezcla de cemento, al limitarlos se tiene una mezcla que gana resistencia con lentitud. El calor de hidratación del cemento tipo IV suele ser de más o menos, 80 % del tipo II, 65 % del tipo I y 55 % del tipo III durante la primera semana de hidratación. Los porcentajes son un poco mayores después de, más o menos, un año.

Tipo V: cemento resistente al sulfato y se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y en estructuras expuestas al agua de mar. La resistencia al sulfato del cemento tipo V se logra minimizando el contenido de C<sub>3</sub>A, pues este compuesto es el más susceptible al ataque por el sulfato.

Los cementos tipo IV y V son especiales y los mayoristas de materiales de construcción no suelen tenerlos en existencia. Por lo general, se deben solicitar por anticipado al fabricante cuando se trata de obras grandes.

Los cementos Portland con inclusores de aire están disponibles para la producción de concreto expuesto a heladas severas. Estos cementos están disponibles en los tipos I, II y III pero no en los tipos IV y V. Cuando se ha agregado al cemento en fábrica un agente como inclusor de aire, se designa tipo IA, IIA ó IIIA.

#### PROPIEDADES FISICAS DEL CEMENTO.

Peso específico: el peso específico de los cementos Portland varía de 2.9 a 3.15, siendo generalmente mayor de 3.0.

Densidad aparente (kg/cm<sup>3</sup>): es el peso de un volumen dado de cemento, el cual varía según el método usado para llenar el recipiente, el grado de agitación y la finura, por lo cual se ha excluido de las normas para indicar la calidad del producto.

Determinación del tiempo de fraguado: en el fraguado se deben distinguir dos períodos: el principio del fraguado, que es el tiempo transcurrido desde que se vierte el agua de amasado hasta que la pasta pierde parcialmente la plasticidad, y el final del fraguado, que es el tiempo transcurrido desde que se empezó a amasar hasta que adquiere consistencia para resistir una cierta presión.

Estabilidad de volumen: el cemento, una vez amasado, debe conservar la forma que se le ha dado, con objeto de que la obra ejecutada no se destruya.

Calor de hidratación: la determinación se hace mediante calorímetros, habiéndose seguido diversos métodos. Uno de estos métodos

es el método adiabático, éste consiste en introducir en un calorímetro una cantidad amasada de cemento y se mantiene a la misma temperatura que la muestra a medida que se hidrata y puede registrar la temperatura en función del tiempo.

Resistencias mecánicas: la calidad de un cemento se aprecia por las resistencias que es capaz de desarrollar una vez fraguado y endurecido. Se debe a la cohesión de los granos de cemento y a la adherencia a los elementos que agreguen: arena, grava, etc.

Resistencia a la flexión: se realiza mediante tres cilindros de acero, apoyando las caras laterales de las probetas sobre dos de ellos, situados en un mismo plano y a la distancia de 100 ó 106.7 mm, y el tercero equidista de los anteriores. Se ejerce el esfuerzo por la balanza de Michaeli o la de Galileo, ejerciendo la carga a razón de 5 kg/seg.

La resistencia se expresa en Kg/cm<sup>2</sup> y es igual a 0.25 P cuando la separación es de 106.7 cm y de 0.234 P para la de 100 mm, siendo P la carga central en Kg que produce la rotura.

Resistencia a la compresión: se practica con cada uno de los trozos resultantes de la rotura a flexión, apoyando las caras laterales sobre unos tacos de acero de 40 x 40 mm y coloca entre los platos de una prensa hidráulica, ejerciendo el esfuerzo a razón de 10 a 20 kg/seg.

Homogeneidad: este ensayo se practica para ver si ha sufrido adulteración un cemento. Los granos de cemento Portland suelen tener un color verdoso oscuro. Los de sílice son blancos; de carbón, negros; azul oscuro y brillo metálico, los de hierro y escoria.

Adherencia: el cemento Portland debe tener, después de fraguado, gran adherencia a las piedras y ladrillos, y suele hacerse una prueba que consiste en extender una capa de pasta sobre una superficie plana de piedra, ladrillo o teja. Al cabo de veintiocho días debe tener una adherencia tal que no pueda desprenderse sin que deteriore la superficie sobre la que se extendió.

## V.6 YESO, CAL, PUZOLANAS Y ADITIVOS.

### EL YESO.

Es el producto resultante de la deshidratación parcial o total del algez o piedra de yeso. Reducido a polvo y amasado con agua, recupera el agua de cristalización, endureciéndose.

Se encuentra muy abundante en la naturaleza, en los terrenos sedimentarios, presentándose bajo dos formas: cristalizado, anhidro ( $\text{SO}_4\text{Ca}$ ), llamado anhidrita, y con dos moléculas de agua ( $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), denominando piedra de yeso o algez.

El yeso se adhiere poco a las piedras y maderas, y oxida al hierro, y el cinc que tenga plomo es atacado electrolíticamente. No puede usarse a la intemperie, porque la humedad y el agua lo reblandece y degrada. Es un buen aislante del sonido y protege a las maderas y el hierro contra el fuego, porque su deshidratación lenta absorbe calor en grandes cantidades y la capa deshidratada protege luego largo tiempo a las que están debajo.

Por ser soluble en el agua no se puede emplear en exteriores, debiéndose proteger con enlucidos impermeables, como las pinturas bituminosas y el aceite.

El yeso bien cocido es de color blanco y da pastas untuosas. El poco cocido es árido y no forma pasta trabada, y el excesivamente cocido no forma pasta untuosa. Los yesos de mala calidad son de color amarillento, tardan mucho en fraguar y se agrietan en los enlucidos.

#### Clases de yesos.

Los yesos se clasifican en semihidratados y anhidros, siendo los primeros los de mayor empleo en construcción, y a los que pertenecen los yesos negros o blancos. Al segundo, la anhidrita, yesos hidráulicos y alúmbrico.

Yeso negro o gris: es el que se obtiene con algez que contiene gran cantidad de impurezas, directamente calcinado, por lo que se ennegrece con los humos y cenizas de los combustibles, groseramente molido, llegando a dejar del 30 a 50 % en el tamiz de 0.2 mm. Tiene una riqueza del 60 % de semihidrato y se emplea en obras que no hayan de quedar aparentes, bóvedas, tabiques y tendidos.

Yeso blanco: el que contiene un 80 % de semihidrato y está bien molido, dejando del 1 a 10 % en el tamiz de 0.2 mm. Se emplea para enlucir paredes, estucos y blanqueos.

Escayola: es el yeso blanco de la mejor calidad; contiene 90 % de semihidrato, finura del 1 % en el tamiz de 0.2 mm; está formado casi exclusivamente por semihidrato  $\delta$  y se emplea para vaciados, molduras y decoración.

#### Extracción de la piedra de yeso.

Se hace por los procedimientos corrientes, a cielo abierto o en galería, según la disposición de la cantera, y como no es una roca

dura, se emplean barrenos de pólvora negra o de mina, procurando que se fragmente, con objeto de reducir lo más posible la trituración, que es dificultosa por ser muy elástico.

#### *Trituración.*

Se emplean las machacadoras de mandíbulas, las cuales están constituidas por dos gruesas placas de acero acanaladas, colocadas una verticalmente y la otra inclinada; ésta, fija por la parte superior, y sometida a un movimiento de vaivén la inferior, mediante una biela accionada por la excéntrica de un volante. Según sea la abertura que dejan estas mandíbulas, se obtiene un producto de mayor o menor tamaño.

#### *Cocción.*

La fabricación industrial de semihidrato se hace por dos procedimientos distintos: por el primero, o americano, la molienda precede a la cocción, obteniéndose el yeso de fábrica y estuco; por el segundo procedimiento, o francés, la piedra de yeso es fragmentada a un tamaño determinado, cociéndose y moliéndose después, se logra una mezcla más homogénea. Este procedimiento se emplea para obtener yeso fino para moldear.

#### *Ensilado o almacenado.*

El yeso conviene usarlo cuanto antes mejor, pues si absorbe la humedad no fragua almacenándose en silos o depósitos elevados, protegidos de la humedad.

#### *Aplicaciones del yeso.*

Se emplea para fabricar tabiques, bóvedas, enlucidos, pavimentos continuos, moldes, mármol artificial, blanqueos, etc.

#### *Ensayos del yeso.*

Entre las pruebas que se le hacen al yeso podemos mencionar:

- Finura.
- Consistencia normal.
- Fraguado.
- Resistencia a flexión.
- Resistencia a compresión.

### LAS CALES.

La cal es un material aglomerante simple, producido por la eliminación de agua de los materiales naturales. Sus propiedades aglomerantes se originan por la reabsorción del agua expulsada y la formación de los mismos compuestos químicos de que estaba formado el material original.

La cal viva es el producto de la calcinación de piedra caliza que contenga grandes cantidades de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y algo de carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ). La calcinación evapora el agua de la piedra, calienta la piedra caliza a una temperatura lo bastante alta para la disociación química y expulsa el dióxido de carbono en forma de gas y deja los óxidos de calcio y magnesio. El óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) resultante, llamado cal viva, tiene gran avidez por el agua.

La cal viva destinada a la construcción se debe combinar primero con la cantidad correcta de agua para formar una pasta de cal, o sea, el proceso de apagado. Cuando la cal viva se mezcla con dos o tres veces su peso de agua, el óxido de calcio se combina con el agua para formar hidróxido de calcio y se desprende suficiente calor para que toda la masa entre en ebullición. El producto resultante es una suspensión de hidróxido de calcio finamente divididos (y de óxido de magnesio) que, al enfriar se forma una pasta muy trabada y adquiere la consistencia del masticue. Este masticue o pasta, después de un período de curado, se utiliza sobre todo en el mortero para albañilería, pues facilita trabajarlo. También puede utilizarse como aditivo en el concreto para mejorar la docilidad.

Las cales hidratadas se preparan a partir de cal viva añadiendo una cantidad limitada de agua durante el proceso de fabricación. La cal hidratada se desarrolló a fin de poder ejercer mayor control sobre el apagado, al hacerlo durante la fabricación en vez de en la obra de construcción. Después que el proceso de hidratación deja de desprender calor, se tiene un polvo fino, seco como producto.

La cal hidratada puede usarse en el campo en la misma forma que la cal viva, como pasta o masa, pero no requiere un largo período de curado. Puede mezclarse en seco con arena, antes de agregar agua. La cal hidratada puede manejarse con más facilidad que la cal viva, porque no es tan sensible a la humedad. La plasticidad de los morteros hechos con cal hidratada, aunque es mejor que la obtenida con la mayoría de los cementos, no es tan buena como la de los morteros hechos con una cantidad equivalente de pasta de cal apagada en la obra.

### LAS PUZOLANAS.

Se les da el nombre de puzolanas a todos los materiales naturales o artificiales que, aun no siendo por sí mismos, contienen elementos

que al combinarse en forma de polvos con la cal, a la temperatura ordinaria y en presencia del agua, reaccionan formando compuestos insolubles estables que poseen propiedades aglomerantes similares a los aglomerantes hidráulicos.

Las puzolanas naturales son en su mayor parte de origen volcánico, aunque se clasifican entre ellas también ciertas tierras de infusorios o tierras diatomáceas. Las puzolanas artificiales son principalmente productos obtenidos por medio de la calcinación de materiales naturales del tipo de las arcillas, de las pizarras y de algunas piedras silíceas.

#### *Puzolanas naturales.*

Las puzolanas naturales de origen volcánico son tobas procedentes de la acumulación de polvos, cenizas o barros eruptivos que han adquirido las características de una roca deleznable, y al parecer adquirieron también sus propiedades puzolánicas por las acciones químicas del vapor de agua recalentado, del bióxido de carbono dentro de la corteza terrestre y a un brusco enfriamiento, al ser arrojadas al exterior.

Están compuestas de silicatos aluminicos alcalinos hidratados, análogos a las arcillas, en forma vítrea o cristalina, y su constitución química no está perfectamente aclarada todavía, habiendo quien afirma que deben sus propiedades a la sílice y alúmina que contienen. Se afirma también que estos materiales poseen por sí mismos propiedades hidráulicas de intensidad variable, ya que los elementos químicos que los integran son los mismos que los de los aglomerantes hidráulicos, con defecto de cal, por lo que al agregarle ésta, forman compuestos insolubles estables con determinado valor hidráulico.

La composición química de las puzolanas tanto naturales como artificiales varían entre los siguientes límites:

Sílice	42-66 %
Alúmina	14-20 %
Oxido de hierro	5-20 %
Oxido cálcico	3-10 %
Oxido magnésico	1- 6 %
Alcalis	2-10 %
Agua combinada	1-15 %

#### *Puzolanas artificiales.*

Dentro de este nombre se agrupan los productos resultantes de la cocción y pulverización de las arcillas y pizarras. La propiedad puzolánica de estos productos artificiales fue conocida de los antiguos indios, griegos y romanos, quienes utilizaban el polvo de ladrillos y tejas de arcilla cocida, como substituto de las puzolanas volcánicas



naturales para la formación de sus morteros hidráulicos a base de cal y grasas.

La preparación de las puzolanas artificiales se reduce a la cocción de las arcillas y pizarras, a temperaturas que varían entre 600 y 900 °C, según contengan más o menos calizas, y a una pulverización análoga a la del cemento Portland.

Las puzolanas pueden usarse en combinación o como sustituto parcial del cemento Portland. Pueden lograrse varias ventajas con su uso; mejor docilidad con menos apetencia de agua, reducción en el costo por la economía de cemento, reducción en el calor de hidratación, resistencia aumentada a los sulfatos y prevención de la acción disolvente del hidróxido de calcio. Los materiales puzolánicos son sustancias silíceas (por ejemplo, ceniza fina o pomicita) que reaccionan con la cal en presencia de agua. A menudo se utilizan en grandes volúmenes de concreto, en los cuales el ahorro en costo de cemento y la reducción en la liberación de calor son de importancia capital. Las desventajas de las puzolanas consisten en el lento desarrollo de la resistencia final, mayor contracción al secarse y menor durabilidad.

#### LOS ADITIVOS.

Un aditivo es un material diferente del agregado, cemento Portland o agua que se agrega como ingrediente al concreto inmediatamente antes o durante la mezcla. Están disponibles muchos aditivos para concreto para modificar, mejorar o impartir propiedades especiales a las mezclas de concreto. Los aditivos sólo se deben utilizar cuando se necesita de una marcada mejora, que no puede obtenerse en forma económica con la mezcla básica. Debido a que las mejoras en una característica producen, a menudo, un efecto adverso en las otras características, se debe tener cuidado al usar aditivos.

Los agentes inclusores de aire aumentan la resistencia del concreto a la acción de las heladas porque introducen innumerables burbujas diminutas en la mezcla de cemento endurecida. Estas burbujas actúan como amortiguadores para los esfuerzos inducidos por la congelación y la descongelación. Los agentes inclusores de aire, por lo general, están compuestos por jabones naturales o artificiales (sintéticos). Además de aumentar la duración del cemento endurecido, también reducen la cantidad requerida de agua y mejoran la docilidad de la mezcla. Una característica desfavorable es la disminución en la resistencia del concreto endurecido, la cual varía con el porcentaje de aire incluso y puede ser de alrededor de 20 % para las mezclas usuales.

El cloruro de calcio se utiliza para acelerar el fraguado y el desarrollo de la resistencia en el concreto. Ofrece ventajas al mezclar y colar el concreto en tiempo muy frío, porque acelera el fraguado a bajas temperaturas y reduce el tiempo durante el cual se necesita la

protección. Cuando se utiliza en las cantidades acostumbradas (menos del 2 % por peso de cemento) no actúa como agente anticongelante que reduzca el punto de congelación. Cuando se utiliza 2 % de cloruro de calcio en condiciones normales, reduce el tiempo inicial de fraguado de tres horas a una hora y el tiempo de fraguado final de seis a dos horas; a 21 °C duplica la resistencia en un día. El uso del cloruro de calcio como aditivo mejora la docilidad, reduce el afloramiento y da por resultado una superficie de concreto más durable. Los problemas a su uso pueden surgir por el menoscabo de la estabilidad del volumen (la contracción durante el secado puede aumentar hasta en un 50 %) y por el incremento en la cantidad de liberación de calor.

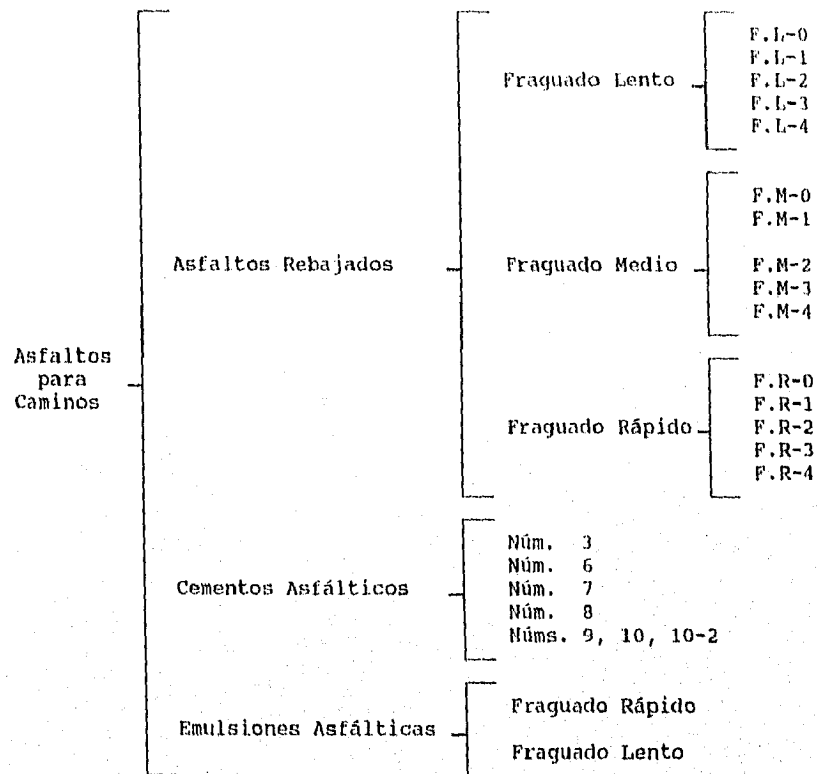
Los aditivos para reducción de agua y control de fraguado están disponibles en una gran variedad de marcas protegidas por patentes. Los agentes dispersantes cubren cada partícula de cemento en la mezcla con cargas positivas o negativas y ocasionan que las partículas de cemento se repelan entre sí y faciliten que llegue el agua a cada partícula. El retardo del fraguado se atribuye a la formación de un precipitado de alúmina-gel de sílice que se deposita sobre los granos de cemento y hace más lento el proceso de hidratación. Estos agentes, por lo general, mejoran la calidad y también pueden incluir aire. Los tiempos de fraguado del cemento pueden aumentarse en varias horas mediante estos agentes y la calidad de agua necesaria en la mezcla puede reducirse en 5 % ó más. La resistencia a la compresión puede mejorarse con estos aditivos, debido a la reducción de agua.

#### V.7 LOS ASFALTOS Y LAS EMULSIONES ASFALTICAS.

El asfalto, químicamente es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene de la destilación del petróleo. La destilación puede ser natural o en plantas construidas por el hombre, para tal objeto.

Actualmente los asfaltos se emplean como hidrófugos y en especial para pavimentos; asimismo, en la fabricación de productos aglomerados, tales como: losetas asfálticas, cartones para cubiertas, planchas de corcho asfáltico, etc., en la elaboración de lacas y pinturas y en la preparación de productos medicinales.

Clasificación de los asfaltos. De acuerdo con las especificaciones de la Secretaría de Obras Públicas y Petróleos Mexicanos, los asfaltos para caminos se clasifican en:



Téngase en cuenta que cuanto más alto es el número indicativo, mayor es el contenido de asfalto con la correspondiente disminución de aceite fluidificante.

Productos Asfálticos. Para tener una idea clara del proceso de destilación que se sigue en la obtención de los productos asfálticos del petróleo, insertamos la gráfica de marcha, en la que hemos puesto la nomenclatura de uso de nuestro medio. (Ver figura N<sup>o</sup> V.1).

El asfalto refinado se produce en una variedad de tipos y calidades, que varían desde los sólidos y quebradizos hasta líquidos casi tan fluidos como el agua. La forma semisólida conocida como cemento asfáltico es el material básico, pues de él se parte para la obtención de los asfaltos rebajados y las emulsiones; cuyas definiciones, damos a continuación:

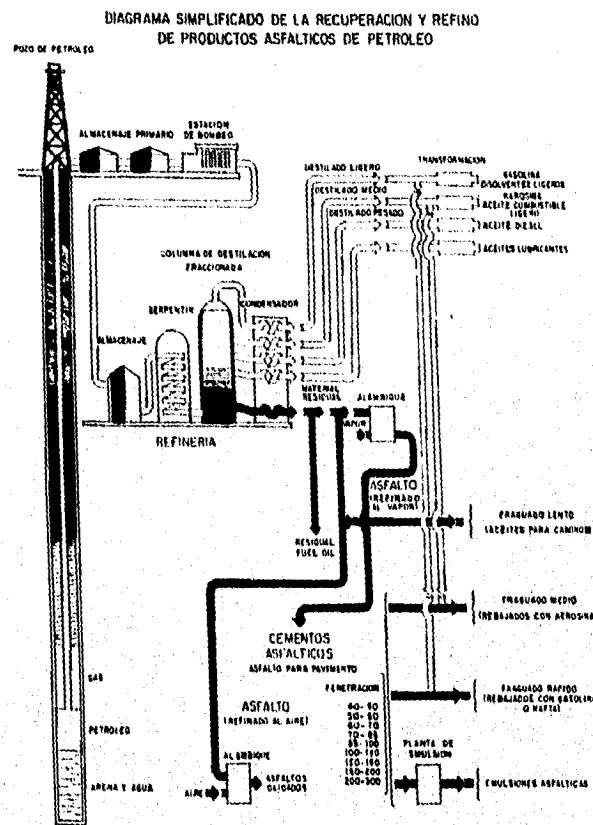


Fig. V.1 Gráfica de marcha.

- a) Cementos asfálticos, que son los productos de la destilación del petróleo asfáltico al que se han eliminado sus solventes volátiles y parte de los aceites, cuya penetración normal varía entre 40 y 300 grados.

- b) Asfaltos rebajados de fraguado rápido, que son los productos que se obtienen mediante la adición de gasolina o nafta a un cemento asfáltico.
- c) Asfaltos rebajados de fraguado medio, que son los productos que se obtienen mediante la adición de kerosene a un cemento asfáltico.
- d) Asfaltos rebajados o residuales de fraguado lento, que son residuos asfálticos de la destilación del petróleo crudo o cemento asfáltico rebajado con destilado de volatilización lenta. A estos asfaltos se les llama también aceites para caminos y rara vez se obtienen partiendo del cemento asfáltico.
- e) Emulsiones asfálticas, que son disposiciones estables de un cemento asfáltico en agua.

Emulsiones asfálticas. Siendo las emulsiones productos más baratos que los rebajados a base de aceites fluidificantes, que al fin y al cabo se volatilizan, y como son además de más fácil aplicación, daremos a continuación una explicación más amplia de ellas.

Se da el nombre de emulsión a la dispersión de un líquido en otro, con el cual no se mezcla, formándose lo que recibe el nombre de sistema de dos fases, una de las fases está formada por gotas microscópicas de uno de los líquidos y recibe el nombre de fase dispersada o interna, y el otro líquido en el cual no se observa división alguna y sólo sirve de medio de suspensión recibe el nombre de fase continua o externa. Para evitar que las emulsiones se separen, se requiere agregar a uno de los líquidos una substancia que venga a modificar las propiedades del sistema, formando de este modo un sistema de tres fases. Las substancias que tienen la propiedad de estabilizar las emulsiones reciben el nombre de agentes emulsionadores o estabilizadores.

Las emulsiones asfálticas para pavimentos son líquidos de color chocolate, casi tan fluidos como el agua, de la que contienen en general de un 40 a un 50 %. Este elevado porcentaje de agua, que no se aprovecha como aglutinante, permite a las emulsiones grandes ventajas sobre los materiales bituminosos que se trabajan en caliente, es decir, que se pueden aplicar en frío, evitándose equipos costosos, lográndose cubrir el material pétreo de los pavimentos con películas muy delgadas y más completas que con asfaltos en caliente. El agua de las emulsiones asfálticas se elimina por evaporación o por absorción, quedando el cementante en posibilidad de fraguar o coagular.

La principal condición que debe satisfacer una emulsión asfáltica es su estabilidad; es decir, su resistencia a la coagulación y sedimentación; principalmente a la coagulación, que aun parcial, podría ocasionar muy serios trastornos durante su aplicación. En las emulsiones correctamente fabricadas no se observa coagulación alguna, aun después de un largo tiempo de reposo; pero la falta de estabilización adecuada, la insuficiente agitación durante el mezclado

de fabricación a baja temperatura, el uso de un asfalto inapropiado, etc., permiten la coagulación antes de su aplicación. Cuando en las emulsiones asfálticas se observa sedimentación debido a un gran período de reposo, basta remover o agitar la emulsión antes de su aplicación.

Inmediatamente después de que una emulsión asfáltica se riega sobre la base de un camino, el contenido del agua comienza a evaporarse o a infiltrarse en las piedras y en la base, para coagular el asfalto de la emulsión. El tiempo en que se verifica esta coagulación depende del tipo de emulsión empleada, pues existen emulsiones de fraguado rápido, medio y lento, que se seleccionan de acuerdo con el objetivo que se persigue y en el lugar en que se usen.

## V.8 EL ACERO Y EL ALUMINIO.

### ACEROS ESTRUCTURALES.

#### Clasificación.

Los aceros de alta resistencia se utilizan en muchos proyectos de Ingeniería Civil. Los nuevos aceros, por lo general, los introducen sus fabricantes con marca registrada; pero un breve examen de sus composiciones, tratamiento térmico y propiedades suele permitir relacionarlos con otros materiales ya existentes. En seguida aparecen algunas clasificaciones que permiten componer los nuevos productos en los que ya están normalizados.

Las clasificaciones generales permiten agrupar a los aceros estructurales disponibles en la actualidad en cuatro categorías principales, algunas de las cuales tienen subdivisiones. Los aceros que utilizan el carbono como elemento principal en la aleación se llaman estructurales al carbono. Los grados más antiguos en esta categoría fueron "el caballo de batalla" en la industria de la construcción durante muchos años y los aceros al carbono más nuevos, mejorados, todavía constituyen la mayor parte del tonelaje estructural.

Pueden agruparse dos subdivisiones dentro de la clasificación general de aceros al carbono con baja aleación. A fin de ofrecer mayores resistencias que los aceros comunes al carbono, los aceros con bajo contenido de aleación tienen cantidades moderadas de uno o más elementos de aleación, aparte del carbono. Los aceros al columbio-vanadio, son metales de elevada resistencia al límite de cedencia, producidos con la adición de pequeñas cantidades de estos dos elementos a los aceros de bajo contenido de carbono.

Hay en el mercado dos clases de aceros con tratamiento térmico, para usos en la construcción. Los aceros al carbono con tratamiento térmico están disponibles normalizados o enfriados y templados y su resistencia se logra sólo a base del contenido de carbono. Los aceros

para construcción de aleación con tratamiento térmico son aceros enfriados y templados que contienen cantidades moderadas de elementos de aleación, además del carbono.

Otra categoría general, los maraging constan de aleaciones de alto contenido de níquel con bajo contenido de carbono. Estas aleaciones se someten a tratamiento térmico para envejecer la martensita de hierro-níquel. Los aceros de martensita envejecida son exclusivos, porque son los primeros aceros de grado para construcción que, en esencia, están libres de carbono. Su alta resistencia depende por completo de los otros elementos de aleación. Esta clase de acero ha abierto la puerta al desarrollo de toda una nueva serie de aceros libres de carbono.

La designación de las especificaciones ASTM sirven para clasificar los aceros estructurales que han estado en uso un tiempo suficiente para poder clasificarlos (ver tabla N° V.2). Estas especificaciones cubren las variables de producción, como proceso, contenido químico y tratamiento térmico, así como mínimos de rendimiento en propiedades de tracción y dureza.

CLASIFICACION GENERAL	Nº ASTM	RESISTENCIA AL LIMITE DE CEDENCIA, ksi
Aceros estructurales al carbono.	A36	36
Aceros de alta resistencia y bajo contenido de aleación.	A440 A441 A242 A588	42-50
Aceros al columbio-vanadio.	A572	42-65
Aceros al carbono con tratamiento térmico.	No hay	50-80
Aceros de aleación con tratamiento térmico para construcción.	A514 A517 A633	90-100
Aceros maraging.	No hay	200-300

**Tabla V.2 Clasificación de aceros estructurales por número ASTM y resistencia al límite de cedencia.**

NOTA: 1 ksi = 70.31 kg/cm<sup>2</sup>.

El agrupamiento por resistencia al límite de fluencia puede establecerse mediante otro sistema de clasificación (tabla V.2). Pueden formarse cinco agrupamientos generales:

36 ksi. Es el acero al carbono para fines estructurales, se utiliza en la construcción de puentes y edificios remachados, atornillados y soldados.

42 a 65 ksi. Estos aceros de alta resistencia y bajo contenido de aleación se desarrollaron en la década de 1930 para lograr que los valores mínimos a la cedencia fueran superiores a los obtenidos con los aceros estructurales al carbono.

50 a 80 ksi. Son aceros desarrollados a fines de la década de 1950 y principios de la de 1960, para llenar el hueco existente entre las resistencias de 60 a 100 ksi en punto de cedencia.

90 a 100 ksi. Aceros de aleación con tratamiento térmico introducidos al principio de la década de 1950 para uso en la construcción.

200 a 300 ksi. El fértil campo de perfeccionamiento en el cual compete la industria siderúrgica con otros tipos de materiales, para producir materiales con una más elevada proporción resistencia-peso.

La comparación del contenido químico en cuanto a carbono y otros elementos de aleación puede utilizarse para distinguir entre sí a los aceros estructurales. La mayoría de los aceros estructurales, excepto los aceros maraging contienen carbono en cantidades entre 0.10 y 0.28%. Los aceros más antiguos tienen pocos elementos de aleación y se suelen clasificar como aceros al carbono. Los aceros que contienen cantidades moderadas de elementos de aleación, con menos de alrededor de 2 % de cualquier otro elemento, se llaman aceros con bajo contenido de aleación. Los aceros que contienen porcentajes más altos de elementos de aleación, como los aceros maraging con 18 % de níquel, se designan aceros con alto contenido de aleación. Las composiciones químicas específicas de los aceros estructurales clasificados se indican en las especificaciones ASTM.

Entre la inmensa variedad de productos que se fabrican con el acero, podemos mencionar a algunos como: semiproductos (lingotes de acero), hierros elaborados, perfiles laminados, clavos, puntas, tornillos, roblones, cables, etc.

#### LAS ALEACIONES DE ALUMINIO.

Clasificaciones. Las aleaciones de aluminio forjado se designan con una clave de cuatro números. El primer número identifica el tipo de aleación de acuerdo con la siguiente clave.



Aluminio puro, pureza mínima 99.00 % y mayor	1xxx
Cobre	2xxx
Manganeso	3xxx
Silicio	4xxx
Magnesio y silicio	6xxx
Zinc	7xxx
Otros elementos	8xxx

El segundo número significa modificaciones específicas a la aleación y los dos últimos números identifican la aleación específica de aluminio o indican la pureza del aluminio.

Estas aleaciones de aluminio forjado pueden ser, o no, susceptibles de tratamiento térmico. Las aleaciones pueden someterse a tratamiento térmico si los elementos de aleación disueltos son menos solubles en estado sólido a temperaturas normales que a altas temperaturas. Esto también posibilita el endurecimiento por envejecimiento. También pueden emplearse el trabajo en frío u otras formas de endurecimiento por deformación para hacer más fuertes las aleaciones de aluminio. El temple de una aleación se indica al agregar una letra a la designación de la aleación, como sigue:

- F ----- Tal como fue fabricado sin control de temple
- O ----- Recocido (recristalizado)
- H ----- Trabajado en frío
- T ----- Con tratamiento térmico

Las letras H y T suelen ir seguidas por números adicionales que indican más detalles del tratamiento. H1 designa una aleación que ha sido endurecida sólo por deformación; H2 designa una que ha sido endurecida por deformación y, después, sometida a recocido parcial. Un segundo número después de la H indica cantidades crecientes de endurecimiento por deformación en una escala de 2 a 9. H3 indica una aleación que se ha endurecido por deformación y estabilizada con un recocido conveniente. Los diversos temples producidos por el tratamiento térmico se indican con una T seguida por un número, como se indica en seguida:

- T3 ----- Tratamiento térmico en solución seguida por endurecimiento por deformación; un segundo número indica diferentes cantidades de endurecimiento por deformación.
- T4 ----- Tratamiento térmico en solución seguido por envejecimiento natural a la temperatura ambiente.
- T5 ----- Envejecimiento artificial después de un proceso de fabricación a temperatura elevada.

- T6 ————— Tratamiento térmico en solución seguido por envejecimiento artificial.
- T7 ————— Tratamiento térmico en solución seguido por estabilización con un tratamiento térmico de sobre-envejecimiento.
- T8 ————— Tratamiento térmico en solución, endurecimiento por deformación y envejecimiento artificial.
- T9 ————— Tratamiento térmico en solución, envejecimiento artificial y endurecimiento por deformación.

Propiedades. Las aleaciones de aluminio se utilizan en aplicaciones estructurales debido a que su relación resistencia-peso es con frecuencia más favorable que la de otros materiales. Las estructuras de aluminio necesitan un mínimo de mantenimiento, porque el aluminio se estabiliza en la mayoría de las atmósferas.

Las aleaciones de aluminio forjado para aplicaciones estructurales suelen ser endurecidas por precipitación para reforzarlas.

El aluminio es resistente al aire por cubrirse de una capa de óxido invisible, como un barniz que le protege, por ser muy adherente. Las aguas potables y ácidos le atacan.

El aluminio se protege con una capa de óxido obtenida por electrólisis y se puede colorear obteniéndose el aluminio anodizado, muy empleado en decoración.

Formas comerciales. Angulares de lados iguales de 10 x 10 x 2 hasta 60 x 60 x 6, y de lados desiguales, 10 x 20 x 2 hasta 25 x 50 x 5.

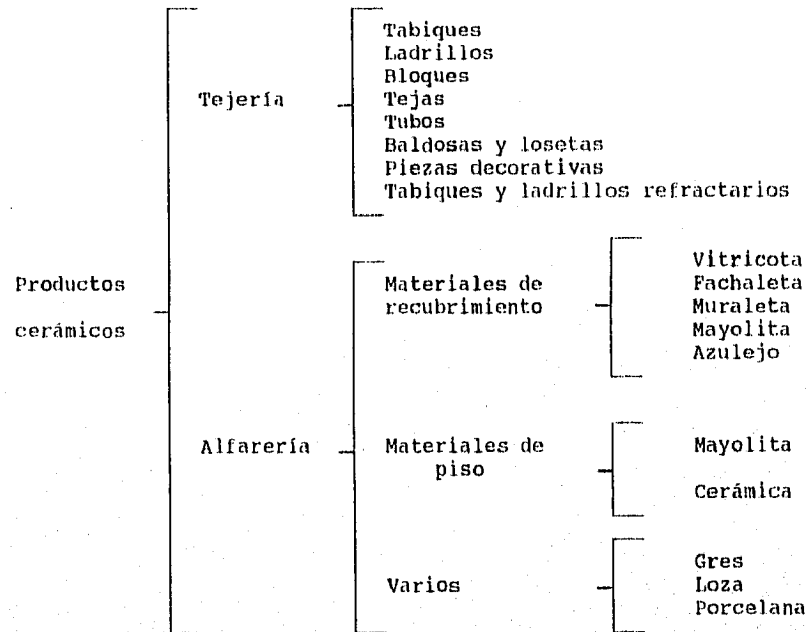
Chapas, desde 0.2 mm, hasta 5 mm, aumentando de 0.5 mm.  
Alambres, desde 1 hasta 50 mm de diámetro.

#### V.9 LAS CERAMICAS.

Clasificación. Las cerámicas se agrupan en dos grandes ramas: la tejería que manufactura los materiales de construcción, tales como: ladrillos, tejas, tubos, losetas, etc., y la alfarería que elabora la cerámica fina: azulejo, loza, porcelana, etc.

La industria cerámica utiliza materiales plásticos, como las arcillas y los caolines, y de los materiales no plásticos que sirven como desgrasantes, fundentes y colorantes. Los desgrasantes se adicionan a las arcillas para bajarles su poder graso y disminuir su

plasticidad, haciéndolas que se contraigan menos al desecarse, los fundentes sirven para bajar la temperatura de cocción; y los colorantes, para lograr, por medio de vidriado y esmaltado, coloraciones distintas en los productos por obtenerse.



#### TABIQUES Y LADRILLOS.

Se definen al tabique y al ladrillo común como piezas paralelepípedas de dimensiones teóricas 7 x 14 x 28 cm y 2.5 x 7 x 28 cm, respectivamente. En la industria rústica el moldeo se hace a mano en moldes de madera únicos o múltiples llamados gaberías. Las dimensiones de estos moldes deben ser de un décimo a un séptimo mayor que las dimensiones finales del producto terminado, debido a la contracción que por secado y cocción sufre la pasta arcillosa.

El moldeo mecánico, utilizado en las industrias organizadas, se logra por medio de prensas de hilera o prensas de troquel.

**Secado.** Esta etapa tiene por objeto eliminar de las piezas moldeadas, antes de la cocción, el agua de amasado para evitar fuertes contracciones, deformaciones y desmoronamiento de la pasta por brusco secado en los hornos de cocción. Para evitar esto, el secado debe realizarse lentamente y a la sombra, de modo que la evaporación superficial sea a la misma velocidad de salida del agua contenida en la parte central de la masa.

**Cocción.** En esta etapa de la fabricación los productos cerámicos adquieren su característica pétreo que hace inalterable su forma. De acuerdo con el color que adquieren las tierras arcillosas después de cocidas y de acuerdo con su composición química, se las clasificó en:

- a) Ricas en alúmina, que al cocerse dan productos refractarios de color blanco.
- b) Ricas en alúmina y pobres en hierro, muy empleadas en la fabricación de lozas y por cocción dan productos de coloraciones amarillas o grises.
- c) Pobres en alúmina y ricas en hierro; por cocción adquieren el color rojo y elevando más la temperatura toman el color violado azul, debido a que el hidróxido de hierro se convierte en óxido de hierro o hematita roja. Estas arcillas son las más propias para la industria tejera o para la fabricación de materiales de construcción: tabiques, ladrillos, tubos, tejas, bloques, etc.

La temperatura de cocción para los productos de tejería varía entre 900° y 1000 °C, realizándose la cocción, en forma rústica, en moles u hormigueros, e industrialmente por medio de hornos intermitentes o continuos, dependiendo de la categoría de la industria.

**Resistencias mecánicas.** Según la norma española UNE 41004, los ladrillos cerámicos deberán tener las resistencias aparentes mínimas siguientes:

MACIZOS Kg/cm <sup>2</sup>		PERFORADOS Y HUECOS Kg/cm <sup>2</sup>	
A y B	200	B	200
A y B	100	B	100
C	70	B	50
		C	20

Tabla V.3 Resistencias aparentes mínimas.

CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS LADRILLOS:

- a) Ser de masa homogénea, grano fino y no contener caliches.
- b) No tener grietas, hendiduras ni oquedades.
- c) Tener forma y dimensiones iguales para que las hiladas sean del mismo espesor.
- d) Aristas vivas y caras planas.
- e) Igualdad de color.
- f) Sonido metálico por percusión y no frágiles.
- g) Facilidad de cortarlos.
- h) No absorber más del 15 % de agua a las veinticuatro horas de inmersión los de buena calidad y 20 % los de tejar.
- i) No ser heladizos.
- j) Resistir a la compresión de 200 a 70 kg/cm<sup>2</sup>, según la calidad.

Bloques. Los bloques son piezas prismáticas rectas de dimensiones varias, que tienen aligeramiento de peso por medio de cavidades, generalmente rectangulares, dirigidas en el sentido longitudinal y transversal. También se fabrican de formas especiales para aparejos de muros y para la formación de techos aligerados.

Tejas. Son productos cerámicos duros, resistentes, impermeables, ligeros y de formas diversas que se destinan para cubiertas de los edificios. De acuerdo con sus formas se denominan arábicas, misión, flamencas, planas con o sin encaje y combinadas. La pasta para su fabricación debe ser plástica y estar bastante seca y en su quema debe ponerse gran cuidado para evitar distorsiones.

Vidriado y esmaltado. Con objeto de hacer impermeables a los productos cerámicos, como en el caso de las tejas y los tubos, o darles impermeabilidad y coloración, como a los azulejos, materiales de recubrimiento, losas y porcelanas, se recurre al vidriado y esmaltado. El vidriado tiene por objeto cubrir con una capa vítrea (anhídrido silícico y pobres en álcalis y se hacen con cuarzo, feldespatos, creta, mármol y caolín) la superficie de los productos cerámicos para hacerlos impermeables a los líquidos, proporcionándoles, además, una superficie brillante y tersa. El esmaltado llena el doble objeto de impermeabilidad y coloración, dando superficies opacas o brillantes, pero siempre tersas.

Baldosas y losetas. Son piezas cuadradas, rectangulares o hexagonales fuertemente comprimidas. En ellas se emplean arcillas ferruginosas para las de color rojo y arcillas refractarias para las de color blanco. Se utilizan principalmente para pisos, aunque muchas veces se seleccionan como elementos decorativos en repisones, cejas y recubrimientos, dependiendo de sus dimensiones y acabado.

Tabiques y ladrillos refractarios. El término refractario se aplica a todos los materiales capaces de soportar altas temperaturas sin modificar su estructura y que son usados en la construcción de hornos, conductos de humo, tragantes, crisoles, etc. Todo producto

refractario debe satisfacer la doble condición de soportar altas temperaturas, ya gradual o bruscamente, y resistir la acción de los gases calientes, la acción de las escorias, la abrasión, etc. Su moldeo es generalmente mecánico, salvo los casos de piezas especiales. La temperatura de cocción varía entre 1,149 °C y 1,371 °C, pudiendo llegarse, según la arcilla seleccionada, hasta 1,621 °C.

Azulejo. Este lo constituyen pequeñas placas o baldosines preparados en arcillas escogidas y esmaltadas por una cara; se usan principalmente en revestimientos decorativos o de higiene (baños, cocinas, laboratorios).

Material de piso. Así se conocen los productos empleados principalmente para formar pavimentos interiores de baños y en nuestro medio, se conocen con los nombres genéricos de mayólica y cerámica. Para otros tipos de pavimentos exteriores e interiores se emplean las baldosas y losetas, productos también de la industria cerámica.

Gres. Se denomina gres cerámico a un producto más impermeable, compacto y resistente que el barro cocido, pero opaco y menos fino que la porcelana. Se obtiene por la cocción hasta vitrificación de pastas de arcilla y sílice escogidos y mezclados convenientemente. Con este producto se fabrican tubos, ladrillos y baldosas, piezas esmaltadas o sin esmaltar para revestimientos de paredes; piezas esmaltadas o sin esmaltar para pisos, en forma de losetas o en pequeños pedazos a modo de mosaico cerámico. Es decir, con el gres cerámico pueden fabricarse todos los elementos constructivos descritos, con la ventaja de sus grandes cualidades de resistencia e inalterabilidad que los hacen más duraderos, pero a la vez mucho más caros. Por esta razón se limita su fabricación a productos especiales.

Loza. Con este nombre se conocen los productos cerámicos de fractura blanca después de cocidos -porosos y absorbentes- que se recubren con un esmalte para hacerlos impermeables y duraderos. Se emplea en la manufactura de muebles sanitarios (lavabos, inodoros, bidés, etc). La pasta formada por arcillas muy ricas en alúmina y pobres en hierro, mezclado con caolín, feldespatos, etc., se moldea por colada en moldes de yeso y se cuece a unos 1,100 o 1,200 °C, en cajas refractarias, y después de aplicada la cubierta de esmalte se vuelve a cocer entre unos 1,000 y 1,100 °C. El producto resultante es parecido a porcelana, menos dura, denominada semiporcelana.

Porcelana. Es el producto cerámico más fino, de fractura blanca, muy compacto, translúcido, de sonido metálico, no es rayada por el acero ni atacada por los ácidos, y constituye el mejor material para aparatos sanitarios. Este producto está formado por una masa vítrea compacta en todo su espesor, cuya cochura se hace en dos fases a temperaturas que oscilan entre 1,300° y 1,400 °C para que se produzca la vitrificación del bizcocho, lo que impide fabricar con él piezas voluminosas como tinajas, urinarios, lavaderos, etc., las cuales se deforman en la cochura. Este producto, por ser un mal conductor de la electricidad, se emplea mucho en la industria eléctrica, y por su

resistencia a los ácidos y a temperaturas elevadas, en la industria química. Para la fabricación de aparatos voluminosos como tinas, lavaderos, etc., se emplea el gres porcelana que resiste sin deformarse la temperatura de cochura 11,350° a 15,000 °C.

#### V.10 LAS PINTURAS Y LOS PLÁSTICOS.

##### PINTURAS.

Las pinturas son mezclas líquidas, generalmente coloreadas, que, aplicadas por extensión, pulverización o inmersión, forman una capa o película opaca en la superficie de los materiales de construcción, a los cuales protege y decora.

Las pinturas están constituidas por un pigmento sólido y el aglutinante o vehículo líquido, formando ambos una dispersión.

Clasificación. Las pinturas se clasifican por el color y naturaleza de los pigmentos en: blanco de cinc, azul cobalto, etc. Por el vehículo, en pinturas al agua, cola, aceite. Por el papel que desempeñan, en decorativas, antioxidantes, ignífugas, lavables, etc.

Pigmentos. Son cuerpos sólidos, finamente pulverizados, insolubles en el aglutinante o vehículo, siendo su misión la de colorear, dar consistencia y facilitar el secado de la pintura.

Los pigmentos, por su origen, se clasifican en naturales y artificiales, y por su naturaleza, en minerales y orgánicas (vegetal, animal y sintéticos).

Según la misión que desempeñan en la pintura, se les clasifica en coloreados u opacos, y transparentes o inertes.

Entre los diversos colores de pigmentos tenemos: pigmentos blancos, pigmentos amarillos, pigmentos azules, pigmentos verdes, pigmentos negros, pigmentos pardos, etc.

Agglutinantes o vehículos. Son los líquidos que llevan en suspensión los pigmentos y que, una vez secos, mantienen unidas las partículas de color entre sí y con la superficie sobre la que se aplica la pintura, impidiendo que se desprenda.

El vehículo consta de aglutinante propiamente dicho y de un líquido que lo disuelve y diluye, así, por ejemplo, en la pintura al silicato, el aglutinante es el vidrio soluble, y el disolvente y diluyente, el agua. Los vehículos se clasifican en volátiles o no. Los vehículos volátiles acuosos pueden ser minerales; a la cal y al vidrio solubles y orgánicos; colas animales o vegetales y emulsiones de almidón, caseína, cera, etc., o jabones de resina y goma laca.

Los vehículos volátiles no acuosos pueden ser lacas al alcohol, celulósicas, resinas naturales y artificiales.

Los vehículos no volátiles están constituidos por los aceites vegetales secantes: linaza, adormidera, nueces, madera, ricino y los barnices y lacas.

Disolventes volátiles. Son líquidos de fácil evaporación que se agregan a los vehículos de las pinturas para hacerlas más fluidas, poderse aplicar mejor y para acelerar el secado. Entre los disolventes volátiles podemos citar: esencia de trementina y aguarrás.

Secantes. Son los cuerpos que se añaden a las pinturas para catalizar o acelerar la oxidación y polimerización de los aceites vegetales, disminuyendo el tiempo de secado de las pinturas.

Los secantes generalmente empleados están constituidos por óxidos, resinatos u oleatos de plomo, manganeso y cobalto, litargirio, acetato de plomo, minio, albayalde, bióxido, borato y oxalato de manganeso y los terebenos. Se presentan en forma sólida en polvo, pasta y líquida.

Barnices. Son líquidos más o menos fluidos que, extendidos en capas delgadas sobre los cuerpos, se solidifican, dando una superficie lisa, continua, incolora, brillante; realza los colores y los protege de los agentes atmosféricos. Pueden ser transparentes u opacos.

Los barnices están constituidos por resinas o gomas o ceras disueltas en aceites secantes, o con disolventes volátiles y materias colorantes.

Se clasifican por el disolvente en: barnices al óleo, lacas o barnices volátiles, barnices-lacas y barnices celulósicos.

Gomas y resinas. Son compuestos orgánicos producidos por excreciones de los vegetales al practicar incisiones en una corteza, fluyendo al exterior, solidificándose en una masa vítrea al contacto del aire. Tienen distinta dureza y fragilidad y coloraciones amarillas o rojizas y más o menos trasparente.

Las gomas naturales químicamente se aproximan a los hidratos de carbono, disolviéndose en el agua, dando un líquido espeso, o se hinchan formando una jalea. Son insolubles en alcohol y no cristalizan, como la goma arábiga.

Las resinas de formación reciente se llaman bálsamos, y las solidificadas por el oxígeno del aire, resinas fósiles; no son sustancias químicas puras, estando disueltas en aceites etéreos, hallándose ácidos alcoholes, ésteres y oxiterpenos muy polimerizados. Son insolubles en agua, solubles total o parcialmente en alcohol, éter, etc. En la Naturaleza hay otras sustancias con propiedades intermedias y se denominan gomoresinas y no cristalizan.



Las resinas naturales más importantes son: trementina natural o miera, colofonia o pez griega, copal, goma laca, sandaraca, dammar, goma-guta, sangre de drago, betún natural, almáciga, goma de elemi, ámbar, caucho, gutapercha.

Esmaltes. Son barnices grasos o celulósicos teñidos de colores, generalmente minerales, debiendo estar homogéneamente mezclados, obteniéndose unas pinturas de rápido secado, superficie brillante adherente, elástica, compacta, cuyo brillo aviva los colores, empleándose tanto para interiores como al exterior.

#### PLÁSTICOS.

Formación y estructura de los polímeros. Los términos sinónimos plásticos y resinas sintéticas indican polímeros altos, orgánicos, sintéticos. Los polímeros son compuestos en los cuales las subunidades básicas a nivel molecular son moléculas de cadena larga. La palabra plásticos se ha adoptado como nombre genérico para este grupo de materiales porque todos pueden moldearse en alguna etapa de su fabricación.

Los polímeros pueden formarse en estado amorfo o cristalino, según la disposición relativa de las moléculas de cadena larga. El estado amorfo (sin forma) se caracteriza por una disposición totalmente al azar de las moléculas. El estado cristalino en un polímero consiste en regiones cristalinas, llamadas cristalitas, enclavadas en una matriz amorfa.

Deformación de los polímeros. Los módulos elásticos de los plásticos, por lo general, están en la gama de  $10^4$  a  $10^6$  lb/pulg<sup>2</sup>; o sea, mucho menores que en los metales. Las deformaciones más pronunciadas que se observan cuando se aplica carga a los plásticos ocurre porque hay enderezamiento de enlaces y alargamiento de enlaces en los polímeros. Los polímeros de red son más rígidos que los lineales y tienen módulos más elevados. La deformación permanente en los plásticos ocurre como deslizamiento entre las cadenas moleculares adyacentes.

Los plásticos se dividen en dos grandes categorías de acuerdo con su comportamiento térmico: materiales termoplásticos y termoendurecibles o termofijos.

Termoplásticos. Adquieren una plasticidad extrema, es decir, se deforman con facilidad a temperaturas elevadas y al enfriar se endurecen otra vez. Por ello, se pueden ablandar por calentamiento y endurecer por enfriamiento cualquier número de veces. Las resinas termoplásticas se deforman con facilidad al aplicarles presión, en particular a temperaturas elevadas y se utilizan para hacer productos moldeados.

Termoendurecibles. Pueden ser blandos de origen o se reblandecen de inmediato al calentarlos; pero, al calentarlos todavía más se endurecen en forma permanente. La estructuración final y continua de las resinas termoendurecibles se puede desarrollar por mecanismos de polimerización por condensación o puede endurecerse por la formación de enlaces primarios entre las cadenas moleculares cuando se aplica energía térmica. La conclusión de la polimerización, que se acelera a temperaturas elevadas, les da dureza permanente a las resinas termofijas. En general, los plásticos termoendurecibles son más fuertes que las resinas termoplásticas, en especial a temperaturas elevadas.

Los polímeros amorfos tienen una temperatura característica a la cual empieza un cambio muy notorio, llamado temperatura de transición a vidrio. La transición del comportamiento vídrioso al comportamiento gomoso o huloso ocurre en una gama de temperatura de 10 a 20 °C.

Los polímeros son viscoelásticos porque están sujetos a fenómenos dependientes del tiempo. Los materiales plásticos, sometidos a una carga continua, se escurren y tienen deformaciones más grandes, que con cargas de corta duración. Si en vez de ello se estira el material hasta un alargamiento dado, los esfuerzos necesarios para mantener el alargamiento disminuirá con el tiempo.

Plásticos termoendurecibles. Estos materiales, una vez ablandados, adquieren endurecimiento permanente al calentarlos más. A continuación, se describen en forma breve las principales de los termoendurecibles y se indican sus aplicaciones principales.

Los fenolformaldehídos constituyen la variedad más grande de artículos de plástico termoendurecible moldeados. Se utilizan para aplicaciones en la química, decorativas, eléctricas, mecánicas y térmicas de todas clases. Como son duros y rígidos, cambian muy poco, si acaso, al envejecer bajo techo; pero a la intemperie pierden su brillo de superficie. Los fenolformaldehídos tienen buenas propiedades eléctricas, no se queman con facilidad y no sostienen la combustión. Son fuertes, ligeros de peso y agradables a la vista y al tacto. En general, no pueden obtenerse en colores claros, debido al color café oscuro básico de la resina. Tienen baja absorción de agua y buena resistencia al ataque de los productos químicos más comunes.

Las resinas de furano son similares a las fenólicas en muchos aspectos. Son tenaces y durables, tienen muchos usos industriales, como moldes grandes llenos con agregado para conformar metales ligeros.

Las fenólicas para vaciado se utilizan alguna vez en grandes cantidades para piezas de colores intensos; pero en la actualidad su uso principal es en aplicaciones industriales, que incluyen moldes.

Las resinas epoxi y políester para vaciados se utilizan para una gran variedad de propósitos. Por ejemplo, las piezas electrónicas con componentes delicados, a veces, se vacían por completo con estos materiales para darles apoyo y resistencia completos y continuos a los

choques térmicos y mecánicos. Algunas variedades se deben curar a temperaturas elevadas; otras, pueden formularse y curar a la temperatura ambiente. Uno de los atributos más notables de las epoxi es su excelente adherencia en una gran variedad de materiales incluso en metales como cobre, latón, acero y aluminio.

Los materiales poliéster para moldeo, cuando están compuestos con fibras (en especial fibra de vidrio) o con diversos llenadores minerales (arcilla) pueden formularse en mastiques o premezclados que se moldean con facilidad por compresión o transferencia para producir piezas de alta resistencia al impacto.

Los materiales de melamina formaldehído no se afectan con los disolventes orgánicos normales, grasas, aceite o la mayoría de los ácidos y álcalis débiles. Su absorción de agua baja. Son insensibles al calor y muy resistentes a las llamas, según el llenador. Sus propiedades eléctricas son muy buenas, en especial la resistencia a los arcos.

Las alquídicas por lo general se combinan con llenadores minerales o de vidrio, este último para darles gran resistencia a los impactos. La extrema rapidez y lo completo de su curado permiten la producción acelerada de grandes números de piezas con unos cuantos moldes. Con sus propiedades eléctricas, en especial la resistencia a la formación de arcos son buenas, muchas aplicaciones para artículos moldeados con alquídicas son en aparatos eléctricos.

Las urea formaldehídos, igual que las melaminas, ofrecen traslucidez ilimitada y posibilidad de darles colores opacos, firmeza contra la luz, buenas propiedades mecánicas y eléctricas y resistencia a los disolventes orgánicos y ácidos y álcalis suaves. Las propiedades de resistencia son buenas.

Las siliconas al contrario de otros plásticos tienen base de silicio en vez de carbono. Por ello, su inactividad y durabilidad en una amplia variedad de condiciones, son notables. En comparación con las fenólicas, sus propiedades mecánicas son malas por lo que se les agregan fibras de vidrio. El moldeo es más difícil que con otros materiales termoendurecibles. Al contrario de la mayoría de las resinas, pueden utilizarse en funcionamiento continuo a 204 °C; tienen muy poca absorción de agua; sus propiedades dieléctricas son excelentes en presencia del ataque de muchos productos químicos; en trabajo a la intemperie su durabilidad es extraordinaria. En soluciones con líquidos, las siliconas se utilizan para dar resistencia contra la humedad en los muros de mampostería y sillares. También forman la base de muchas pinturas y otros revestimientos capaces de mantener la flexibilidad y la inactividad al ataque a altas temperaturas, en presencia de luz ultravioleta y ozono. El hule de siliconas mantiene su flexibilidad a temperaturas mucho más bajas que otros hules (cauchos).

Resinas termoplásticas. Los materiales dentro de esta categoría pueden ablandarse por calentamiento y endurecer por enfriamiento en

forma repetida. Las variedades principales de los termoplásticos se describen en forma breve a continuación.

Las acrílicas, en forma de hojas grandes y transparentes se utilizan en ventanas y "burbujas" en los aviones, en muchas aplicaciones en automóviles, camiones y edificios. Aunque no son tan duras como el vidrio, las acrílicas tienen claridad y transparencia perfectas. Son las más resistentes, entre todos los plásticos transparentes, a la luz solar y a la intemperie y poseen una combinación óptima de flexibilidad y rigidez así como resistencia al estillamiento. Pueden producirse en una gran variedad de colores transparentes, traslúcidos y opacos.

El polietileno, en su forma sin modificar, es un plástico flexible, ceroso, traslúcido, que mantiene su flexibilidad a temperaturas muy bajas, al contrario de muchos otros minerales termoplásticos. El polietileno tiene amplio uso como material aislante primario para alambres y cables y se utiliza como sustituto del forro de plomo en cables para comunicaciones y de otros tipos. También tiene mucho uso, en forma de película flexible, para empaquetar, en especial los alimentos y como recubrimiento anticorrosivo para tanques y otro equipo para productos químicos.

El teflón es un politetrafluoroetileno que se utiliza en los puentes como asientos o apoyos de vigas y en los edificios en donde se requiere resistencia a las condiciones extremas o para aplicaciones en donde se necesita baja fricción. Por ejemplo, en las tuberías para vapor, los cojines de soporte hechos de teflón permiten que el tubo se deslice con facilidad sobre los cojines cuando la dilatación y la contracción con los cambios de temperatura hacen que la tubería se alargue y se acorte. La temperatura tiene poco o ningún efecto. Las propiedades mecánicas son moderadas y puede necesitarse un esfuerzo para evitar el escurrimiento plástico y el aplastamiento con cargas pesadas.

El poliuretano se utiliza como aislamiento térmico en forma de espuma ya sea prespumado o espumado en el sitio; esto último es de utilidad particular en espacios irregulares. Algunos usos incluyen revestimientos incoloros o con color aplicados en el campo u horneados así como acabados para pisos, muros, muebles y alacenas. Por su consistencia ahulada se emplea para techados, aplicados con cuchara o por aspersión, empaquetaduras, juntas y compuestos calafateadores.

El fluoruro de polivinilo posee gran parte de las cualidades de ser inerte a los productos químicos y al ataque de la intemperie, típica de los fluorocarbonos. Entre otros usos, se utiliza como película fina para revestimiento de tableros de edificios que estarán expuestos a la intemperie.

Otros materiales pertenecientes a las resinas termoplásticas son: las resinas de formal polivinilo, los polímeros y copolímeros de

cloruro de vinilo, el cloruro de vinilideno, los compuestos de poliestireno, el nylon.

Derivados de celulosa. La celulosa es un polímero alto, natural, que se encuentra en todos los tejidos fibrosos de plantas leñosas y en algunos materiales como el algodón. Puede modificarse con procesos químicos para formar una gran variedad de materiales termoplásticos que, a su vez, pueden modificarse todavía más con plastificantes, llenadores y otros aditivos para impartirle muy diversas propiedades.

A estos derivados de celulosa pertenecen: el acetato de celulosa, el acetato-butirato de celulosa, la etil-celulosa, la nitrocelulosa.

Para terminar este capítulo, a continuación se ponen 2 problemas de materiales puestos en obra.

Problema I. Costo material en obra: acero (varilla) corrugada alta resistencia  $F_c = 2000 \text{ kg/cm}^2$  en largos comerciales de doce metros.

Costo de adquisición:

Diámetro		Costo de adquisición en fábrica
5/16"	7.9 mm	N\$ 2340.00
3/8"	9.5 mm	N\$ 2300.00
1/2"	12.7 mm	N\$ 2280.00
5/8"	15.9 mm	N\$ 2270.00
3/4" a 1 1/2"	10.1 mm a 38 mm	N\$ 2200.00
SUMA		N\$ 11390.00

Promedio =  $N\$ 11390.00/5 = N\$ 2278.00$

Que constituye el costo de adquisición promedio de fábrica.

Cuando en la práctica se presenta la necesidad de integrar un solo precio unitario para el acero de refuerzo, el costo de adquisición de material se calcula a través de un "promedio pesado", considerando los porcentajes por consumir de los diferentes diámetros por su costo de adquisición correspondiente.

Precio de adquisición puesto en obra de alambre recocido # 18:  
N\$ 20.00

El número de kilos de alambre recocido que se emplean para habilitar 1 tonelada de acero son 30 kilos (cantidad aproximada).

Nota: la cantidad de kilos de alambre recocido varía según el calibre que se emplee # 16, # 18, # 20 y según el acero que se habilite 5/16", 3/8", 1/2", 5/8", etc. (oscila entre 25 y 35 kilos por tonelada de acero habilitado).

Obtención del costo en obra:

Costo de varilla alta resistencia en fábrica.	= N\$ 2278.00/ton
Alambre recocido # 18 para amarres: N\$20/kg x 30 kg/ton de acero.	= N\$ 600.00/ton
Flete material de la fábrica a la obra (carga, descarga y transporte).	= N\$ 41.00/ton

SUMA = N\$ 2919.00/ton

Desperdicios (ganchos, traslapes, utilización): 16.6% = 0.166 x 2919.00	= N\$ 484.55/ton
--	------------------

COSTO MATERIAL EN OBRA INCLUYENDO  
DESPERDICIOS POR GANCHOS, TRASLAPES  
Y UTILIZACION.

N\$ 3403.55/ton

Problema II. Costo material en obra: cemento resistencia rápida, tipo III, por tonelada, en sacos de 50 kilos cada uno.

Costo material L.A.B. bodega distribuidor en el D.F., por tonelada sin incluir envase	= N\$ 550.00/ton
--	------------------

Envases por tonelada de cemento:

Costo de envase = N\$ 2.00	
Número de envases por tonelada = 20 piezas	
Se tiene: N\$ 2.00 x 20 pzas./ton	= N\$ 40.00/ton
Flete del material a la obra: (transporte y descarga).	= N\$ 41.00/ton

SUMA = N\$ 631.00/ton

Desperdicios:

Descarga en almacén:	1%
Bodegaje:	1%
Acarreos en obra:	2%
Utilización:	2%

SUMA 6%

O sea que por desperdicios se tiene:  
0.06 x N\$ 631.00/ton

= N\$ 37.86/ton

Nota: estos desperdicios son aproximados y se valorizan en base a experiencias anteriores.

COSTO CEMENTO EN OBRA INCLUYENDO  
DESPERDICIOS DE UTILIZACION POR  
TONELADA

N\$ 668.86/ton

**CAPITULO VI**

**CONCLUSIONES**

**Y**

**RECOMENDACIONES**



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Podemos dar una gran cantidad de conclusiones y recomendaciones, ya que como se ha podido ver a lo largo del presente trabajo, es muy vasto el campo de la construcción, junto con el papel que desenvuelve el Ingeniero Civil dentro de este ramo.

El haber realizado este trabajo fue una gran experiencia para mí, ya que por medio de él he conocido el "Proceso Constructivo", básico para dar terminación a una obra por medio de una serie de pasos previamente programados. También pude tener un amplio panorama de la "Determinación de los Costos de Mano de Obra", "Tipos, Aplicaciones y Costos Unitarios del Equipo de Construcción" y "Los Materiales de Construcción y Determinación de los Costos".

Dentro de las conclusiones que puedo dar del presente trabajo citaré las siguientes:

PRIMERA.- El Ingeniero Civil es el profesional con los conocimientos físico-matemáticos, que le permiten transformar óptimamente los recursos para la realización de obras civiles de servicio colectivo, tales como: caminos, puentes, ferrovías, canales, terminales aéreas y marítimas, etc; donde cubre las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las mismas. Estos últimos conceptos son los objetivos básicos de la Ingeniería Civil.

SEGUNDA.- Otros campos de la Ingeniería Civil que mantienen relación con la construcción son: Investigación Pura, Desarrollo o Investigación Aplicada, Planeación, Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento. Estos campos están interrelacionados, puesto que tienen como objetivo fundamental el adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad.

TERCERA.- Los Planos de Construcción deben ser útiles y pensados de acuerdo con la función que deben reunir para la ejecución de los trabajos en la obra.

CUARTA.- Un Precio Unitario es la remuneración o pago en moneda, que el contratante cubre al contratista, por unidad de obra y por concepto de trabajo que se ejecute, de acuerdo a las especificaciones. Se puede resumir en:

$$\text{Costo Unitario} + \text{Utilidad} = \text{Precio Unitario}$$

De esta manera, las Especificaciones son un conjunto de requerimientos exigidos en los proyectos y presupuestos para definir con precisión y claridad el alcance de los conceptos de trabajo.

QUINTA.- Un Costo Indirecto es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

Un costo directo es la suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

SEXTA.- Los sistemas que en la industria de la construcción se siguen para cubrir al trabajador el importe de su trabajo son comúnmente: por día, por destajo y por tarea.

SEPTIMA.- El salario es la remuneración que se hace al trabajador por su trabajo realizado. Para efecto de análisis de costos directos por obra de mano existen: salario diario, salario mínimo y salario real.

OCTAVA.- El motor de combustión interna es la principal fuente de tracción de la maquinaria de construcción, sobresaliendo las fabricadas para funcionar con diesel. Otras de suma importancia son las eléctricas.

NOVENA.- La maquinaria de construcción tiene una amplia gama de aplicaciones en la rama de la construcción, y son vitales para llevar a cabo la construcción de muchas obras, se debe de cuidar mucho la elección del equipo para su realización, para que nuestros costos no se disparen demasiado.

DECIMA.- Los materiales también son importantes en la construcción, ya que son ellos los que integran a la obra. De una buena elección y un cálculo aceptable de sus costos, depende de que una obra sea económica, cómoda, funcional; y sobre todo, segura.

Las recomendaciones que puedo dar del presente trabajo, son las siguientes:

PRIMERA.- Como prioridad de cualquier proyecto y por consiguiente de cualquier obra, se debe de cuidar la naturaleza realizando estudios de impacto ambiental, para dañarla lo menos posible; y sobre todo, cuidar nuestra ética y no caer en la corrupción en detrimento del medio ambiente.

SEGUNDA.- En todas las obras se debe de trabajar lo más apegado a proyecto y especificaciones, ya que son ellos los que nos proporcionan la parte más importante de cualquier construcción, la seguridad.

TERCERA.- Realizar pruebas de laboratorio a los materiales de construcción: concreto, acero de refuerzo, acero estructural, soldaduras, etc. De esta manera cuidaremos la calidad de todos los materiales empleados en las construcciones.

CUARTA.- Remunerar de una manera más justa a los trabajadores que se dedican a la construcción, ya que es una de las actividades más peligrosas y pesadas de las industrias.

QUINTA.- Para llevar a cabo las obras, es recomendable elegir la maquinaria y materiales adecuados para cada una de las etapas y actividades de la construcción, ya que de esta manera nuestros costos no se elevarán demasiado.

SEXTA.- Se debe dar mayor mantenimiento a las obras, para que sigan cumpliendo con los objetivos de servicio para el que fueron diseñadas.

SEPTIMA.- A la maquinaria de construcción, es de suma importancia proporcionarle su mantenimiento de acuerdo a especificaciones, para que de esta manera siga siendo eficiente al momento de llevar a cabo alguna actividad en construcción.

OCTAVA.- Para finalizar, debemos de tratar que todos los estudiantes de Ingeniería Civil realicen prácticas o visitas a obras, para que de este modo se familiaricen con bitácora, planos, especificaciones, etc. Una parte que es de suma importancia es que el alumno vea lo que se realiza físicamente en una obra, para que cuando salga de la Universidad tenga un panorama más amplio de la construcción.

## BIBLIOGRAFIA

- Introducción al Proceso Constructivo  
Ernesto Mendoza Sánchez  
FUNDEC A.C. 1990.
- Apuntes de Factores de Consistencia de  
Costos y Precios Unitarios  
Ernesto R. Mendoza Sánchez y  
Jorge H. de Alba Castañeda  
FUNDEC A.C. 1990.
- Enciclopedia Ilustrada Cumbre  
Editorial Cumbre, S.A.  
México, 1979.
- Cómo Proyectar en Edificación  
René Bayón  
Editores Técnicos Asociados, S.A.  
España, 1974.
- Principios de Construcción  
D.A. G. Reid  
Ed. Gustavo Gili, S.A.  
Barcelona, 1980.
- Costo y Tiempo en Edificación  
Carlos Suárez Salazar  
Ed. Limusa  
México, 1993.
- Ley Federal del Trabajo  
Miguel Borrell Navarro  
Ed. Sista, S.A. de C.V.  
México, 1995.
- Ley del Seguro Social
- Métodos, Planeamiento y  
Equipos de Construcción  
R.L. Peurifoy  
Ed. Diana  
México, 1980.
- Maquinaria General en Obras  
y Movimientos de Tierra  
Paul Galabru  
Ed. Reverté, S.A.  
España, 1978.

- Maquinaria para Construcción  
David A. Day, P.E.  
Ed. Limusa  
México, 1985.
- Tratado de Construcción  
Antonio Miguel Saad  
Compañía Editorial Continental, S.A.  
Tomos I y II  
México, 1975.
- Materiales de Construcción  
Félix Orus Asso  
Ed. Dossat, S.A.  
España, 1981.
- Prefabricación de Hormigón  
F. Vilagut  
Ed. Gustavo Gili, S.A.  
España, 1975.
- Manual del Ing. Civil  
Frederick S. Merrit  
Vol. I  
Ed. Mc Graw-Hill  
México, 1990.