

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

PROGRAMA

CURSO SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS DE ORGANIZACION Y CONTROL PARA RESIDENTES DE OBRA.

FECHA 23 al 25 de nov. de '94. LUGAR PATZCUARO, MICH.

INSTITUCION DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES (S.C.T.)

FECHA	HORARIO	TEMA	EXPOSITOR
23-11-94		ACTIVIDADES GENERALES: a).- Anteriores al Inicio; b).- Durante la obra c).- Posteriores a la obra.	ING. GILBERTO E. HERNANDEZ GOMEZ
24-11-94		CONTROL: a).- Que es el control. b).- Como podemos llevarlo. c).- Ejemplos de aplicacion. d).- Control administrativo.	ING. GILBERTO E. HERNANDEZ GOMEZ
24-11-94		CONTROL DE OBRA: a).- Aplicacion de la ruta critica. b).- Reprogramación de una obra. c).- Utilización adecuada.	ING. GILBERTO E. HERNANDEZ GOMEZ
25-11-94		USO DE LA BITACORA: a).- Generalidades. b).- Aperturas. c).- Utilización adecuada. d).- Consecuencia.	ING. GILBERTO E. HERNANDEZ GOMEZ
25-11-94.		CONCRETO: a).- Generalidades. b).- Elaboración. c).- Colocación. d).- Curado.	ING. GILBERTO E. HERNANDEZ GOMEZ





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

CURSOS INSTITUCIONALES

SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS PARA RESIDENTES DE CONSTRUCCION

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

del 23 al 25 de noviembre de 1994

T E M A I

"ACTIVIDADES GENERALES"

ING. GILBERTO HERNANDEZ
PATZCUARO, MICH.

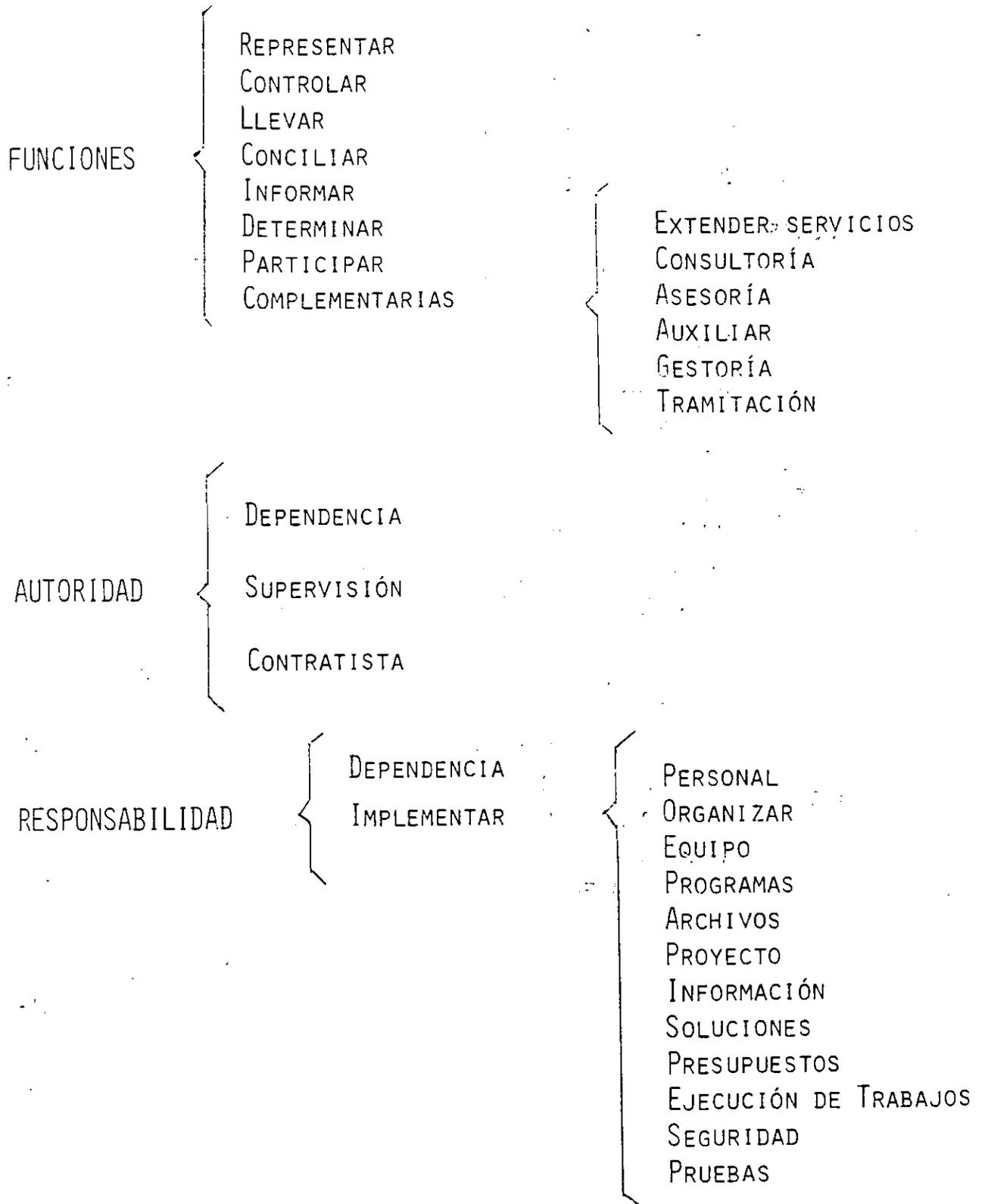
1994

I.- INTRODUCCION

SUPERVISIÓN

SON LAS ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR EL PROFESIONISTA DEDICADO A ESTA ACTIVIDAD, CON EL OBJETO DE QUE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN SEAN REALIZADOS DE ACUERDO AL PROYECTO PREVIAMENTE ELABORADO, EN EL TIEMPO, CON LA CALIDAD Y AL COSTO PACTADO; QUE NECESITA DE TODOS SUS CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA Y BUEN CRITERIO PARA EMITIR JUICIOS, MODIFICACIONES, INTERRELACIÓN DE RESULTADOS, APLICACIÓN DE NORMAS Y REGLAMENTOS Y ASÍ DICTAR SOLUCIONES MÁS CONVENIENTES A PROBLEMAS TÉCNICOS, ADMINISTRATIVOS Y DE SEGURIDAD.

III.- FACULTADES



ORGANIZACION

ORGANIGRAMAS, *

REQUISITOS Y FUNCIONES, *

SISTEMAS DE COMUNICACION, *

INFORMES
DIARIO DE OBRA
BITACORA
MEMORANDUM
CIRCULARES
MINUTAS
MEMORIA DE OBRA

INICIO
PERIODICOS
EXTRAORDINARIOS
TERMINACION.

ARCHIVOS.

PROFESIONISTA "C"	<ul style="list-style-type: none"> a) Profesionista recién titulado o pasante de Ingeniería. b) Que haya realizado trabajos afines a la construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> b) Con más de dos años de experiencia en la ejecución o supervisión de obras similares a las del motivo del contrato. c) Su trabajo será necesariamente bajo la dirección de un Ingeniero Profesionista "B" como mínimo. 	
AYUDANTE DE INGENIERO "A"	<ul style="list-style-type: none"> a) Pasante de Ingeniería. b) Con alguna experiencia en la construcción de obras y trabajos afines a las del motivo del contrato. c) Su trabajo será necesariamente bajo la dirección de un Ingeniero, Profesionista "A" como mínimo. 	TECNICO "C"	<ul style="list-style-type: none"> a) Práctico con certificado de secundaria o estudio de preparatoria. b) Con más de dos años de experiencia en la ejecución de obras similares.
AYUDANTE DE INGENIERO "B"	<ul style="list-style-type: none"> a) Estudiante de Ingeniería. b) Con alguna experiencia en la construcción de obras afines a los del motivo del contrato. c) Su trabajo será necesariamente bajo la dirección de un Ingeniero Profesionista "A" como mínimo. 	DIBUJANTE ESPECIALIZADO	<ul style="list-style-type: none"> a) Profesionista o con estudios de Arquitectura o Ingeniería. b) Con más de diez años de ejercicio en esta actividad, con experiencia en toda la gama de dibujo de Ingeniería. c) Haber participado más de siete años en funciones de Jefe de Dibujo.
AYUDANTE DE INGENIERO "C"	<ul style="list-style-type: none"> a) Estudiante de Ingeniería o Preparatoria. b) Sin experiencia el estudiante de Ingeniería o con práctica en trabajos de rutina de la Ingeniería en el caso del estudiante de preparatoria. c) Su trabajo será necesariamente bajo la dirección de un Ingeniero Profesionista "A" como mínimo. 	DIBUJANTE "A"	<ul style="list-style-type: none"> a) Profesional o práctico b) Con más de diez años de ejercicio en esta actividad con experiencia en toda la gama de dibujo de Ingeniería. c) Haber participado más de cinco años como Jefe de Dibujantes.
TECNICO "A"	<ul style="list-style-type: none"> a) Práctico con certificado de secundaria o prevocacional. b) Con más de cuatro años de experiencia en la ejecución o supervisión de obras similares a las del motivo del contrato. c) Su trabajo será necesariamente bajo la dirección de un Ingeniero Profesionista "B" como mínimo. 	DIBUJANTE "B"	<ul style="list-style-type: none"> a) Profesional o práctico. b) Con más de cinco años de ejercicio en esta actividad con experiencia en toda la gama de dibujo de Ingeniería.
TECNICO "B"	<ul style="list-style-type: none"> a) Práctico con certificado de secundaria o equivalente. 	DIBUJANTE "C"	<ul style="list-style-type: none"> a) Práctico especializado. b) Con experiencia en el tipo de trabajo que se requiere para los trabajos motivo del contrato.
		LABORATORISTA "A"	<ul style="list-style-type: none"> a) Tener estudios técnicos certificados, relacionados con los laboratorios de materiales o certificado de preparatoria.

9

LABORATORISTA "B"

- b) Tener más de tres años en el ejercicio de esta actividad para el técnico y más de ocho años en trabajos relacionados con laboratorio de materiales, para caso del certificado de preparatoria.
- c) Haber efectuado pruebas de laboratorio durante más de tres años.

- a) Tener estudios técnicos certificados relacionados con laboratorio materiales o certificado de preparatoria.
- b) Tener más de dos años en el ejercicio de esta actividad para el técnico y más de cinco años dedicado a trabajos relacionados con laboratorio de materiales, para el certificado de preparatoria.
- c) Haber efectuado pruebas de laboratorio durante más de dos años.

"C"

- a) Tener estudios técnicos certificados, relacionados c/laboratorio de mat. o cert. de Preparatoria.
- b) Tener dos años en el ejercicio de esta actividad para el Técnico y más de dos años dedicados a trabajos relacionados con laboratorio de Mat. para el caso de certificado de preparatoria.
- c) Haber efectuado pruebas de Laboratorio durante más de un año.

- a) Tener certificado de Secundaria y/o Práctico de laboratorio de materiales.
- b) Tener más de un año en labores específicas de laboratorio.

- a) Topógrafo Titulado.
- b) Tener más de diez años dedicado a las actividades Topográficas.
- c) Contar con más de siete años en el manejo de brigadas de trazo y secciones.
- d) Tener más de cinco años de experiencia en el ejercicio del cálculo y dibujo en gabinete correspondiente.

TOPOGRAFO "A"

- a) Topógrafo Titulado o práctico.
- b) Tener más de diez años dedicado a actividades topográficas.
- c) Contar con más de cinco años en el manejo de brigadas de trazo y secciones.
- d) Tener más de dos años de experiencia en el ejercicio del cálculo dibujo en gabinete correspondiente.

TOPOGRAFO "B"

- a) Topógrafo Titulado, pasante o práctico.
- b) Contar con estudios profesionales o alternativamente tener más de cinco años en el ejercicio de actividades topográficas.
- c) Tener más de un año manejando brigadas de trazo, nivel y secciones.
- d) Tener conocimientos sobre los trabajos de gabinete requeridos para la elaboración de planos topográficos.

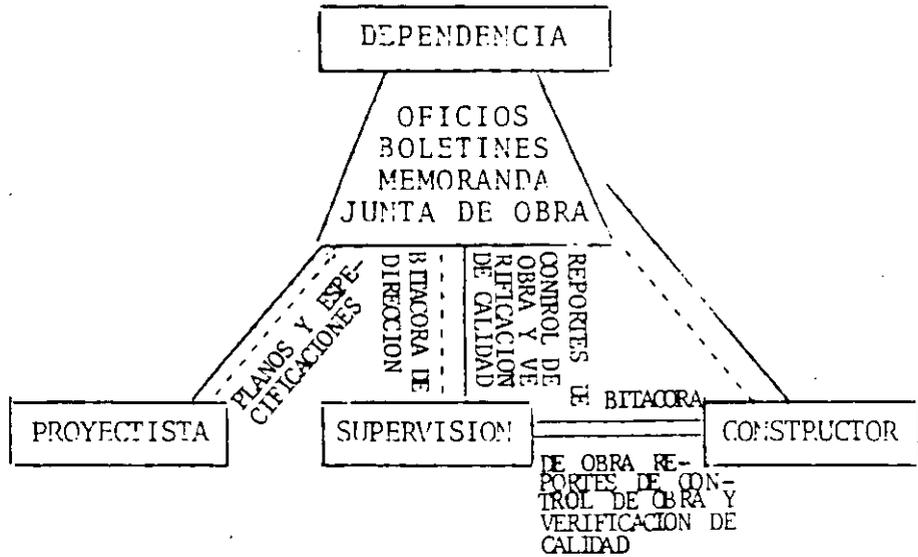
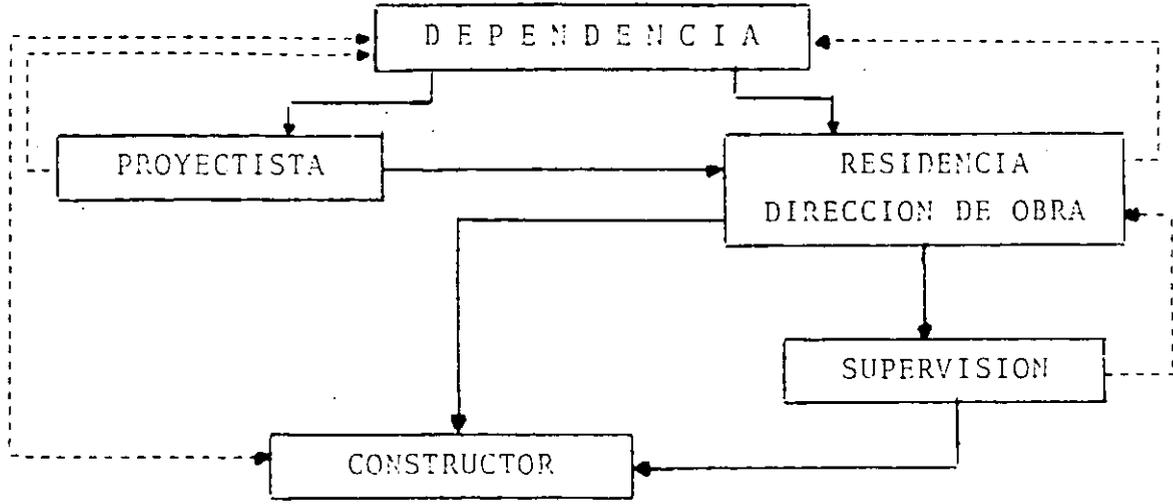
CADENERO Y/O ESTADALERO

- a) Tener certificado de secundaria.
- b) Tener más de un año de cadenero y/o estadalero en trazo-nivel y secciones.

CHECADOR

- a) Tener certificado de secundaria.
- b) Tener más de un año en labores de verificación de cantidades de conceptos elementales.

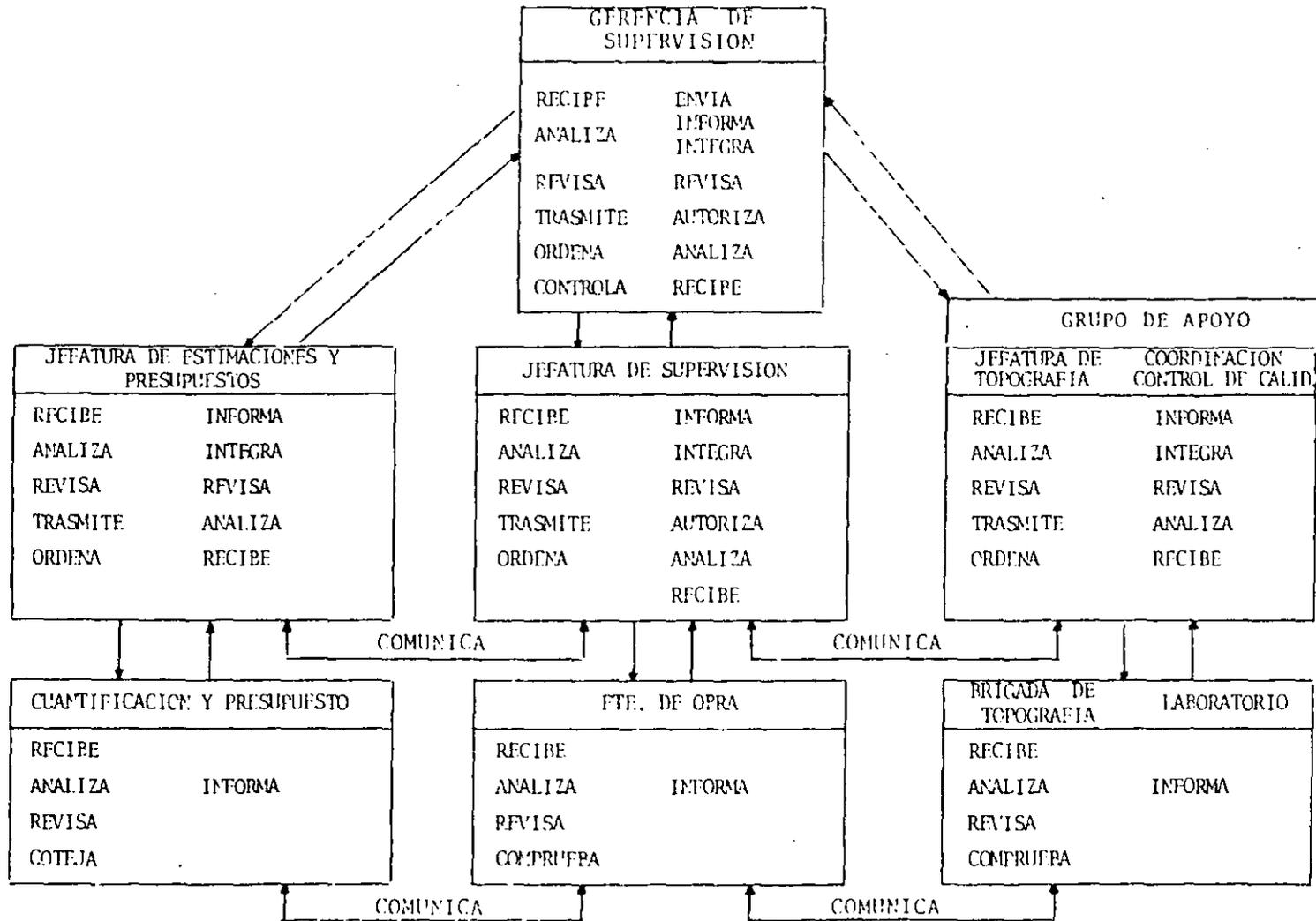
INFORMACION Y COMUNICACION

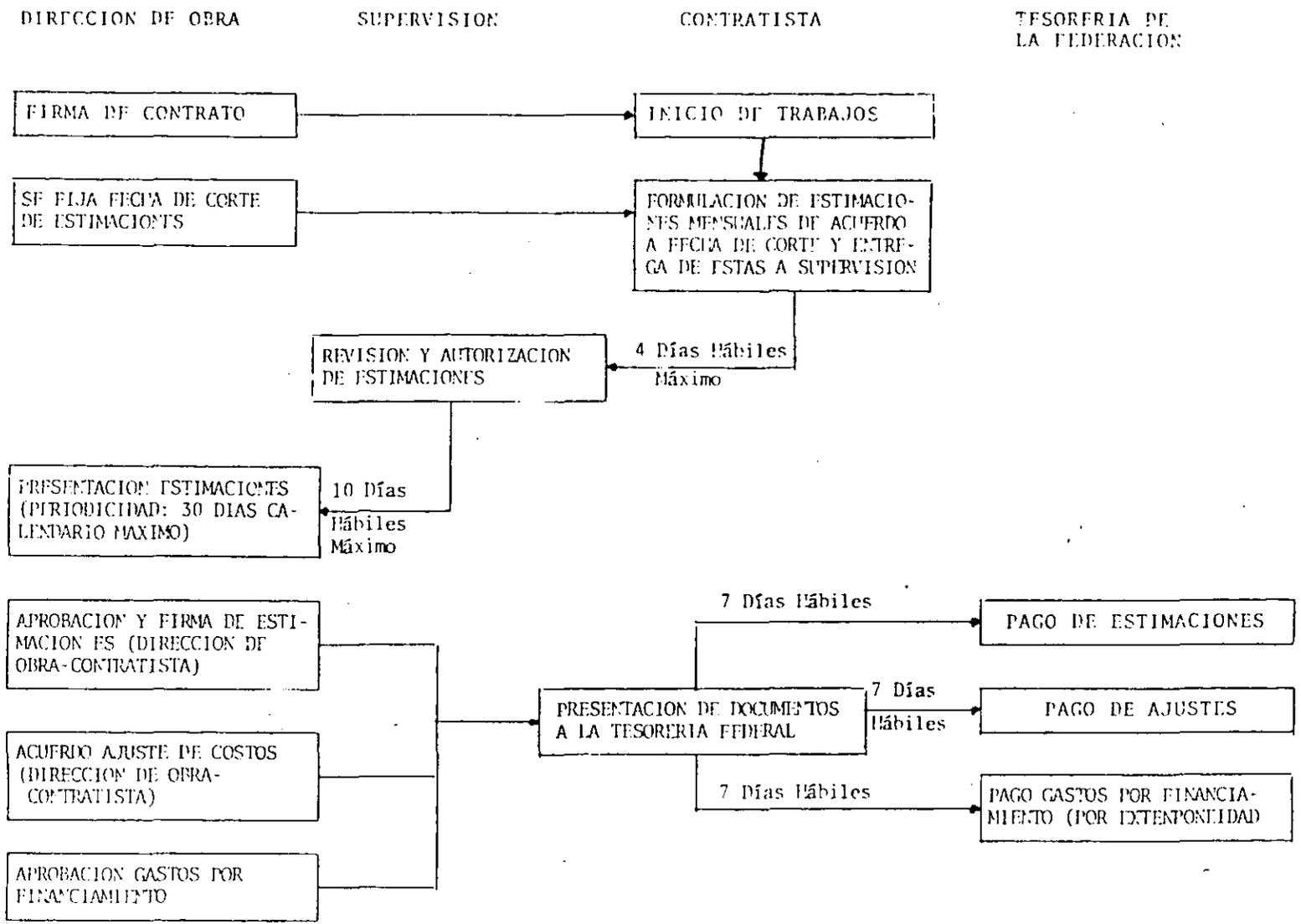


EJECUCIONES

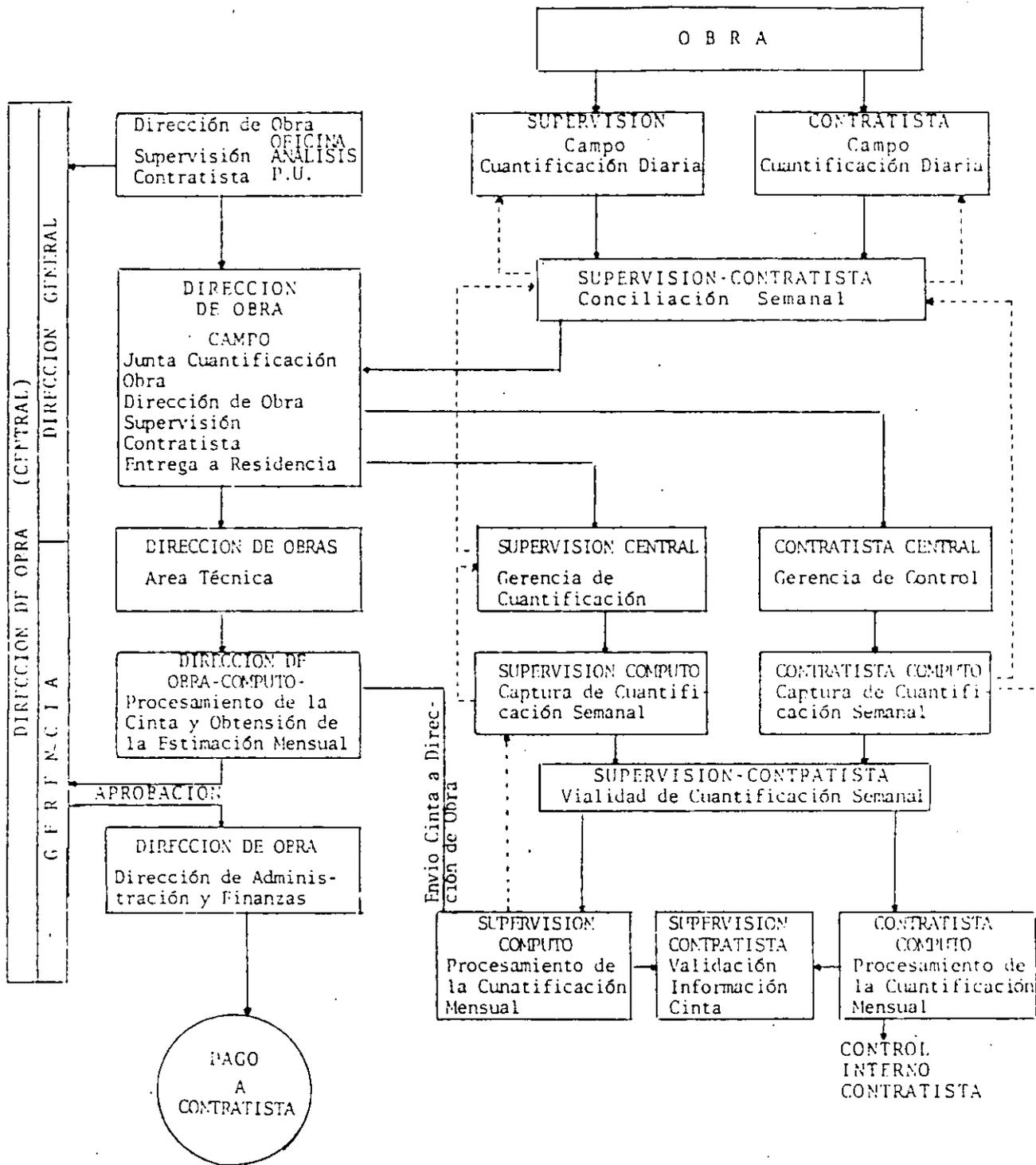
- REVISAR
- VIGILAR
- VERIFICAR
- TRAMITAR
- SOLICITAR

CANALES INTERNOS DE COMUNICACION





FLUJO DE INFORMACION DE CUANTIFICACIONES DE OBRA



de requerirse, en los términos definidos por la ley.

IV.4.2 La Supervisión integra y mantendrá al corriente el archivo derivado de la realización de la obra, el que contendrá principalmente:

a. Copia de:

- planos
- especificaciones técnicas generales de la dependencia
- especificaciones particulares del proyecto
- otras normas nacionales o internacionales que se hayan aplicado
- modificaciones que se generen durante la ejecución de los trabajos

b. Documentos relativos a trámites ante otras dependencias, organismos o instituciones.

c. Permisos, licencias, autorizaciones.

d. Expedientes que contengan:

Contratos
convenios
ampliaciones
presupuestos
programas

ordenes de trabajo
números generadores
estimaciones

- e. Documentos sobre suministros y manuales de operación de los equipos e instalaciones.
- f. Documentación sobre los controles de obra.
- g. Copia de:
 - los informes rendidos
 - minutas de juntas
 - correspondencia con la dependencia, la contratista u otras entidades relacionadas con la obra.
- h. Reportes de laboratorio y de pruebas de funcionamiento de equipos e instalaciones.
- i. Documentación que integra el finiquito.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO

CONTRATISTA:		LINEA:		DATOS DE PROYECTO			
TRAMO:		FRENTE:		f _c :	kg/cm ²	N _R :	REV: cm T.M.:
FECHA COLADO:	19	COLADO DE:		HOJA N°			
MUESTRA N°	LOCALIZACION	REV. cm	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)				OBSERVACIONES
			3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	
REVISO		SUPERVISOR:		CONTRATISTA:		DEPENDENCIA:	
A _____ DIAS	RECIBI REPORTE A _____ DIAS	_____		_____		_____	
A _____ DIAS	RECIBI REPORTE A _____ DIAS	_____		_____		_____	

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
CONTROL DE CONCRETO FRESCO Y VERIFICACION DE OBRA

CONTRATISTA:			LINEA:			DATOS DE PROYECTO					
TRAMO:			FRENTE:			f _c :	kg/cm ²	N _R :	REV: cm	T.M.:	
FECHA:	19	COLADO DE:			HOJA N°						
Número Camión	Remisión	Proveedor	H O R A				Rev. Cm.	Vol. m ³	Número Muestra	LOCALIZACION	VERIFICACION
			SALIDA	LLEGADA	INICIA	TERMINA					
										Eje	
										Niveles	
										Altura	
										Peralte	
										Separación entre elementos	
										Juntas metálicas	
										Bentonita (Laboratorio)	
										Refuerzo estructural	
										Protección por poliestireno	
										Recubrimientos	
										Vibradores	
										Cimbra	
										Picado juntas	
										Limpieza	
										Acabado	
										Alumbrado	
										Lanas	
Volumen Calculado			m ³		Volumen total colocado			m ³		Personal contratista	Equipo contratado
OBSERVACIONES											
NOMBRE Y FIRMA DEL MUESTREADOR			NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR			ENTERADO POR EL CONTRATISTA			ENTERADO POR DEPENDENCIA		

REPORTE SEMANAL DE CONTROL DE PROGRAMAS

PERIODO DEL _____ AL _____

INFORME No. _____

CONCEPTO	UNID.	TOTAL A EJECUTAR	PRODUCCION SEMANAL	PROGRAMADO SEMANAL	ACUMULADO	PROGRAMADO ACUMULADO	FALTA POR EJECUTAR	DESVIACION %	RAMO CRITICO	OBSERVACIONES

CONTRATISTA: _____		ESTIMACION N° _____	
LINEA : _____		CONTRATO N° _____	
ESTIMACION DE OBRA EJECUTADA DEL _____ AL _____		IMPORTE _____	
FRENTE : _____		REG. SEMANAL _____	
TIPO DE OBRA: _____			
KILOMETRAJE: _____			

clave	concepto	unidad	cantidad	precio unit.	importe

ACTIVIDADES PREVIAS

INICIO DE LOS SERVICIOS.

{
 DATOS
 REGISTROS
 FIANZAS
 VISITA AL SITIO
 ORGANIGRAMA
 PLANTILLA DE PERSONAL
 DIRECTORIO DE OBRA
 LABORATORIO
 DOCUMENTACION DE OBRA
 INFORMACION DE OBRA
 UBICACION DE OFICINAS EN OBRA
 APERTURA DE BITACORA Y DIARIO
 RESTRICCIONES EN OBRA.
 }

REVISION DE DOCUMENTACION CONTRACTUAL.

{
 CONTRATOS
 PROYECTO
 MODIFICACIONES
 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
 PRESUPUESTO
 RELACION DE SUMINISTROS
 PROGRAMAS.
 }

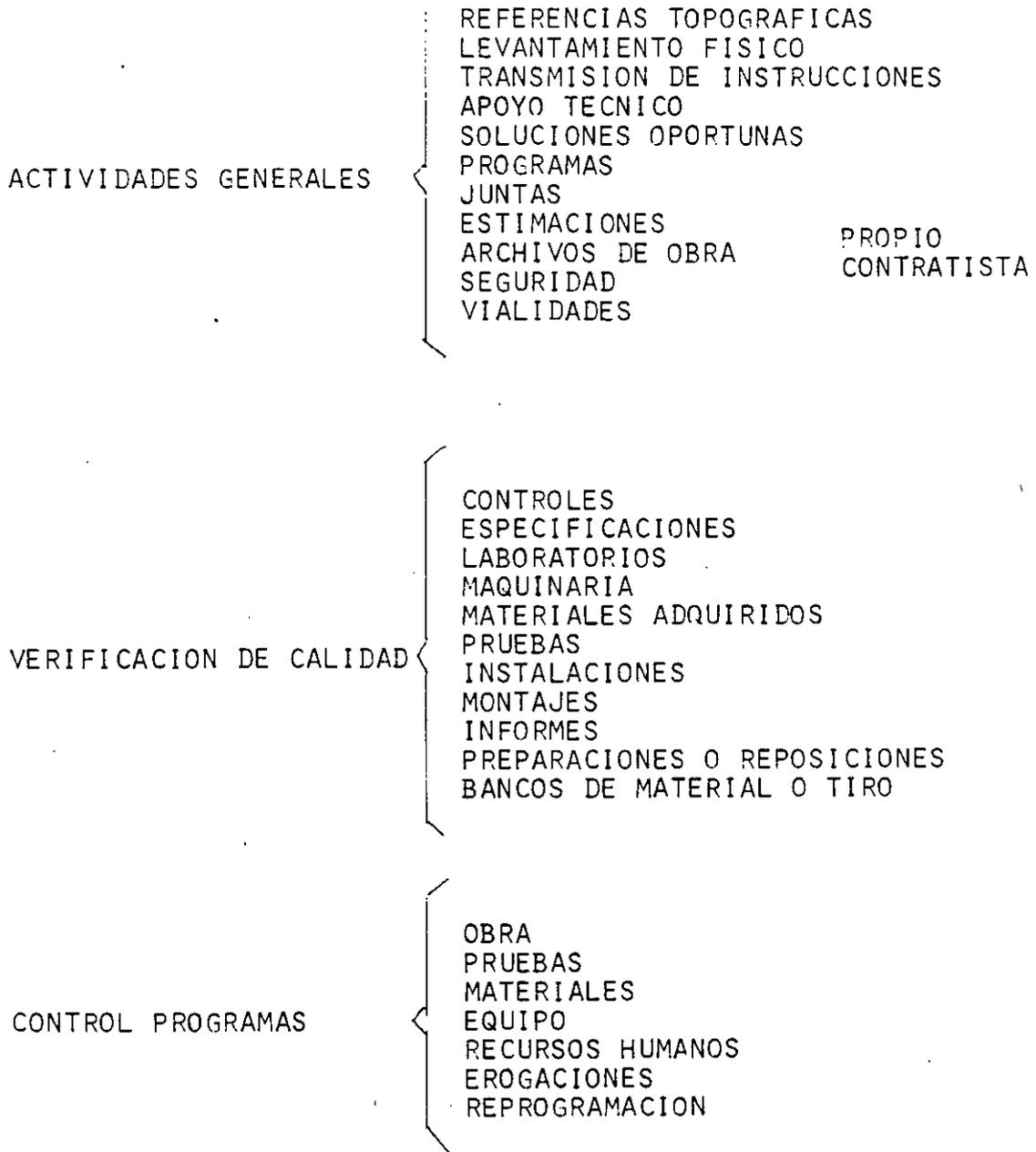
TRAMITES OFICIALES.

{
 LICENCIAS
 PERMISOS
 }

{
 ELECTRICIDAD
 ALUMBRADO
 DRENAJE
 AGUA POTABLE
 DESVIOS
 TRANSPLANTES
 LINEAS DE GAS
 TELEFONOS
 ETC.
 }

{
 TRANSITO
 DRENAJES
 ETC.
 }

VI. ACTIVIDADES DURANTE LA OBRA.



CONTROL DE PRESUPUESTO
Y ESTIMACIONES

AUXILIAR EN CATALOGOS, CUANTIFICACIONES
REVISAR
SOLICITAR
ACTUALIZAR
MODIFICAR
OPINAR Y FUNDAMENTAR
INTEGRAR INDICES
CUANTIFICAR
CONSULTAR
CONCILIAR

ANALISIS DE PRECIOS
UNITARIOS

AUMENTO DE VOLUMEN P.U. EXISTENTES

TRABAJOS EXTRAORDI- ELABORACION
NARIOS DE P.V.

CONVENIOS O MODIFI-
CACIONES

POR PROGRAMA

EN PRESUPUESTOS

OTRAS CAUSAS

VII. ACTIVIDADES AL TERMINO DE LA OBRA

FINIQUITOS

DE TRABAJOS

VERIFICAR OBRA
REVISION CONTRACTUAL
CONVENIOS AMPLIATORIOS
TRABAJOS POR CONCLUIR
CONCILIACION DE TRABAJOS
TRABAJOS PENDIENTES
COMPROBACION DE OPERACION
ACTAS DE RECEPCION

DE ESTIMACIONES:

CHECAR MONTO
CUANTIFICACION TOTAL
(PROYECTO ACTUALIZADO)
ESTIMADA EJECUTADA
REVISION DE TODOS LOS P.U.
DE RECLAMACIONES

CIERRE DE PRESUPUESTO

MONTO DE PRESUPUESTO
MONTO DE CONVENIOS
REVISION Y COTEJO TOTAL

ENTREGA

ACTA DE RECEPCION

AVISO A DEPENDENCIAS

ACTA DE ASISTENTES

FINIQUITO DE LA
SUPERVISION

ENTREGA DE DOCUMENTACION
A LA DEPENDENCIA

LEVANTAMIENTOS ACTUALES

A PETICION: ELABORAR PLANOS

ACTAS PATRIMONIALES

ACTA DE TERMINACION DE SERVICIOS



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

CURSOS INSTITUCIONALES

SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS PARA RESIDENTES DE CONSTRUCCION

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

del 23 al 25 de noviembre de 1994

T E M A I I

" C O N T R O L "

ING. GILBERTO HERNANDEZ

PATZCUARO, MICH.

1994

PLANEACION

LA PLANEACIÓN SE COMPONE DE LA SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DE LAS POLÍTICAS, PROCEDIMIENTOS Y METODOS NECESARIOS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS NECESARIOS DE LA ORGANIZACIÓN.

A) POLÍTICAS

SIRVEN PARA INDICAR LA ESTRATEGIA GENERAL POR MEDIO DE LA CUAL SE LOGRARÁN LOS OBJETIVOS.

LAS POLÍTICAS SE HAN DEFINIDO COMO DECLARACIONES GENERALES O CONOCIMIENTOS QUE GUÍEN LA TOMA DE DECISIONES DE LOS SUBORDINADOS EN LOS DIVERSOS DEPARTAMENTOS DE UNA EMPRESA. ES NECESARIO QUE ESTAS DECLARACIONES SE PONGAN POR ESCRITO Y SIRVAN TAMBIÉN COMO GUIA AMPLIA Y GENERAL.

PUEDEN CLASIFICARSE EN:

-) BÁSICAS
-) GENERALES
-) DEPARTAMENTALES

SIN EMBARGO, EN BASE A COMO SE FORMAN, SE CLASIFICAN COMO:

-) CREADAS
-) SOLICITADAS
-) IMPUESTAS

B) PROCEDIMIENTOS Y METODOS

PROCEDIMIENTO: ENUMERA LA SECUENCIA CRONOLÓGICA DE PASOS QUE DEBEN DARSE PARA LOGRAR UN OBJETIVO.

METODO: ESPECIFICA COMO SE REALIZA UN PASO DEL PROCEDIMIENTO.

UNA DESCRIPCIÓN DE COMO DEBE REALIZARSE UNA SERIE DE TAREAS. CUANDO Y POR QUIEN, SE CONSIDERA UN PROCEDIMIENTO

EL MÉTODO SE REFIERE A LA MANERA DE REALIZAR TAREAS ESPECÍFICAS.

20

C) TOMA DE DECISIONES

ES LA CLAVE DE UNA PLANEACIÓN EXITOSA EN TODOS LOS NIVELES. IMPLICA TRES FASES:

- .) DIAGNOSTICO
- .) DESCUBRIMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS
- .) ANÁLISIS

LA FUNCIÓN DEL DIAGNÓSTICO ES IDENTIFICAR Y ESCLARECER EL PROBLEMA. IMPLICA ESTABLECER LOS PRINCIPALES OBSTÁCULOS.

UNA VEZ ESTABLECIDO EL DIAGNOSTICO, ESTA FASE ES SEGUNDA POR EL DESCUBRIMIENTO DE CURSOS ALTERNATIVOS DE ACCIÓN.

ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE EXISTEN MARCADAS DIFERENCIAS EN LAS PERSONAS EN LO RELATIVO A PENSAMIENTO CREATIVO. INFLUYE ADEMÁS LA PRESIÓN DEL MOMENTO Y EL FACTOR TIEMPO.

EL ENFOQUE PARA LA TOMA DE DECISIONES ES EL EL ANÁLISIS DE HECHOS, LO CUAL IMPLICA IDENTIFICAR Y ENUMERAR LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS RELACIONADAS CON CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS.

EL CONTROL

ES EL PROCESO QUE DETERMINA QUE SE ESTÁ LLEVANDO A CABO UNA ACTIVIDAD VALORIZÁNDOLA Y SI ES NECESARIO APLICANDO MEDIDAS CORRECTIVAS, DE MANERA QUE LA EJECUCIÓN ESTE DE ACUERDO CON LO PLANEADO.

LA COMPARACIÓN ENTRE LO EJECUTADO Y LO PLANEADO CONSTITUYE LA BASE DEL CONTROL.

LA DETERMINACIÓN DE UNA ESTANDAR O PATRON ES EL PRIMER PASO A SEGUIR, YA QUE ES CONDICIÓN DE UN CONTROL.

PRINCIPIO DE CONTROL. PARA QUE UN CONTROL SEA EFECTIVO DEBE CUBRIR Y REGULAR EL FUNCIONAMIENTO PLANEADO. ES DECIR, SE DEBE BUSCAR Y LOGRAR QUE LA ACTIVIDAD ESTE DE ACUERDO CON LO PLANEADO.

LOS ESTANDARES MAS UTILIZADOS SON:

- .) CANTIDAD
- .) CALIDAD
- .) TIEMPO
- .) COSTO

LA DETERMINACION DEL VOLUMEN ESPERADO DE PRODUCCIÓN DEFINE UN ESTÁNDAR DE CANTIDAD

EL ESPECIFICAR LAS SUMAS DE DINERO QUE INTEGRAN LA EROGACIÓN, DEFINE UN ESTÁNDAR DE COSTO.

EL ESTABLECIMIENTO DE UNA PROGRAMA A SEGUIR CONSTITUYE UN ESTÁNDAR DE TIEMPO

DEFINIR LAS TOLERANCIAS QUE SE PUEDEN ESPECIFICAR EN LA REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES IMPLICA UN ESTÁNDAR DE CALIDAD.

LAS VARIACIONES ENTRE LO EJECUTADO Y LO PLANEADO ES LO QUE SE CONOCE COMO PRINCIPIO DE EXCEPCIÓN. DONDE DICHO PRINCIPIO ES VÁLIDO, PUEDE COLOCARSE UN PUNTO ESTRATÉGICO DE CONTROL.

DISPOSITIVOS DE CONTROL

UNA VEZ ESTABLECIDOS LOS ESTÁNDARES Y SUS MEDICIONES, LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL SERÁN LOS SIGUIENTES:

PRESUPUESTO
INFORMES ESTADÍSTICOS DE CONTROL
ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO (NO PÉRDIDAS. NO GANANCIAS).
REPORTES ESPECIALES DE CONTROL
AUDITORÍA INTERNA

LOS DISPOSITIVOS QUE TIENEN QUE VER CON ANÁLISIS FINANCIEROS, COSTOS Y FLUJO DE FONDOS SON EL PRESUPUESTO Y EL PUNTO DE EQUILIBRIO.

EL DISPOSITIVO QUE SE ELABORA RELACIONADO CON EL PRINCIPIO DE EXCEPCIÓN ES EL DE REPORTES ESPECIALES DE CONTROL.

LOS DISPOSITIVOS QUE SE REALIZAN EN AREAS EXTENSAS Y EN FORMA PERIÓDICA SON LA AUDITORIA INTERNA Y LOS INFORMES ESTADÍSTICOS.

PRIMERO, PARA REALIZAR UN CONTROL EFECTIVO, SERÁ PROPORCIONAR AYUDA A LOS DEPARTAMENTOS EN SU ESFUERZO POR ALCANZAR LOS NIVELES ACORDADOS EN COMÚN .

EL DEBER DE LAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS SERÁ LA DE PROPORCIONAR A CADA UNO DE LOS NIVELES DE LA EMPRESA LA INFORMACIÓN RELATIVA A SUS FUNCIONES PARA QUE PUEDA UTILIZARLA DE MANERA ADECUADA.

EL SUBSISTEMA DEBERÁ DAR CUENTA AL SISTEMA INMEDIATO SUPERIOR, PRESENTANDO TANTO LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS COMO LAS SOLUCIONES PARA RESOLVERLOS. DE ESTA FORMA SE EVITA LA CREACIÓN DE EQUIPOS ESPECIALES DE CONTROL QUE LO HACEN MUY COSTOSO, CAPACITANDO A SU VEZ A TODOS LOS NIVELES PARA PROPONER LAS SOLUCIONES QUE DEN COMO RESULTADO LOS OBJETIVOS PROPUESTOS.

SISTEMAS DE CONTROL Y CONTROL DE LA ACTUACION HUMANA.

PORQUE FOMENTA EL SENTIDO DE RESPONSABILIDAD Y BRINDA UNA CIERTA LIBERTAD EN LA ELECCION DE LOS METODOS DE TRABAJO Y ESTRATEGIAS A SEGUIR EL SISTEMA DE CONTROL IDEAL ES EL AUTOCONTROL.

EL EXITO DE LOS SISTEMAS SE BASA EN QUE SEAN ACEPTADOS -- POR LOS INDIVIDUOS A QUIENES SE APLICA.

LOS ESTUDIOS DE COMPORTAMIENTO HUMANO INDICAN QUE EL HOMBRE RECHAZA LOS CONTROLES GENERALMENTE.

EL RECHAZO SE DEBE A QUE:

29

- .) EL CONTROL TIENDE A ROMPER LA IMAGEN PROPIA DE LA PERSONA.
- .) NO SE ACEPTAN LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA
- .) LOS ESTANDARES EXIGIDOS SON DEMASIADO ALTOS
- .) SIMPLE DISGUSTO POR EL CONTROL

ES, POR LO TANTO, NECESARIO QUE EL INDIVIDUO ACEPTE EL CONTROL COMO UN MEDIO PARA CORREGIR SUS DEFICIENCIAS HACIENDOLE SENTIR QUE LOS OBJETIVOS DEL CONTROL VALEN LA PENA.

PLANEACION GENERAL DE LA OBRA.

- .) ALCANCE DEL CONTRATO
- .) PROGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES
- .) PROGRAMA COLATERALES

MANO DE OBRA
 MATERIALES
 SUBCONTRATOS
 MAQUINARIA Y EQUIPO

- .) PUNTOS DE EQUILIBRIO
- .) EVALUACION DE LOS PROGRAMAS DE EROGACION
- .) EVALUACION DE LOS PROGRAMAS DE INGRESOS
- .) CASH FLOW
- .) PROGRAMA FINANCIERO

PLANEACION DEL CONTROL DE CALIDAD

NECESIDAD DE LA PLANEACION. PUEDE DECIRSE QUE SI NO SE PLANEAN LOS PROCESOS DE CONTROL, NO SE ESTÁ REALMENTE OPTIMIZANDO EN FUNCIÓN DE LA ECONOMÍA. EN FUNCIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD RESULTA OBYIO: EL NÚMERO DE PRUEBAS POR UNIDAD PUEDE VARIAR TANTO COMO LA ECONOMIA DE LA OBRA LO PERMITA.

ESTUDIO DE NORMAS Y ESPECIFICACIONES.

DICHO ESTUDIO CONSTITUYE EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL INGENIERO QUE DISEÑA Y EL QUE CONSTRUYE. ES, POR TANTO, INDISPENSABLE QUE EL INGENIERO CONSTRUCTOR CONOZCA DETALLADAMENTE DICHAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES.

NECESIDADES PARA EL CONTROL DE CALIDAD:

1. EXISTENCIA DE UN LABORATORIO
2. ORGANIZACIÓN QUE REALICE LAS PRUEBAS: EXTERNA O INTERNA
3. SISTEMA DE COMUNICACIÓN

DE NADA SERVIRÁ TENER UN MAGNIFICO CONTROL DE CALIDAD SI ESTE NO SIRVE PARA TOMAR LAS DECISIONES OPORTUNAS QUE PERMITAN MEJORAR LA ECONOMÍA DE LA OBRA.

EL CONTROL DE CALIDAD COMO SISTEMA

A LA REVISIÓN DE LA CALIDAD DE LA OBRA EN TODAS SUS PARTES SE LE LLAMA CONTROL DE CALIDAD.

LA PLANEACION DE UN BUEN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD IMPLICA DEFINIR CON TODA PRECISION LOS PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION QUE PERMITAN SATISFACER EL DISEÑO Y EJECUCION DE LA OBRA. P. EJ. TIPO DE CIMBRA Y SU GEOMETRIA, EQUIPO DE PRODUCCION, DOSIFICADORA DE CONCRETO, ETC.

CUALIDADES DE CONTROL DE CALIDAD:

1. LOS CONTROLES DEBEN REFLEJAR LA NATURALEZA Y LAS NECESIDADES DE LA ACTIVIDAD.
2. LOS CONTROLES DEBEN INDICAR RAPIDAMENTE LAS DESVIACIONES. A ÚLTIMAS FECHAS LOS PROCEDIMIENTOS ELECTRÓNICOS DE PROCESAMIENTO CONSTITUYE UNA VALIOSA HERRAMIENTA PARA LOGRAR SISTEMAS DE CONTROL DE RESPUESTA RÁPIDA.
3. LOS CONTROLES DEBEN MIRAR HACIA ADELANTE. LO CUAL SIGNIFICA QUE MEDIANTE LOS CONTROLES DEBEN PREDECIRSE LAS CONSECUENCIAS DE LAS DESVIACIONES.
4. LOS CONTROLES DEBEN SEÑALAR LAS EXCEPCIONES Y LOS PUNTOS ESTRATÉGICOS. PARA PODER Apreciar LAS DESVIACIONES SIGNIFICATIVAS EN LA CALIDAD, ES INDISPENSABLE QUE LOS CONTROLES SEAN ENTERAMENTE CONGRUENTE CON EL PROGRAMA DE OBRA ACEPTADO Y SE ELABOREN MEDIANTE UN ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS DE OPERACIONES POR REALIZAR (P. EJ, RUTA CRÍTICA).

1. LOS CONTROLES DEBEN SER OBJETIVOS
2. LOS CONTROLES DEBEN SER FLEXIBLES
7. LOS CONTROLES DEBEN REFLEJAR EL SISTEMA DE ORGANIZACIÓN
ES INDISPENSABLE QUE LOS CONTROLES PROVEAN A CADA EJECUTIVO DE UNA INFORMACIÓN CONGRUENTE CON SUS RESPONSABILIDADES.
8. LOS CONTROLES DEBEN SER ECONÓMICOS. DEBEN PROPORCIONAR LA INFORMACIÓN INDISPENSABLE.
9. LOS CONTROLES DEBEN SER COMPRENSIBLES.
10. LOS CONTROLES DEBEN INDICAR UNA ACCIÓN CORRECTIVA.

RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR

RESPECTO A LA CALIDAD.

LA RESPONSABILIDAD ESTA DEFINIDA EN EL CONTRATO Y SUS ANEXOS.

LA APLICACIÓN DE UN CONJUNTO DE REGLAS CON OBJETO DE UNIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS INDUSTRIALES, DE SU TÉCNICA DE FABRICACIÓN Y ENSAYOS, SE CONOCE COMO NORMALIZACIÓN Y ESTABLECE EL GRADO DE RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN LA COMPRA Y APLICACION DE DICHS PRODUCTOS.

ES SIEMPRE RECOMENDABLE Y ÚTIL ESTABLECER EL ALCANCE DE LAS ESPECIFICACIONES, EJEMPLIFICANDO DE SER POSIBLE LAS POSIBLES ALTERACIONES DE UN CONTRATO.

EVITAR EN LA INTERPRETACIÓN DEL MISMO FRASES COMO: " DE ACUERDO CON LAS MEJORES PRÁCTICAS DE LA INGENIERIA "; " O-BRA DE MANO DE PRIMERA CALIDAD "; ETC. POR LO TANTO, ES NECESARIO ESCRIBIR FRASES QUE EXPRESEN CON CLARIDAD LA INTENCIÓN DEL CONTRATO.

ORGANIZACION Y OPERACION DEL SISTEMA

DE CONTROL DE CALIDAD.

EN GENERAL SE RECOMIENDA QUE EL CONTROL DE CALIDAD ESTE CENTRALIZADO Y SEA INDEPENDIENTE DE LA ORGANIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN.

ES IMPORTANTE DISEÑAR LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN QUE PERMITAN TENER A CADA PRODUCTOR INFORMADO SOBRE LA CALIDAD DE LA OBRA QUE ESTA REALIZANDO.

MIENTRAS MAS ALTA SEA LA JERARQUÍA DE LA PERSONA A QUE SE INFORME EN EL ORGANIGRAMA, MENOS DETALLE DEBERÁ ENTREGARSE, SUPUESTO QUE LAS DECISIONES CORRESPONDEN A LOS GRUPOS INFERIORES DE LA ORGANIZACIÓN.

EL COSTO DE UNA DECISIÓN ATRASADA ES EXPONENCIAL CON RESPECTO AL TIEMPO. SI LA COMUNICACIÓN ES OPORTUNA Y SE CORRIGE EL ERROR, LA PÉRDIDA ECONÓMICA SERÁ SIEMPRE MENOR.

CONTROL DEL CLIENTE

LO IDEAL ES QUE EXISTA UN SOLO CONTROL SUPERVISADO POR EL CLIENTE YA QUE AL TENER DOS CONTROLES ACTUANDO SOBRE LA MISMA OBRA ES MUY FRECUENTE QUE LOS DATOS NO COINCIDAN Y SE DETERIOREN LAS RELACIONES CON LA SUPERVISIÓN.

UN PROCEDIMIENTO QUE PUEDE EVITAR PROBLEMAS ES QUE SE HAGA CARGO DEL CONTROL UN LABORATORIO DE RECONOCIDA CAPACIDAD TÉCNICA, AJENO AL CONSTRUCTOR Y AL DUEÑO.



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

CURSOS INSTITUCIONALES

SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS PARA RESIDENTES DE CONSTRUCCION

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

del 23 al 25 de noviembre de 1994

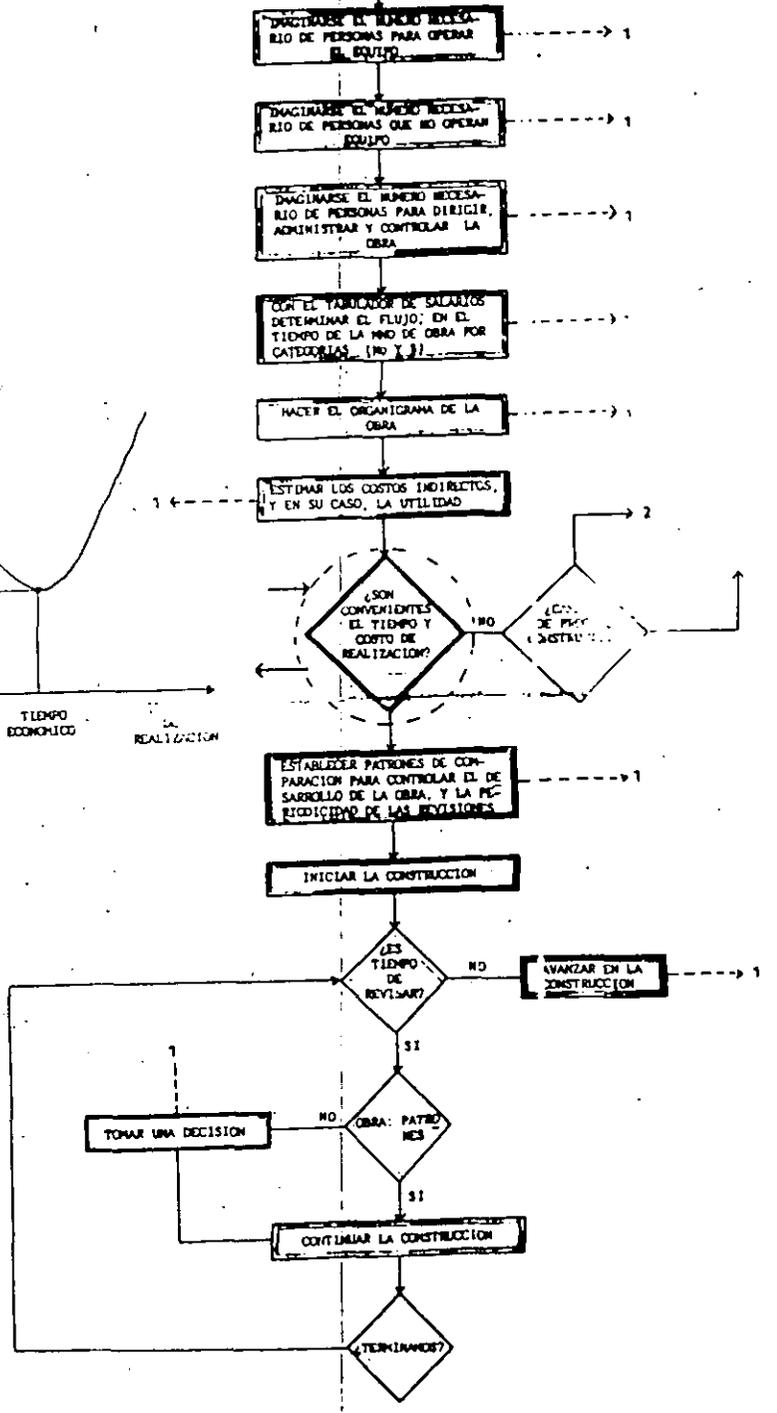
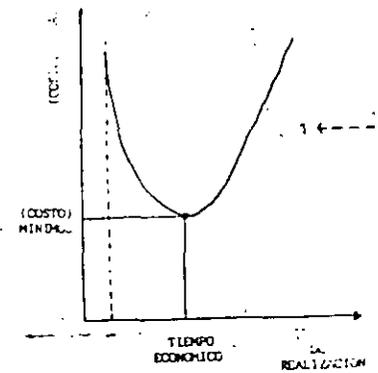
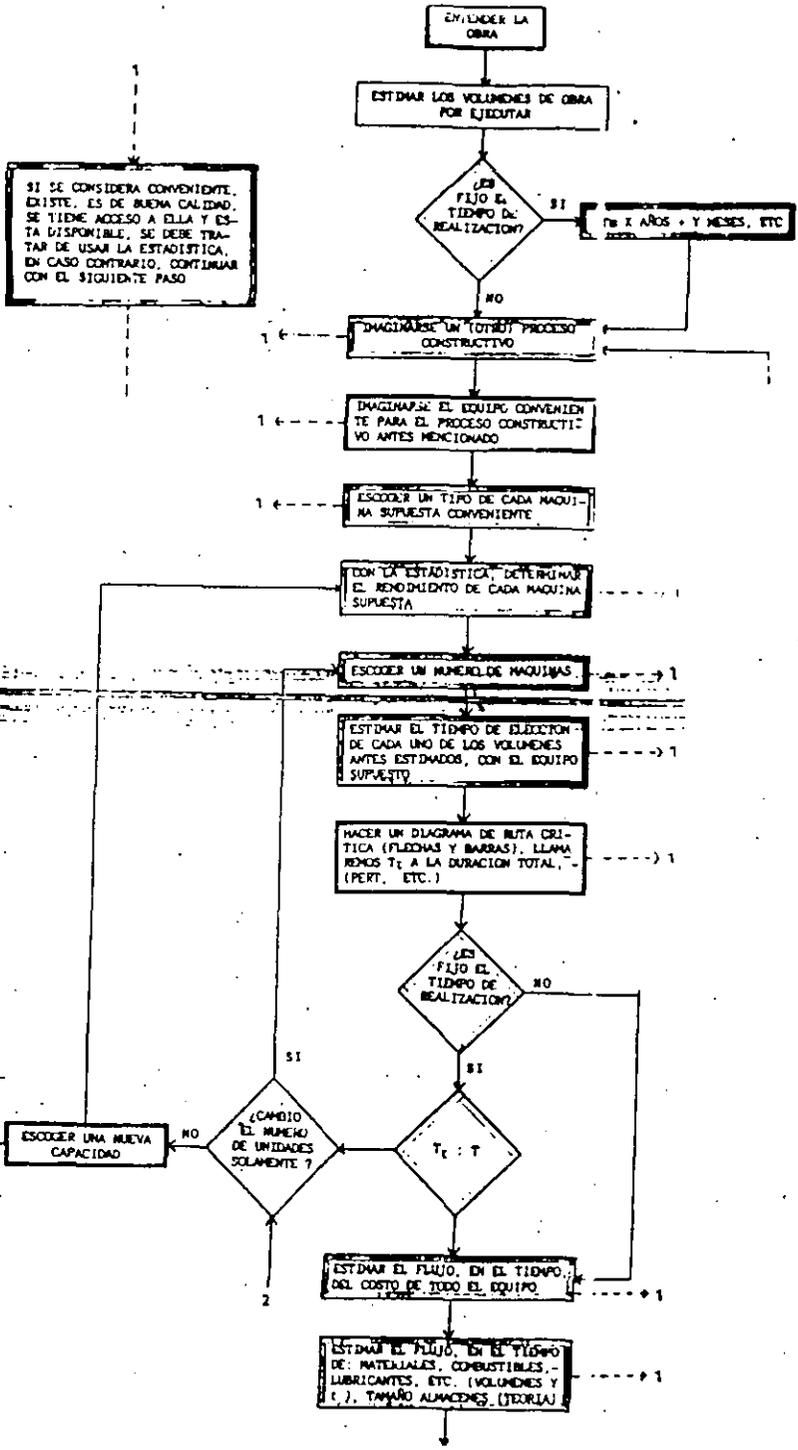
T E M A I I I

" CONTROL DE OBRA "

ING. GILBERTO HERNANDEZ

PATZCUARO, MICH.

1994



1.- INTRODUCCION.

Uno de los campos de la ingeniería civil, relacionado con la ejecución física de las obras, es el Campo de la Construcción. En él, se utilizan los recursos disponibles en calidad y cantidad tales, que la obra resultante sea de la mejor calidad posible, se haya realizado a un costo razonable y en el tiempo previsto.

Para lograr lo anterior, se requiere llevar a cabo previamente, una planeación y programación cuidadosas de todas las actividades involucradas en cada obra en particular, utilizando las técnicas y elementos disponibles para representar esquemáticamente en el papel, aquello que posteriormente -- habrá de suceder en el campo, y estar preparado para resolver las eventualidades que, sin duda alguna, surgirán durante la etapa de construcción.

Los elementos de que dispone el encargado de la planeación y programación de obras son cada vez más abundantes, -- (computadoras con diversos programas de biblioteca, nuevas técnicas de representación gráfica); sin embargo, no debe perderse de vista que la parte esencial del proceso es el ser humano, quien define la estrategia constructiva a seguir y toma en todo momento, las decisiones que le van guiando al objetivo fijado. En otras palabras, las computadoras ayudan, indudablemente, a acelerar el proceso de cálculo y permiten por tanto analizar rápidamente más alternativas, pero no pueden realizar por sí solas el trabajo de programación.

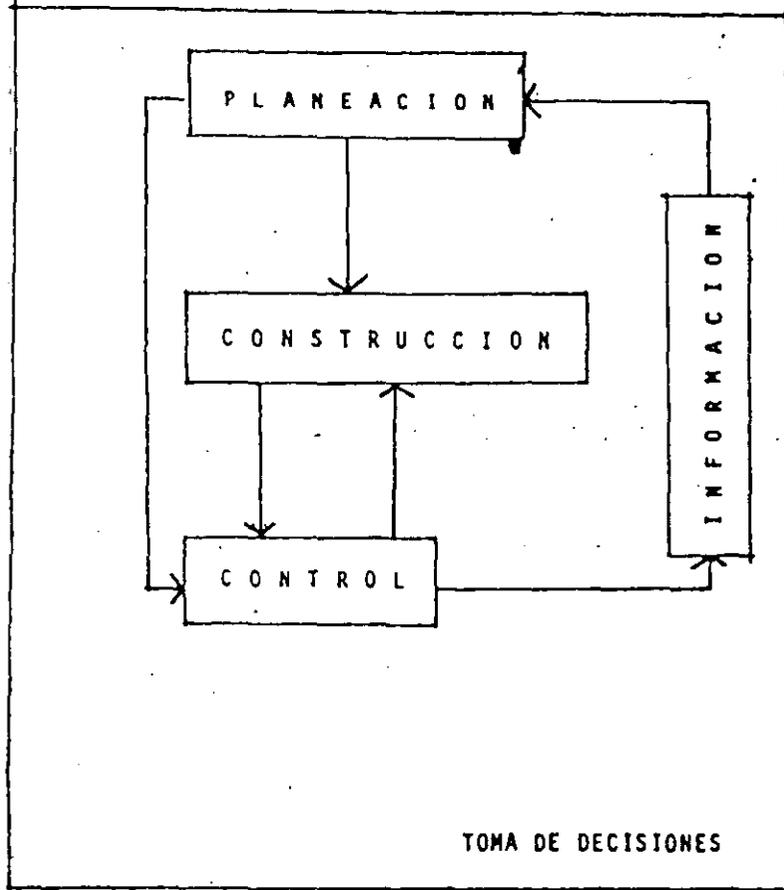
Otra observación importante es la siguiente: no puede concebirse un ingeniero dedicado a la programación de obras, si no tiene suficiente experiencia en relación con ellas. La veracidad de la planeación es función directa de la experiencia de quien la realiza.

1.1 Planeación.

Es conveniente distinguir la acepción correcta de dos términos que con frecuencia se usan indistintamente: planeación y programación.

Tratando de enmarcar en una definición lo que significa el primero de estos términos, podemos decir que: 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 conduzcan a ese mejoramiento.

La planeación como actividad fundamental está presente en todas y cada una de las acciones que el ingeniero civil realiza formando parte, en el caso particular de la construcción, de un proceso que se continúa con la ejecución y control de la obra.



LA PLANEACION COMO PARTE DE UN PROCESO

La planeación, puede asociarse a un cierto marco de referencia: Podemos planear nuestras actividades personales ó familiares, planear un procedimiento constructivo ó la compra de equipo, la contratación de mano de obra o la previsión de materiales. En un marco más amplio, podríamos hablar de la planeación de un sistema de comunicaciones terrestres, del desarrollo agrícola ó industrial de determinadas zonas del país, de la distribución de los asentamientos humanos ó del establecimiento de reservas ecológicas. Finalmente, podríamos enumerar planes a nivel mundial en los que se estructuran y ordenan actos con la participación de diferentes naciones de nuestro planeta.

Como se ve, el nivel de información y de toma de decisiones aumenta en importancia a medida que el marco de referencia para el que se efectúa la planeación crece.

1.2 Programación

Podemos ubicar como etapas extremas de la planeación:

- a).- Conocimiento de la situación que se pretende cambiar.
- b).- Creación de un programa que ordene en el tiempo y en el espacio, el desarrollo de los actos necesarios.

Esta segunda etapa es precisamente lo que podemos definir como PROGRAMACION de la obra; en ella, habremos de

establecer entre otras cosas, el número y secuencia de actividades en que vamos a ordenar la obra y en base a los volúmenes por ejecutar y los recursos disponibles, la duración de cada una de estas actividades para, después de la aplicación de alguna ó algunas técnicas algorítmicas, obtener información relacionada con el costo y duración total del proyecto.

Una de estas técnicas es precisamente el Método de la Ruta Crítica, utilizado profusamente en nuestro medio. A través de los capítulos siguientes trataremos de familiarizar al lector con su conocimiento y aplicación en la programación y control de obras.

2.- ANTECEDENTES HISTORICOS.

Los primeros trabajos sobre el C.P.M. (Critical Path Method), método de la ruta crítica, se desarrollaron en enero de 1957, en los Estados Unidos de Norteamérica, y tenían como fin el de mejorar las técnicas existentes de Planeación y Programación. Las personas que desarrollaron estos primeros trabajos fueron: M.R. Walker y J.K. Kelly Jr. que a su vez prestaba sus servicios en la Remington Rand, así como el Dr. R.L. Martino de la empresa Mauchly Associates.

Walker fué el autor de la lógica de la técnica, mientras que Kelly formuló y desarrollo el aspecto matemático; el Dr. Martino por su parte trabajó en los refinamientos de la técnica original aplicándola a la reprogramación de obras.

Simultáneamente a estas investigaciones, La Marina de los Estados Unidos en colaboración con el despacho de Consultores Bozz, Allen and Hamilton desarrollaban una técnica similar diseñada para coordinar el proceso de los distintos contratistas y agencias que trabajaban en el proyecto Polaris, - esta técnica fué bautizada con el nombre de PERT, que resume las iniciales de: Program Evaluation Reporting Technique -- (Técnicas de Evaluación, Programación y Reporte).

Desde 1958, a partir de la aplicación de éste método en la construcción de una planta química de la Dupont, en la cual se obtuvieron magníficos resultados, la aplicación del método en Estados Unidos y Canadá ha dado logros en la ingeniería, - así como en aspectos individuales, comerciales, etc.

En 1959, Catalytic Construction Company, reconociendo - el enorme potencial del Método de Camino Crítico en la industria de la construcción, empezó a utilizar ésta técnica en la administración de un proyecto de diseño y construcción de una planta de fenol.

En su forma original, los dos sistemas eran muy similares, con una característica innovadora muy importante: la separación de las funciones de planeación y programación. Ambas técnicas utilizaban diagramas de flechas para indicar las interrelaciones de las distintas actividades componentes del proyecto, culminado con un plan integral y único, lo que permitía una revisión racional por parte del responsable de su ejecución.

El PERT utiliza tres tiempos de duración, calculados con criterios: a) optimista, b) pesimista, y c) llamado "más plausible" y con esto se calcula el tiempo que se espera dure la actividad que se este programando, por lo tanto el tiempo más probable se calcula como:

$$T_{pr} = \frac{T_o + 4T_{pl} + T_p}{6}$$

Siendo:

T_{pr} tiempo probable.

T_o tiempo optimista.

T_{pl} tiempo plausible.

T_p tiempo pesimista.

A partir de este momento, el PERT, es idéntico al método del camino crítico en el que se utiliza únicamente un tipo de estimación de duración, basado en la experiencia obtenida con anterioridad, o cualquier otro tipo de cálculo basado en procedimientos de construcción, recursos disponibles, volúmenes de obra, calidad, rendimiento, condiciones de la localidad donde se ejecuta la obra, etc.

El método de camino crítico por otra parte, permite estudiar el enlace tiempo y costo de la ejecución de las actividades y tomar decisiones entre alternativas de diferente duración y costo.

En México, ha sido usado el Método de la Ruta Crítica por diversos organismos, a partir de 1961, entre ellos la Secretaría de Obras Públicas, con excelentes resultados; a partir de 1962 la Comisión Federal de Electricidad lo adoptó para la planeación, programación y control de sus grandes obras. También lo han adoptado otras dependencias gubernamentales y compañías constructoras importantes.

I. 47 OBTENCION DE LA RUTA CRITICA

En nuestro estudio se discutirá el método denominado CPM (CRITICAL PATH METHOD), pero al igual que el PERT (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE), los elementos básicos son un diagrama y una ruta crítica. El diagrama en realidad es un modelo del proyecto en conjunto. La Ruta Crítica, será el primer objetivo, ya que el diagrama es más útil después de obtenida la Ruta Crítica.

Este método aplicado a la programación y al control en la ejecución de las obras, y en forma particular al análisis de los recursos, proporciona nuevos elementos de consulta que superan notablemente a los tradicionales. A continuación se presenta una breve descripción de las etapas de que consta su desarrollo.

- 1).- **Planeación:** Es la determinación de las actividades que integran la ejecución de una obra. Obtenemos con esto una representación convencional de la ejecución de la obra, en la que queda claramente expresado el orden en que deberán ejecutarse tales actividades y su interdependencia.
- 2).- **Programación:** Consiste en el cálculo de las duraciones de todas y cada una de las actividades y su incorporación al plan de ejecución.
- 3).- **Análisis de costos:** En éste paso se analizan los costos directos

para cada una de las actividades, así como para toda la obra.

Con lo anterior se puede obtener el costo mínimo asociado a una duración de obra seleccionado entre ciertos límites, y también la duración óptima con el mínimo costo absoluto.

4).- **Análisis de Recursos:** El método de la Ruta Crítica permite efectuar el análisis de los recursos necesarios para una obra en forma dinámica.

El análisis con éste método permite encontrar la cantidad y clase de recursos, fechas óptimas en que tales recursos son necesarios en la obra, su distribución en función de la conveniencia para cada caso particular o la limitación y el mínimo necesario.

DEFINICIONES Y NOTACIONES

RUTA CRITICA: Es un método que ayuda a tomar decisiones lógicas.

- EVENTO:**
- a).- Debe definir un punto importante o significativo del trabajo.
 - b).- Marca la iniciación o la terminación de una actividad.
 - c).- No consume tiempos ni esfuerzos.

Los eventos deben sucederse en un orden lógico, es decir, que las relaciones entre ellos en una Ruta Crítica han de ser a su vez lógicas.

Para nuestro estudio, los eventos los representaremos mediante círculos.

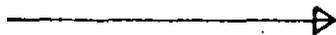


ES IMPORTANTE QUE LOS EVENTOS SE SUCEDAN EN UNA SECUENCIA LOGICA

- ACTIVIDAD:
- a).- Es la realización de una tarea.
 - b).- Dado que las actividades representan el cumplimiento de las tareas, constituyen las partes de la red que consumen tiempo.

UNA ACTIVIDAD ES EL CUMPLIMIENTO REAL DE UNA TAREA Y ES ADEMAS LA PARTE QUE CONSUME TIEMPOS Y ESFUERZOS

Las actividades las representaremos por flechas:



AL CONJUNTO DE EVENTOS LIGADOS POR ACTIVIDADES ES LO QUE DENOMINAREMOS RED O DIAGRAMA

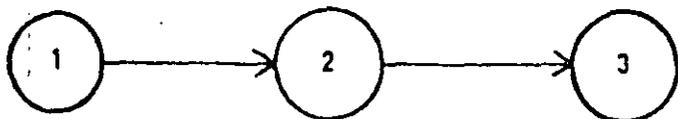


DIAGRAMA I

En el diagrama anterior las flechas indican el orden de la sucesión y los números corresponden a los eventos; la secuencia de los eventos es tal que el evento "2" no puede ser alcanzado antes de que la actividad "1-2" haya sido concluida.

Los eventos que siguen inmediatamente a otro se llaman eventos subsiguientes, por ejemplo, en el DIAGRAMA I el evento "2" es subsiguiente del evento "1", y a su vez, el evento "3" es subsiguiente del evento "2".

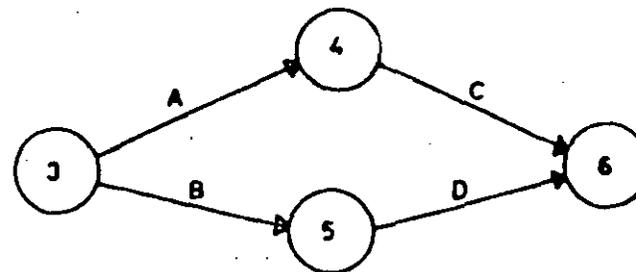


DIAGRAMA II

En el DIAGRAMA II el evento "4" es subsiguiente del evento "3", como también lo es el evento "5".

LOS EVENTOS QUE SIGUEN INMEDIATAMENTE A OTRO EVENTO SE DENOMINAN SUBSIGUIENTES

Los eventos que están inmediatamente antes de otro evento, se denominan antecedentes o precedentes; en el DIAGRAMA I, el evento "1"

es precedente del evento "2", y el evento "2" es a su vez precedente - del evento "3", y refiriéndonos al DIAGRAMA II, el evento "3" es precedente de los eventos "4" y "5".

LOS EVENTOS QUE ESTAN INMEDIATAMENTE ANTES DE OTRO - EVENTO SE DENOMINAN PRECEDENTES

Dependencia de las actividades.

Observando el DIAGRAMA II podemos decir que la actividad "C" depende de la actividad "A", la actividad "D" depende de la actividad "B" y las actividades "A" y "B" no dependen de alguna otra actividad. LA ACTIVIDAD "A" ES PRECEDENTE A LA ACTIVIDAD "C" Y LA ACTIVIDAD "C" ES SUBSIGUIENTE DE LA ACTIVIDAD "A".

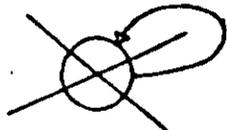
ACTIVIDAD FICTICIA: a).- No es la realización de alguna tarea.

b).- No consume tiempo ni esfuerzo.



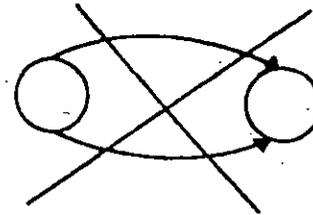
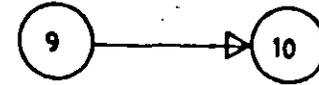
c).- Es una actividad de liga, exclusivamente para simplificar cuando sea necesario al DIAGRAMA.

AL CONSTRUIRSE UN DIAGRAMA DEBE PROCURARSE TENER EL MENOR NUMERO DE ACTIVIDADES FICTICIAS



No hay actividades que tengan el mismo evento como inicial y como final

Cada actividad tendrá como evento precedente uno de número menor que el subsecuente



No usaremos esta notación por no ser conveniente para programas de computadora.

REPRESENTACIONES BASICAS PARA LA FORMACION DE DIAGRAMAS

O REDES

Actividades que pueden iniciarse simultáneamente.

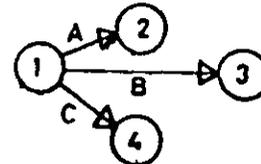


DIAGRAMA III

Se indica que las actividades A, B y C pueden iniciarse simultáneamente en el evento "1"

Actividades que pueden terminarse simultáneamente.

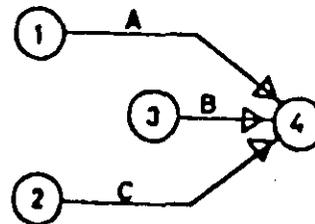


DIAGRAMA IV

Posibilidad de que las actividades A, B y C se terminen simultáneamente en el evento "4"

Actividades que pueden iniciarse inmediatamente después de que se terminen todas las precedentes.

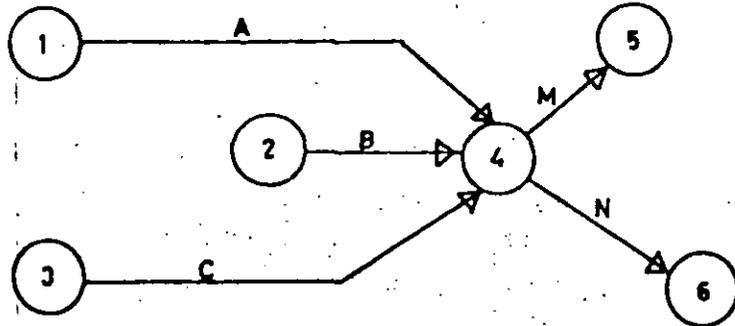


DIAGRAMA V.

Varias actividades que pueden iniciarse simultáneamente en un evento y que pueden terminarse simultáneamente en otro evento

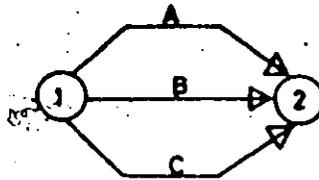
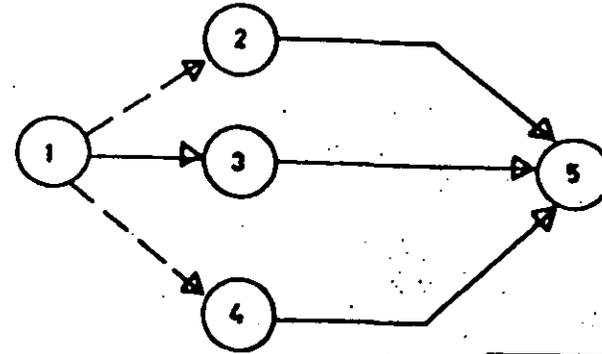


DIAGRAMA VI

INCORRECTO

No debe usarse esta representación, pues tiene el inconveniente de que varias actividades con el mismo evento puedan tener diferente duración.

Para evitar la confusión en el caso anterior, haremos uso de las ACTIVIDADES FICTICIAS como sigue:



CORRECTO

DIAGRAMA VII

Otra representación en la cual hacemos uso de ACTIVIDADES FICTICIAS es:

FICTICIAS es:

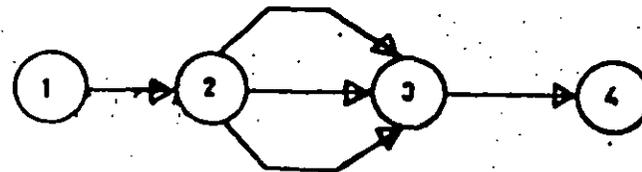


DIAGRAMA VIII

INCORRECTO

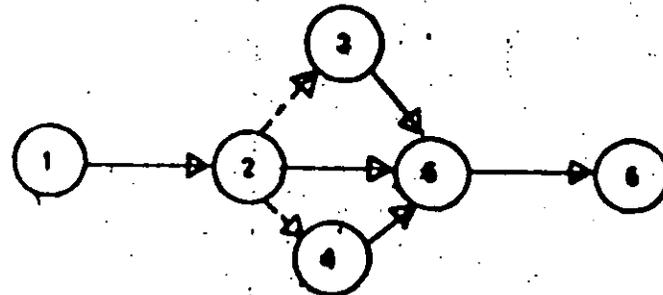


DIAGRAMA IX

CORRECTO

En la representación que a continuación se muestra se establece la condición de que un evento ocurra precisamente después de que terminen todas las actividades que concurren al evento precedente.

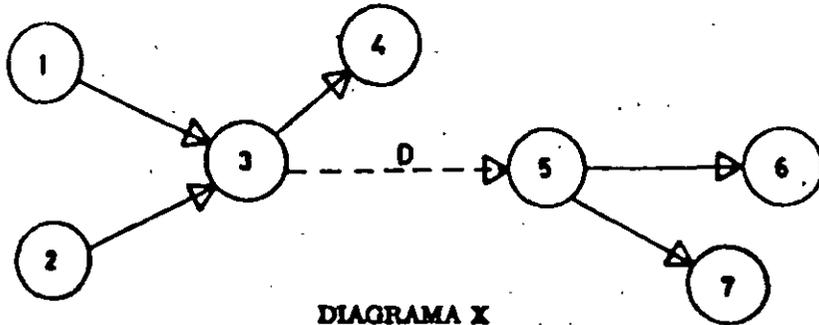


DIAGRAMA X

En este DIAGRAMA se indica mediante la actividad ficticia D ("3-5") que el evento "5" solo puede ocurrir después de terminadas todas las actividades precedentes, como lo son la "1-3" y la "2-3". Se muestra también en el mismo diagrama que las actividades "5-6" y "5-7" son independientes de la actividad "3-4".

CUANDO SE TENGA LA NECESIDAD DE EMPLEAR ACTIVIDADES FICTICIAS, SE PONDRAN ESTAS PRIMERO QUE LAS ACTIVIDADES REALES

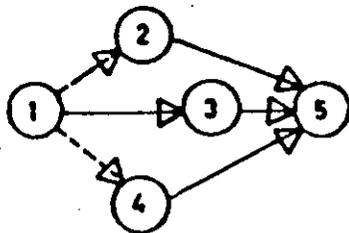
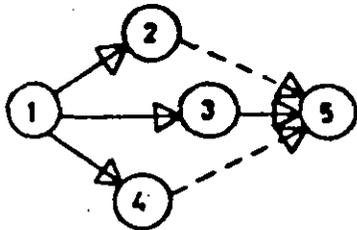


DIAGRAMA XI

SE EXPONDRÁ EL METODO A TRAVES DEL ESTUDIO DE UN EJEMPLO

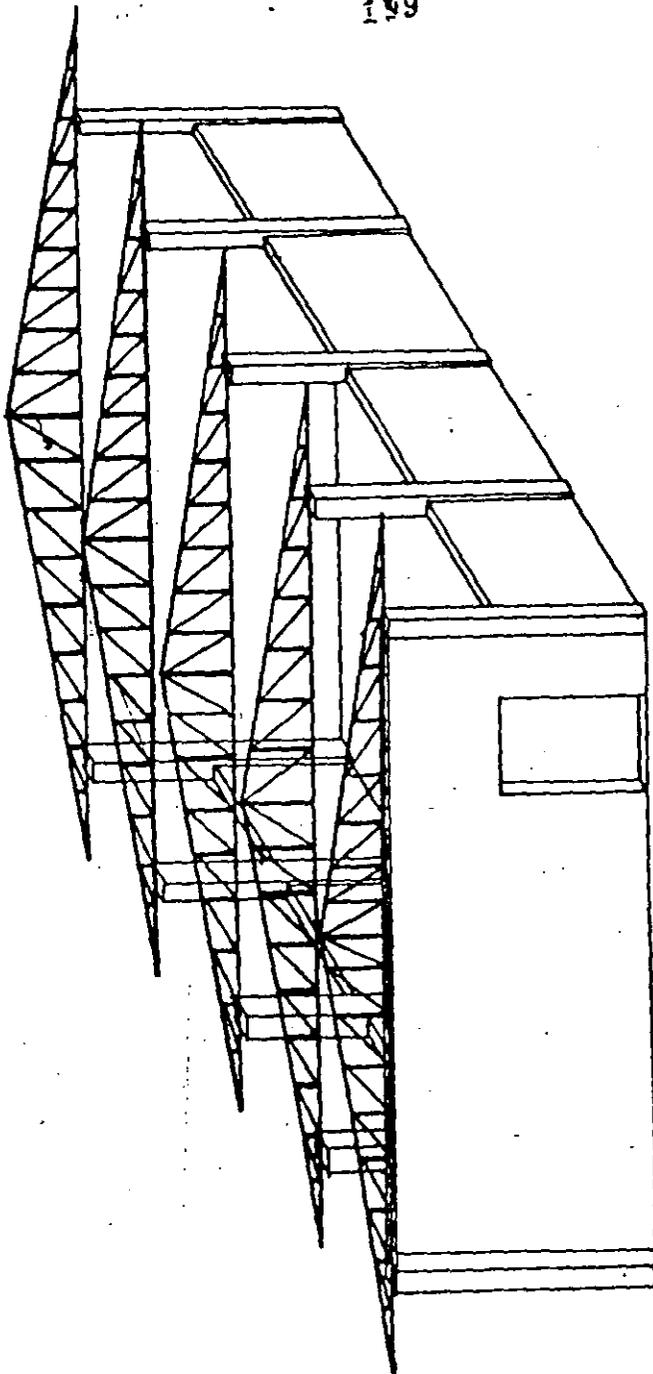
Supongamos que debemos construir un almacén que consta de cimentación y estructura de concreto armado, así como de estructura de acero para el techo; para el efecto, tenemos que proponernos una serie de actividades a desarrollar, y que éstas a su vez pueden dividirse en varias actividades como puede suceder con la actividad "Excavación":

- | | | |
|------------|---|--|
| Excavación | } | a). - Trazo |
| | | b). - Excavar a nivel de proyecto |
| | | c). - Acarreo de tierra producto de excavación |

DETERMINACION DE LOS TIEMPOS DE EJECUCION

El tiempo que tarda en ejecutarse cada actividad, estará en función del procedimiento constructivo y de los recursos de que se disponga.

Supongamos que para nuestro ejemplo, éstos quedan asentados en la Tabla I.



Actividad	Duración en días	Observaciones
Preparativos	8	Limpieza del terreno y trazos
Excavación	6	Incluye Acarreos
Cimentación	10	Incluye plantilla, armado, cimbrado, colado
Estructura de Concreto	30	Armado, cimbrado, colado
Muros de Tabique	25	Espesor 0.14 m.
Montaje Estructura Acero	11	A cargo del estructurista
Fabricación y Transporte de Estructura de Acero	45	"
Tiempo de Entrega de lámina de Asbesto	25	A cargo del fabricante
Fabricación y Transporte de Herrería	30	A cargo del fabricante
Colocación de Herrería	6	"
Colocación Lámina Asbesto	9	Incluye Accesorios
Colocación Vidrios	4	A cargo del Subcontratista
Instalación Eléctrica	8	A cargo del Subcontratista
Aplanado en Muros	12	Dar acabado para recibir pintura
Relleno y Compactación para Pisos	6	Incluye nivelación
Pisos de Concreto	6	Armado y colado con acabado fino integral

Actividad	Duración en días	Observaciones
Pintura	10	Subcontratista
Limpieza	5	Para entregar la Obra

IMPORTANTE: Los tiempos fueron DETERMINADOS DE ACUERDO - CON LA EXPERIENCIA DEL ANALISTA. Si éstos en la realidad cambian, el modelo que de aquí obtendremos, reducirá su semejanza con el fenómeno que se pretende representar.

Secuencia de la ejecución:

Una vez que se ha formado la lista de las actividades, es necesario analizar el orden de ejecución de éstas, teniendo en cuenta los requisitos del proceso y las condiciones particulares de la empresa que realizará el proceso. Por otra parte, es conveniente la elaboración de lo que se denomina Matriz de Precedencia y que es la que nos da una idea de la secuencia lógica a seguir en tal proceso; en ésta matriz se describen los conceptos de todas las actividades que forman el proceso, una en cada renglón y una en cada columna formando casilleros, es decir, que si son "n" actividades que corresponden a "n" columnas y a "n" renglones, darán por lo tanto n^2 casilleros. Ver tabla II.

REGLAS PARA LA FORMACION DE LA MATRIZ DE PRECEDENCIA

- I. - Analizar la actividad correspondiente a cada renglón y determinar que actividades pueden realizarse "Inmediatamente Después" de terminada la actividad en cuestión; para esto se recorre el renglón - examinando las columnas de la tabla y colocando una "x" en los casilleros de las columnas que corresponden a las actividades que pueden efectuarse "Inmediatamente Después".
- II. - Analizar la actividad correspondiente a cada columna y determinar que actividad o actividades deben realizarse "Inmediatamente Antes" de poder iniciarse la actividad en cuestión; para esto se recorre por la

ELABORACION DEL DIAGRAMA DE FLECHAS

- a). - Seleccionar la actividad que da el inicio al proceso constructivo.
- b). - Determinar una secuencia lógica de las actividades ayudándonos con lo que nos muestra la MATRIZ DE PRECEDENCIA.
- c). - Escoger actividades que por su naturaleza pueden iniciarse al mismo tiempo que la ACTIVIDAD que da inicio al proceso, y considerar en cualquier etapa de la red las actividades que simultáneamente pueden ejecutarse.

Es conveniente hacer en un principio uno o dos bosquejos del DIAGRAMA para corregir detalles y cuidar de que se usen lo menos posible, dependiendo de su naturaleza, las ACTIVIDADES FICTICIAS.

En la figura Nq. 1 se presenta el DIAGRAMA definitivo para el ejemplo.

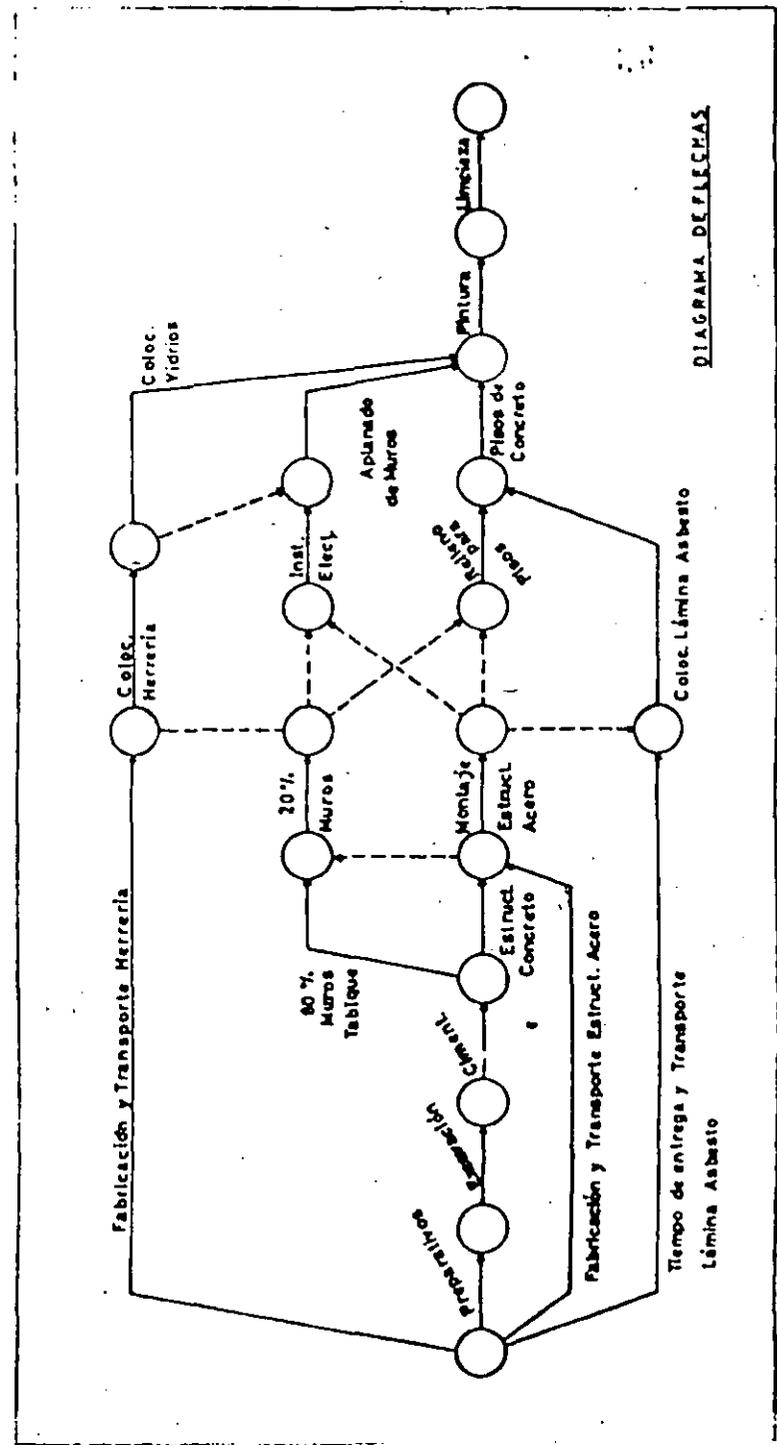
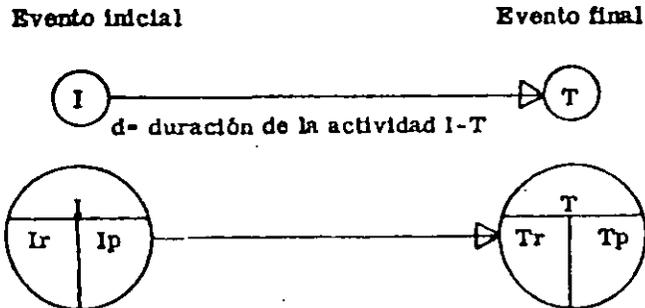


FIGURA N° 1

CALCULO DE LOS TIEMPOS

Notaciones:

- Ip: Tiempo de iniciación más próximo de la actividad I - T
- Ir: Tiempo de iniciación más remoto de la actividad I - T
- Tp: Tiempo de terminación más próximo de la actividad I - T
- Tr: Tiempo de terminación más remoto de la actividad I - T



NOTA: Cuando se trate del último evento, será el tiempo de terminación más próximo del PROYECTO.

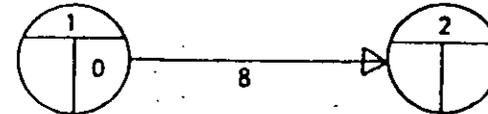
I.- Numerar los eventos I-T y anotar los tiempos de duración de cada actividad de la red en el "DIAGRAMA DE FLECHAS" previamente elaborado.

II.- Calcular para cada actividad los Ip (de izquierda a derecha), sumando.

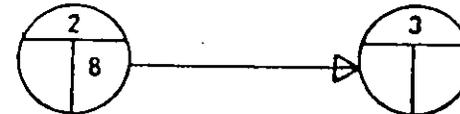
Regla: Asignar como Ip el mayor de los tiempos que resulten para cada actividad.

Procedimiento:

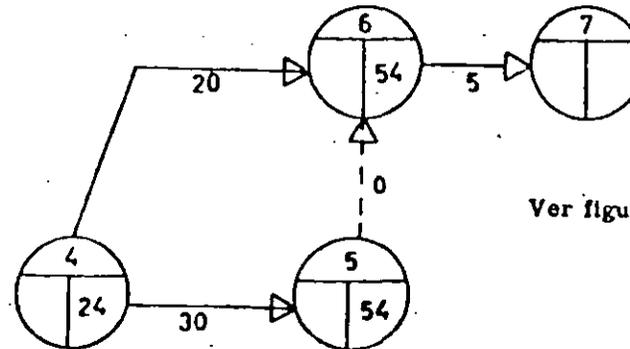
Para la primera actividad, o sea la "1-2" el Ip es cero; $Ip = 0$. Se anota en el evento inicial "1".



Para la actividad "2-3" $Ip = 0 + 8$, o sea el Ip de la actividad que antecede más la duración de la actividad "1-2". Se anota en el evento "2".



Cuando llegamos a un evento en donde entran a la vez varias actividades, procedemos como sigue:



Ver figura No. 2.

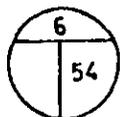
DE IZQUIERDA A DERECHA

Siguiendo la "4-6" $I_p = 24 + 20 = 44$

Siguiendo la "5-8" $I_p = 54 + 0 = 54$

I_p Mayor = 54

Se anota en el evento "6"



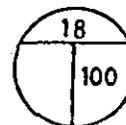
En la tabla III aparecen todos los I_p calculados.

TABLA III

Actividad	I_p Mayor
1 - 2	0
2 - 3	8
3 - 4	14
4 - 5	24
5 - 6	54
5 - 9	54
6 - 7	54
7 - 8	59
8 - 13	59
9 - 11	65
9 - 12	65
9 - 10	65
10 - 15	65
11 - 14	65
14 - 16	73
16 - 17	85
17 - 18	95

Han quedado calculados todos los I_p , y nos damos cuenta que - el I_p correspondiente al último evento, o sea "100", indica la duración del proceso. En éste caso, para el último evento se acepta que $I_p = Tr$.

I_p para el evento 18



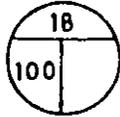
$I_p = 95 + 5 = 100$

III.- Calcular para cada actividad los Tr (de derecha a izquierda),
restando

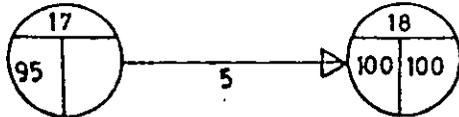
Regla: Asignar como Tr el menor de los tiempos que resulten
para cada actividad.

Procedimiento:

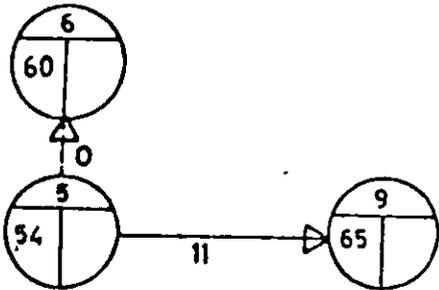
Para la última actividad, o sea la "17-18" el Tr es "100"; -
Tr= 100. Se anota en el evento final.



Para la actividad "18-17", Tr= 100-5, o sea el Tr del evento -
que precede menos la duración de la actividad "17-18"; Tr= 95. Se anota
en el evento "17".



Cuando llegamos a un evento en donde salen a la vez varias ac-
tividades, procedemos como sigue:



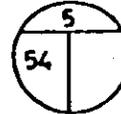
Ver figura No. 2.

Siguiendo la "9-5" Tr= 65 - 11= 54

Siguiendo la "5-6" Tr= 60 - 0= 60

Tr Menor = 54

Se anota en el evento "5".

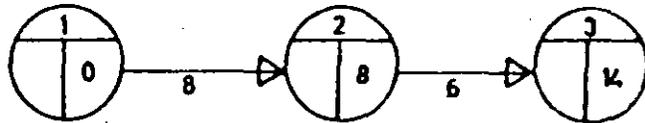


En la tabla IV aparecen todos los Tr calculados.

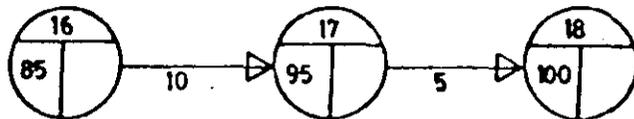
TABLA IV

Actividad	Tr Menores
18 - 17	95
17 - 16	85
16 - 15	79
16 - 14	73
14 - 13	73
14 - 11	65
15 - 12	73
11 - 7	65
11 - 9	65
13 - 8	67
15 - 10	70
7 - 6	60
9 - 5	54
5 - 4	24
4 - 3	14
3 - 2	8
2 - 1	0

IV.- Anotar en el DIAGRAMA DE FLECHAS los Ip y Tr calculados, quedando de éste modo completa la Red. La anotación se hará como sigue:



para los Ip (de izquierda a derecha)



para los Tr (de derecha a izquierda)

NOTA: En el evento "1" inicial $I_p = Tr = 0$

En el evento "18" final $I_p = Tr = 100$ Ver figura No. 2.

RUTA CRITICA

Recordemos: cada evento es la iniciación "I" o la terminación "T" de una actividad.

ENTONCES: cuando en un evento se termina una actividad, debe INICIARSE INMEDIATAMENTE la siguiente actividad; si hubiera un retraso en esta iniciación se alargaría la duración del proyecto.

LA CADENA QUE CONTIENE EVENTOS EN LOS QUE I-T FORMA LA CADENA O RUTA CRITICA.

A continuación se muestra la Red terminada y que contiene el número del evento, la duración de la actividad los tiempos Ip y Tr calculados, las actividades ficticias que intervienen con sus duraciones - nulas, y se marca la trayectoria de la RUTA CRITICA. Ver figura No. 2.

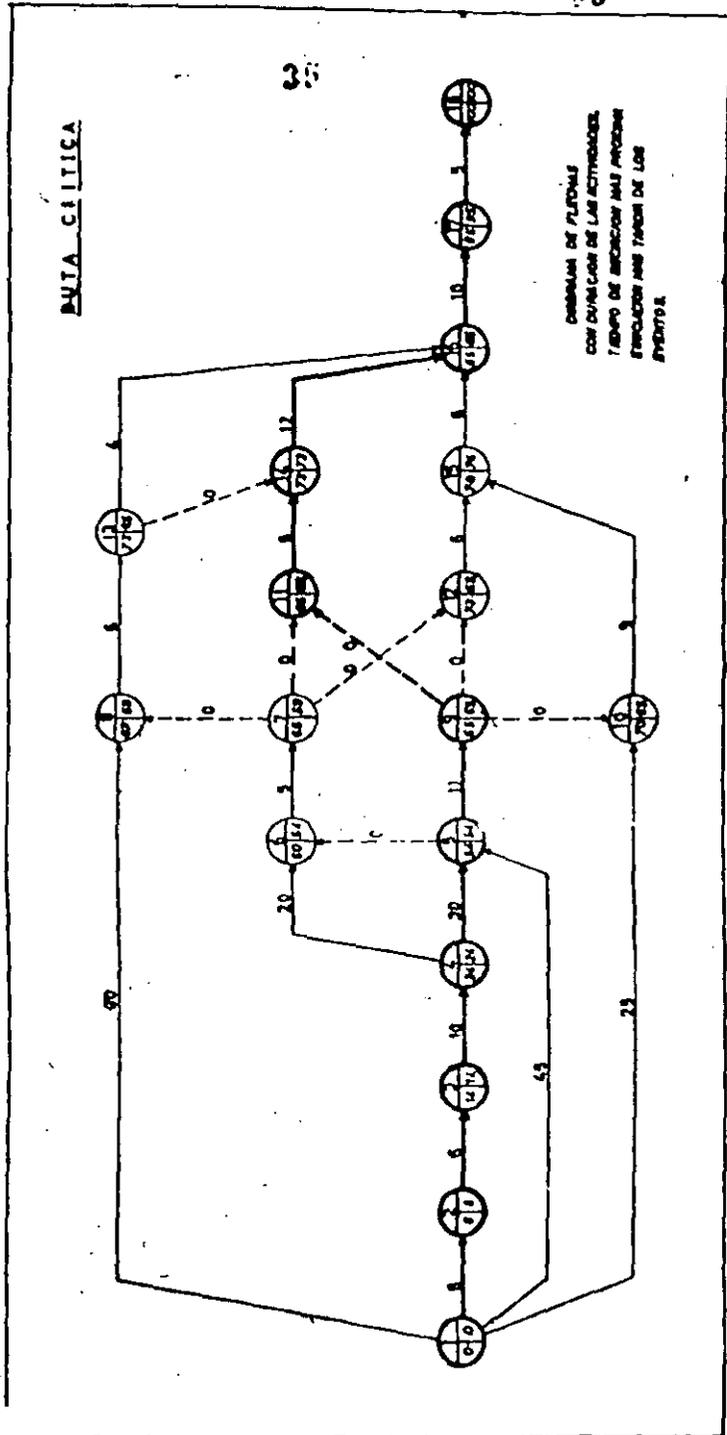


FIGURA N° 2

En el ejemplo anterior, la duración de las actividades se ha supuesto en base a la experiencia, con el propósito momentáneo de explicar la secuencia para la determinación de la Ruta Crítica.

Se debe tener presente que, la duración de las actividades, es función directa del volumen de obra por ejecutar y del rendimiento que sean capaces de tener quienes realizan el concepto que se analiza; obviamente, podrán tenerse duraciones diversas para una misma actividad, al variar los recursos que se le asignan, modificandose también, consecuentemente, el costo respectivo.

EJEMPLO:

Supongamos que una cierta actividad se puede realizar con una cuadrilla de trabajadores en una duración de 40 horas a un costo de \$ 80,000.00, a la que asociamos un rendimiento del 100 %.

Si aumentamos el número de cuadrillas, es lógico pensar que la eficiencia tenderá a disminuir y, aunque el tiempo de ejecución de la actividad se acorte, el costo aumenta.

El incremento de cuadrillas, en todo caso, lo podremos llevar a cabo hasta el límite que nos permita el espacio físico que se dispone para que el personal trabaje sin demasiada interferencia. La tabla siguiente, nos proporciona la relación costo-tiempo de ejecución para la actividad del ejemplo:

No. de Cuadrillas	Rendimiento Esperado	Duración	Costo
1	100 %	40 h	\$ 80,000.00
2	100	20	80,000.00
3	90	14.8	88,800.00
4	80	12.5	100,000.00
5	70	11.4	114,000.00
6	60	11.1	132,000.00

En la tabla anterior:

$$\text{Duración de la Obra} = \frac{\text{No. de cuadrillas} \times \text{Rendimiento}}{7100}$$

$$\text{Costo} = \frac{\text{Costo}}{\text{Hora}} \times \text{No. de horas} \times \text{No. de cuadrillas}$$

Generalizando, se puede decir que la tabla anterior, representa el comportamiento de los costos directos.

Los costos indirectos, por el contrario, tenderán a disminuir a medida que el tiempo de ejecución se acorta.

Atendiendo a la figura No. 2 en la que se determinó la "RUTA CRITICA", y considerando que:

Es conveniente la duración del proyecto

EL PROBLEMA NO HA CONCLUIDO

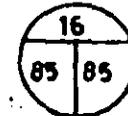
Todavía estamos en posibilidades de obtener algunos datos útiles para el control de la obra.

Estudiaremos a continuación la forma de determinar las HOLGURAS y el diagrama de barras o DIAGRAMA DE GANT.

HOLGURAS:

En el ejemplo que nos hemos planteado, se ha determinado el DIAGRAMA DE FLECHAS, se han calculado los Ip y Tr y hemos llegado a establecer la RUTA CRITICA.

Observemos el evento "16"



A) Siguiendo la RUTA CRITICA (1-2-3-4-5-9-11-14-16-17-18), la actividad "16-17" puede iniciarse al principio del día número "86".

B) Siguiendo otra ruta no crítica (1-8-13-16), la actividad "16-17" puede iniciarse cuando se haya concluido la actividad "13-16", o sea después del día "40" (duración de actividad "1-8" + duración de

actividad "8-13" + duración de actividad "13-16", o sea $30 + 6 + 4 = 40$.
 Lo que indica que la actividad "13-16" puede terminarse entre los días "40" y "85" sin que se altere la duración del proyecto.

¡AHI HAY HOLGURA!

Definiciones. -

HOLGURA TOTAL

Es el tiempo que puede desplazarse una actividad sin que se modifique la duración del proyecto.

HOLGURA LIBRE

Es el tiempo que puede desplazarse una actividad sin modificar la fecha de iniciación más próxima de las actividades que en cadena le siguen.

CONCLUSIONES:

I.- **LA RUTA CRITICA "NO TIENE HOLGURAS"**

II.- Es conveniente conocer cuales actividades tienen HOLGURA

Es sencillo darnos cuenta que esto ayudará al control de la obra, ya que pondremos especial cuidado en el cumplimiento de la duración de cada "actividad crítica" y sabremos cuál es la máxima duración de las actividades no críticas, de modo que no nos afecte la duración total del proyecto en general.

II. CALCULO DE LA TABLA DE HOLGURAS

Fórmulas básicas

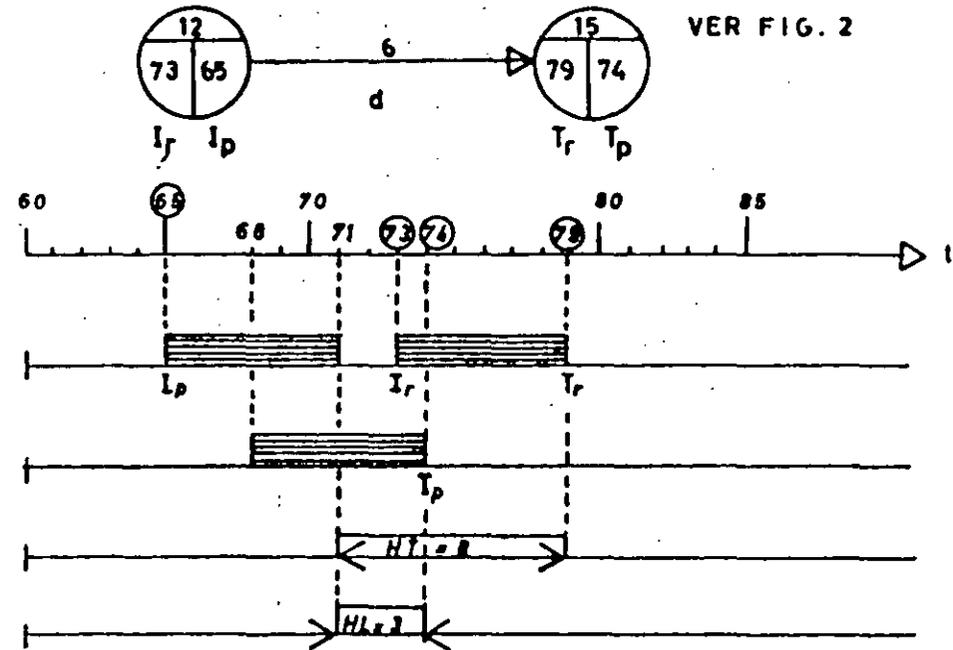
Holgura total

$$H.T. = T_r - (I_p + d) \text{-----(1)}$$

Holgura libre

$$H.L. = T_p - I_p - d \text{-----(2)}$$

Representación gráfica de las holguras en el eje de los tiempos.



Se propone la siguiente tabla para mayor facilidad y más rapidez en el cálculo de las Holguras.

TABLA DE HOLGURAS

DATO QUE SE OBTIENE DEL DIAGRAMA	DATO QUE SE OBTIENE DEL DIAGRAMA	SE ANOTAN TODOS LOS I_p <small>Indicador proximo</small>		SE CALCULA : $I_R = T_R - d$		SE ANOTAN TODOS LOS T_R <small>Indicador remoto</small>		$T_R - T_p = M.T.$ <small>RES = 0 EN LA RUTA CRITICA.</small>	$T_R - I_p - d = M.L.$ <small>RES = 0 EN LA RUTA CRITICA.</small>
		INICIACION		TERMINACION		M.T.	M.L.		
		PROXIMA I_p	REMOTA I_R	PROXIMA T_p	REMOTA T_R				
1 2	8 dias	0	0	8	8	0	0		
2 3	6	8	8	14	14	0	0		
3 4	10	14	14	24	24	0	0		
4 5	30	24	24	54	54	0	0		
5 9	11	54	54	65	65	0	0		
9 11	0	65	65	65	65	-	-		
11 14	8	65	65	73	73	0	0		
14 16	12	73	73	85	85	0	0		
16 17	10	85	85	95	95	0	0		
17 18	5	95	95	100	100	0	0		
1 5	45	0	9	45	54	9	9		
1 8	30	0	37	30	67	37	29		
1 10	25	0	48	25	70	45	40		
4 6	20	24	40	44	60	16	10		
5 8	0	54	60	54	60	-	-		
6 7	5	54	60	59	66	6	0		
7 8	0	59	67	59	67	-	-		
7 11	0	59	65	59	66	-	-		
7 12	0	59	73	59	73	-	-		
8 13	6	59	67	65	73	8	0		
9 10	0	65	70	65	70	-	-		
9 12	0	65	73	65	73	-	-		
10 15	9	65	70	74	79	9	0		
12 15	6	65	73	71	79	8	3		
13 14	0	65	73	68	73	-	-		
13 16	4	65	81	69	83	16	16		
15 16	6	74	79	80	86	8	8		

III.

DIAGRAMA DE BARRAS

Una vez formulada la Tabla de Holguras, procedemos a representar gráficamente la Ruta Crítica por medio de un Diagrama de Barras o Diagrama de Gantt, cuya construcción se explica como sigue.

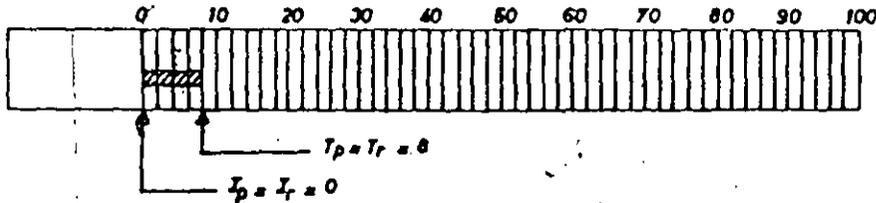
DIAGRAMA DE BARRAS

Explicación: Ver figura No. 2.

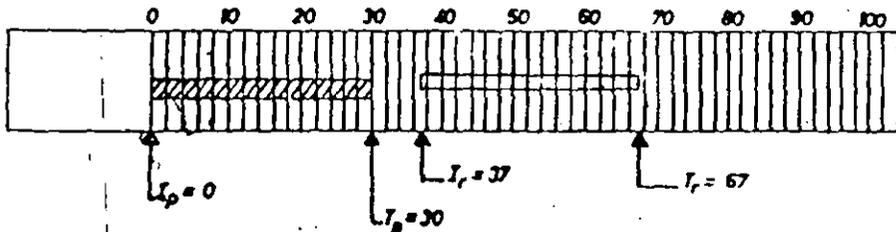
Observemos la actividad "1-2" en la que

$$I_p = I_r = 0 \quad \text{y} \quad T_p = T_r = 8$$

Se representa en el Diagrama en la siguiente forma:



Observemos ahora la actividad "1-8", la cual puede iniciarse cuando $I_p = 0$ y terminarse cuando $T_p = 30$, ya que la duración de ésta es de 30 días; pero también puede iniciarse el día "37" puesto que $I_r = 37$ y terminarse el día "67" cuando $T_r = 67$; se representa en el diagrama - como sigue:



La representación del diagrama de BARRAS o de GANTT para nuestro eje es como sigue:

ALTERNATIVAS

I.- La actividad "1-2" debe iniciarse precisamente en $I_p = 0$ y terminarse precisamente en $T_r = 8$ durando exactamente 8 días, teniendo una sola alternativa. Ver Diagrama de Barras.

ESTA PRECISION DEBE CUMPLIRSE CON TODAS LAS ACTIVIDADES CRITICAS

- II.- La actividad "1-8" tiene las siguientes alternativas:
- a).- Iniciarse cuando $I_p = 0$ y terminarse cuando $T_p = 30$, durando 30 días; ahora bien, por lo que a la actividad "8-13" se refiere puesto que es la que la precede, no existe inconveniente para su ejecución, ya que existe un tiempo de 37 días (HOLGURA TOTAL H.T. = 37) entre la terminación de la "1-8" y la iniciación de la "8-13".
 - b).- Puede iniciarse al principio del día 37 cuando $I_r = 37$ y concluirse el día 67 cuando $T_r = 67$ durando 30 días, con lo que no existe inconveniente para la iniciación de la "8-13", pero debe tomarse en cuenta que tal actividad "1-8" será terminada cuando $T_r = 37$ para dar paso a la "8-13", con lo que no existe espera en ésta alternativa.

c).- Puede iniciarse cualquier día aun no terminada la "1-2", ni siquiera la "2-3", PERO DE TODAS MANERAS SE DEBERA TERMINAR CUANDO Tr- 67 para dar paso a la "8-13".

Las alternativas como las anteriores, deben analizarse para todas y cada una de las actividades en cuestión.

IV.

ASIGNACION DE RECURSOS

Obtenida la Ruta Crítica y las Holguras de las actividades de un proyecto, se procede a la distribución de los Recursos requeridos para su ejecución.

Al decir Recursos nos referimos a:

Mano de Obra

Materiales

y

Equipo

Estos recursos representan, evidentemente, erogaciones de dinero en la realización del proyecto.

La asignación o distribución de Recursos requeridos para la ejecución de las actividades de un proyecto dependen de numerosos factores, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- a).- Número de unidades en que pueden medirse las actividades.
- b).- Duración del Proyecto.
- c).- Métodos de ejecución.
- d).- Número de actividades que pueden ejecutarse por unidad de tiempo; ciertos grupos básicos de trabajo integrados por cierto personal y cierto equipo.

e). - Espacios y servicios requeridos para cada grupo básico de trabajo.

etc.

Teniendo en cuenta factores como los mencionados y fijada una duración "Crítica o no Crítica", es posible elaborar una lista de "recursos requeridos" y determinar la intensidad requerida para cada uno de ellos. Esta intensidad puede obtenerse dividiendo la cantidad total del recurso en estudio que se necesita en el tiempo que dura la actividad, entre el tiempo que dura dicha actividad.

No obstante, como los recursos deben de estar de acuerdo con los ingresos y egresos del proyecto, en muchas ocasiones se llegan a presentar situaciones de falta de dinero en un momento dado. Esto es debido principalmente a que se tienen concentraciones de inversiones muy fuertes que sobrepasan las cantidades disponibles. Si se hace un balance lógico de recursos de acuerdo con las holgas disponibles, es muy posible llegar a preveer anticipadamente la cantidad de recursos requeridos, así como también cuando éstos sobran en el proyecto, sobre todo en lo que se refiere a personal y equipo.

Veamos un ejemplo con repartición de recursos haciendo uso de las holgas.

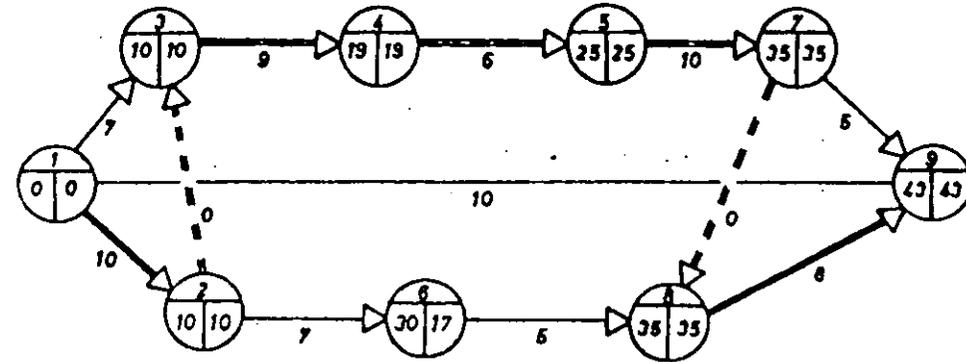


FIGURA I

ACTIVIDAD	EQUIPO	PERSONAL	DURACION	HT	HL	PROXIMA		REMOTA	
						I _p	I _r	I _r	I _p
1-2		5	10	0	0	0	10	0	10
1-3		4	7	3	3	0	7	3	10
2-4	PALA	2	9	0	0	10	19	10	19
4-5		7	6	0	0	19	25	19	25
2-6	PALA	2	7	13	0	10	17	23	30
5-7		4	10	0	0	25	35	25	35
6-8		3	5	13	13	17	22	30	35
7-9		4	5	3	3	35	40	38	43
8-9		5	8	0	0	35	43	35	43
1-9		7	10	33	33	0	10	33	43

Para hacer un balanceo adecuado, se hará primero la programación de "actividades críticas" y posteriormente las "no críticas" en orden de precedencia, o sea primero las que tengan una holgura total más pequeña y así, sucesivamente según vayan creciendo las holguras.

Analizando la tabla de la figura 1, vemos que las actividades "3-4" y "2-6" requieren una pala cada una, e iniciándose en la misma fecha; pero la "3-4" es crítica y la "2-6" no lo es.

Suponiendo que solo se dispone de una pala, primero se utilizará en la "3-4" y se analizará si la actividad "2-6" se puede retrasar 9 días; como tiene una holgura total de 13 días, sí es posible iniciarla el día 19 para terminarla el 26, quedando aun 4 días de holgura total; la holgura total de la que inmediatamente la sigue, la "6-8", se disminuirá también para quedar en 4 días.

La tabla de tiempos para estas tres actividades quedará:

ACTIVIDAD	EQUIPO	PERSONAL	DURACION	HT	PROXIMA		REMOTA	
					I _p	T _p	I _r	T _r
3-4	PALA	2	9	0	10	19	10	19
2-6	PALA	2	7	4	19	26	23	30
6-8		2	5	4	26	29	30	35

De acuerdo con estos datos, como equipo total se necesita sólo una pala, que hará primero el trabajo de la actividad "3-4" y luego pasará a ejecutar el trabajo de la "2-6" sin modificar la secuela ni los tiempos de duración de cada actividad.

Así como se hizo el balanceo para el caso particular de la pala en el ejemplo anterior, se puede hacer una distribución de las brigadas de obreros, o de otros recursos, con objeto de tener una distribución más económica y racional.

Este sistema de balanceo de recursos es igual al comúnmente usado con el sistema tradicional de barras, pero con la ventaja de que ahora se puede disponer de la movilidad debida a las holguras en las actividades "no críticas" y de que si en ocasiones se tuvieran fuertes concentraciones de recursos, se puede aumentar la duración de actividades "no críticas", disminuyendo la cantidad de recursos en alguna de ellas, con el objeto de disminuir la concentración, siempre y cuando no se sobrepasen las holguras totales.

Programa de Erogaciones y Recuperaciones.

Dada la naturaleza del método de la Ruta Crítica, puede asegurarse que los programas elaborados con este método, pueden afinarse tanto como lo permita la experiencia y conocimientos del personal de planeación y programación.

Si suponemos que se hace una programación cuidadosa de un proceso, es posible efectuar un análisis bastante real de dicho proceso. Este análisis puede consistir de:

- a). - Determinación del programa de erogaciones y recuperaciones necesarias para realizar el proceso.
- b). - Determinación del programa de utilidades de la empresa contratista.

Para ilustrar la forma en que pueden hacerse las dos determinaciones anteriores en la figura 2 se muestra el diagrama de erogaciones por unidad de tiempo, así como el programa de recuperaciones en la misma unidad de tiempo. (Las recuperaciones son los pagos efectuados por el cliente).

Sumando las cantidades representadas por las barras llenas y por las barras vacías, ver figura 2, se obtienen respectivamente, las gráficas de recuperación acumulada y de egresos acumulados indicadas en la figura 3.

En la fig. 3 se muestra la gráfica de erogaciones y recuperaciones acumuladas, y la utilidad total obtenida por la empresa contratista.

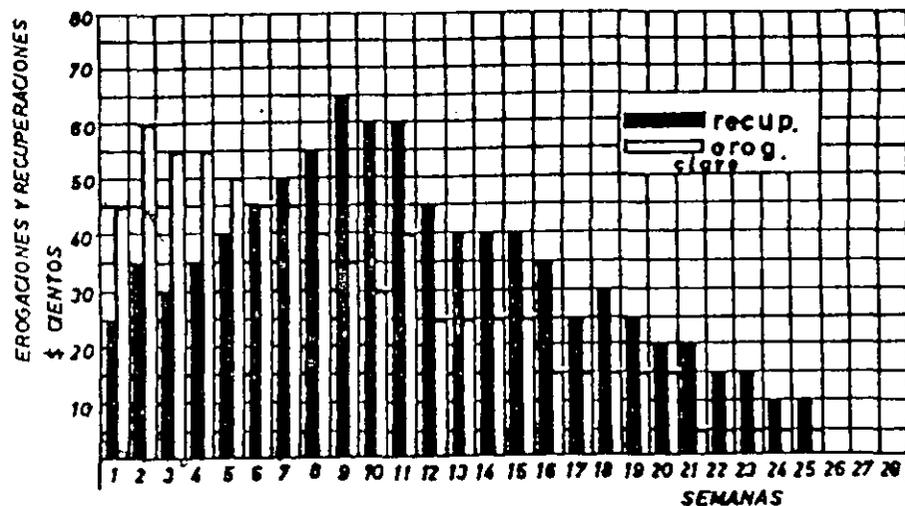
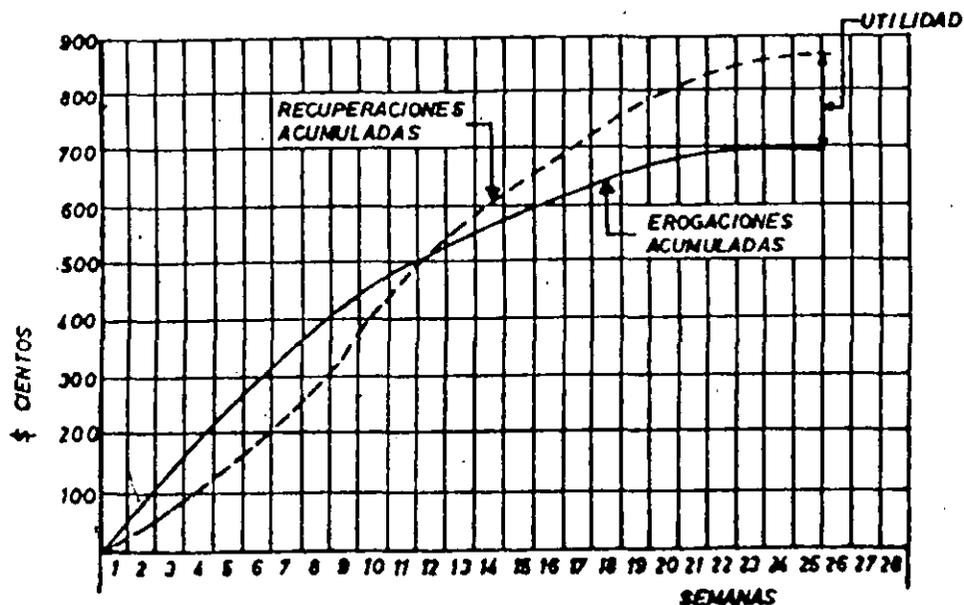


FIG. 2



COMPRESION DE REDES

La compresión de redes es el proceso de acortar el tiempo de duración de un proyecto, determinado por el método de la ruta crítica.

El costo directo se forma de la suma de los costos de materiales, mano de obra y de maquinaria y el costo indirecto es una función directa del tiempo de duración del proyecto.

Cuando la duración de un proyecto se acorta, el costo aumenta, si la parte del costo asociada a los recursos aumenta más que lo que se disminuye la asociada con el tiempo. Si la duración del proyecto aumenta, también puede ocurrir que el costo aumente, si la parte del costo asociada con el tiempo crece más que lo que se disminuye la parte asociada a los recursos. También, cuando el control del proyecto es deficiente pueden aumentarse los costos considerablemente por efecto de recursos que no se utilizan adecuadamente.

Cuando una actividad se ejecuta en un tiempo normal, se dice que dicha actividad tuvo una duración normal. En cambio, cuando la duración de una actividad se acorta hasta su duración límite, se dice que esa actividad tiene una duración de premura.

La duración de premura se obtiene de igual manera que la duración normal, o sea, volumen/rendimiento, pero con la utilización de un mayor número de recursos que aunque aumentan la producción, el rendimiento de cada máquina o el del personal, disminuye, por lo que aumenta el costo.

El gasto que nos cuesta reducir una actividad por cada unidad de tiempo, una vez conocidas las duraciones y costos normales y de premura, se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo por unidad de tiempo acortada} = \frac{\text{Costo de premura} - \text{Costo normal}}{\text{Duración normal} - \text{Duración de premura}}$$

Procedimiento para la compresión

Las compresiones las haremos directamente en nuestra red o diagrama, y si queremos acortar nuestro proyecto en un día o más, lo haremos en la ruta crítica y dentro de ésta escogeremos la actividad de menor costo por día acortado.

Para reducir el proceso se escogen actividades de la ruta crítica debido a que no tienen holgura y cualquier reducción de tiempo en alguna de esas actividades se refleja en la duración total del proyecto.

Hay que tener cuidado de que al comprimir una actividad no vaya a desaparecer la ruta crítica original. En el proceso de compresión pueden producirse varias rutas críticas.

Si queremos acortar más tiempo el proyecto y ya tenemos la ruta crítica original y otra más formada por la última compresión, la siguiente reducción deberá hacerse simultáneamente y por el mismo número de días en actividades de ambas rutas críticas.

Una actividad no se puede acortar más allá de su duración límite o de premura.

Al comprimir una actividad, el nuevo costo del proyecto se determina:

$$\text{COSTO } n = \text{COSTO } n-1 + \text{COSTO/día } n \times \text{No. días acortados}$$

Cuando se desea realizar un proceso productivo en el menor tiempo posible, es común efectuar todas las actividades del proceso en el menor tiempo posible, es decir, en condiciones límites. Esta manera de proceder conduce a un incremento innecesario del costo del proceso, pues como se ha visto deben acelerarse las actividades que producen acortamientos de tiempo. Hay actividades que no es útil acortar pero que de hacerlo incrementar el costo.

En base a lo anterior, podemos decir lo siguiente:

- La duración mínima de un proceso productivo, resulta cuando todas las actividades en la o las RUTA(S) CRITICA(S) tienen duraciones de premura.
- Existe una infinidad de combinaciones de las duraciones de las actividades de un proceso, para las cuales la duración de éste es la mínima.
- El costo máximo de ejecución de un proceso cuando la duración de éste es la mínima, resulta de efectuar todas las actividades en condiciones límites de premura.
- Las duraciones posibles de proceso se encuentran entre la duración mínima y la duración normal.

Para la explicación del proceso, proponemos el siguiente ejemplo. Supongamos que tenemos un proyecto representado por el siguiente diagrama:

DIAGRAMA DE FLECHAS

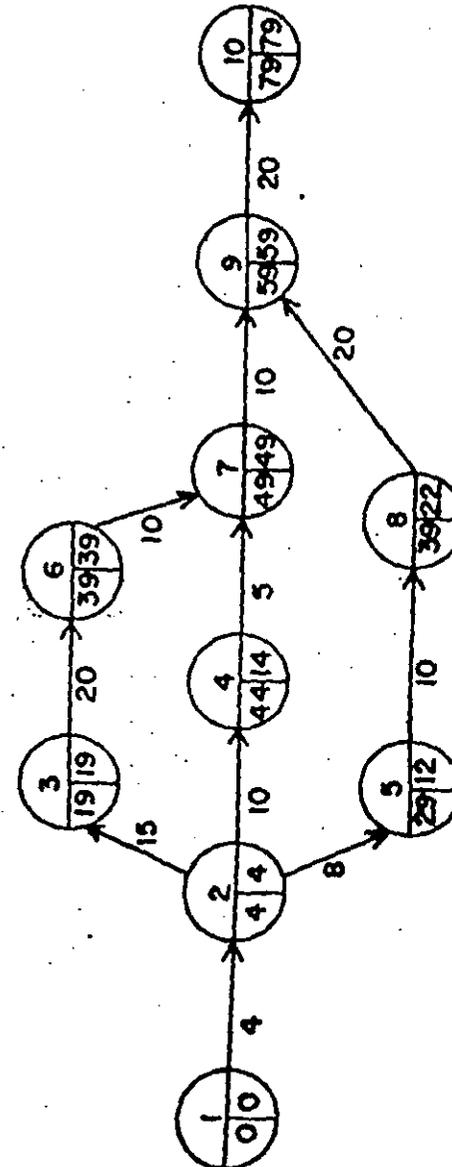


TABLA DE DURACIONES Y COSTOS

Actividad	Dn	Dp	Cn	Cp	Pesos/día
1-2	4	2	100	400	150
2-3	15	10	50	150	20
2-4	10	5	20	100	16
2-5	8	5	20	80	20
3-6	20	10	30	150	12
4-7	5	3	15	105	45
5-8	10	5	5	20	3
6-7	10	5	10	30	4
7-9	10	5	300	700	80
8-9	20	10	200	500	30
9-10	20	10	100	300	20
SUMAS			850	2535	

n-normal

p-premura

Costo para terminar la obra en condiciones normales de 79 días :

$$C_n = \$ 850.00$$

La suma de los costos de premura de todas las actividades constituye el costo de ruptura :

$$C_r = \$ 2 535.00$$

Necesitamos acortar nuestro proyecto 30 días por necesidades del cliente, por lo tanto escogemos una de las

actividades críticas que salga más bajo su costo por acortar un día, por ejemplo la actividad 6-7.

Si acortamos la actividad 6-7 en un día nuestro -- costo aumentaría :

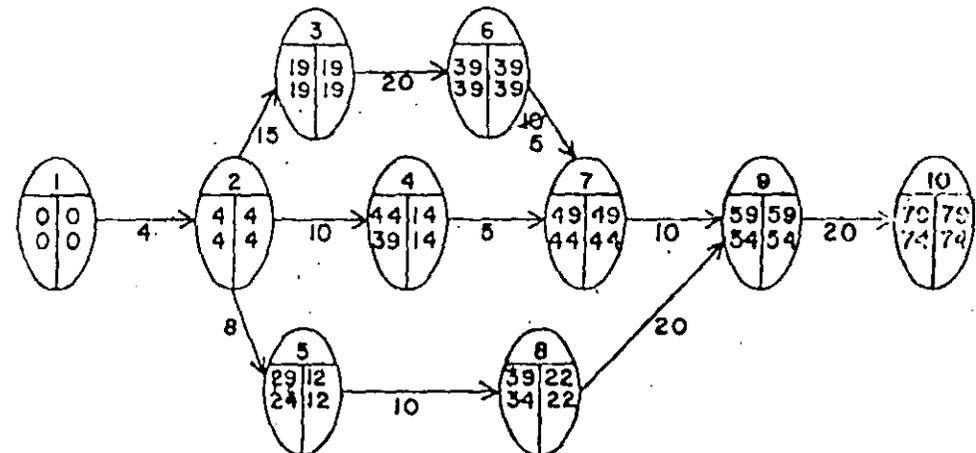
$$C = 850.00 + 4.00 \times 1 = \$ 854.00$$

la compresión.- Si la actividad 6-7 la acortamos a su límite, o sea, cinco días :

$$\text{Costo del proyecto} = 850.00 + 4.00 \times 5 = \$ 870.00$$

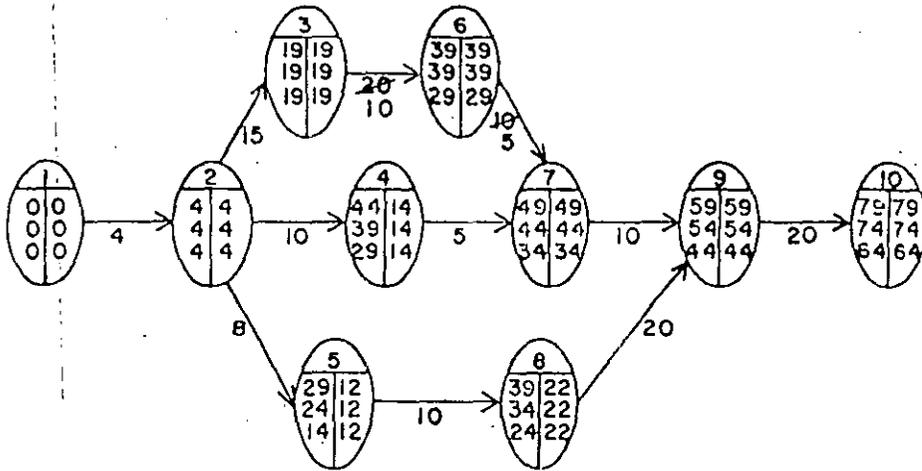
Esta actividad ya no podemos acortarla más pues ya llegó a su duración de premura.

La compresión la representaremos en el diagrama de flechas de la siguiente manera :

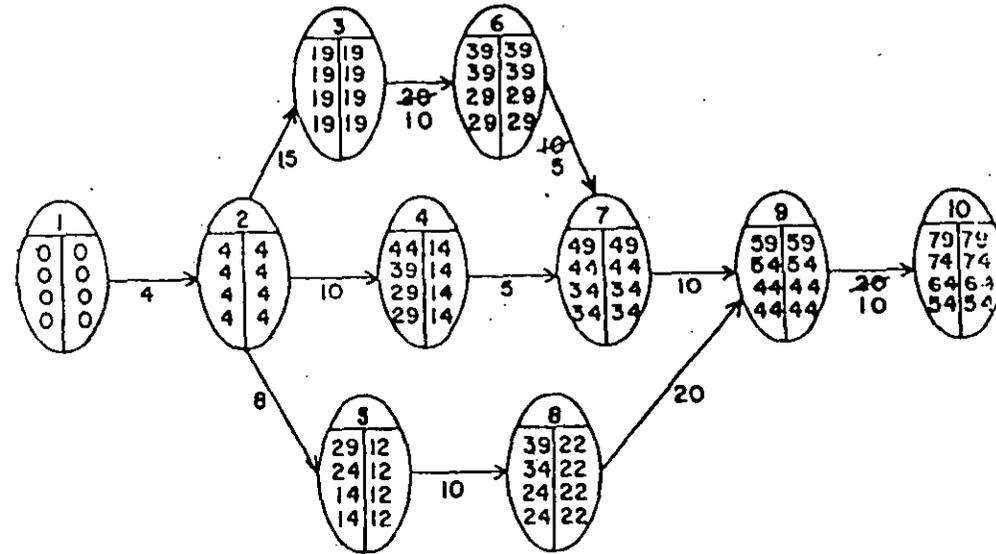


2da. compresión. - La actividad 3-6 puede reducirse 10 días.

El diagrama quedaría :

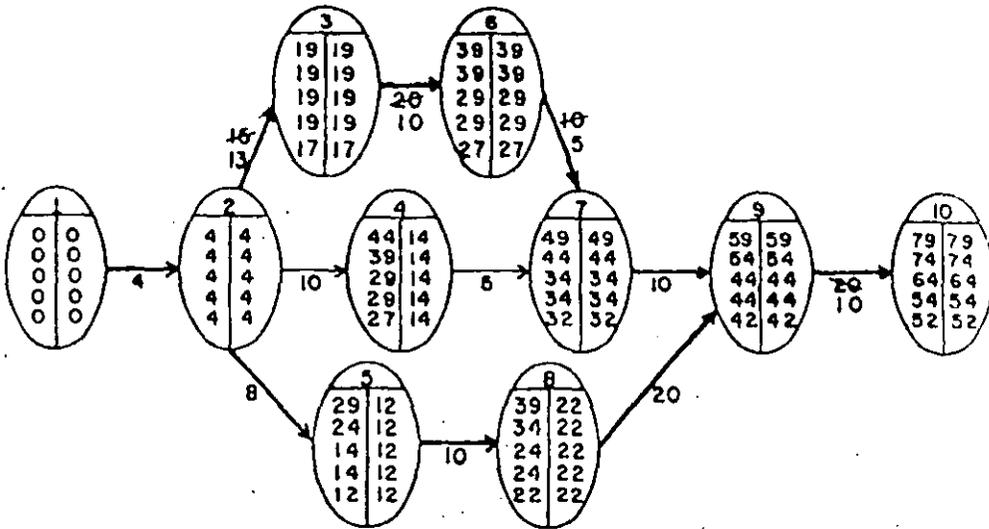


3era. compresión. - Hemos conseguido la duración de premura de las actividades críticas 6-7 y 3-6. Ahora tenemos, que hay otras dos actividades críticas cuyo costo por día acortado es el más bajo de las actividades críticas que quedan, y escogeremos la actividad 9-10 ya que si comprimimos la 2-3 en 5 días se afectaría la ruta crítica original y tendríamos otra; por lo tanto comprimiremos la 9-10 en 10 días:



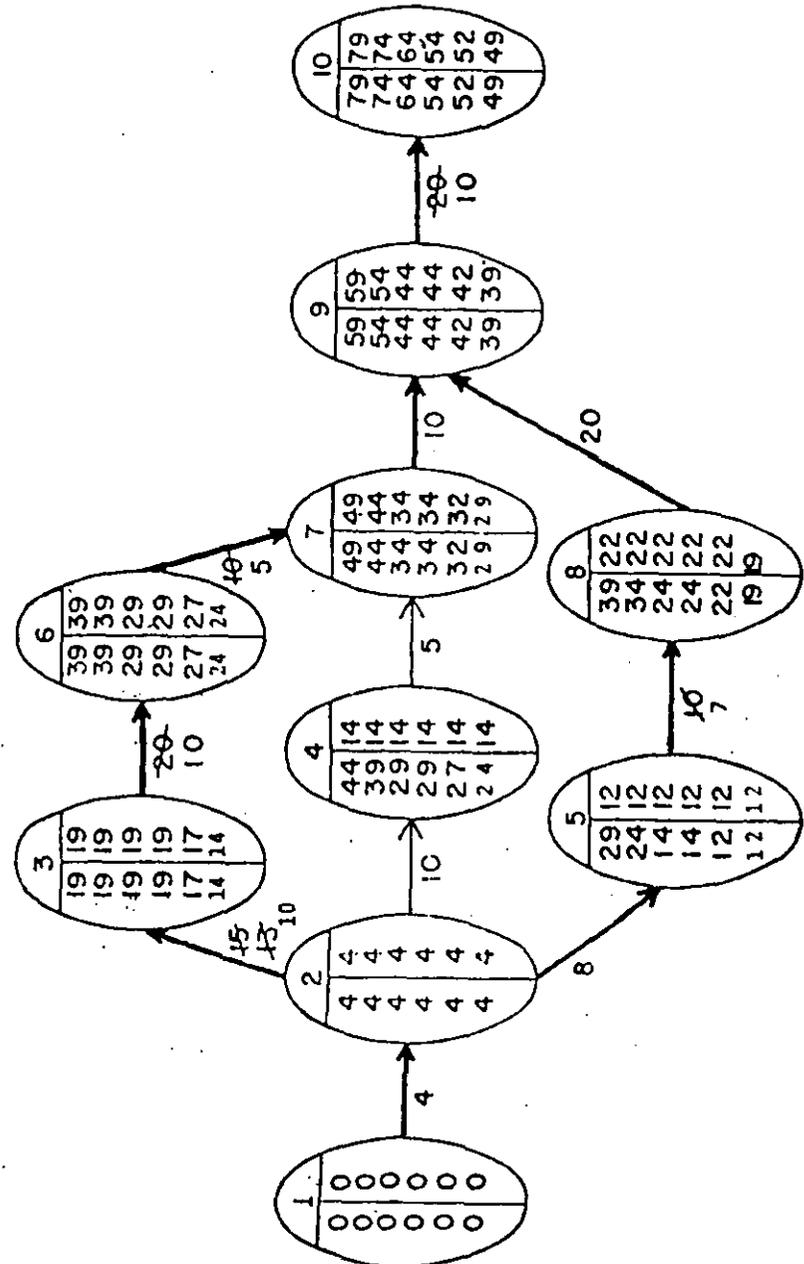
4ta. compresión. - Comprimiremos la actividad 2-3 en 2 días para no alterar la ruta crítica original.

En esta compresión no se afecta la ruta crítica original, pero se forma otra en la cadena 1-2-5-8-9-10, como podremos ver en el diagrama:



Sta. compresión. - Nos faltan 3 días para reducir nuestro proyecto en los 30 días que acordamos con el cliente. La actividad 2-3 la podemos comprimir en esos 3 días pero como ya tenemos otra ruta crítica, debemos reducir también en 3 días alguna actividad de ella para no alterar ninguna de las dos.

Por lo tanto, comprimiaremos simultáneamente las actividades 2-3 y 5-8 en tres días. En esta compresión la actividad 2-3 quedará totalmente comprimida. El diagrama nos quedaría :



Por lo tanto, con cinco compresiones llegamos al tiempo que necesitábamos. La compresión de la red se ha terminado, según se ha pedido, y el diagrama final que ha quedado es :

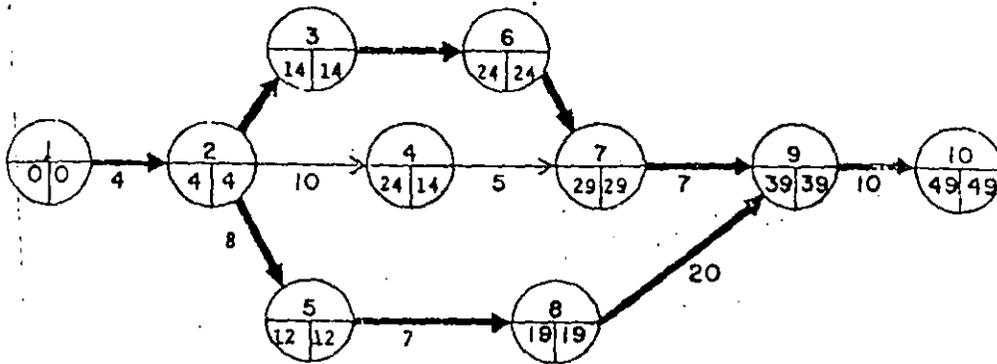


TABLA DE COMPRESIONES

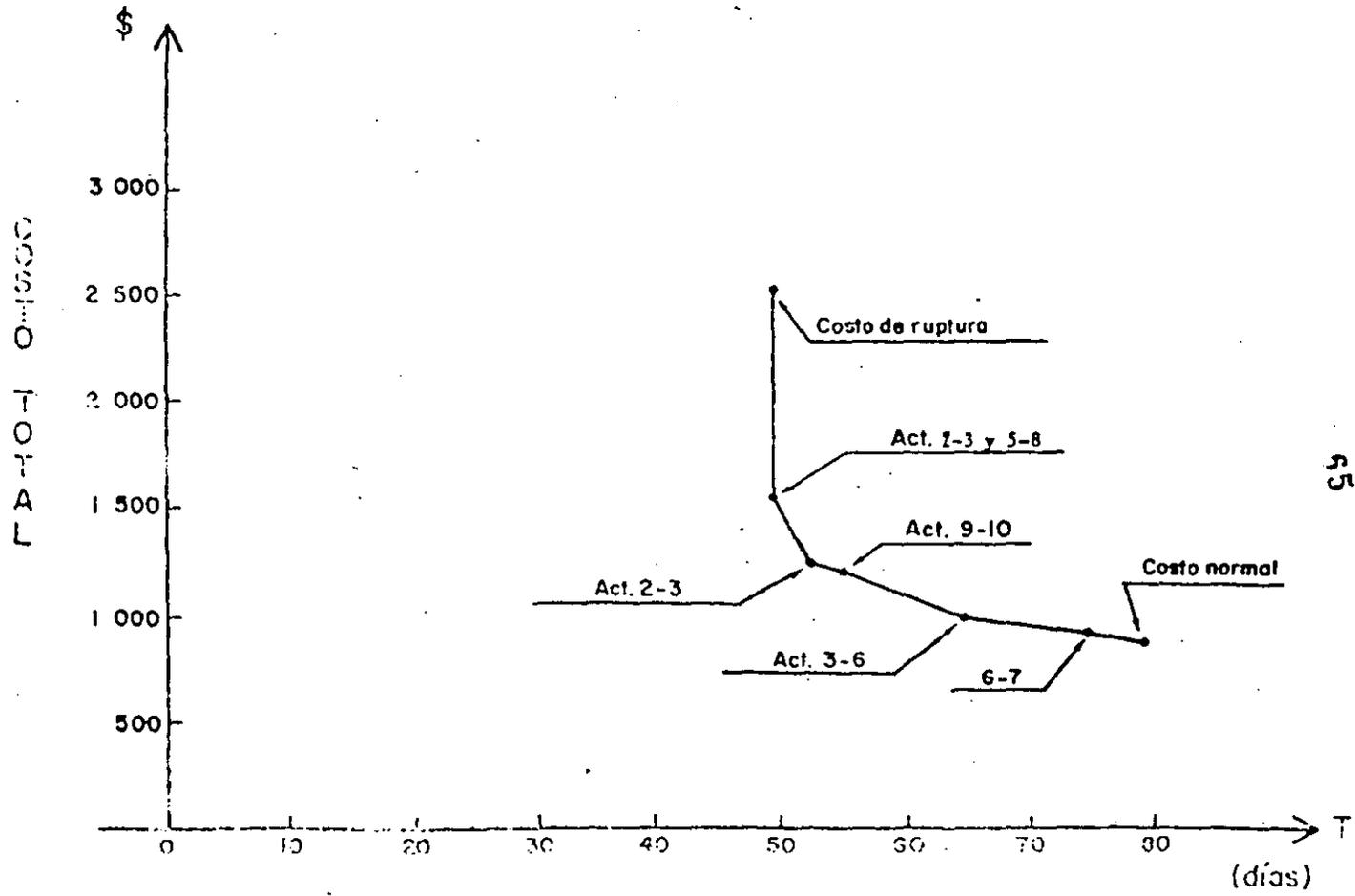
Actividades	Compresiones	Operaciones	Costo Total	Duración acortada
6-7	1a. 5 días	$850+4 \times 5$	870	$79-5 = 74$
3-6	2a. 10 días	$870+12 \times 10$	990	$74-10 = 64$
9-10	3a. 10 días	$990+20 \times 10$	1190	$64-10 = 54$
2-3	4a. 2 días	$1190+20 \times 2$	1230	$54-2 = 52$
2-3 y 5-8	5a. 3 días	$1230+20 \times 3+3 \times 3$	1299	$52-3 = 49$

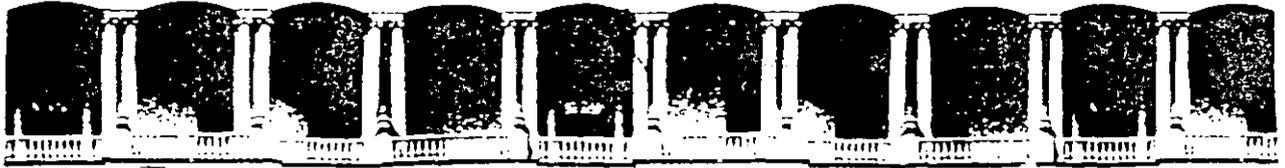
Para una duración de 49 días, obtenemos por medio de la compresión de redes un aumento en el costo de ----- \$ 850.00 hasta \$ 1,299.00

COSTO DE PREMURA - \$ 1,299.00

A este costo también se le llama costo de ruptura, porque aunque siguiéramos acortando la duración de otras actividades, aumentaríamos el costo sin lograr reducciones en el tiempo.

COSTO TOTAL-DURACION





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

CURSOS INSTITUCIONALES

SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS PARA RESIDENTES DE CONSTRUCCION

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

del 23 al 25 de noviembre de 1994

T E M A I V

" B I T A C O R A "

ING. GILBERTO HERNANDEZ

PATZCUARO, MICH.

1994

CARACTERISTICAS Y RECOMENDACIONES PARA EL BUEN USO DE LA BITACORA DE OBRA

TEMARIO

I. INTRODUCCION

II. DESCRIPCION DE LA BITACORA

III. REDACCION DE NOTAS DE BITACORA

IV. INTERPRETACION DE NOTAS DE BITACORA

V. CONCLUSIONES

I. INTRODUCCION

ELEMENTOS DE COMUNICACION:

			REPORTES
	OFICIOS		
OFICIALES	BITACORA	COMUNICACION	DIARIO DE OBRA
	MINUTAS		MEMORANDUM
			INFORMES

BITACORA.

ES EL DOCUMENTO QUE FORMA PARTE DEL SISTEMA DE CONTROL Y DEL DESARROLLO DE LAS OBRAS, SE CONSIDERA QUE SE TRATA DE UNO DE LOS DOCUMENTOS MAS IMPORTANTES PARA LA BUENA MARCHA DE LOS TRABAJOS, POR SU CARACTER LEGAL, PARA EFECTOS TECNICOS, TIENE LEGALIDAD EN CUALQUIER CONFLICTO.

TIPOS	BITACORA "A" ó DE DIRECCION
	BITACORA "B" ó DE OBRA

II. DESCRIPCION DE LA BITACORA

II.1 OBJETIVOS:

- A). COMO INTERCOMUNICACION OFICIAL
- B). COMO DOCUMENTACION LEGAL EN JUICIOS

II.2 ALCANCES

- A). COMO DOCUMENTO OFICIAL
- B). PARA USO EN OBRA

II.3 VIGENCIAS

- A). CUANDO LA EMPRESA DEMUESTRE JUSTIFICACION SUFICIENTE PARA DEROGAR LA ORDEN
- B). CUANDO LA DIRECCION DE LA OBRA LA MODIFIQUE

II.4 DESCRIPCION

- ASPECTO EXTERIOR
- HOJAS
- FOLIADO
- JUEGOS DE HOJAS

FORMATOS

- 1). IMPRESO (DEPENDENCIAS)
- 2). NO IMPRESO (SE ESCRIBE EN EL MOMENTO)

CARACTERISTICAS DE LOS FORMATOS:

- PORTADA
- ACTA DE INICIACION

CONDICIONES BASICAS:

- DISPONIBILIDAD
- FIRMADO
- RETIRO DE COPIAS
- INVOLABILIDAD DE LOS ASIENTOS
- CLARIDAD DE LAS COPIAS
- INSTRUMENTOS DE ESCRITURA

III. REDACCION DE NOTAS

DESGLOSE DE LAS PARTES DE UNA NOTA

- CLASIFICACION DE LA NOTA
- DESCRIPCION DEL ASUNTO
- UBICACION
- CAUSAS DEL PROBLEMA
- SOLUCION EXIGIDA
- PLAZO DE SOLUCION
- CUMPLIMIENTO
- RESPONSABILIDAD DE LA NOTA Y CONSEUENCIAS ECONOMICAS
- SANCIONES
- SEGUIMIENTOS

IV. INTERPRETACION

- INTRODUCCION
- NOTA DE CIERRE



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

CURSOS INSTITUCIONALES

SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS PARA RESIDENTES DE CONSTRUCCION

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

del 23 al 25 de noviembre de 1994

T E M A V

" C O N C R E T O "

ING. GILBERTO HERNANDEZ

PATZCUARO, MICH.

1994

cementos

El arquitecto o el ingeniero normalmente deben decidir y especificar el tipo de cemento que se debe emplear en una obra. Este libro fue escrito para explicar brevemente las propiedades de los diferentes cementos que se pueden utilizar, y para garantizar su uso adecuado.

Si una mezcla de arcilla y caliza o marga triturada se quema a muy elevadas temperaturas en un horno rotatorio, se forma el clinker. Cuando a este clinker se le agrega una pequeña cantidad de yeso y se muele hasta formar un polvo fino, se obtiene como producto el cemento Portland.

Cuando el cemento se mezcla con el agua, se inicia una reacción química: cada partícula de cemento adquiere un tipo de crecimiento en su superficie, que gradualmente se extiende hasta unirse con otras partículas en crecimiento. Es esta unión la que da como resultado el progresivo endurecimiento y consolidación, y el desarrollo de resistencia del concreto. La consolidación de la mezcla puede reconocerse por la pérdida de trabajabilidad; generalmente ocurre unas tres horas después del colado y la compactación del concreto, y depende de las proporciones de la mezcla y de las condiciones ambientales. Subsecuentemente, una o dos horas después, el concreto fragua y se endurece,

aunque en esta etapa tiene muy poca resistencia y puede ser dañado fácilmente. La reacción química continúa y, conforme lo hace, el concreto se vuelve más duro y resistente; la mayor parte de esta reacción y desarrollo de resistencia ocurre dentro del primer mes de vida del concreto, pero continúa durante muchos años aunque más lentamente.

Esta reacción, conocida como "hidratación", también produce calor. En losas y muros delgados — hasta de 20 cm de espesor — el calor producido se pierde tan rápidamente como se eleva la temperatura del concreto, pero en muros de 30 cm o más es común observar que unas 24 horas después de quitar las cimbras, la superficie del concreto está tibia al tacto. Este calor autogenerado puede ser benéfico en climas fríos, ya que la velocidad de desarrollo de la resistencia se retarda con el frío y se acelera con el calor.

TIPOS DE CEMENTO

Cemento Portland Normal

Este es el tipo de cemento que más se usa en la preparación de concreto para estructuras, caminos y otros propósitos generales en los que no se requieren propiedades especiales. Adquiere su resistencia con la suficiente rapidez para la producción general de obras de concreto.

Los concretos y morteros elaborados con cemento Portland normal, son atacados por sulfatos y ácidos. Los sulfatos, que pueden estar presentes en tabiques de arcilla, suelos y aguas subterráneas, se encuentran en mayor cantidad en el agua de mar; los ácidos pueden existir en suelos y aguas subterráneas como resultado de procesos industriales o materias orgánicas. En estas situaciones puede ser necesario el empleo de cementos especiales o tomar otras medidas apropiadas.

Cemento Portland de endurecimiento rápido

Este cemento es químicamente muy similar al cemento Portland normal, pero es más fino, por lo cual adquiere resistencia a edades tempranas con mayor rapidez.

El término "endurecimiento rápido" no debe confundirse con el término "fraguado rápido". El concreto elaborado con cemento de endurecimiento rápido adquiere consistencia y se endurece, inicialmente, a una velocidad similar a la del cemento Portland normal; después de este endurecimiento inicial, el aumento de resistencia se vuelve más rápido.

Esta mayor velocidad en el desarrollo de resistencia permite remover las cimbras con mayor anticipación. Por esta razón el cemento de endure-

cimiento rápido es empleado frecuentemente por los productores de concreto premezclado o en general cuando un trabajo en la obra debe terminarse con rapidez.

Este cemento produce calor más pronto que el cemento Portland normal, por lo que puede emplearse ventajosamente en tiempos fríos para compensar los efectos de la baja temperatura. Asimismo, debe almacenarse y emplearse de la misma manera que el cemento Portland normal.

El cemento de endurecimiento rápido es ligeramente más costoso que el Portland normal.

Cemento Portland resistente a los sulfatos

Aunque este cemento se elabora de la misma manera que el cemento Portland normal y con materiales similares, el método de manufactura produce una ligera diferencia química que le permite un mejor comportamiento al resistir el ataque de sulfatos; no obstante, al igual que el cemento Portland normal, no es resistente a los ácidos. Generalmente es de color un poco más oscuro que la mayoría de los otros cementos Portland.

El cemento resistente a los sulfatos se emplea sobre todo en concretos expuestos al agua de mar o en los que están situados debajo del nivel del terreno, donde se sabe que hay presencia de sulfatos en el suelo o en el agua subterránea.

La durabilidad del concreto y su resistencia a toda clase de ataques químicos depende principalmente de que sea denso, impermeable y bien compactado. Las mezclas pobres tienden a ser más permeables que las mezclas ricas y, cuando se emplea cemento Portland resistente a los sulfatos, el contenido de éste en un concreto con agregado de 20 mm de diámetro máximo no debe ser menor que 280 kg/m³, y su relación agua/cemento no debe ser superior a 0.55. Muchas veces será necesario aumentar el contenido de cemento hasta rebasar esta cifra, si no se quiere exceder la relación agua/cemento, con el fin de proporcionar al concreto una trabajabilidad conveniente y de poder compactarlo bien.

Las características de resistencia de este cemento son similares a las del cemento Portland normal, y se debe utilizar y almacenar de la misma manera; sin embargo, produce menos calor y, por ello, se puede utilizar con ventajas en el concreto masivo y en secciones gruesas, con el fin de reducir ligeramente la generación de calor. Con este tipo de cemento no se debe emplear cloruro de calcio o aditivos que lo contengan, ya que se reduciría su resistencia al ataque de sulfato.

El cemento resistente a los sulfatos es ligeramente más costoso que el cemento Portland normal.

Cemento Portland de escoria de altos hornos

Este cemento se elabora mediante la molienda fina de una mezcla de clinker de cemento Portland normal con escoria de alto horno, granulada y seleccionada. Se produce únicamente en Escocia, y puede emplearse para todos los propósitos en los que se utiliza cemento Portland normal; pero como su desarrollo de resistencia temprana es más lento, especialmente en climas fríos, podría ser inadecuado cuando se requiere una remoción anticipada de las cimbras.

Es un cemento de calor moderadamente bajo y, al igual que el cemento Portland resistente a los sulfatos, puede aprovecharse para reducir el desarrollo de calor en secciones gruesas.

El cemento Portland de escoria de altos hornos es un poco más resistente a algunas formas de ataque químico que el cemento Portland normal, especialmente en agua de mar.

Cemento Portland blanco

El cemento blanco se elabora con materias primas especialmente seleccionadas, que contienen muy pequeñas cantidades de hierro; el contenido de hierro de las materias primas es el que da a los cementos Portland su color gris normal. Su uso está limitado a concretos precolados o colados en obra, en los que se requiere un acabado blanco o de color ligero, y frecuentemente se utiliza mezclado con agregados especiales costosos. Por esta razón y por el hecho de que el cemento blanco cuesta alrededor de dos veces más que el cemento Portland normal, debe tenerse cuidado especial en su manejo, así como en el colado, mezclado y transporte, para asegurarse de que todo el equipo esté limpio y evitar su contaminación. Igualmente importante es procurar que el concreto acabado esté protegido contra la decoloración. Sus propiedades de fraguado y de desarrollo de resistencia son similares a las del cemento Portland normal y, aparte del cuidado especial requerido, no existe diferencia en sus métodos de empleo o almacenamiento.

Al curar el concreto blanco debe tenerse especial cuidado, ya que se ensucia con facilidad en sus primeras etapas de vida y es casi imposible limpiarlo posteriormente. El recubrimiento con hojas de plástico es ideal para este propósito: cura bien el concreto y lo mantiene limpio.

Cemento Portland de bajo calor

Este cemento tiene baja velocidad de desarrollo de resistencia y, como su nombre lo indica, genera menos calor a edad temprana que el cemento Portland normal. Por esta razón su uso está limitado al concreto masivo, como en el caso de las presas, donde la reducción de calor es vital. Generalmente se fabrica para obras especiales en las que la cantidad de cemento requerida es superior a 300 toneladas.

Cemento de albañilería

El cemento de albañilería nunca se debe utilizar para concreto; su uso debe restringirse a morteros para mamposterías de tabiques o de bloques, o para aplanados. Consiste en cemento Portland normal al que se han adicionado polvos finos y aditivos inclusores de aire, con el fin de obtener un mortero que tenga buena trabajabilidad sin necesidad de agregarle cal. Cuando se usa en hiladas a prueba de humedad, la mezcla no debe ser más pobre que 1 a 3 para la mampostería normal de bloques. En la Cement and Concrete Association o con los fabricantes puede obtenerse asesoramiento acerca de las mezclas más adecuadas para determinadas condiciones.

Cemento Portland repelente al agua

Este es un cemento Portland normal al que se le han agregado pequeñas cantidades de un aditivo repelente al agua. Tiene propiedades similares a las del cemento Portland normal y se emplea de la misma manera.

El cemento repelente al agua normalmente no es necesario en el concreto, ya que la resistencia al paso del agua se logra principalmente por el buen control de la mezcla y una buena compactación. Este cemento tampoco protege al concreto contra el vapor de agua, sus principales ventajas se obtienen cuando se utiliza en aplanados posteriores, aplicados para reducir y controlar la succión causada por la aplicación de capas de acabado.

Cemento Portland hidrófobo

Es un cemento Portland normal, tratado especialmente durante su manufactura, de tal manera que alrededor de cada partícula se forma una película repelente al agua que evita la absorción de humedad durante su almacenamiento. Se destina a casos en que las condiciones de almacenamiento son deficientes, o cuando debe estar almacenado por unos tres meses o más, antes de ser utilizado. En la revolvedora, el recubrimiento superficial de las partículas desaparece por el roce, y la reacción con el agua se desarrolla normalmente.

El concreto elaborado con cemento hidrófobo se mezcla al

menos durante un minuto más de lo normal; no se recomienda el mezclado manual. El cemento hidrófobo se fabrica únicamente para pedidos especiales y cuesta considerablemente más que el cemento Portland normal.

Cemento con alto contenido de alúmina

Este no es un cemento Portland. Se elabora mediante la fusión en horno de una mezcla de caliza y bauxita (mineral de aluminio).

El concreto preparado con este cemento adquiere consistencia casi a la misma velocidad que el cemento Portland normal, pero una vez que se ha endurecido, el desarrollo de su resistencia es extremadamente rápido y, a una edad de sólo 24 horas, puede alcanzar resistencias de más de 561 kg/cm^2 .

El cemento con alto contenido de alúmina es más resistente al ataque de sulfatos y de ácidos diluidos que los cementos Portland. Todas las revolvedoras, carretillas, palas, etcétera, deben limpiarse cuidadosamente para eliminar cualquier residuo de concreto o cemento normal, ya que la contaminación con cemento Portland puede causar "fraguado relámpago".

El cemento con alto contenido de alúmina debe ser almacenado aparte de otros cementos; no se debe mezclar con aditivos y, antes de usarlo, se deben solicitar instrucciones al proveedor.

Cemento supersulfatado

Cuando la escoria de altos hornos se muele con una pequeña cantidad de clinker de cemento Portland normal y con una gran cantidad de yeso (sulfato de calcio), se obtiene un producto llamado cemento supersulfatado que se usa cuando el concreto está expuesto al ataque de ácidos débiles y sulfatos. Este tipo de cemento ya no se fabrica en Gran Bretaña, pero se puede importar del continente. Debe ser manejado de la misma manera que el cemento Portland normal, con la diferencia de que su tiempo de mezclado debe aumentarse unos 5 minutos. El cemento supersulfatado es más propenso al deterioro durante el almacenamiento que el cemento Portland y, durante épocas de frío, deben tomarse precauciones y cuidados especiales, ya que su desarrollo de resistencia se reduce a bajas temperaturas. No debe usarse en proporciones menores de 310 kg/m^3 .

agregados: suministro y almacenamiento

La importancia de usar el agregado fino o grueso del tipo y calidad adecuados, no puede subestimarse, puesto que la piedra y la arena juntas constituyen alrededor de las tres cuartas partes del concreto. El primer paso para elaborar un buen concreto es, obviamente, ver que los agregados sean buenos.

El agregado de grava se obtiene por excavación o dragado de un banco, de un río o del fondo del mar; el agregado de roca triturada es producido por la explotación de roca sólida. Antes de su entrega, el agregado generalmente es graduado y lavado; si bien, la operación de graduación o lavado del agregado en el banco o en la planta a veces no es tan buena como debe ser, y no puede garantizarse que cada carga entregada en la obra sea de la misma calidad que las otras. Entonces siempre hay variaciones, especialmente en la limpieza, la graduación y el contenido de humedad.

Ya que estas variaciones afectan al concreto, hay que cuidar que no se depositen agregados malos a un lado de la revolvedora, o que se apilen para usarse después en el concreto.

En Gran Bretaña generalmente se especifica que los agregados deben cumplir con los requisitos de la B. S. 882 *Coarse aggregate*



Fig. 1. La prueba de mano para la arena: frotar entre las manos un poco de arena de la pila; si la arena deja mancha, puede estar demasiado sucia para usarse y debe ser sometida a una prueba adicional. Si las manos quedan limpias, probablemente la arena es adecuada.

from natural sources. Este reglamento británico establece los requisitos generales en cuanto a la cantidad permisible de impurezas, los límites permisibles de arcillas y limos, y los límites de granulometría para arenas y agregados gruesos de diversos tamaños.

Se ha demostrado que es posible elaborar un buen concreto con agregados que no cumplan con los requisitos de granulometría de la B. S. 882, siempre y cuando la mezcla sea especialmente diseñada y se obtenga la autorización del ingeniero para el uso de dichos agregados.

LIMPIEZA

La arcilla, el lodo o los finos presentes en el agregado por causa de un lavado insuficiente en el banco, producen concretos de resistencias bajas. Por la misma razón, tampoco debe permitirse que la basura contamine las pilas de agregados.

Los agregados de roca triturada muy rara vez contienen arcilla, lodo o finos, pero algunos, particularmente la caliza triturada, puede contener cierta proporción de polvo que se observa como recubrimiento en las partículas de mayor tamaño. Mediante pruebas, se ha

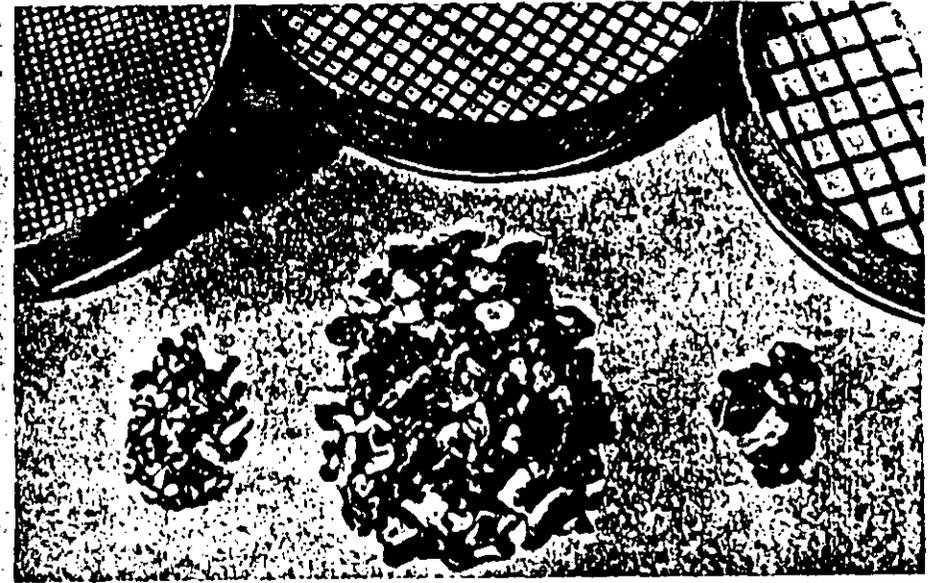


Fig. 2. Muestra de agregado grueso de 20 mm después del tamizado que indica: en el centro, la proporción que pasa por la malla de 20 mm, pero que es retenida por la de 5 mm; a la derecha, la proporción de diámetro mayor de 20 mm y, a la izquierda, la proporción que pasa por la malla de 5 mm.

demostrado que si el recubrimiento es de polvo de piedra en su totalidad, y la mezcla se ha diseñado tomándolo en cuenta, entonces el concreto no se verá afectado. Las grandes variaciones de cantidad de polvo entre las diversas entregas sí afectan al concreto. Asimismo, cuando se apilan rocas trituradas recubiertas de polvo, éste tiende a escurrir hacia el fondo de la pila — la lluvia obviamente contribuye — y acumularse en las capas inferiores formando cantidades excesivas de polvo. Estas capas inferiores no deben utilizarse.

Los agregados gruesos de grava algunas veces contienen arcilla y finos, debido a un lavado insuficiente en el banco, lo que se nota fácilmente. Los recubrimientos de arcilla sobre el agregado grueso producen concreto de baja resistencia.

Las entregas de agregado grueso pueden revisarse fácilmente a simple vista e, idealmente, cada carga debe revisarse antes de ser descargada. Si tiene aspecto sucio hay que pedirle al ingeniero que la examine, porque una vez descargada es difícil moverla, y si la producción de concreto ya está en marcha, el trabajo puede retrasarse.

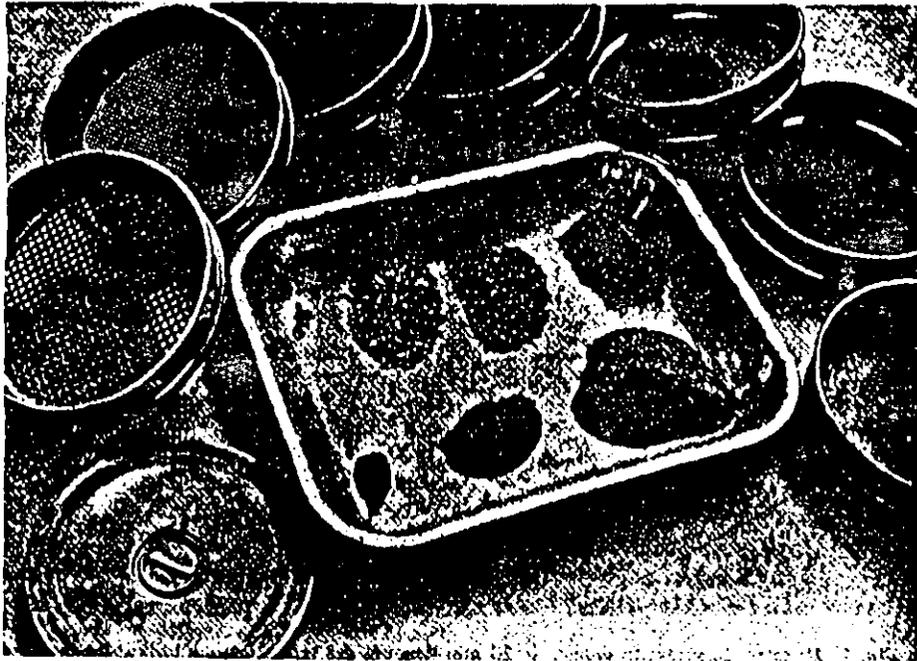


Fig. 3. Muestra de arena tamizada que indica las proporciones de los diferentes diámetros.

Al igual que con el agregado grueso, es importante que la arena esté limpia. Como prueba inicial, hay que frotar un poco de la arena entre las palmas de las manos, si éstas permanecen limpias, probablemente la arena sea la adecuada; si quedan manchadas, la arena puede ser inapropiada y debe efectuarse una prueba (consúltese el capítulo 3: *Prueba de agregados*) para verificar la cantidad de finos presentes.

GRANULOMETRIA

El término "agregado fino" se refiere a un agregado cuya mayor parte pasa a través de una malla con abertura de 5 mm. "Agregado grueso" se refiere a un agregado cuya mayor parte queda retenida en la malla de 5 mm (es decir, que no pasa a través de ella). Las proporciones o cantidades de las partículas de diversos diámetros que constituyen el agregado se encuentran por tamizado, y el resultado es conocido como granulometría. Si esas proporciones varían de una a otra mezcla de concreto, la trabajabilidad y la resistencia del concreto variarán también.

Un agregado grueso, graduado, es el que está constituido por piedras de diferentes diámetros, ordenadas de pequeñas a grandes. El agregado



Fig. 4. Segregación de partículas gruesas de un agregado integrado.

grueso empleado en la mayoría de los concretos está graduado de 20 a 5 mm, lo que significa que casi todo el agregado pasa por la malla cuadrada de 20 mm, muy poco pasa a través de la malla de 5 mm y alrededor de la mitad del material será retenido por la malla intermedia de 10 mm. Una carga de agregado graduado puede tener pocas partículas pequeñas al ser entregado; otra puede tener muchas, aunque proveniente de la misma fuente. Variaciones como éstas afectan la trabajabilidad y resistencia del concreto.

Uno de los problemas relacionados con los agregados gruesos es la segregación, que ocurre cuando las partículas de mayor diámetro se separan de las más pequeñas y tienden a descender al fondo de la pila; la segregación puede ocurrir antes o después de la entrega. Con agregado graduado de 20 a 5 mm, es frecuente que el productor llene el camión tomando con el cucharón dos partes de la pila de agregado de 20 a 10 mm y una parte de la pila de 10 a 5 mm, colocando ésta última entre las otras dos. Esta práctica se conoce como "carga por capas" y significa que la carga no estará uniformemente mezclada al momento de la entrega; la descarga en la propia pila tampoco la mezcla apropiadamente y,

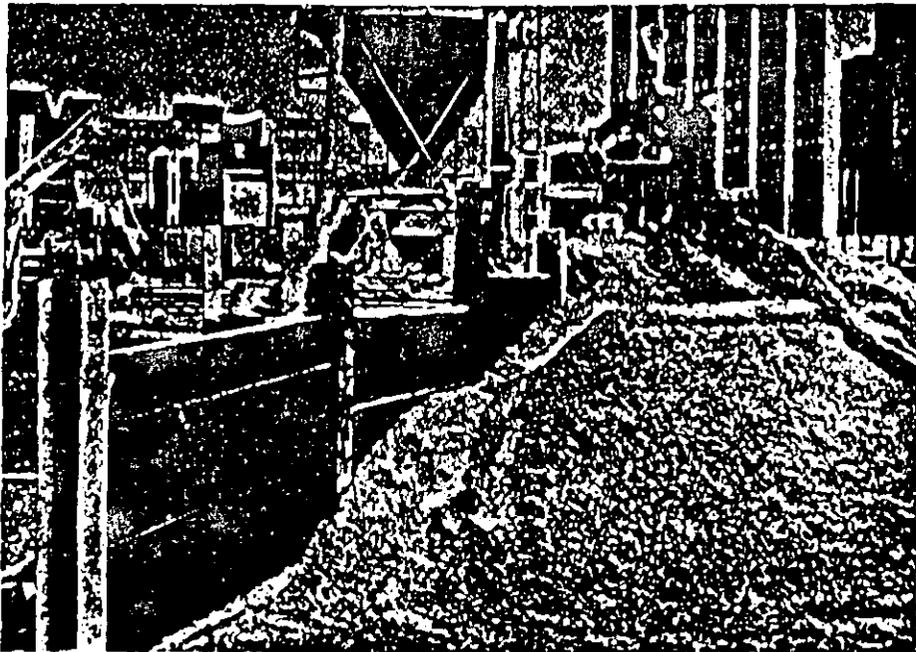


Fig. 5. Pila de agregado integrado, que muestra la segregación de las partículas gruesas.

por consiguiente, se presentan problemas para lograr una mezcla uniforme de concreto. El empleo de una pala mecánica o draga de arrastre supera parcialmente este problema, pero es mejor lograr que el ingeniero presione al productor para que mezcle apropiadamente las partículas en el banco, antes de hacer la entrega.

En el apilamiento en la obra es inevitable cierta segregación del agregado grueso graduado, pero un poco de cuidado por parte del operador de la draga de arrastre puede evitarla en gran parte.

La mejor manera de evitar los problemas de segregación y variaciones de la granulometría, es usar agregados de un solo diámetro que deben almacenarse aparte y depositarse por separado en la revolvedora. Con el uso de agregados de un solo diámetro, la producción de concreto puede controlarse en gran medida. Generalmente los agregados gruesos de un solo diámetro se suministran en las medidas siguientes: 40 a 20 mm; 20 a 10 mm, y 10 a 5 mm. Al combinar agregados de diámetro uniforme en la revolvedora o en la planta, se puede lograr mayor precisión y control que cuando se usan agregados graduados.

El agregado "integrado", que se surte con grueso y fino ya mezclados, no es recomendable para trabajos normales de concreto, porque es posible que la granulometría varíe considerablemente, y el amplio rango de diámetros puede incrementar el riesgo de segregación. El uso de un agregado de este tipo debe restringirse a concreto para zapatas, bases para tubería y guarniciones, así como a concreto masivo en el que las proporciones de la mezcla son de 1 a 9 por peso, o aún menores.

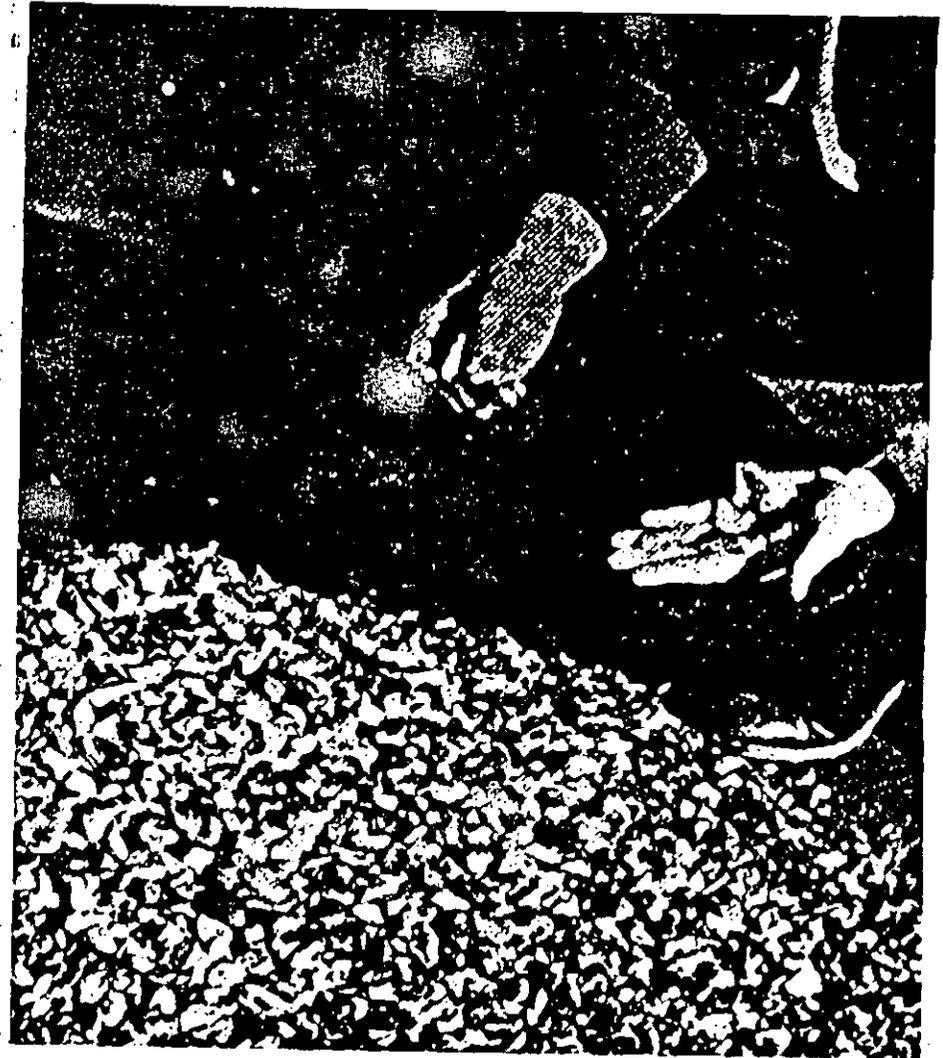


Fig. 6. Cada entrega de agregado grueso debe revisarse visualmente en cuanto a limpieza y graduación.

CONTENIDO DE AGUA

La cantidad de agua que contiene el agregado es muy importante, ya que afecta el contenido total de agua de la mezcla. Una porción de agregado húmedo hará más húmeda la mezcla de concreto, y una mezcla demasiado húmeda produce un concreto débil. El operador de la revoladora puede controlar la cantidad de agua en la mezcla, hasta cierto grado, para compensar el agregado muy húmedo o muy seco, pero esto es más fácil decirlo que hacerlo; es mucho mejor que el operador no tenga necesidad de hacer cambios frecuentes en la cantidad de agua. Otro punto importante en este caso es que si el agua de la mezcla no se mantiene constante, la trabajabilidad y la resistencia variarán de una a otra mezcla.

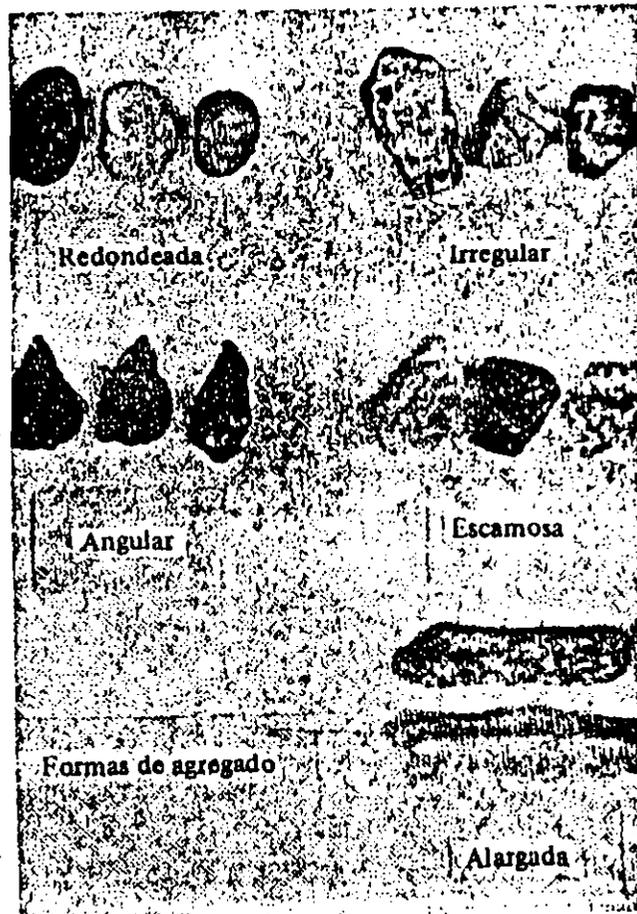


Fig. 7. Formas de agregados.

Las variaciones en el contenido de humedad surgen no solamente en entregas recientes, sino también por los cambios de clima y el tiempo de almacenamiento en las pilas. Aunque es difícil (y a veces imposible), la humedad del agregado debe tratar de conservarse constante. Una manera de hacerlo es tener la mayor provisión posible de agregado, y dejarlo reposar durante al menos 16 horas antes de emplearlo para que escurra el exceso de agua.

Los agregados de grava generalmente están húmedos en el momento de la entrega en obra, pero como el exceso de agua puede escurrir fácilmente, el contenido de humedad no varía demasiado y, por lo tanto, no ejerce gran efecto en la mezcla de concreto. De manera similar, los agregados gruesos de roca triturada, que casi siempre se entregan secos, no afectan mucho el contenido de agua de la mezcla de concreto. Sólo en circunstancias especiales es necesario apilar los agregados gruesos durante algunas horas, para permitir que drenen antes de usarse.

La arena es la que más problemas causa por cambios en el contenido de agua. Si la arena se recibe regularmente en estado húmedo y las cargas varían en gran medida en su contenido de humedad, debe tenerse cuidado extremo. Una arena que se ha apilado y dejado drenar durante aproximadamente 16 horas, tendrá un contenido de humedad de alrededor del 5%. Sin embargo, las arenas son por lo general entregadas con contenidos de humedad del 7 al 10% y hasta del 15%, por lo que pueden afectar seriamente la mezcla.

Cuando se trate de arenas, y especialmente cuando se aplica un elevado control de calidad, hay que tratar de tener dos pilas separadas, para que una esté drenándose mientras se utiliza la que ya terminó de drenarse. Sin embargo, no siempre es práctico o económico tener dos pilas de arena, a menos que se trate de obras grandes, y ésta es la razón por la que frecuentemente es más difícil lograr un buen control en obras pequeñas. De cualquier modo, hay que evitar el uso de la capa de 30 a 60 cm del fondo de la pila, porque ésta es la parte que gradualmente se va saturando de agua, especialmente en el caso de la arena. Déjese esta capa del fondo para que actúe como elemento de drenaje para el resto de la pila y utilícese la parte superior de la pila, que siempre tendrá un contenido constante de agua. Otro punto importante es que la capa inferior de la pila frecuentemente recolecta tierra y polvo que han escurrido de las capas superiores, por lo que en ningún caso sería apropiada para lograr un buen concreto.

En el capítulo 3: *Prueba de agregados* se exponen dos métodos para determinar el contenido de humedad del agregado.

aditivos para concreto

Un aditivo es una mezcla de productos químicos presentada comúnmente en forma de solución, que se añade a una porción de concreto durante la mezcla, con el propósito de modificar de alguna manera las propiedades del material fresco o endurecido. Obviamente, la palabra aditivo no incluye el agua, el cemento y los agregados, ya que estos son componentes esenciales del concreto.

... Cuando la mezcla está diseñada apropiadamente, la mayoría de los concretos no requieren aditivos; éstos no son sustitutivos en la elaboración de buen concreto, y es difícil que mejoren un concreto pobre. No obstante, pueden presentarse ocasiones en las cuales es muy conveniente utilizar un aditivo con el fin de alcanzar un resultado determinado; en la lista que se muestra a continuación aparecen algunas de las modificaciones que los aditivos producen en las propiedades del concreto. Lo importante es recordar que un aditivo debe usarse únicamente cuando existe una razón válida.

En el concreto fresco

.. Aumentar la trabajabilidad sin incrementar la relación agua/cemento

Mejorar la cohesión

Reducir la segregación

Reducir el sangrado

Retardar el proceso de fraguado

Acelerar el proceso de fraguado

En el concreto endurecido

Aumentar la resistencia a las heladas

Aumentar la velocidad de desarrollo de resistencia temprana

Aumentar la resistencia

Reducir la permeabilidad

Como los aditivos se añaden a las mezclas de concreto en cantidades pequeñas, se deben usar solamente cuando se pueda ejercer un elevado grado de control en el procedimiento de mezcla. Una dosis incorrecta, es decir, poco o demasiado aditivo puede afectar la resistencia y otras propiedades del concreto.

En este capítulo se describen brevemente los tipos de aditivos comúnmente disponibles, el efecto que ejercen en el concreto y las circunstancias en las que su uso puede ser benéfico para la modificación de una o varias propiedades del concreto. Se pueden obtener informes más detallados sobre aditivos y su uso en la lista de referencias y lecturas recomendadas, o en la Cement Admixtures Association Ltd., Dickens House, 15 Took's Court, Londres EC4A1LA.

La primera parte de la BS 5075 de 1974, especifica los requisitos para los cinco tipos siguientes de aditivos:

1. Acelerantes

2. Retardantes

3. Reductores de agua, normales

4. Reductores de agua, acelerantes

5. Reductores de agua, retardantes

Estos tipos de aditivos se deben pedir a proveedores cuyos materiales cumplan con este reglamento británico.

USO DE ADITIVOS

Independientemente del aditivo que se utilice, conviene tener presentes algunas recomendaciones generales:

1. Cerciorarse de que las especificaciones de la obra permiten su uso; algunas prohíben utilizar determinados aditivos.
2. Verificar que se está usando el aditivo apropiado y nunca hay que utilizar uno de envase no marcado; leer la etiqueta del envase para saber si requiere condiciones especiales de almacenamiento y, en su caso, proporcionarlas. Almacenar los envases de manera que las etiquetas no se deterioren y mantenerlos bien cerrados cuando no estén en uso, para evitar contaminaciones accidentales.
3. Revisar que se conozca y emplee la dosis correcta para cada lote; dominar la tentación de añadir "un poquito más", esa pequeña cantidad puede hacer más daño que bien.
4. Los aditivos líquidos se deben agregar con un surtidor que mida exactamente la cantidad requerida; generalmente éste puede conseguirse con el proveedor del aditivo, quien también puede aconsejarle respecto a su uso.
5. Diariamente, antes de comenzar a mezclar el concreto, verificar que el surtidor esté proporcionando la dosis correcta y, al terminar las labores del día, lavarlo perfectamente.
6. Ya que es difícil garantizar que el aditivo se distribuya uniformemente en todo el concreto, los aditivos líquidos deben agregarse en el agua de la mezcla, antes de vaciarla en la revolvedora. Cuando esto no sea posible, como cuando se suministran a mano con un recipiente, mezclar el concreto durante un poco más de tiempo.
7. Revisar muy bien las entregas de agregado, por las posibles variaciones de granulometría y de humedad, ya que estos cambios pueden alterar el efecto del aditivo, y puede ser necesario efectuar algunos ajustes en el contenido de agua de la mezcla.
8. LOS ADITIVOS ACELERANTES QUE CONTIENEN CLORURO DE CALCIO NO DEBEN UTILIZARSE EN CONCRETO PRESFORZADO O REFORZADO.

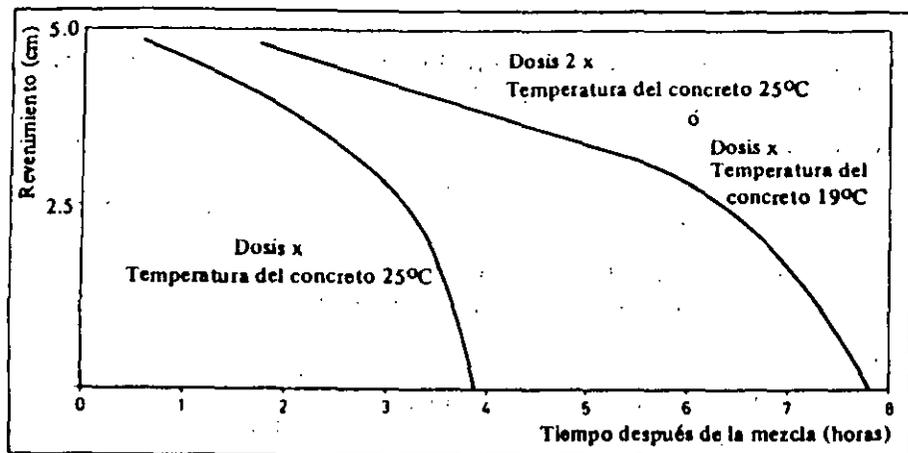


Fig. 1. Relación típica entre la trabajabilidad y el tiempo después de la mezcla con aditivos retardantes-reductores de agua. Obsérvese el gran incremento en el tiempo durante el cual el concreto permanece trabajable cuando se duplica la dosis. Obsérvese también que el tiempo de retardación es afectado por la temperatura, un incremento de ésta, de 19 a 25°C, reduce la retardación aproximadamente a la mitad.

MEZCLAS DE PRUEBA

El uso de un aditivo probablemente requiera hacer algunos ajustes en las proporciones de la mezcla; por lo tanto, siempre deben efectuarse pruebas preliminares para verificar que puede lograrse la modificación requerida de la propiedad del concreto. Por ejemplo, cuando se emplea una mezcla con aire incluido, la lubricación adicional, proporcionada por pequeñas burbujas de aire, permite reducir el contenido de agua y, al mismo tiempo, contribuye a reducir el contenido de arena en un 4 % aproximadamente. Los ajustes correctos solamente pueden determinarse mediante mezclas de prueba.

Aunque las instrucciones del fabricante del aditivo generalmente incluyen recomendaciones sobre la dosificación, la dosis ideal depende muchas veces de los materiales particulares que se usen en el concreto y de la temperatura, como se muestra en la figura 1; por lo tanto, las mezclas de prueba son importantes; en obras de gran magnitud, son imperativas.

El programa de mezclas de prueba debe comprender algunas con sobredosis dobles o triples, agregadas con el fin de observar su efecto sobre el concreto fresco y sobre el concreto endurecido, y de que todos los participantes puedan así darse cuenta de los daños que surgen de los errores.

ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA NORMALES (Fluidificantes, auxiliares de trabajabilidad)

Los aditivos reductores de agua incrementan la fluidez de la pasta de cemento y, en una mezcla determinada, pueden incrementar la trabajabilidad sin aumentar la relación agua/cemento, o pueden mantener la misma trabajabilidad reduciendo la relación agua/cemento.

Todos los aditivos de este tipo se presentan en forma líquida, y la mayoría consiste en lignosulfonatos (productos derivados del procedimiento de pulpa de madera), otros son soluciones de sales de ácido carboxílico hidroxilatado (productos químicos manufacturados). Actúan, principalmente, mejorando la dispersión de las partículas de cemento lo que, a su vez, incrementa la lubricación de la pasta de cemento; también pueden dar como resultado una ligera inclusión de aire (alrededor del 1 %).

Los aditivos reductores de agua pueden ser benéficos de las siguientes maneras:

1. Pueden aumentar la cohesión y disminuir la segregación en mezclas de gran trabajabilidad, reduciendo el contenido de agua, pero conservando esa misma trabajabilidad, como en las mezclas gruesas que contienen agregados angulares o poca arena, o mezclas con arenas deficientes de finos.
2. Pueden reducir el sangrado, disminuyendo el contenido de agua y conservando la misma trabajabilidad.
3. Pueden reducir el contenido de agua y, en consecuencia, aumentar la resistencia del concreto, conservando siempre la misma trabajabilidad.
4. Permiten que se reduzca el contenido de cemento mientras se mantiene la relación agua/cemento y la misma resistencia, disminuyendo el contenido de agua, pero conservando constante la trabajabilidad.
5. Pueden aumentar la trabajabilidad de mezclas de resistencia elevada, ricas en cemento, que de otra manera serían demasiado rígidas para colarse con la relación agua/cemento requerida.

La dosis necesaria es pequeña, entre 0.1 y 0.25 litros por 50 kg de cemento, y se debe agregar a la mezcla utilizando un surtidor. La dosis exacta depende de las proporciones de la mezcla y de la granulometría

del agregado, siendo esenciales las pruebas para obtener la cantidad óptima.

Una sobredosis puede causar retardación del fraguado y se ha informado de casos en que el concreto se ha retardado hasta 3 días, cuando por equivocación se agregó diez veces la dosis normal; la sobredosis no aumenta necesariamente la trabajabilidad y, por lo tanto, puede no notarse en el concreto fresco.

ADITIVOS RETARDANTES

Los retardantes reducen la velocidad de fraguado y el endurecimiento del concreto, de manera que éste permanece trabajable durante más tiempo de lo normal. Los principales ingredientes activos de estos compuestos (que son generalmente líquidos) son ácidos hidroxicarboxílicos y sus sales, o lignosulfonatos no refinados que contienen azúcares. Actúan formando una película alrededor de las partículas de cemento, retardando de esta manera la reacción inicial entre el cemento y el agua.

El tiempo que el concreto permanece trabajable depende de su temperatura, trabajabilidad y relación agua/cemento. Aunque en el Reino Unido son limitadas las ocasiones en las que se justifica el empleo de retardantes, estos aditivos pueden ser útiles cuando se presentan una o más de las condiciones siguientes.

1. En climas cálidos, cuando la temperatura es de 20 a 25°C, para evitar el endurecimiento temprano y la pérdida de trabajabilidad, que dificultarían el colado.
2. Cuando se requieren varias horas para terminar un colado grande de concreto y se debe continuar sin que se formen juntas frías, el retardante ayuda a conservar trabajable el concreto durante más tiempo.
3. Cuando se utilizan cimbras deslizantes.
4. Cuando es probable una demora larga (digamos 30 minutos) entre el mezclado y el colado, como cuando se espera el concreto premezclado y hay retrasos por causa del tránsito o transporte a larga distancia, lo cual puede agravarse seriamente durante épocas de calor, especialmente si el concreto tiene elevado contenido de cemento.

La dosis por cada 50 kg de cemento es pequeña: de 0.1 a 1 litro, y la cantidad exacta depende de la retardación de fraguado deseada que, en la práctica, generalmente es de dos a seis horas.

Siempre es importante efectuar mezclas de prueba. Las resistencias a 7 y 28 días pueden no ser afectadas, excepto por sobredosis, pero las resistencias a 24 y 48 horas sí pueden verse reducidas, lo cual influye en los tiempos de descimbrado. Hay que agregar siempre el retardante con un surtidor, al mismo tiempo que se está efectuando la mezcla; la adición del retardante al final de la mezcla puede producir un retraso considerablemente mayor que cuando una dosis similar es agregada al principio.

ADITIVOS RETARDANTES REDUCTORES DE AGUA

Estos aditivos, como su nombre lo indica, combinan las funciones de un aditivo retardante y de un aditivo normal reductor de agua. Todos son líquidos, compuestos de una gran diversidad de ingredientes activos principales, que pueden ser ácidos hidroxicarboxílicos o sus sales, lignosulfonatos o compuestos polihidroxidos.

En la figura 1 se muestran dos relaciones típicas entre la trabajabilidad y el tiempo, a diferentes temperaturas.

ACELERANTES

Los acelerantes aumentan la velocidad de la reacción química entre el cemento y el agua, lo que significa que el concreto adquiere consistencia, se endurece y desarrolla resistencia temprana con mayor rapidez.

Hasta hace poco, el acelerante más usado era el cloruro de calcio, tanto en forma de solución como de escamas. Actualmente, ha quedado demostrado que la presencia de cloruros en el concreto, aun en cantidades pequeñas, aumenta el riesgo de corrosión del acero de refuerzo ahogado en el concreto y, como en el concreto presforzado ese riesgo es todavía mayor, los reglamentos de prácticas han prohibido, desde 1965, el uso de aditivos de cloruro de calcio en este tipo de concreto. Las modificaciones a los reglamentos de prácticas efectuadas en 1977, han extendido esta prohibición a todos los concretos reforzados:

EN CONCRETO PRESFORZADO NO DEBEN USARSE ADITIVOS A BASE DE CLORURO DE CALCIO.

EN CONCRETO REFORZADO NO SE DEBEN UTILIZAR ADITIVOS A BASE DE CLORURO DE CALCIO.

Sin embargo, estos acelerantes pueden emplearse en el concreto simple, en cuyo caso, la dosis es generalmente de 1.5% de cloruro de calcio anhidro por peso de cemento (equivalente al 2% de cloruro de calcio en escamas por peso de cemento).

Desafortunadamente, hasta la fecha no existe un material que tenga todas las ventajas y ninguna de las desventajas del cloruro de calcio. Hay algunos acelerantes sin cloruro de calcio, pero son mucho más costosos que los de cloruro de calcio y menos efectivos.

El cloruro de calcio se ha utilizado en gran medida en épocas frías, cuando la disminución de velocidad de la reacción química entre el cemento y el agua, por causa de la baja temperatura, es compensada por el incremento obtenido con el uso de cloruro de calcio. Para el trabajo en clima frío, debe recurrirse a métodos técnicamente preferibles, como el calentamiento de concreto y el uso de mayores contenidos de cemento, combinados con la conservación del calor del concreto durante las primeras 48 horas. Si se desea información adicional sobre el trabajo durante el invierno, véanse las referencias 2 y 4.

De cualquier modo, debe tenerse presente que **NINGUN ACELERANTE ES UN VERDADERO ANTICONGELANTE**, y que su uso no evita la necesidad de conservar caliente el concreto (mediante aislamiento) después de que ha sido colado.

Los acelerantes aceleran el desarrollo de la resistencia, principalmente a edades tempranas en las que, a las 24 horas, la resistencia de una mezcla de concreto debe incrementarse aproximadamente en un 25 %, en comparación con la misma mezcla sin acelerante; el efecto a los 3 y 7 días será progresivamente menor y, a los 28 días, es probable que no haya una diferencia importante.

El cloruro de calcio aumenta la contracción por secado y, aunque esto no tiene mucha importancia en los concretos reforzados y probablemente tampoco la tenga en el concreto simple, su uso ha sido uno de los factores que causan problemas en los acabados y aplanados granolíticos de alta resistencia, particularmente cuando se cuegan separadamente o sin adherencia con la base. Por esta razón no debe utilizarse cloruro de calcio en los acabados.

SUPERFLUIDIFICANTES

Los superfluidificantes son relativamente nuevos en Gran Bretaña, aunque en otros países han sido usados desde 1966. Su uso es recomendable para los dos propósitos siguientes:

1. Para aumentar en gran medida la trabajabilidad de una mezcla, de manera que se produzca un concreto fluido, lo cual se logra generalmente elaborando primero una mezcla de unos 7.5 cm de revenimiento y agregando después el superfluidificante, que puede aumentar el revenimiento a más de 20 cm. Suponiendo que la

mezcla haya sido diseñada para aceptar la adición de un superfluidificante, ello no afectará la resistencia ni provocará segregación ni sangrado.

2. Para producir concreto de alta resistencia, reduciendo el contenido de agua, mucho más de lo que puede reducirse con un aditivo común fluidificante reductor de agua. Por ejemplo, con el uso de un superfluidificante puede obtenerse una reducción hasta del 30 % del contenido de agua, y conservar una trabajabilidad adecuada; en cambio, con un fluidificante común es posible obtener una reducción de sólo un 10 % del contenido de agua. Esta propiedad es particularmente útil cuando se requiere una resistencia temprana elevada, por ejemplo, para caminos y losas de pisos.

El principal ingrediente activo de la mayoría de estos aditivos líquidos, es un formaldehído condensado de melamina sulfonada o un formaldehído condensado de sulfonato de naftaleno. No contienen cloruros y no son inclusores de aire importantes.

En las mezclas normales de concreto, las partículas de cemento tienden a formar grumos que no se disgregan totalmente durante la mezcla. Los fluidificantes normales actúan dispersando las partículas individuales que forman los grumos, mientras que los superfluidificantes ejercen una acción mucho más eficaz y mejoran significativamente la trabajabilidad.

La trabajabilidad aumenta sólo durante un tiempo limitado y después vuelve a lo que era antes de la adición del aditivo. Ya que esta duración es de aproximadamente 60 minutos, es mejor, cuando se usa concreto premezclado, agregar el superfluidificante en la obra, en vez de hacerlo en la planta.

En comparación con los fluidificantes normales, la dosis es elevada: de 0.3 a 1.5 litros por cada 50 kg de cemento de la mezcla. Es muy importante que el concreto se mezcle por lo menos durante dos minutos después de la adición del superfluidificante.

El costo de los superfluidificantes es bastante más alto que el de los fluidificantes normales, y su uso puede elevar el costo del concreto (alrededor de 0.91 kg por metro cúbico), por lo que es probable que el uso de superfluidificantes quede restringido a trabajos en los que la facilidad y velocidad de colado compensen el aumento de costo. Ejemplos típicos son los lugares en donde el acero de refuerzo está particularmente cerrado y dificulta el colado y la vibración, o las áreas extensas, como las de las losas, en las que es muy útil un concreto fluido y de colado fácil.



Fig. 3. Concreto normal con revestimiento de 5 cm y contenido de cemento de 300 kg/m^3 .



Fig. 4. Mezcla similar a la que se muestra en la figura 3, pero después de la adición de un superfluidificante.

Un concreto de alta resistencia, con reducción de agua, y que contenga un superfluidificante, está limitado principalmente a la elaboración de elementos prefabricados.

La fluidez del concreto fluido es tal, que se requiere poca vibración para lograr su total compactación: trabes, muros y columnas pueden compactarse manualmente por varillado, aunque es deseable contar con un atizador. En las losas, el concreto debe estar lo suficientemente compactado por sí mismo, de tal modo que el acabado de la superficie se pueda lograr con el simple uso de una llana; pero también debe evitarse la sobrecompactación, ya que puede provocar segregación y sangrado.

Como ya se indicó, es esencial que la mezcla haya sido diseñada tomando en cuenta el uso del superfluidificante y que se mantenga un alto grado de control en todas las proporciones. Por ejemplo, si a una mezcla con revenimiento nominal de 7.5 cm diseñada de manera común se le aumenta el contenido de arena en un 5 % aproximado, se puede obtener un concreto fluido adecuado mediante la adición de un superfluidificante.

ADITIVOS INCLUSORES DE AIRE

Después del compactado, el concreto normal puede contener alrededor del 1 % de aire atrapado, distribuido irregularmente en formas y tamaños variados.

La inclusión intencional de aire origina una cantidad controlada (alrededor del 5 % por volumen) de pequeñas burbujas de igual tamaño, distribuidas uniformemente en toda la mezcla de concreto. El aire incluido mejora las propiedades del concreto, tanto en su estado fresco como en el endurecido, como se explica a continuación.

Concreto fresco

Las diminutas burbujas de aire actúan como pequeños baleros en el concreto fresco y mejoran mucho su trabajabilidad. Por ejemplo, si un aditivo inclusor de aire se agrega a una mezcla normal, con revenimiento de 5 cm, éste aumentará hasta un poco más de 15 cm. Sin embargo, este concreto más trabajable perderá cerca del 20 % de su resistencia, ya que cada 1 % de aire, atrapado accidentalmente o incluido deliberadamente, produce alrededor del 4 % de pérdida de resistencia; no obstante, si el contenido de agua de ese concreto se reduce para volver a obtener el revenimiento de 5 cm, la mayor parte de la resistencia perdida se recobrará. El aire incluido también mejora la cohesión de mezclas gruesas y reduce la segregación y el sangrado.

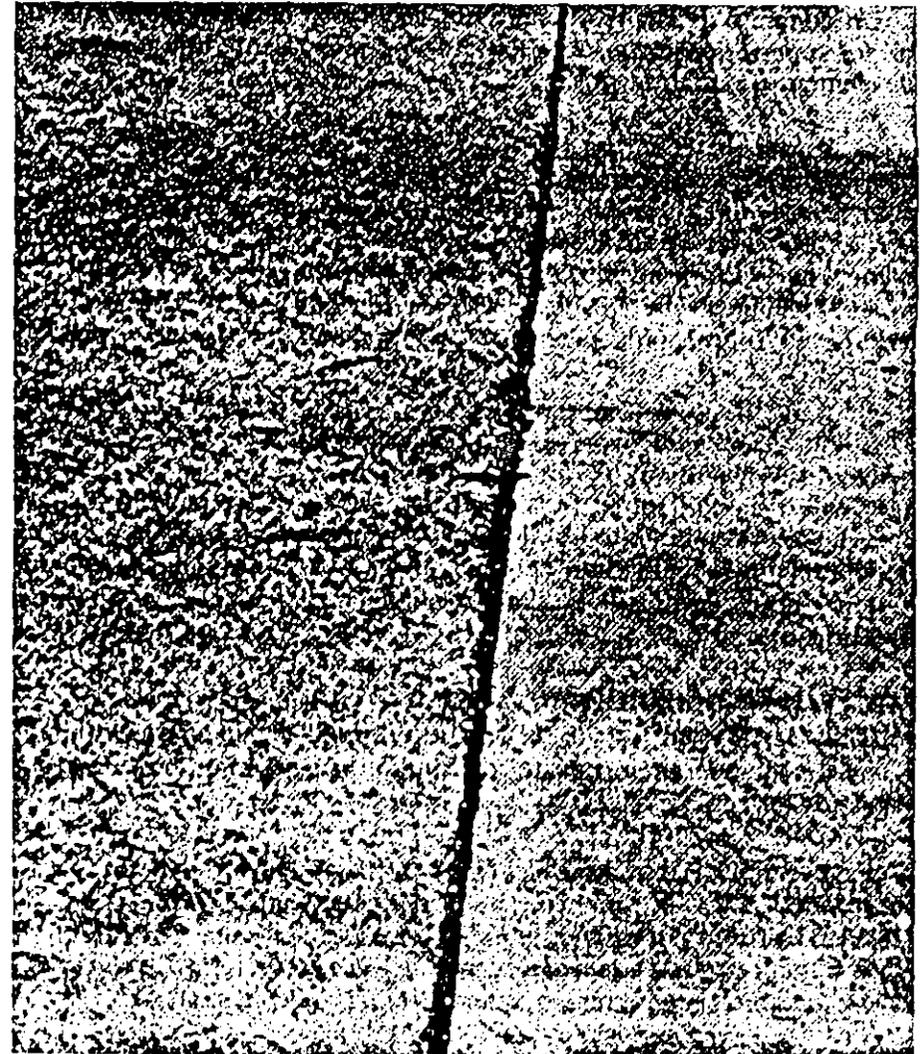


Fig. 5. Losas adyacentes de concreto simple y concreto con aire incluido que han estado sometidas a heladas. Obsérvese que el concreto simple se escamó en gran medida, en tanto que el concreto con aire incluido no fue afectado.

Concreto endurecido

La razón principal para utilizar un aditivo inclusor de aire, es que la presencia de las pequeñas burbujas de aire en el concreto endurecido aumentan su resistencia a la acción de las heladas y de las sales descongelantes. El concreto húmedo o seco, como deben estar la mayoría de los concretos expuestos a la intemperie, puede verse seriamente afecta-

do por el congelamiento del agua que al expanderse tiende a romperlo; pero, si el concreto tiene aire incluido, las pequeñas burbujas de aire actúan como válvulas liberadoras de presión y amortiguan el efecto expansivo.

La mayoría de los aditivos inclusores de aire son resinas vinsol obtenidas como producto secundario en el procesamiento de la madera para producir papel.

La cantidad de aire que generalmente se debe incluir ha sido especificada como del 5 %. La dosis necesaria de aditivo para lograr la cantidad requerida de aire, depende de muchos factores:

- el contenido de arena
- la granulometría de la arena
- el contenido de cemento
- la temperatura
- el tiempo de mezclado

Es esencial que se preparen mezclas de prueba para garantizar que las mezclas tendrán la trabajabilidad, resistencia e inclusión de aire requeridas. La dosis adecuada será de 30 a 60 ml por 50 kg de cemento y, con el fin de asegurar un proporcionamiento exacto, siempre debe utilizarse un surtidor. De manera especial se recalca que los cambios en la granulometría de la arena y en la temperatura, durante la producción del día, pueden exigir algunos ajustes en la dosis. Es esencial la dispersión apropiada en la mezcla, por lo que el aditivo debe agregarse al mismo tiempo que el agua, o ya mezclado con ésta.

El concreto con aire incluido es el especificado para todos los caminos importantes de concreto, y también debe emplearse en todos los otros tipos de pavimentos exteriores, como entradas y senderos de cocheras, que generalmente están propensas a las heladas y al uso de sales descongelantes.

Las mezclas ásperas, frecuentemente con agregados de roca triturada, pueden hacerse más cohesivas mediante el uso de aditivos inclusores de aire. De manera similar, las mezclas que tienden a segregarse y a sangrar, pueden mejorarse mediante la inclusión de aire que, además, reduce el riesgo de grietas por asentamiento plástico y grietas por contracción

transporte y bombeo del concreto

El transporte del concreto es parte esencial en el proceso de la construcción de una obra de concreto, y con demasiada frecuencia no se presta suficiente atención ni a la elección del método, ni a su empleo en la obra. Si se le da al equipo un uso descuidado o inapropiado, se afectará la calidad del concreto y, consecuentemente, su eficacia y productividad.

Son muy diversos los métodos aplicables al transporte del concreto, desde las carretillas hasta las bombas, y muchos los factores que influyen en la elección del más apropiado: la naturaleza de la obra, las condiciones del terreno, el tamaño de la obra, la distancia que hay que cubrir y la altura de carga y descarga; también deben tomarse en consideración el tamaño del agregado y la trabajabilidad del concreto. En muchas obras puede ser necesario emplear diferentes métodos, o una combinación de varios, como es el caso de que el concreto tenga que transportarse tanto horizontal como verticalmente.

Puesto que las variables son muchas, este capítulo no pretende proporcionar una guía respecto a la selección de plantas y equipo para transportar concreto; aunque sí señala que el objetivo principal es hacer llegar el concreto al lugar de colado lo más rápida y económicamente posible y en las mejores condiciones.

En la primera parte se proporciona información respecto a los diversos métodos y plantas de uso más común, actualmente, en la construcción con concreto, así como algunas recomendaciones para evitar problemas.

Debido a la creciente preferencia por el uso de las bombas, en su mayoría portátiles hoy en día, la segunda parte se ha dedicado a los requisitos y consejos especiales relativos al bombeo del concreto.

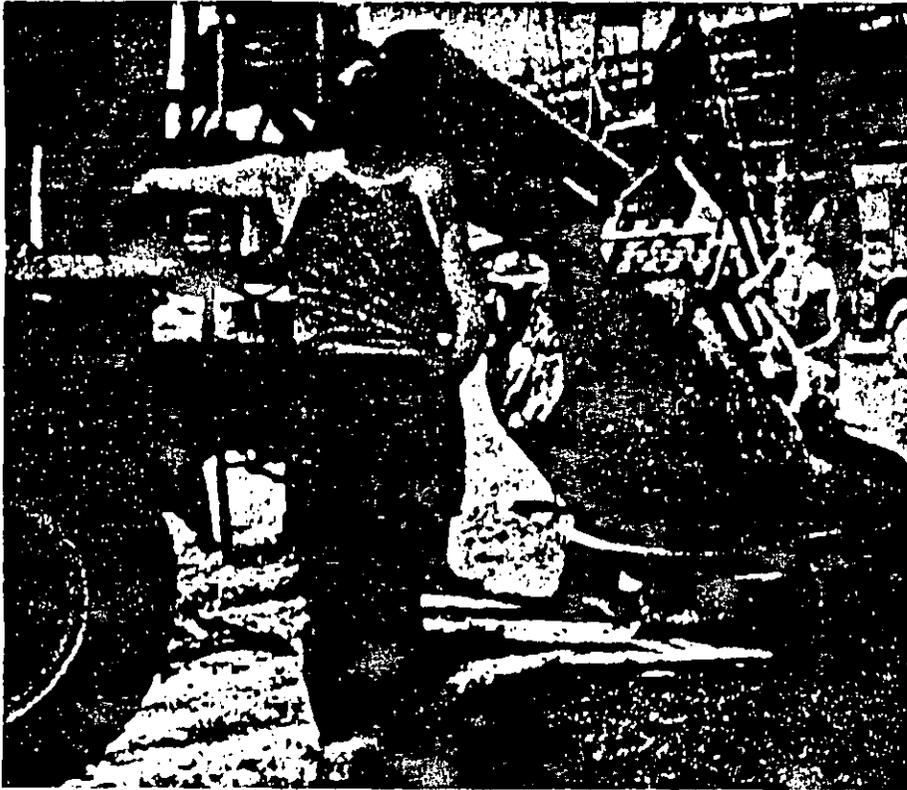


Fig. 1. Descarga de concreto premezclado en una tolva móvil de volteo.

Primera parte: métodos y plantas

MOVIMIENTO HORIZONTAL

Carretillas y carros de mano

Las carretillas y los carros de mano se emplean todavía en la actualidad para transportar pequeñas cantidades de concreto a distancias cortas, y

son especialmente útiles en áreas inaccesibles para otros equipos. En una carretilla se puede acarrear cómodamente una carga de alrededor de 0.03m^3 (30 litros) de concreto; de manera que se necesitan seis cargas aproximadamente para trasladar la descarga de una mezcladora de 200 litros de capacidad. Los costos de mano de obra por volumen unitario de concreto son elevados; un indicio de la productividad con el empleo de carretillas, es que seis hombres pueden transportar con ellas alrededor de 2.5m^3 por hora, a una distancia de 70 m desde la mezcladora hasta el lugar del colado. Rara vez son redituables las trayectorias mayores de 70 metros.

El rendimiento y la eficiencia pueden mejorarse acondicionando vías uniformes y bien construidas para las carretillas, evitando así la segregación del concreto durante el transporte; se evitará el congestionamiento, teniendo vías separadas para los viajes de ida y los de regreso.

Cuando se emplean carretillas o carros de mano para acarrear concreto premezclado, el tiempo de espera de la olla puede reducirse si se descarga el concreto en una tolva intermedia, de donde puede tomarse después para trasladarlo por medio de las carretillas.

Un carro de mano puede cargar sin dificultad alrededor de 0.2m^3 (200 litros) de concreto, y un solo hombre puede transportar aproximadamente 3m^3 por hora, siempre que la distancia no sea mayor de 70m en terreno plano y uniforme; cuando se trata de superficies inclinadas, por ligero que sea el declive, se requerirán generalmente dos hombres para empujar el carro.

"Buggies"* para transportar concreto

Con frecuencia se ha llamado acertadamente a los buggies los "comodines" de la construcción, porque pueden ser empleados en la obra para muchas otras tareas de transporte, además de la del colado. Los hay disponibles con distintas capacidades, que van desde los 0.3m^3 hasta un límite máximo de 0.75m^3 aproximadamente, siendo de empleo más común el de 0.5m^3 . Cabe señalar que las capacidades antes indicadas corresponden a tolvas completamente llenas, y que para evitar el derramamiento del concreto durante el traslado, el nivel de éste debe quedar a 100 mm por debajo del nivel máximo posible.

Existen buggies con descarga frontal o lateral y de operación manual o hidráulica. En los de operación manual, el operador suelta un seguro y permite que la tolva móvil se incline hacia adelante o late-

*Carritos de volteo autopropulsados.

ralmente, produciendo una descarga rápida pero no controlada del concreto, los de operación hidráulica permiten ejercer mayor control sobre la descarga; la mayoría de los modelos hidráulicos pueden efectuar descargas elevadas al pivotar la tolva móvil en el extremo de descarga.

Aunque los buggies pueden operar sobre terreno accidentado, es preferible tratar de preparar vías uniformes para evitar la segregación y el derramamiento.

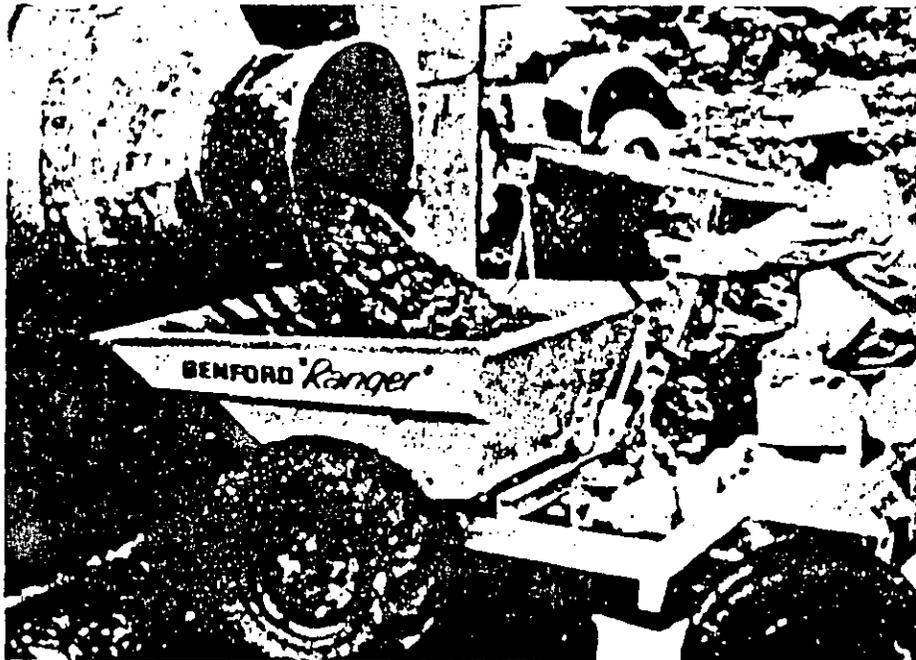


Fig. 2. Buggie (capacidad de 0.5 m^3) recibiendo concreto de una mezcladora de tambor reversible.

Una descarga no controlada puede constituir una desventaja —el fuerte impacto puede desplazar el acero de refuerzo y será difícil llenar las secciones pequeñas— y, por tanto, quizá sea necesario descargar primero sobre una tabla de banco y de ahí palear a mano el concreto (véase el capítulo 8 dedicado al *colado y compactación del concreto* de este volumen¹). Asimismo, cuando se trata de losas, la descarga no controlada da como resultado la formación de montones en vez de capas uniformes y representa mayor dificultad en el acabado para la cuadrilla de colado.

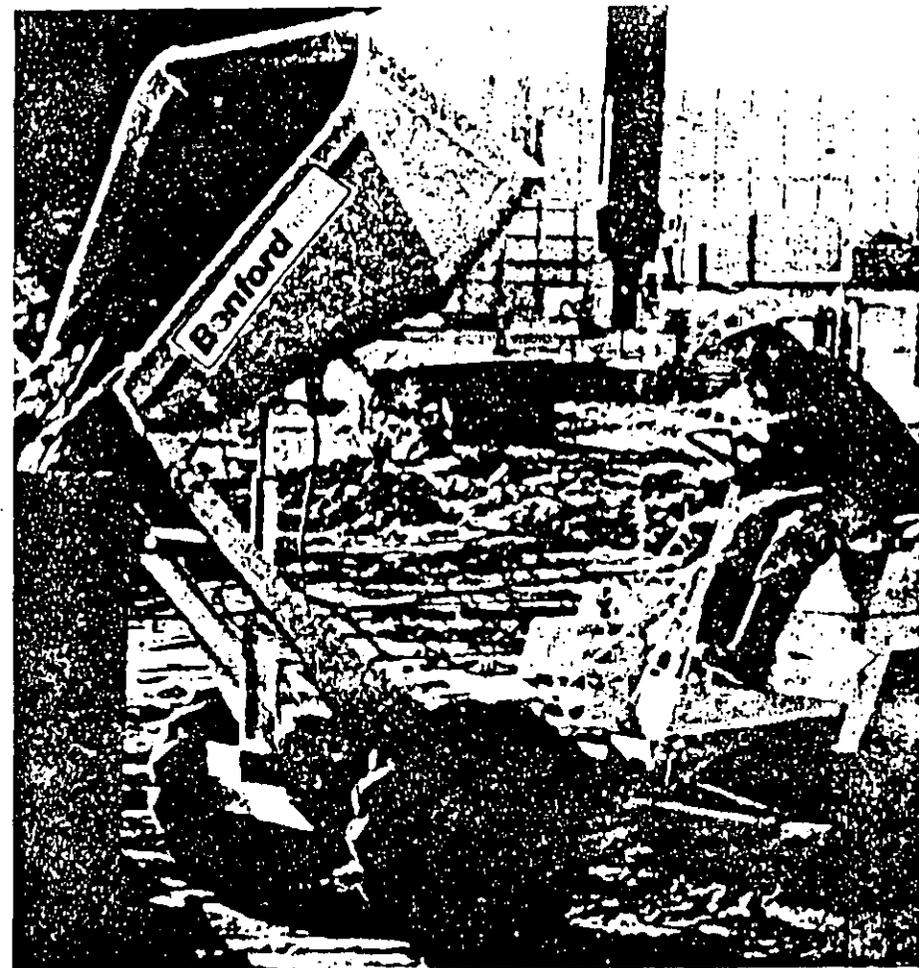


Fig. 3. Buggie con tolva móvil de alta descarga (capacidad de 0.75 m^3).

Transportadores montados sobre camiones

El empleo de estos transportadores, con capacidad de 2 a 3 m^3 , por lo general queda limitado a contratos importantes en los que se requieren acarreos largos sobre caminos uniformes. La descarga es hidráulica y generalmente a un nivel elevado (2 m), por lo que se habilitan canalones, a fin de que el concreto pueda colarse directamente en su sitio, al nivel del terreno. Con el propósito de reducir la segregación que pudiera tener lugar durante el transporte, y para controlar la velocidad de descarga, en muchos casos se colocan gusanos o paletas para remezclar el concreto en el momento de la descarga.



Fig. 4. Transportador montado en un camión (capacidad 2 – 3 m³) descargando en una fosa para cimentación.

Camiones de volteo

Los camiones de volteo-abiertos, ya sean de descarga posterior o lateral, se limitan, por lo general, a transportar concreto pobre. Deben estar provistos de lonas o cubiertas para proteger el concreto de la lluvia, o para evitar la evaporación de la humedad en clima caluroso; las compuertas de descarga deben ajustar bien. Cuando los camiones se han empleado para el transporte de otros materiales, deben ser perfectamente lavados antes de utilizarlos para transportar concreto, pues, de lo contrario, puede contaminarse y afectarse su resistencia y durabilidad finales.

Camiones de concreto premezclado

En la actualidad, los camiones de concreto premezclado suministran más del 50% del concreto empleado en la industria de la construcción. Toda información sobre el suministro y entrega del concreto premezclado aparece en el capítulo 16: *Concreto premezclado*, tomo III, de esta obra.

MOVIMIENTO VERTICAL

Tolvas móviles y cubetas

El empleo de tolvas móviles y cubetas, junto con el de torres-grúa, es todavía el método más común para el manejo y distribución del concreto, en la mayoría de las obras en las que éste debe ser transportado vertical y horizontalmente. Aún así, las bombas para concreto, especialmente las móviles constituyen frecuentemente una alternativa más económica y eficaz, por lo que se están empleando cada vez más en muchos contratos de construcción.

Aunque no existe una clara y reconocida línea divisoria entre las tolvas móviles y las cubetas, generalmente se acepta que las tolvas móviles tienen capacidades inferiores a 1m³, en tanto que las cubetas son de mayor capacidad. La capacidad de las tolvas móviles que existen fluctúa entre 0.2 y 1m³, siendo las más comunes aquellas de 0.5 a 0.75m³ de capacidad; suelen ser usadas en edificios y pequeñas obras de ingeniería civil. Las cubetas, en cambio, suelen emplearse en grandes obras de ingeniería civil, en las que hay necesidad de colar grandes volúmenes de concreto, pues su capacidad puede llegar hasta 6m³.

Existen dos tipos básicos de tolvas móviles:

1. La tolva móvil inclinable o de volteo, que al voltearse puede llenarse de una descarga a nivel inferior y que normalmente está provista de un canalón para la descarga lateral.
2. La tolva móvil de posición fija, con descarga en la parte inferior, y a la que puede adicionarse un canalón para la descarga lateral.

La descarga del concreto de una tolva móvil se controla manualmente, ya sea mediante una palanca o una rueda, y debe tenerse cuidado de evitar una descarga demasiado rápida, especialmente cuando se trate de secciones esbeltas.

En todas las tolvas móviles la abertura de descarga debe ser suficientemente grande para facilitar la descarga del concreto sin tener que recurrir al empleo de atizadores vibradores u otros medic

Fig. 5. Tolva móvil de volteo (capacidad 0,75 m³) con mecanismo de descarga de cierre de mordaza y abertura lateral con control de rueda.

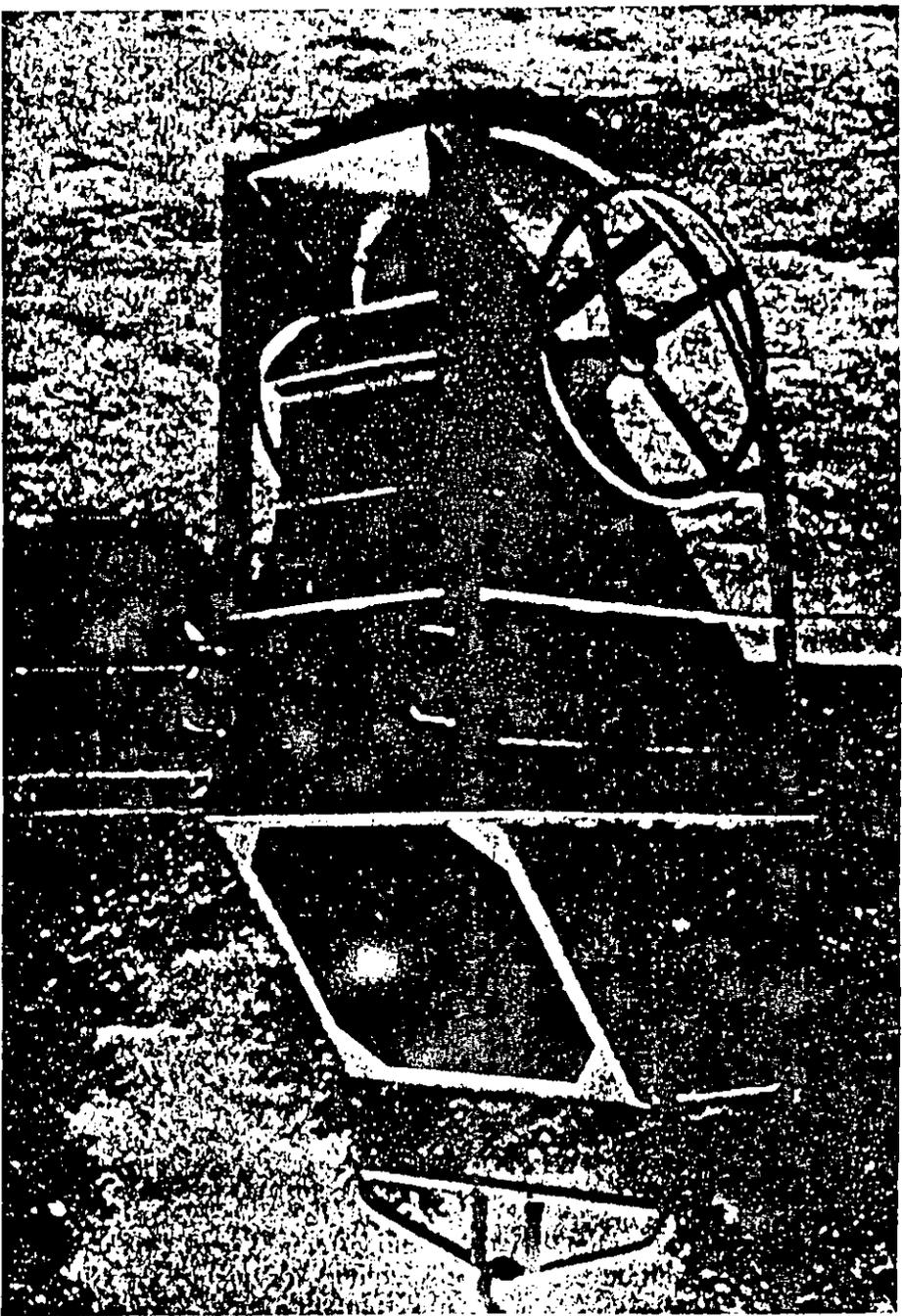
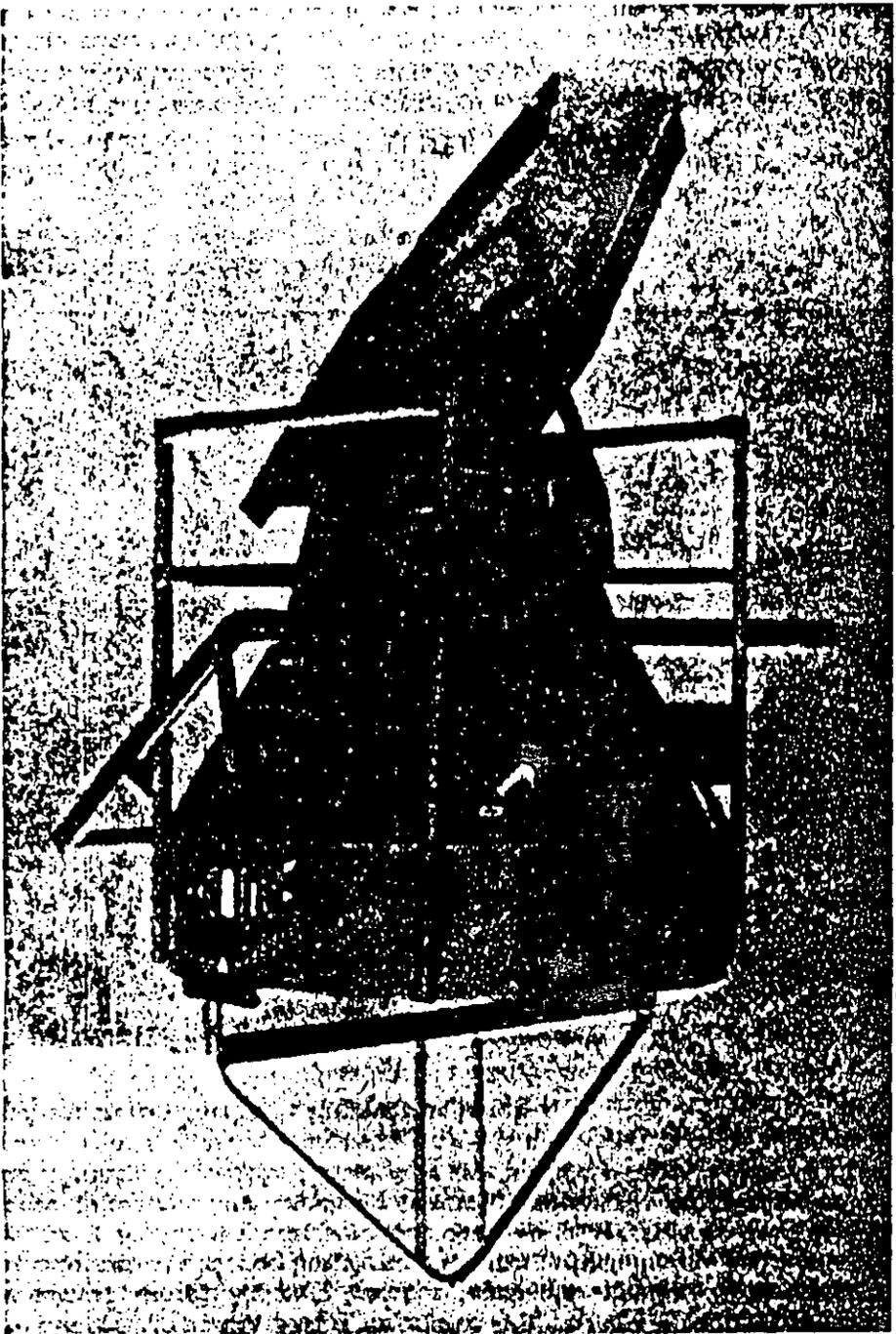


Fig. 6. Tolva móvil de posición fija, con abertura inferior y canalón de descarga lateral.



Las tolvas móviles deben manejarse con cuidado y recibir un mantenimiento apropiado, para que funcionen eficazmente. Al terminar el colado del día, deben limpiarse y lavarse perfectamente, así como engrasar y aceitar el mecanismo que controla la abertura de descarga. Se debe evitar la acumulación de concreto endurecido sobre la superficie de la tolva, frotándola diariamente con una ligera capa de diesel o algún compuesto químico; cualquiera de estos métodos inhibe la adherencia del concreto y facilita la limpieza de la tolva.



Fig. 7. Control de la descarga de una tolva móvil.

DETALLES QUE SE DEBEN TENER PRESENTES

Durante el transporte pueden surgir algunas dificultades que afectan tanto la trabajabilidad del concreto como su uniformidad. Tan pronto como queda mezclado, el concreto comienza a adquirir rigidez y debe ser colado antes de que se vuelva tan rígido que no sea posible compactarlo correctamente. Las condiciones que se mencionan a continuación ejercen un efecto directo sobre la calidad final del concreto:

1. La elevada temperatura, o los vientos fuertes, secan el concreto durante el transporte; por esta razón los recipientes abiertos, tales como carros, camiones de volteo, tolvas móviles y carretillas, deben estar cubiertos cuando el concreto permanece en ellos durante algún tiempo. Lo más adecuado para ello es el empleo de lonas.
2. Las lluvias fuertes hacen una mezcla con demasiada agua; en este caso también deben cubrirse los recipientes abiertos.
3. Si algún recipiente tiene fugas, habrá pérdida de mortero durante el transporte, lo cual reducirá la trabajabilidad.
4. Si el concreto no se transporta con suficiente rapidez, o si adquiere rigidez rápidamente, puede estar demasiado rígido al llegar al sitio del colado, especialmente en lugares de clima caluroso.
5. La contaminación del concreto con aceite o suciedad del equipo, o con polvo acarreado por el viento, da como resultado la pérdida de calidad.
6. Puede haber segregación debida al empleo incorrecto de canalones colocadores o tuberías, o bien por el recorrido de grandes distancias en bandas transportadoras o vehículos sobre terreno pedregoso. Después de un acarreo que ha provocado alguna segregación, el concreto puede descargarse en una tolva intermedia, lo que en cierto grado tiene el efecto de remezclado.
7. La película de mortero que queda en el recipiente, se seca con rapidez, por lo que debe ser eliminada mediante el empleo de una manguera, cuando se haga una pausa en la producción de concreto y al final del trabajo del día.

Segunda parte: bombeo del concreto

En el Reino Unido, el transporte del concreto se ha realizado mediante bombas desde principios de la década de los treinta, pero no ha sido sino desde los últimos 10 años que el bombeo se ha incrementado al grado de que, actualmente, más del 10% de todo el concreto empleado en las obras se transporta por medio de bombas. Este incremento en el bombeo del concreto se debe principalmente a los considerables cambios que se han registrado en lo que se refiere al equipo. En tanto que las bombas antiguas eran pesadas y estáticas, y valía la pena emplearlas cuando se trataba de grandes volúmenes de concreto, las bombas modernas son lo suficientemente ligeras para poder montarlas sobre remolques estándar o armazones de camiones, lo que por ende, facilita su movilidad. Además, la potencia y capacidad de control de estas bombas más modernas, supera por mucho aquéllas de las primeras bombas mecánicas. Junto con la introducción de equipos auxiliares, como las plegables

para colado y pequeñas tuberías ligeras, todos estos factores han producido cambios en el enfoque del problema del transporte del concreto.

En este capítulo se hace hincapié en el empleo y aplicación de las modernas bombas móviles de pequeño calibre, más que de las pesadas bombas estáticas, aunque muchos de los principios y recomendaciones son igualmente aplicables a unas y a otras.

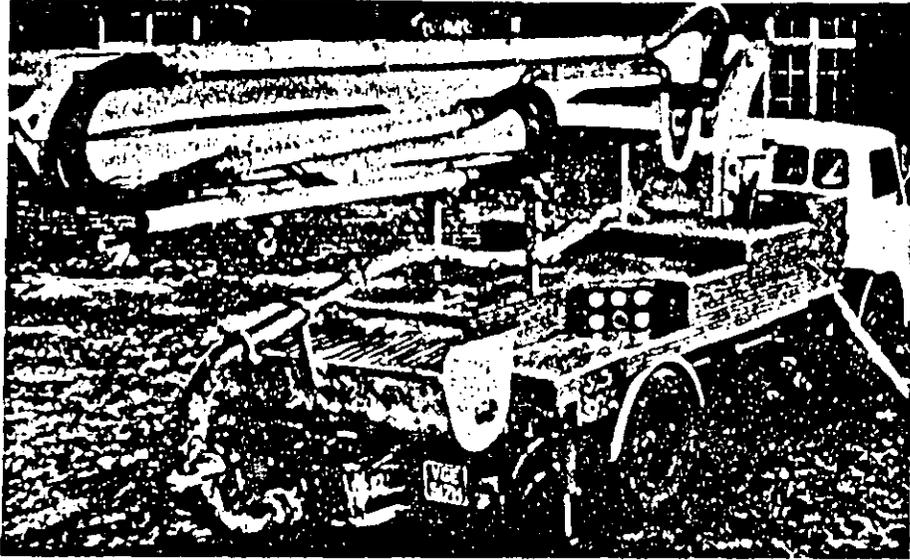


Fig. 8. Bomba montada por completo en un camión, con pluma de colado plegable.

Una de las principales ventajas del bombeo es que el concreto puede ser desplazado tanto horizontal como verticalmente, empleando un solo medio de transporte desde la mezcladora hasta el lugar de colado. La mayoría de las bombas pueden colocar el concreto a más de 60 metros verticalmente, o a más de 300 metros horizontalmente —o bien a distancias menores cuando se transporta vertical y horizontalmente—; algunas bombas de alta presión han alcanzado alturas de más de 300 metros y distancias horizontales hasta de 650 metros.

El rendimiento de la bomba depende del tipo de bomba, del largo vertical y horizontal de la tubería, del número de codos y de la mezcla de concreto; en la práctica, el rendimiento varía de 30 a 100m³ por hora. La velocidad de bombeo del concreto puede verse afectada por la velocidad que la cuadrilla de colado pueda desarrollar al manejar el con-

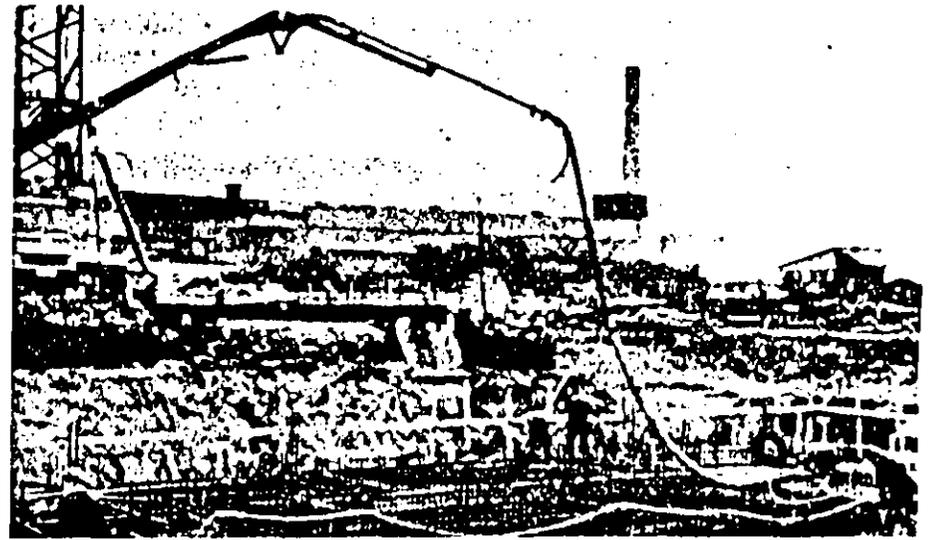


Fig. 9. Colado de concreto premezclado en una cimentación, mediante una bomba móvil.

creto en el lugar del colado y, naturalmente, por la velocidad con que se alimente la bomba.

PLANEAMIENTO EN LA OBRA

El éxito del bombeo depende de la cooperación estrecha y eficiente entre el contratista, el proveedor del concreto y la compañía que renta la bomba. Deben celebrarse una o varias reuniones entre las partes mencionadas, con suficiente anticipación a la propuesta operación de bombeo, para que cada una de ellas comprenda claramente lo que se requiere y cuáles son sus responsabilidades individuales y colectivas. Las disposiciones detalladas de planeamiento del contratista deben ser examinadas y aprobadas tanto por el proveedor del concreto como por la compañía que renta la bomba, en cuanto se refiere a lo siguiente:

1. Tipo de bomba.
2. Mezcla de concreto: debe ser bombeable y satisfacer los requisitos de la especificación.
3. Cantidad total requerida y fechas de entrega.
4. Tendido de las tuberías.
5. Ubicación de la bomba.
6. Accesos para las ollas.
7. Instalaciones para lavado.
8. Distancias máximas de bombeo horizontales y verticales.

Es responsabilidad del proveedor del concreto asegurar que su mezcla es adecuada para bombearla con el tipo de bomba y a las distancias previstas, además de cumplir con las fechas de entrega.

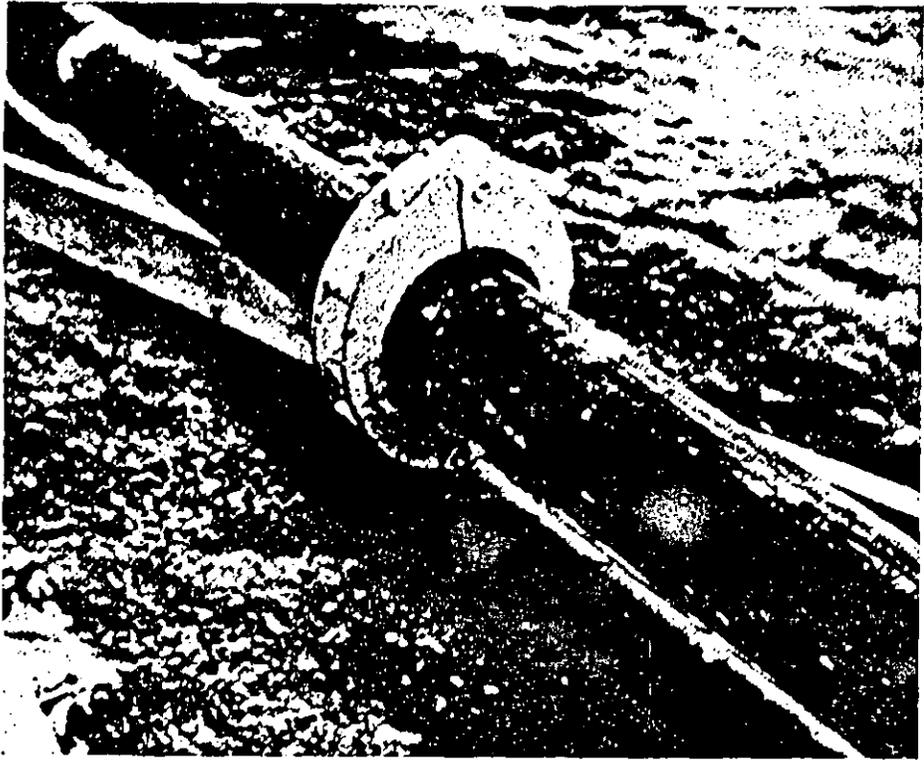


Fig. 10. Junta de liberación rápida, para tubería de 100 mm de diámetro.

ORGANIZACION EN LA OBRA

A continuación se enumeran algunos de los procedimientos recomendables para garantizar la eficacia del empleo de una bomba en la obra.

1. Es preciso cerciorarse de que existe un acceso cómodo para la bomba móvil y para las ollas de concreto premezclado, así como de que los camiones pueden dar vuelta y retroceder hasta la tolva de la bomba.
2. Si el concreto va a ser entregado en ollas de premezclado, debe haber espacio suficiente para que puedan descargar dos ollas al mismo tiempo en la tolva de la bomba, de manera que cuando una termine, la otra pueda comenzar, manteniendo así un flujo continuo de concreto.
3. Se tendrá que preparar un área razonablemente firme y nivelada tanto para la bomba como para las ollas.
4. La bomba o bombas deberán situarse de manera que las tuberías queden lo más cortas y rectas posible.
5. Debe tenerse disponible un suministro constante de agua para la limpieza, además de disponer del drenaje apropiado.
6. Si los camiones que entregan el concreto van a ser lavados en la obra, se tratará de destinar un área aparte para esta operación.
7. Debe tenerse disponible suficiente cemento para lechadear la tubería: alrededor de un saco por cada 20 metros de tubería.
8. Es preciso cerciorarse de que la velocidad de bombeo sea compatible tanto con la velocidad de entrega como con la velocidad a que puede operar la cuadrilla de colado; a veces es posible lograr mayor rendimiento aumentando el número de hombres en la cuadrilla de colado e incluyendo más vibradores y llanas, cuando esto sea posible.
9. Debe haber una persona experimentada que maneje la manguera flexible por el extremo de colado; si no hay una persona con experiencia, el operador de la bomba puede instruir a alguien.
10. Siempre que sea posible, el colado debe comenzar en el punto más distante de la bomba, trabajando hacia ella y retirando uno o dos tramos de tubería, conforme sea necesario.

CONCRETO BOMBEABLE

La mezcla de concreto debe ser diseñada no sólo para satisfacer los requisitos de la especificación, sino también para que sea susceptible de bombearse. Esto requiere, básicamente, que la mezcla no tienda a la segregación ni al sangrado, y que tenga una resistencia a la fricción suficientemente baja, para que la bomba pueda empujarla a lo largo de la tubería.

Por lo general, es responsabilidad del contratista proveer lo siguiente:

1. Acceso adecuado al lugar donde operará la bomba.
2. Un área compactada, firme y nivelada en dicho punto.
3. Suministro adecuado de agua en el lugar donde la bomba estará colocada, y tubería e instalaciones para el lavado de la bomba.
4. Cemento para la lechada inicial de la tubería: 50 kg por cada 20 metros de longitud.
5. Mano de obra adicional para colocar y desmontar la tubería.
6. Anclajes suficientes y apropiados, y anclaje para la tubería.
7. No recomendación oportuna al proveedor del concreto y a la compañía que renta la bomba, en caso de demoras o averías.



Fig. 11. Colado y vibrado de concreto bombeado en una losa suspendida para piso.

El diseño o modificación de las mezclas de concreto bombeable requiere una experiencia que está fuera de los alcances de este libro. Los proveedores de concreto premezclado tienen experiencia en diseñar mezclas bombeables, como la tienen también las empresas especializadas en bombas de concreto; como se recomendó en líneas anteriores, las reuniones con ambas partes asegurarán el suministro de una mezcla satisfactoria y bombeable.

Sólo como gufa, puede decirse que un concreto bombeable requiere:

1. Un revenimiento de 75 mm.
2. Un contenido de cemento de por lo menos 280 kg/m^3 para asegurar el llenado completo de los vacíos en los agregados combinados.
3. Una granulometría de agregados combinados continua, sin interrupciones y con un mínimo de vacíos.
4. Un contenido de arena ligeramente mayor que el empleado normalmente: $50 \text{ a } 75 \text{ kg/m}^3$.
5. Una arena cuyo 15 % pase a través del tamiz de $300 \mu\text{m}$.
6. Evitar los agregados triturados o escamosos.

Para mayor información sobre el diseño de mezclas, consúltese el título No. 3 de las referencias.

BOMBEAR CON SEGURIDAD

Las bombas trabajan a alta presión y las operaciones de bombeo pueden ser peligrosas si se efectúan descuidadamente. Deben seguirse estrictamente las recomendaciones de seguridad del título no. 3 de las referencias.

colado y compactación del concreto

El colado y compactación correctos del concreto son, probablemente, las partes más importantes de toda la secuencia que constituye la operación de colado, desde el muestreo, mezclado y transporte, hasta el curado final. El éxito no se alcanza con un enfoque fortuito, sino con previsión y planeamiento cuidadosos.

Puesto que se llevan a cabo casi simultáneamente y son interdependientes, el colado y la compactación deben considerarse, en realidad, como una sola operación. No obstante, se ha pensado que es más apropiado proporcionar en este capítulo consejos generales respecto a cada una de ellas por separado, seguidos de información particular referente a algunas situaciones típicas, cotidianas del colado, que subrayan la necesidad de considerar conjuntamente ambas operaciones. En el apéndice 1 se dan recomendaciones sobre el cuidado y mantenimiento de los atizadores vibradores y el apéndice 2 incluye información sobre vibradores externos o de abrazadera.

En estos apéndices no se proporciona información sobre técnicas especializadas de construcción con concreto, como colado bajo el agua, concreto empacado predosificado, pavimentación de caminos y pistas, ni el proceso de vacfo; se puede obtener información sobre

estas técnicas de la División de Información de la Cement an Concrete Association.

En el capítulo 17 titulado *Concreto pobre*, tomo III de esta obra, se incluyen detalles sobre el colado y la compactación del concreto pobre.

COLADO DEL CONCRETO

El objetivo principal del colado es depositar el concreto lo más cerca posible de su posición final, de la manera más rápida y eficaz, para evitar la segregación y lograr una compactación total.

El concreto puede ser transportado mediante una diversidad de métodos diferentes que van de las carretillas, buggies y "ollas", hasta las tolvas móviles y las bombas. Aunque, obviamente, es deseable colar el concreto directamente en su posición definitiva, esto no siempre es posible; por ejemplo, rara vez es práctico descargar el concreto de un buggie o una "olla" directamente en la parte superior de una columna o un muro.

Al decidir, con anticipación, la mejor manera de colar el concreto para satisfacer el objetivo principal, o bien cuando se está, de hecho, colando el concreto, deben observarse y cumplirse las siguientes recomendaciones generales:

1. El concreto debe depositarse en su posición final, o lo más cerca posible de ésta.

El paleado a mano, como en el caso de las losas, significa pérdida de tiempo y esfuerzo. En general, debe evitarse mover el concreto mediante atizadores vibradores, ya que esto puede ocasionar segregación.

Debe tenerse especial cuidado cuando se utiliza una tolva móvil para colar concreto en muros esbeltos y otras secciones angostas, a fin de evitar la formación de cúmulos o capas en pendientes. La descarga de la tolva móvil debe controlarse cuidadosamente, moviendo ésta para colar el concreto en franjas.

2. El concreto debe colarse en capas uniformes.

En muros y columnas, ninguna capa debe tener más de 450 mm de espesor.

En losas delgadas, compactadas con vigas vibradoras, se restringen las capas a unos 150 o 200 mm. Con espesores mayores será necesario utilizar atizadores vibradores.

3. No debe haber restricción en cuanto a la altura desde la que se cuele el concreto.

4. El concreto debe colarse lo más rápido posible.

Se deben evitar colados en cúmulos grandes o capas inclinadas, ya que siempre existirá riesgo de segregación, especialmente con mezclas que tienden a ser poco adhesivas.

Con capas de un espesor mayor de 450 mm, el peso del concreto en la capa superior hace casi imposible, aun con vibración, eliminar el aire de la capa inferior: el aire atrapado significa compactación incompleta, así como fallas en las superficies verticales.

Debe reducirse el espesor de las capas a 300 mm aproximadamente, cuando la cabeza del utizador sea de 300 a 350 mm de largo solamente.

Las vigas vibradoras no compactan losas de mayor espesor. Las llanas ligeras de doble vibración, solamente compactan espesores de 150 mm aproximadamente.

Esto no es aplicable a mezclas con tendencia a la segregación, o que no puedan compactarse completamente. Una revibración no mejorará el concreto mal colado y segregado; esto es particularmente importante en muros y columnas en los que se requiere un acabado a nivel.

Pero no más rápido de lo que pueden resistir el método de compactación y el equipo. Las velocidades de colado y compactación deben ser compatibles e iguales.

5. Cuando se requiera buen acabado en columnas y muros, deben llenarse las cimbras a una velocidad mayor de los 2 m de altura por hora.

También se deben evitar demoras e interrupciones que puedan causar variaciones en el color de las superficies.

6. Es preciso asegurarse de que cada capa de concreto haya sido bien compactada, antes de colar la capa siguiente. Además, cada nueva capa debe colarse mientras la anterior aún responde a la vibración.

Esto hará que las capas se "entrelacen" entre sí.

7. Se debe evitar la formación de juntas frías.

El buen planeamiento es necesario, especialmente cuando se trata de colados grandes. Es probable que esto no sólo cause segregación, sino que también dañe la cimbra, afectando el acabado.

8. En columnas y muros, el colado debe hacerse de manera que el concreto no se estrelle contra la cara de la cimbra; así mismo, debe evitarse el impacto fuerte sobre el acero de refuerzo, ya que este golpe podría moverlo.

9. Es preciso cerciorarse siempre de que el colado del concreto puede observarse desde el exterior de la cimbra.

Deben tenerse lámparas disponibles para observar el colado en muros y columnas de sección delgada.

Además de los puntos generales mencionados, las aplicaciones particulares que aparecen en las páginas siguientes, toman en cuenta otros aspectos del colado, en especial la compactación.

COMPACTACION DEL CONCRETO

Después de que el concreto ha sido mezclado, transportado y colado, contiene aire atrapado en forma de vacíos. El objeto de la compactación es eliminar la mayor cantidad posible de este indeseable aire; lo ideal es reducirlo a menos del 1%. (Por supuesto, esto no procede cuando hay intención deliberada de aire, pero en este caso, el aire es estable y está distribuido uniformemente.)

La cantidad de aire atrapado guarda relación con la trabajabilidad; los concretos con 75 mm de revenimiento contienen alrededor del 5% de aire, en tanto que los concretos con 25 mm de revenimiento contienen alrededor del 20%; razón por la cual el concreto de revenimiento bajo requiere más esfuerzo de compactación —ya sea más tiempo o más alizadores— que el concreto con revenimiento elevado.

Es importante extraer este aire atrapado (vacíos) por las siguientes razones:

1. Los vacíos reducen la resistencia del concreto. Por cada 1% de aire atrapado, la resistencia se reduce en un 5 o 6% (figura 1). Así pues, un concreto con, digamos, 3% de vacíos, será del 15% al 20% menos resistente de lo que debería ser.

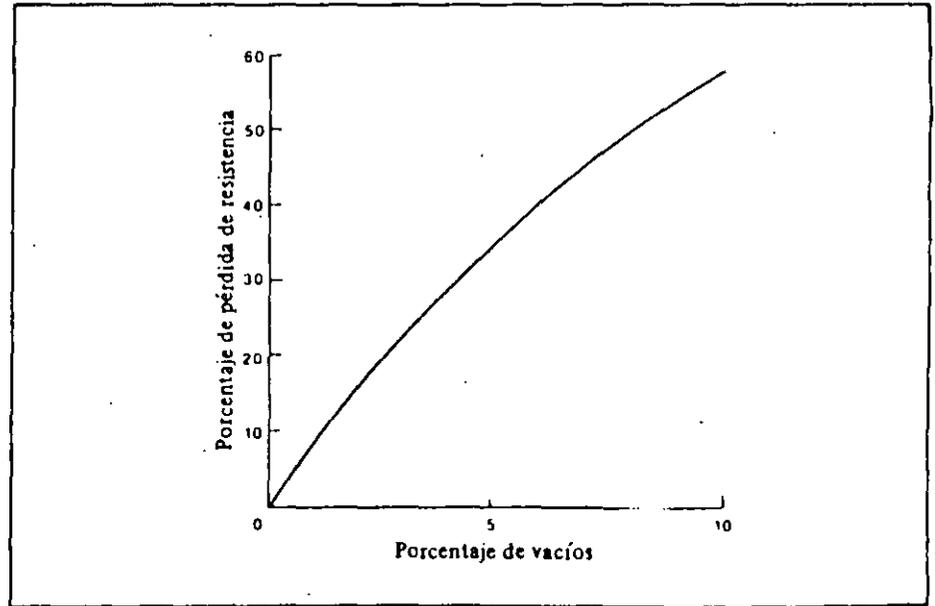


Fig. 1. Relación común entre pérdida de resistencia y vacíos de aire en el concreto.

2. Los vacíos incrementan la permeabilidad que, a su vez, reduce la durabilidad. Si el concreto no es compacto e impermeable, no será resistente al agua, ni capaz de soportar líquidos menos agresivos, además de que cualquier superficie expuesta sufrirá más los efectos de la intemperie y aumentará la probabilidad de que la humedad y el aire lleguen al acero de refuerzo y causen su corrosión.

3. Los vacíos reducen el contacto entre el concreto y el acero de refuerzos y otros metales ahogados; por lo que no se obtendrá la adherencia requerida y el elemento reforzado no será tan resistente como debiera.
4. Los vacíos producen defectos visibles, como cavidades y alveolado en las superficies trabajadas.

El concreto completamente compacto será denso, resistente, durable e impermeable. El concreto mal compactado será débil, poco durable, alveolado y poroso; en otras palabras, bastante ineficaz.

VIBRACION

El varillado, el paleado —incluso el apisonamiento con el pie— son medios útiles para eliminar el aire del concreto y compactarlo, pero la mejor manera y la más rápida es la vibración.

Cuando una mezcla de concreto es vibrada, se “fluidifica” y se reduce la fricción interna entre las partículas de agregado —de la misma manera que el azúcar o la arena seca en un frasco no muy lleno, se asientan al golpearlo ligeramente, haciendo que las partículas se aprieten más una contra otra. Esta fluidificación hace que el aire atrapado surja a la superficie, y que el concreto se compacte.

Con una mezcla cohesiva y apropiadamente diseñada, se minimizan la segregación y el sangrado. En una mezcla excesivamente húmeda, los trozos grandes de agregado pueden asentarse durante la compactación, dando como resultado una capa débil de lechada en la superficie; cuando esto ocurre, la lechada debe ser retirada. Por lo tanto, es más redituable verificar que la mezcla esté correctamente dosificada desde el principio.

VIBRADORES INTERNOS

La mayoría de los concretos se compactan por inmersión o mediante atizadores vibradores. Este último método se considera generalmente el más satisfactorio, ya que el atizador trabaja directamente sobre el concreto y puede cambiarse rápida y fácilmente de una posición a otra.

Tipos

Existen dos tipos básicos de atizadores vibradores:

1. Los que tienen en la cabeza únicamente el mecanismo de vibración, el cual opera mediante una flecha flexible, activada ya sea por un motor de gasolina o diesel, uno eléctrico o uno neumático. Este es el tipo más común y tiene la ventaja de que es fácilmente portátil con todo y motor.

2. Los que tienen tanto el motor como el mecanismo de vibración en la cabeza. Los vibradores de motor en la cabeza pueden ser eléctricos o neumáticos. Los que operan eléctricamente requieren una intensidad de corriente especial (frecuencia de 200 ciclos por segundo) y **NO DEBEN CONECTARSE** directamente a la toma de corriente. El voltaje, la frecuencia y las fases deben verificarse constantemente.

En cuanto concierne a la efectividad de los atizadores, hay poca diferencia entre estos dos tipos. La elección se hace, por lo general, con base en otras razones, como la disponibilidad, facilidad de transporte o disponibilidad del suministro adecuado de electricidad o aire comprimido.

Tamaños

Para la mayoría de los trabajos de concreto reforzado, pueden obtenerse atizadores con diámetros desde 25 hasta 75 mm. También existen atizadores con diámetros de 100 y de 150 mm, pero su empleo está restringido principalmente al concreto masivo en grandes obras de ingeniería civil, como la construcción de presas; debido a su peso, el manejo y operación de estos enormes atizadores requiere generalmente de dos personas. Para lograr una compactación más efectiva, debe emplearse el mayor diámetro que permita la complejidad de las cimbras y el acero de refuerzo.

En la tabla 1 aparecen indicaciones respecto a los tamaños de atizadores y sus aplicaciones.

Radio de acción

Aunque en la tabla se indican los radios de acción de atizadores de diversos diámetros, la efectividad real de un determinado atizador en una situación particular, depende de la trabajabilidad del concreto y de las características del propio atizador. Generalmente, cuanto mayor es el diámetro y más elevada la frecuencia, mayor será el radio de acción; sin embargo, en la práctica es mejor juzgar visualmente el radio real de acción de determinado atizador, en un concreto determinado.

El radio de acción define el espaciamiento y el patrón de inserción. Por ejemplo, si el radio de acción es de 200 mm aproximadamente, las inserciones deben hacerse a unos 300 mm una de otra y con un patrón previamente establecido, a fin de que todo el concreto quede totalmente compactado (figuras 2 y 3).

A manera de guía, puede suponerse un espaciamiento de 450 mm aproximadamente (radio de acción de 250 mm) para un atizador de

TABLA 1. Características y aplicaciones de los vibradores internos

<i>Diámetro de la cabeza (mm)</i>	<i>Radio de acción (mm)</i>	<i>Velocidad aproximada de compactación, suponiendo un colado rápido (m³/h)</i>	<i>Aplicación</i>
20-30 (aguja)	80-150	0.8-2	Revenimiento de 50 mm y mayor, en secciones muy delgadas y áreas difíciles. Puede ser necesario el uso simultáneo de vibradores de mayor tamaño, cuando haya acero de refuerzo, ductos u otras obstrucciones en exceso.
35-40	130-250	2-4	Revenimiento de 50 mm y mayor, en columnas y muros delgados y en áreas difíciles.
50-75	180-350	3-8	Revenimiento de 25 mm y mayor, en construcción general, libre de restricciones y obstrucciones.

60 mm de diámetro, cuando se trate de un concreto de trabajabilidad mediana.

Longitud de la cabeza

Puesto que la cabeza del atizador es lo único que vibra, el espesor de la capa de concreto no debe ser mayor que la longitud de aquélla; de lo contrario, se corre el riesgo de que la parte superior no quede bien compactada. Las cabezas de la mayoría de los atizadores, cuyos diámetros se señalan en la tabla anterior, deben tener una longitud entre 350 y 600 mm; la mayor parte de los atizadores de 60 mm tiene una cabeza de 350 a 450 mm de longitud.

EMPLEO DEL ATIZADOR VIBRADOR

Frecuentemente los atizadores no se emplean con buen rendimiento. Las obstrucciones llevadas a cabo en diversas obras han demostrado que, con frecuencia, operan sin provecho, o con poca eficiencia, duran-

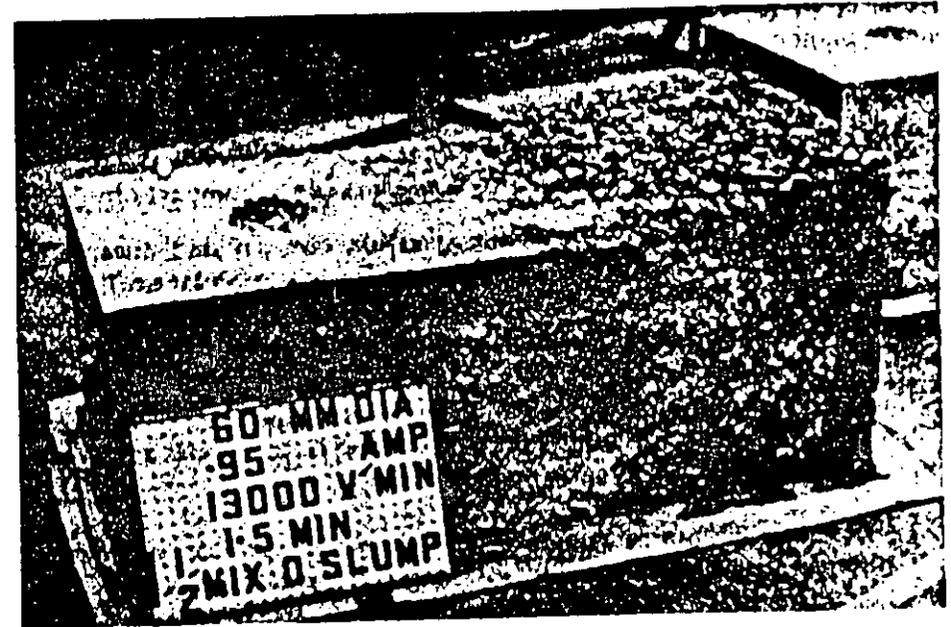


Fig. 2. Bloque experimental de concreto de 1200 mm de largo, 600 mm de altura y 600 mm de ancho, que muestra el radio de acción restringido —alrededor de 300 mm— de un atizador de 60 mm de diámetro, en concreto de revenimiento cero, aún después de 1 1/2 minutos de vibración.

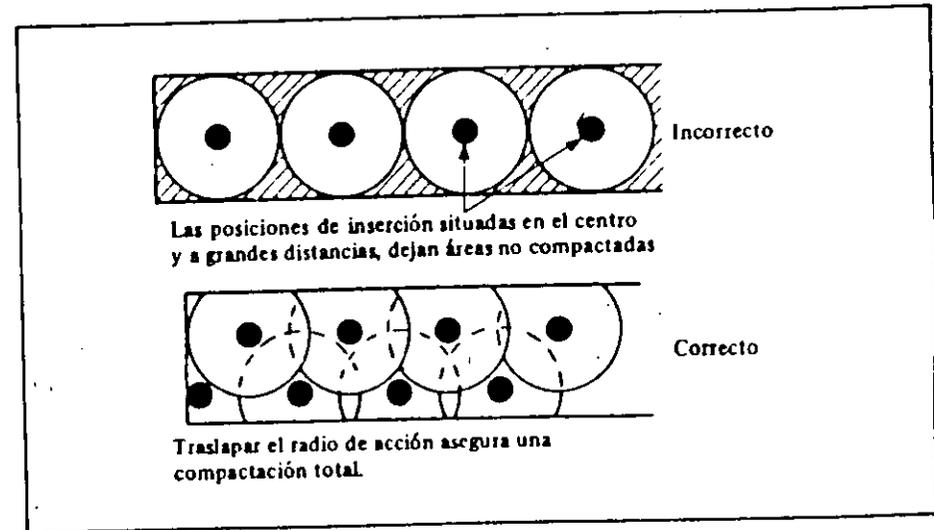


Fig. 3. En muros y otras secciones angostas, la inserción del atizador en posición alternada asegura la compactación de todo el concreto.

te casi el 70 % del tiempo de su funcionamiento, desglosado de la siguiente manera:

- 15 % operando fuera del concreto
- 35 % en posición incorrecta dentro del concreto
- 20 % vibrando concreto ya completamente compactado

Esto significa que el atizador sólo trabaja con utilidad durante el 30% del tiempo que funciona, por lo que es necesario planear la compactación, así como el método y la técnica de colado, para que ambas operaciones puedan efectuarse de la manera más económica y rápida posible.

Además de cerciorarse de que el atizador permanece en el concreto el tiempo suficiente para compactarlo (como se describe más adelante), es necesario tomar las siguientes precauciones:

1. Asegurarse de que se puede observar la superficie del concreto. *Puede ser necesario el empleo de lámparas para observarlo cuando se cuele en secciones estrechas y profundas.*
2. Introducir el atizador con rapidez. *Al introducir el atizador debe dejarse que penetre hasta el fondo de la capa lo más rápidamente posible y por su propio peso. Si se hace lentamente, la parte superior de la capa se compactará primero, dificultando la salida del aire en la parte inferior de la misma hacia la superficie (fig. 4).*
3. Dejarlo dentro del concreto durante 10 segundos. *Consúltense también la duración de la vibración (págs. 41-43.)*
4. Sacarlo lentamente. *Lo principal es verificar que se cierre el agujero que dejó el atizador, de lo contrario, aparecerá el concreto acabado. Cuando esto ocurra, y a veces es difícil evitarlo si el concreto está muy rígido, deberá introducirse el atizador cerca del agujero en la siguiente vibración para cerrarlo. En la inserción final, se sa-*

cará el atizador aún más lentamente y se moverá de un lado a otro para asegurarse de que el agujero quede bien cerrado.

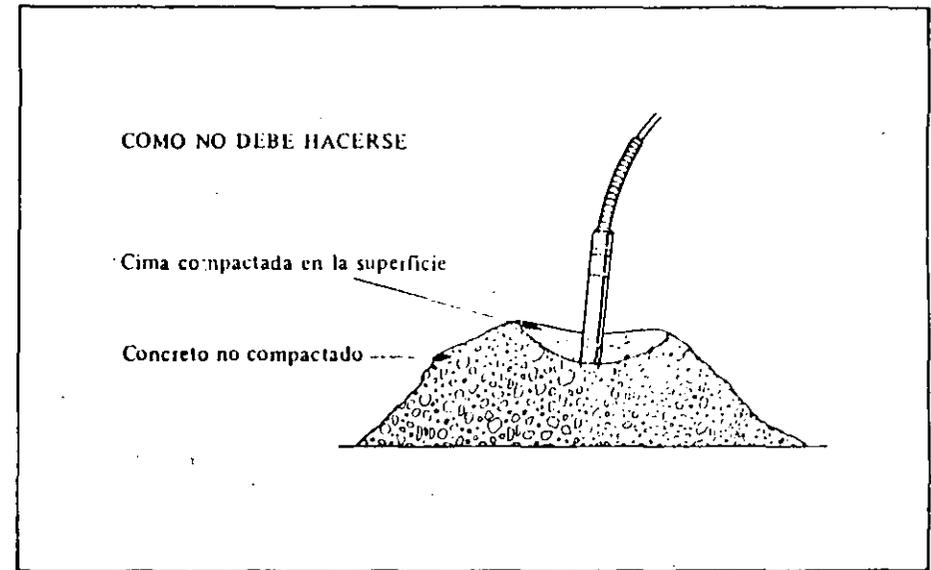


Fig. 4. Insértese el atizador rápidamente para evitar una compactación de la cima, lo que restringe el escape de aire.

5. Introducir de nuevo el atizador, a no más de 500 mm de distancia de su posición anterior. *Con atizadores de menor diámetro se requieren inserciones aún más cercanas.*
6. Evitar que el atizador toque la cara de la cimbra. *No solamente se dañará la cara de la cimbra (quemada de atizador), sino que quedará marcada la superficie acabada del concreto. Para no correr este riesgo, consérvese el vibrador a unos 75 o 100 mm de la cimbra.*
7. Evitar que el atizador toque el acero de refuerzo. *Siempre que el concreto esté fresco aún, vibrar el acero de refuerzo no causará daño alguno y*

puede mejorar la adherencia. El peligro radica en que las vibraciones en el acero de refuerzo pueden transmitirse a una sección de concreto ya endurecido, en cuyo caso, se afectará la adherencia.

8. Evitar utilizar el atizador para hacer fluir el concreto.

9. Evitar insertar el atizador en la parte superior del cúmulo de concreto.

Aunque durante el colado debe evitarse la formación de cúmulos, a veces esto es inevitable o debido a algún error. Para aplanar un cúmulo, se debe insertar el atizador alrededor de su perímetro, como se muestra en la figura 5. Hágase cuidadosamente para evitar la segregación, y sin olvidar que la compactación comienza después de aplanar el cúmulo.

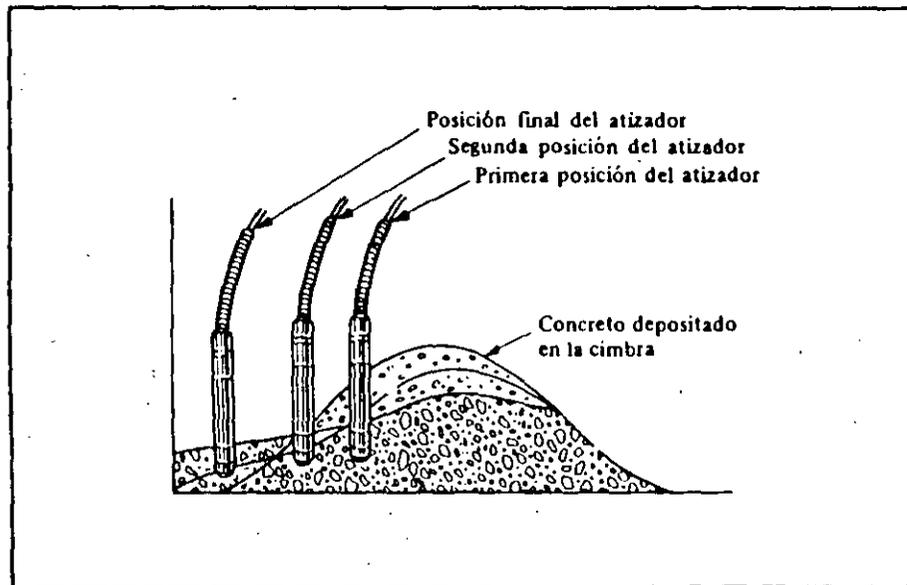


Fig. 5. Mover el atizador para aplanar el cúmulo y llenar las esquinas difíciles. Hágase fluir el concreto en forma de lengüeta hasta una junta de esquina o tope, teniendo cuidado de evitar la segregación. No se coloque el concreto primero en la junta, para después vibrarlo.

10. Verificar que el atizador penetre hasta 10 mm en la capa anterior.

Esto permitirá que las capas se entrelacen y que cualquier lechada en la superficie de la capa inferior se mezcle con la parte inferior de la capa que se acaba de aplicar.

11. Introducir todo el largo de la cabeza del atizador en el concreto.

Esto es esencial para mantener fríos los cojinetes.

12. Evitar que el atizador trabaje mientras no esté dentro del concreto.

De lo contrario se corre el riesgo de sobrecalentar los cojinetes.

13. Evitar dobleces en la flechas flexibles.

14. Tener presente que cuando el acabado es importante, un poco de vibración adicional reduce el número de cavidades.

15. Asegurarse de que el motor no se mueva por las vibraciones.

No debe moverse tirando de la flecha flexible.

16. Limpiar bien el atizador después de usarlo.

Tiempo requerido para lograr una compactación total

El tiempo que el atizador debe estar dentro del concreto en cualquier posición para lograr la compactación completa del concreto circundante, no puede fijarse con precisión, ya que depende tanto de la trabajabilidad del concreto como del tamaño del propio atizador. El tiempo puede variar de 5 a 15 segundos; para concretos con 25-75 mm de revenimiento será suficiente una vibración de 10 segundos dentro del concreto.

La capacidad para apreciar cuándo está completamente compactado un concreto, depende en gran medida de la experiencia. Con el atizador, pronto se logra esa "experiencia" y se puede juzgar la cantidad correcta de vibración que debe aplicarse. Las siguientes indicaciones pueden ser de gran utilidad:

1. La compactación inicial es rápida y el nivel del concreto disminuye (figura 6), pero aún hay que eliminar el aire atrapado.
2. Al vibrar el concreto salen a la superficie las burbujas de aire (figura 7). Cuando dejan de salir burbujas, es señal de que más vibración en el concreto sería un trabajo inútil. La distancia a que están las burbujas con respecto al atizador, es también una guía útil para determinar su radio de acción.



Fig. 6. Insección de un vibrador atizador en concreto fresco (rígido) en una cimbra de viga.

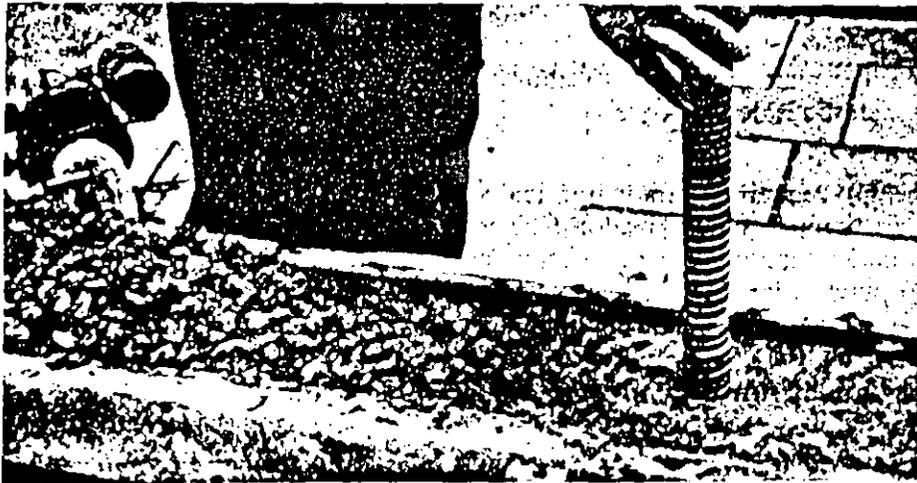


Fig. 7. El concreto está completamente compactado en el derredor inmediato al atizador. Obsérvese que el nivel ha descendido en este punto.

3. Algunas veces (especialmente si el operador tiene buen oído), el sonido puede servirle de guía. Al introducir el atizador se aprecia por lo general una baja de frecuencia; cuando el zumbido se hace constante, es señal de que el concreto está libre de aire.
4. El aspecto de la superficie también indica si la compactación es completa. Una delgada película de mortero brillante en la superficie (figura 8), así como la presencia de pasta de cemento en la unión del concreto a la cimbra, son señales de que éste último está ya compactado.

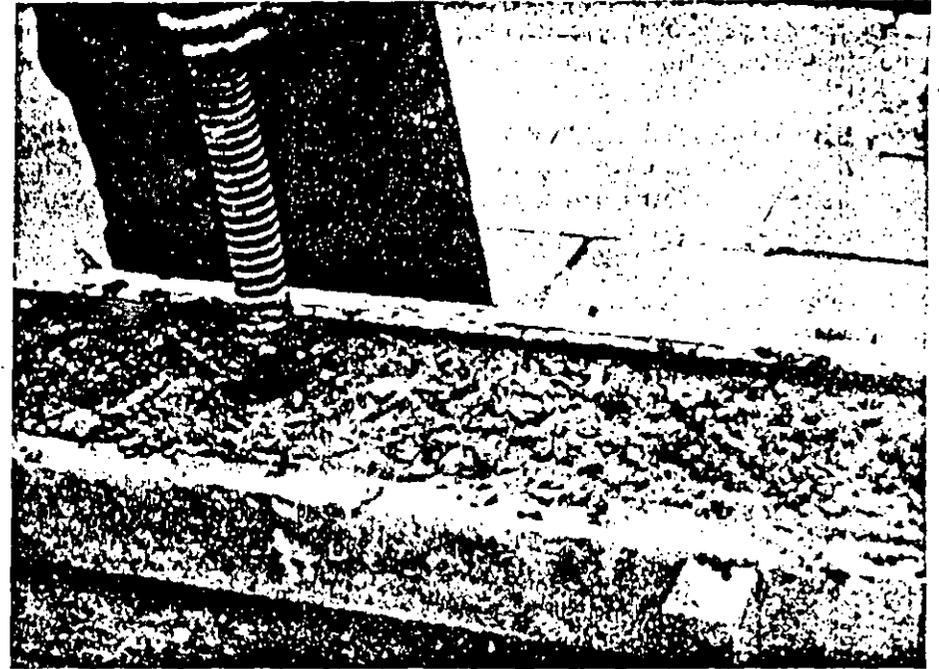


Fig. 8. El atizador se ha movido 450 mm aproximadamente a lo largo del molde. La huella que queda en la superficie por la inserción anterior comienza a cerrarse; con concreto más trabajable, la huella sería menos evidente.

En todo caso, los peligros derivados de la subcompactación son mucho mayores que los de la sobrecompactación; así que, si existe la menor duda, no debe dejarse de vibrar. Demasiada vibración es mejor que demasiado poca, como se señala a continuación.

SOBREVIBRACION

Nunca se insistirá demasiado en que los peligros y problemas derivados de la subcompactación son mucho mayores que cualquier supuesto

peligro o problema derivado de la sobrecompactación, ya que es prácticamente imposible sobrevibrar una mezcla correctamente diseñada. El resultado de sobrevibrar mezclas mal diseñadas, como las que tienden a segregarse, las que carecen de cohesión o las que contienen demasiada agua es, en cualquier caso, la presencia de un exceso de lechada en la superficie, y es mejor remover esta lechada en vez de arriesgar una vibración insuficiente. En columnas y en la parte superior de los muros, esta remoción no es difícil y generalmente es necesario hacerla antes de colar la capa siguiente. Sin embargo, cuando se trata de losas la remoción de la lechada es imposible y, por consiguiente, es esencial cerciorarse de que la mezcla fue diseñada para reducir al mínimo el sangrado, y de que la superficie no está sobretrabajada.

RESTRICCIONES DE TIEMPO EN COLADO Y COMPACTACION

Muchas especificaciones aún establecen limitaciones sobre el tiempo que puede transcurrir entre el mezclado del concreto y su colado y compactación.

El concreto puede colarse y compactarse en cualquier momento después del mezclado, siempre que siga siendo trabajable con el método de compactación disponible, aun cuando ya haya tenido lugar cierta pérdida de trabajabilidad. Por ejemplo, si el atizador se hunde por su propio peso en el concreto y el agujero que esto origina se cierra por sí mismo al retirar el atizador, entonces le falta compactación al concreto.

No es posible establecer un límite de tiempo para todas las operaciones del colado, ya que el tiempo real depende de la rigidez de la mezcla, la cual a su vez depende de la riqueza, la temperatura (tanto ambiental como del propio concreto) y del empleo ocasional de algún retardante. En días húmedos y fríos, la mayoría de los concretos son aún trabajables transcurridas 3 o 4 horas después de hacer la mezcla, en tanto que en días secos y calurosos, y especialmente cuando se trata de mezclas ricas, el límite de tiempo será 30 minutos.

REVIBRACION

Siempre que el concreto esté aún trabajable, como se describió anteriormente, no se le ocasionará daño alguno si se le vuelve a vibrar una vez que ha sido compactado. De hecho, se ha demostrado mediante pruebas, que la resistencia se incrementa ligeramente si se le vuelve a vibrar tiempo después de la compactación inicial.

En columnas y muros en los que el acabado de la superficie tiene importancia suele aumentar la tendencia a la formación de cavidades en los últimos 600 mm de espesor de su superficie; esto se debe a que

contrario de las capas inferiores, la última capa no cuenta con la ventaja del peso del concreto adicional, mismo que aumenta la compactación. Con frecuencia es útil revibrar estos últimos 600 mm, durante 30 minutos o 1 hora, después de la compactación inicial.

En secciones gruesas de losas y vigas, y especialmente si se trabaja con mezclas que tienden al sangrado, existe el peligro de que aparezcan grietas por asentamiento plástico sobre la línea del acero de refuerzo de la parte superior (figura 9). Generalmente estas grietas, se forman una vez transcurridas 1 o 2 horas después de la compactación; si son descubiertas durante este tiempo, y el concreto está aún trabajable, pueden revibrarse 75 o 100 mm de la parte superior para que se vuelva a cerrar.



Fig. 9. Grietas por asentamiento plástico que aparecen sobre el acero de refuerzo, en una losa gruesa.

COLADO Y COMPACTACION DEL CONCRETO EN COLUMNAS PEQUEÑAS

El atizador debe estar siempre en el fondo de la cimbra antes de depositar la primera capa de concreto. La primera capa es la más crítica, ya que tiene que adherirse al desplante ya endurecido, siendo aquí más probable el alveolado debido a una compactación inadecuada.

La manera ideal de colar y compactar concreto en una columna pequeña (y otras secciones, si es posible), es alimentarlo continuamente a una velocidad a la que el atizador lo pueda compactar, retirando al mismo tiempo el atizador, lenta y continuamente. La velocidad no debe exceder los 300 mm en 20 segundos, que es aproximadamente la máxima velocidad a que puede palearse el concreto; esto es equivalente a un lapso de unos 3 1/2 minutos en total, en el caso de una columna de 300 mm cuadrados de sección y 3 metros de altura. Cuando las circunstancias no permitan emplear este método, será necesario restringir el espesor de las capas a 300 mm aproximadamente.

En una columna pequeña, digamos de 300 mm cuadrados y 3 metros de altura, la cantidad total de concreto será solamente de 0.27 m³, de manera que si se va a colar en capas no mayores de 300 mm de espesor; y si se quiere compactarlas apropiadamente, la cantidad que debe colarse para cada capa no debe exceder de 0.03 m³, que es alrededor de 3 cubetadas.

El colado desde tolvas móviles sería posible solamente si el operador puede controlar la liberación e interrupción de la descarga de la tolva, de manera que no se cuelen más de 3 cubetadas cada vez.

Si no es posible garantizar lo anterior, es mejor depositar el concreto en una plataforma de colado colocada en la parte superior de la columna, y después colocarlo cuidadosamente con una pala (figura 10); también se pueden emplear cubetas, pero es probable que este procedimiento requiera más tiempo.

Un atizador de 40 mm de diámetro será suficiente para asegurar una buena compactación en una sección de 300 mm cuadrados, siempre que haya suficiente espacio para introducirlo; cuando se trate de columnas de estas dimensiones, el atizador debe insertarse en el centro.

Al colar las capas de 300 mm de espesor, debe verificarse que cada capa esté bien compactada antes de colar la capa siguiente. Asimismo, es preciso cerciorarse de que se puede observar la superficie del concreto; si es necesario, deben emplearse lámparas.

Si se cuela el concreto mediante una bomba móvil, puede ser buena idea bajar el extremo de la manguera flexible hasta el fondo (si cabe con el atizador) y retirarla al mismo tiempo que éste. Será necesario reducir la velocidad de descarga de la bomba, para que sea la que puede compactar el atizador. Si la superficie de acabado es importante, deberán revibrarse los 450 mm superiores, transcurrida media hora después del colado.

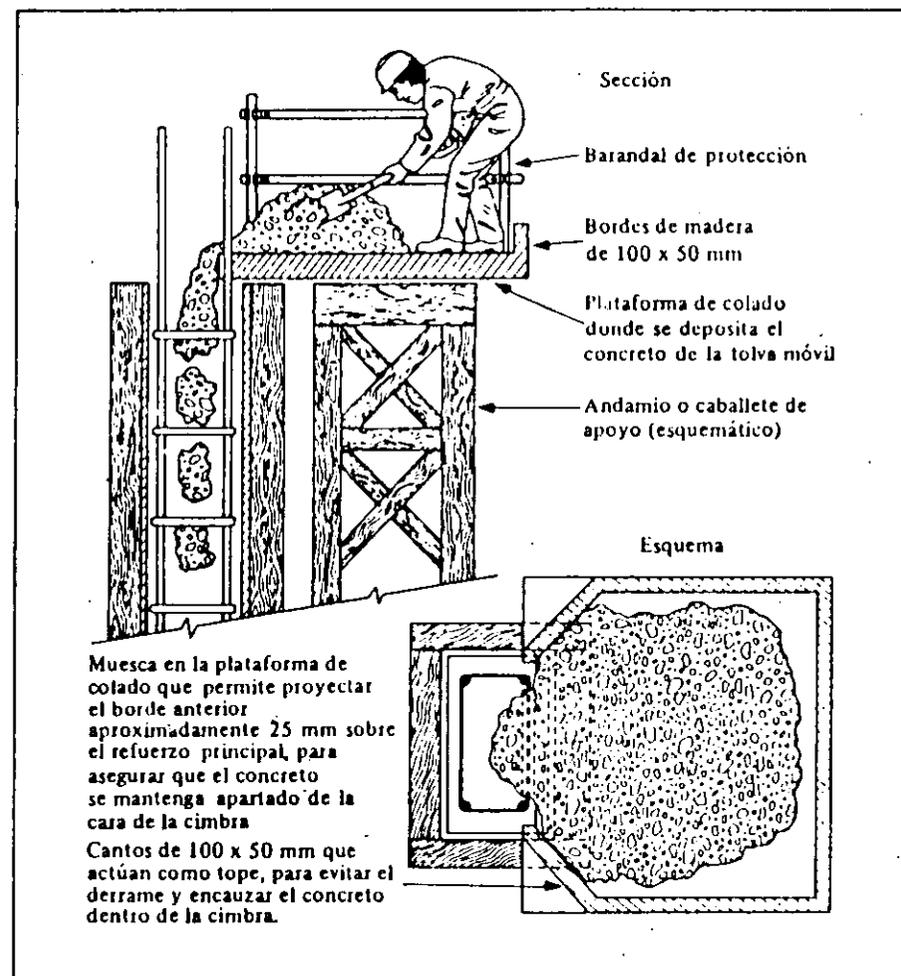


Fig. 10. Empleo de una plataforma de colado en la parte superior de una columna. En muros delgados puede emplearse una distribución similar pero con una plataforma de colado extendida.

COLADO Y COMPACTACION DEL CONCRETO EN MUROS

Con ayuda de los planos estructurales y otros, deberá verificarse de antemano que no haya problemas para el colado del concreto, ni para la inserción de los atizadores. Si no es posible redistribuir el acero de refuerzo, se decidirá de qué manera colar y compactar el concreto y, una vez decidido, se le hará saber a la cuadrilla de colado para que cada uno de sus integrantes sepa exactamente qué es lo que hay que hacer y cómo debe hacerse.

Con una mezcla de buena cohesión y si no hay obstrucciones, el concreto puede dejarse caer desde la parte superior de la cimbra. Sin embargo, no debe hacer contacto con la cara de la cimbra; para evitar esto, son útiles las placas desviadoras (figura 11).

Es esencial poder observar tanto el colado como la compactación del concreto; en secciones esbeltas es necesario contar con algún tipo de iluminación.

Si la altura de colado es mayor de 3 metros, habrá que cerciorarse de que la manguera flexible, o los cables de corriente, son lo suficientemente largos para que el atizador llegue hasta el fondo.

El colado debe hacerse a un nivel lo más uniforme posible, evitando la formación de cúmulos y capas inclinadas. Si se emplean tolvas móviles, deberán controlarse las descargas: no debe descargarse de una sola vez una carga total, pues esto provocará segregación. Aunque no es fácil y requiere mucho cuidado, la tolva debe moverse horizontalmente a lo largo de la línea del muro.

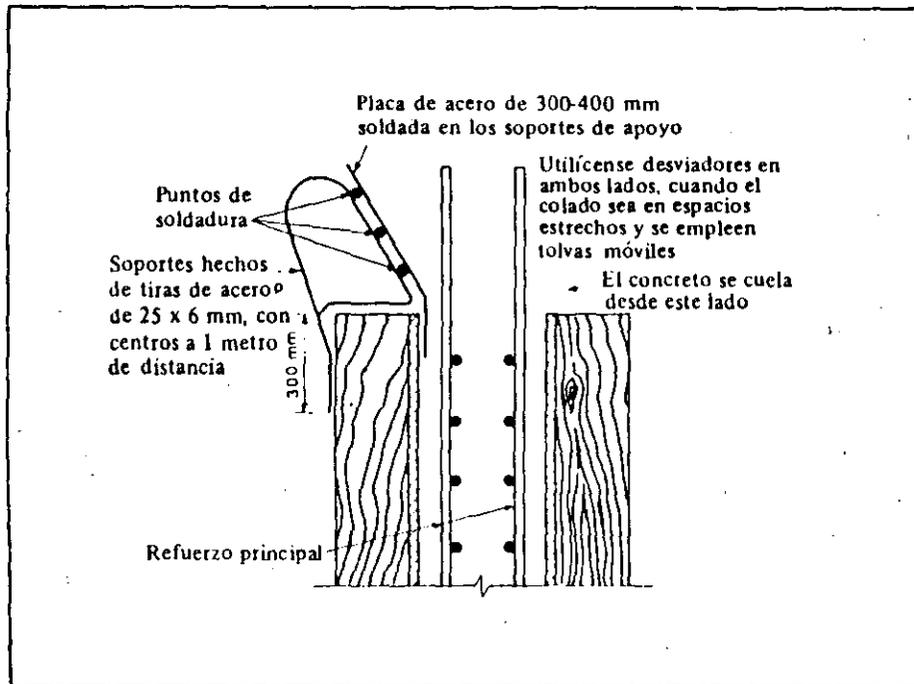


Fig. 11 Colar muros, las placas desviadoras ayudan a dirigir el concreto para que no toque la cara de la cimbra.

Debe prestarse especial atención al colado y compactación de la primera capa de concreto sobre la junta horizontal o desplante de la construcción; no debe tener más de 300 mm de espesor.

Tómese en cuenta el tiempo que se requiere para mover el atizador horizontalmente de un punto de inserción al siguiente. Cuando hay pernos atravesados y otras obstrucciones, puede ser necesario retirar la cabeza del atizador hasta la parte superior de la cimbra, antes de volver a bajarla para la siguiente inserción. Para un muro de 6 metros de largo, con puntos de inserción a 400 mm de sus centros, probablemente sea necesario emplear por lo menos tres atizadores.

En muros delgados (300 mm) es preferible utilizar una plataforma de colado continua a lo largo de la parte superior, en la cual puede depositarse el concreto antes de ser paleado al interior de la cimbra. Esta técnica es similar a la empleada para columnas pequeñas (figura 10).

En taponos y juntas de construcción verticales es esencial una buena compactación. Una forma de lograrlo es colocar el atizador a 300 mm de la junta o tapón y alimentar el concreto cuidadosa y lentamente. Otro método es hacer que el concreto se mueva en forma de lengüeta hacia la junta, como se muestra en la figura 5; en este caso, el concreto debe vibrarse después de moverlo.

COLADO Y COMPACTACION DE CONCRETO ALREDEDOR DE ABERTURAS, DUCTOS Y VACIOS

Las figuras de la 12 a la 15 ilustran la necesidad de que el concreto sea, en estos casos, colado y compactado desde un solo lado, utilizando el vibrador para hacer que fluya. A continuación se vibra hasta que está completamente compactado debajo de la obstrucción y se le ve fluir por el otro lado de ésta.

Un caso particular que requiere cuidado especial, es el colado y compactación del concreto en el alma de estructuras celulares postensadas (figura 15). En este caso, el peligro consiste en que puede sobrevenir un asentamiento plástico en el concreto que está bajo los ductos, lo que redundaría en grandes vacíos, como los que se muestran en dicha figura. Para evitarlo, es preferible esperar media hora después de colar el concreto alrededor del ducto, y revibrarlo a lo largo de la línea de éste último, antes de colar más.

COLADO Y COMPACTACION DEL CONCRETO CON CAPA SUPERIOR INCLINADA

Si la inclinación no es mayor de 5 - 10°, el concreto puede colarse y compactarse mediante el método común para losas. Sin embargo, para

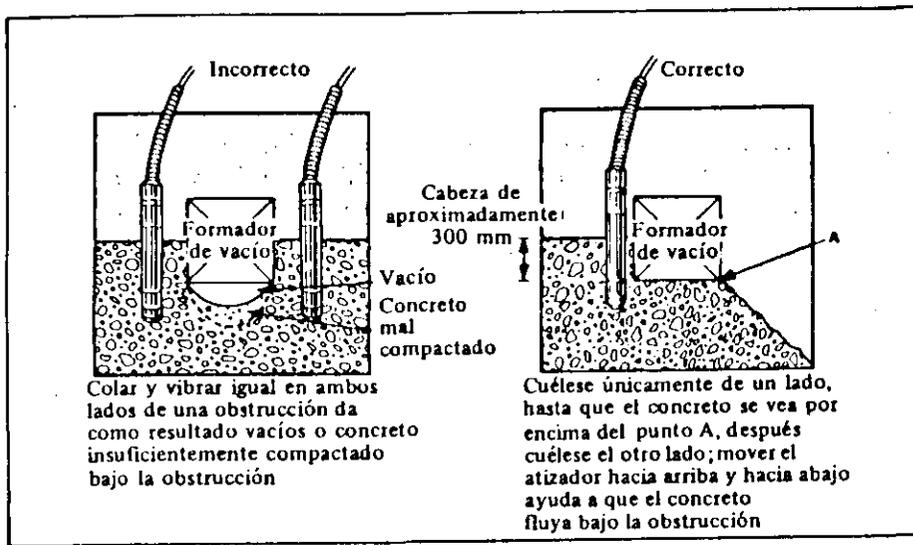


Fig. 12. Colado y compactación de concreto alrededor de una obstrucción rectangular, como un inserto de abertura. Si la obstrucción es de más de 1 metro de ancho, puede ser conveniente hacer una "ventana" en la cimbra, centrada por debajo de la obstrucción, para insertar el atizador.

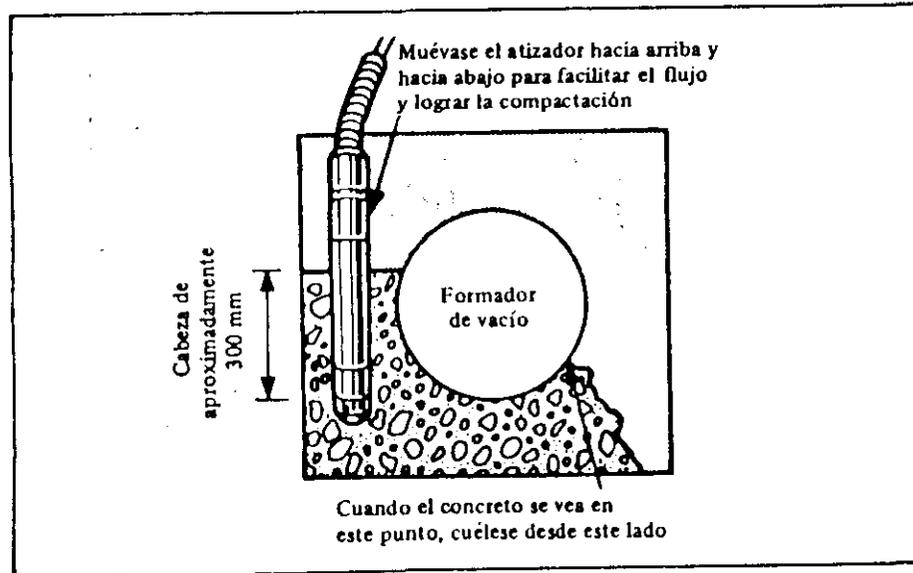


Fig. 13. Colado y compactación alrededor de formadores de vacíos o ductos. Estos deben estar bien sujetos para evitar que la presión del concreto los empuje hacia un lado o los haga subir a la superficie.

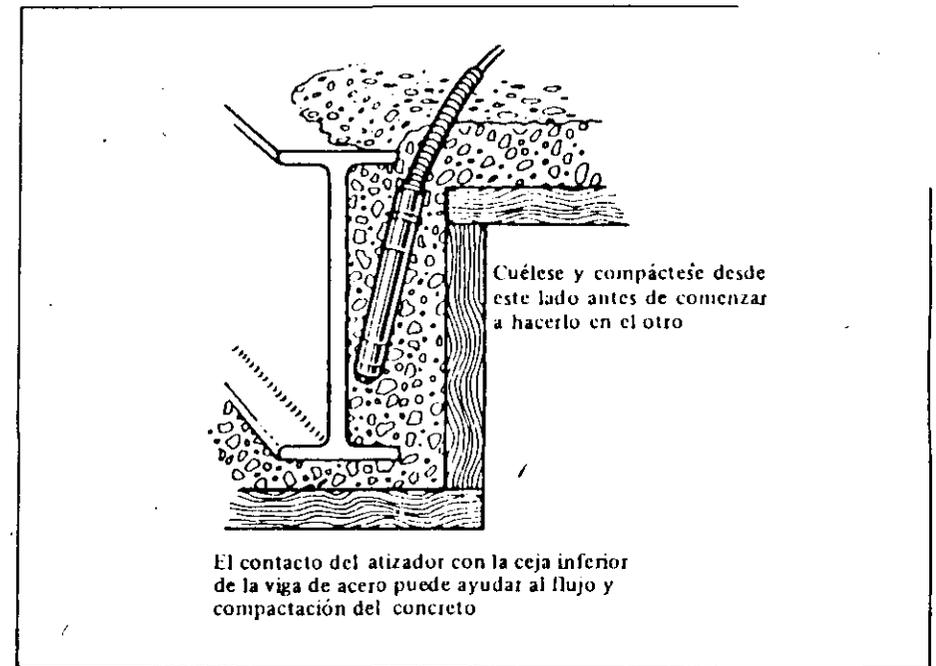


Fig. 14. Técnica para colar y compactar concreto alrededor de una viga de acero.

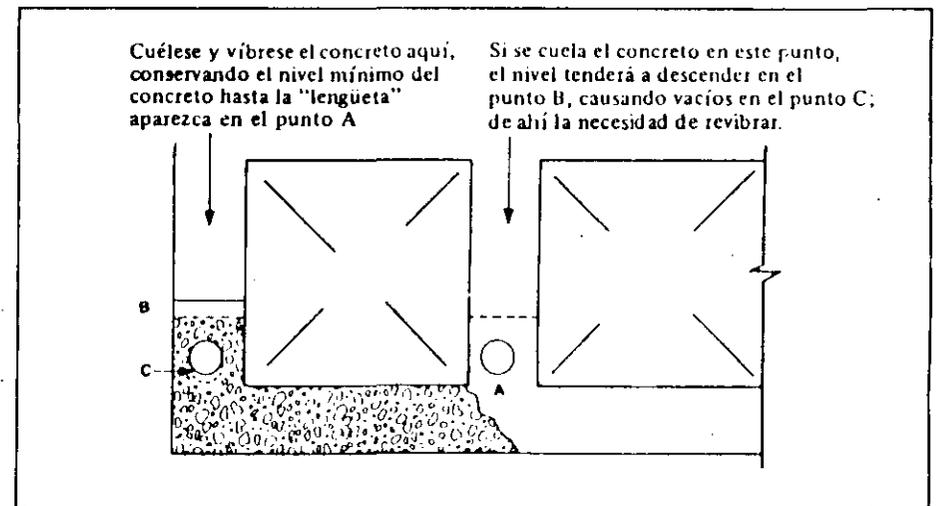


Fig. 15. Sección a través de una losa con vacíos y ductos en el alma (para mayor claridad no se muestra el acero de refuerzo). Los vacíos tienden a formarse bajo los ductos por asentamiento plástico, y el concreto en estas áreas debe revibrarse antes de colar más.

evitar que se aglomere en el fondo de la inclinación por su propio peso o por efecto de la vibración, su trabajabilidad debe ser lo más baja posible: revenimiento menor de 25 mm. Para losas de hasta 200 mm de espesor, el concreto se colará extendiéndolo hasta obtener una sobrecarga uniforme, a una distancia aproximada de 1 metro por encima de la pendiente, y después de usará una compactadora manual o vibradora, haciéndola funcionar hacia la parte superior de la inclinación y apoyada sobre rieles de llanado o travesaños fijados a los costados. A lo largo de los bordes se usará un atizador.

Si se observa un ligero amontonamiento del concreto después de la compactación, puede ser necesario esperar hasta que adquiera rigidez antes de darle una segunda pasada sobre la superficie, para que quede bien.

Para inclinaciones mayores de 10° , generalmente será necesario utilizar una llana de cimbra deslizante. En la figura 16 se muestran detalles sobre ésta y su método de empleo.

La cimbra deslizante no debe vibrarse, pues esto puede ocasionar que el concreto se salga por el borde inferior y se expanda.

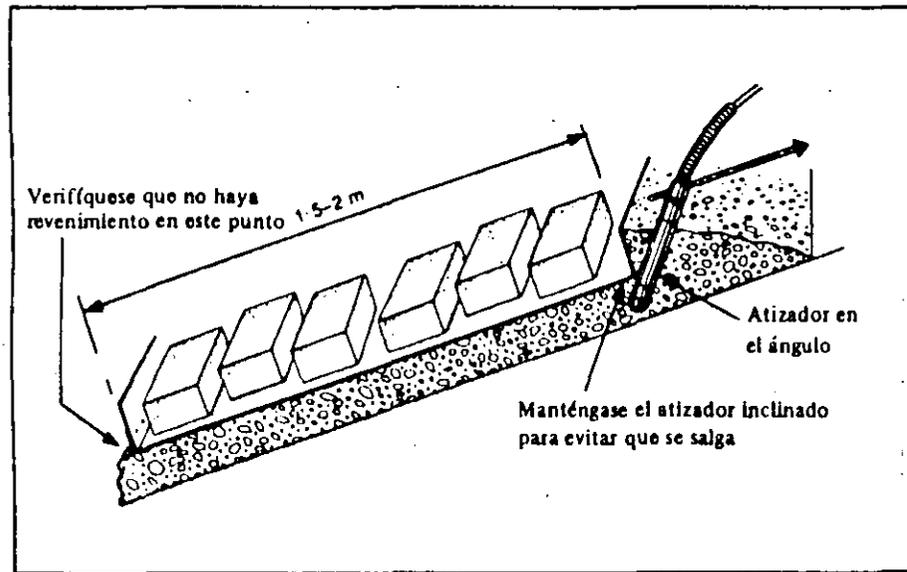


Fig. 16. Colado de concreto en una pendiente, empleando llana de cimbra deslizante apoyada en rieles de llanado y con pesas para evitar que el extremo anterior se levante. La llana debe ser tirada hacia abajo de la pendiente mediante un malacate, a una velocidad de alrededor de 2 metros por hora, que depende de la rigidez del concreto.

COLADO Y COMPACTACION DEL CONCRETO MASIVO (y colado masivo de concreto reforzado)

El volumen de concreto que se cuela de una sola vez cuando se trabaja con concreto masivo, es por lo general más elevado y su colocación suele requerir varias horas. Uno de los problemas es, por lo tanto, la formación de juntas frías; en la figura 17 se ilustran el método y la secuencia más apropiados para el colado y la compactación. Los principales objetivos son: restringir el área de concreto expuesto y garantizar que el concreto fresco no sea colocado contra concreto ya endurecido. Cuando se empleen tolvas móviles, habrá que descargarlas lo más rápidamente posible y desde cierta altura –generalmente 1 o 2 metros– para que el concreto no forme amontonamientos cónicos, sin que se asiente y se extienda por su propio peso.

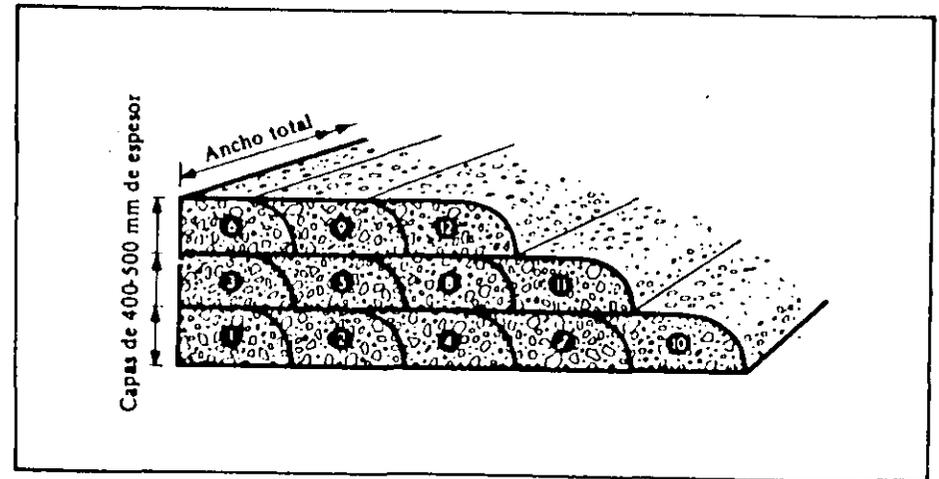


Fig. 17. Colado por etapas para evitar juntas frías en concreto masivo.

APENDICE I: CUIDADO Y MANTENIMIENTO DE LOS VIBRADORES

Cualquier tipo de vibrador debe tratarse con cuidado y recibir el mantenimiento adecuado para evitar descomposturas. Deben seguirse las instrucciones del fabricante, así como sus recomendaciones, tanto para la operación como para el mantenimiento. A continuación se proporcionan algunos puntos generales sobre su cuidado y mantenimiento:

1. Con motor de operación eléctrica:

- a) Verifíquese el voltaje y la frecuencia antes de conectarla a la toma de corriente.

- b) Verifíquese que el equipo tiene buena conexión de tierra.
- c) Verifíquese que todas las juntas tienen la protección adecuada.
2. Cuando se trata de motores de gasolina o diesel, verifíquese periódicamente si están trabajando a la velocidad recomendada por el fabricante del vibrador. Si no es así, la frecuencia desarrollada en la cabeza del atizador tampoco será la correcta y la compactación del concreto no será tan rápida y eficaz como debiera.
 3. Evítense siempre los dobleces agudos en las flechas flexibles, especialmente cuando estén en uso.
 4. Revítese regularmente si hay señales de desgaste en cada una de las piezas del equipo y corrijanse las fallas.
 5. Nunca se conecte la flecha del atizador a un motor, cuando éste esté en movimiento. Son muchos los accidentes que han ocurrido porque el operador no se tomó la molestia de detener el motor o, si está provisto de embrague centrífugo, no se preocupó de reducir su velocidad.
 6. Verifíquese que los baleros están bien engrasados para evitar problemas; por ejemplo, el tubo del vibrador puede torcerse y brincar. Si esto sucede, debe detenerse el vibrador para examinar los baleros y engrasarlos si es necesario.
 7. No se deje el atizador mucho tiempo en el mismo lugar, al estar vibrando concreto.
 8. No se deje el atizador funcionando mientras se espera un nuevo suministro de concreto.
 9. Si el atizador tipo péndulo no comienza a vibrar al conectarlo, como sucede con frecuencia, puede hacerse funcionar sacudiendo su cabeza o dándole un ligero golpe a la cubierta. Si esto no da resultado, debe desconectarse para revisar el acoplamiento del motor. No debe seguir utilizándose si el motor continúa fallando.
En motores de flecha, la falla puede estar en la flecha o en el pasador. En motores eléctricos puede fallar un fusible o un interruptor, o bien tener una rotura en el cable; puede deberse incluso a que se ha quemado el motor.
 10. Cuando se emplee un vibrador neumático, retírese la humedad de la línea de aire antes de conectarlo. Verifíquese también que no hay fugas en la línea o en las conexiones, de lo contrario el vibrador no funcionará a toda su capacidad.

APENDICE 2: VIBRADORES EXTERNOS O DE ABRAZADERA

El vibrador externo o de abrazadera consta de un motor eléctrico y un elemento no balanceado. Se fija en la cimbra para que las vibraciones sean transmitidas al concreto a través de ella. Aunque se emplea principalmente en trabajos de concreto precolado, a veces es necesario en

construcciones comunes, cuando no es posible insertar un atizador, como en el caso de secciones muy esbeltas o con demasiado acero de refuerzo. Estos vibradores compactan solamente concreto en secciones de menos de 300 mm de espesor.

Cuando se empleen vibradores externos, la cimbra deberá ser diseñada y construida para soportar las repetidas revisiones de esfuerzo, y para ser capaz de extender uniformemente las vibraciones sobre un área considerable. Para sostener el vibrador, se fijan en la cimbra soportes especialmente diseñados. Puesto que, generalmente, los vibradores se mueven hacia arriba o a lo largo de la cimbra conforme ésta se va llenando, el número de soportes puede ser mayor que el de vibradores disponibles.

Cabe señalar los siguientes puntos:

1. Se verificará que todas las juntas, tanto dentro como entre los tableros, estén apretadas y selladas. La cimbra se mueve más que cuando se emplean atizadores, y la lechada puede escurrir por la más pequeña de las aberturas.
2. Se comprobará que los vibradores estén firmemente sujetos o atornillados a los soportes y se vigilarán constantemente durante su empleo, para asegurarse de que no se hayan aflojado, de lo contrario, las vibraciones no se transmitirán completamente a la cimbra y al concreto.
3. El concreto se alimentará en pequeñas cantidades dentro de las secciones, para que quede en capas uniformes de aproximadamente 150 mm de espesor. Esto evita la inclusión de aire conforme se eleva la carga.
4. Se mantendrán en observación continua todos los accesorios, que deben estar atomillados en vez de clavados, especialmente las tuercas de los pernos, que pueden aflojarse fácilmente por la vibración intensa. Se vigilarán también las pérdidas de lechada de concreto y se taparán las fugas siempre que se pueda.
5. Cuando sea posible, se compactarán mediante un atizador los 600 mm superiores del concreto en un muro o una columna; si esto no es factible, se compactarán por varillado manual o paleando hacia abajo sobre la cara de la cimbra. Los vibradores externos tienden a crear espacios entre la cimbra y el concreto; en las capas inferiores, este espacio se cierra gracias al peso de las capas superiores de concreto, pero en la última capa puede no cerrarse y desfigurarse la superficie.

Número y espaciamiento de los vibradores externos

Debido a las variables involucradas, como son la rigidez de la cimbra, la calidad del concreto y el alcance efectivo de los vibradores disponibles,

no existen reglas fijas respecto al número de vibradores necesarios y a su más adecuada distribución. A manera de guía se sugieren los siguientes puntos:

1. Generalmente, los vibradores no deben estar a más de 1 metro de distancia entre sí en cualquier dirección. En algunos casos puede ser necesario que estén más cerca unos de otros.
2. En ángulos e intersecciones se reduce la distancia a la cual son más eficaces, por lo tanto deben ser colocados a 0.5 m de las esquinas e intersecciones.
3. En muros y columnas de no más de 1 metro de altura, por lo general será suficiente una sola fila de vibradores a una altura media.
4. En alturas mayores de 1 metro, la fila más baja debe fijarse a 0.5 m sobre el fondo, estando las filas subsiguientes a distancias de 1 metro verticalmente. Lo ideal sería contar con suficientes vibradores para fijarlos en la cimbra a todo lo largo y todo lo alto del elemento. Una vez que cada cubierta de 1 metro de concreto haya sido colada y compactada, puede desconectarse la fila inferior de vibradores, conectando la fila superior, hasta que la siguiente capa haya sido colada, y así sucesivamente.
Si no se cuenta con suficientes vibradores para cubrir la altura total (*deben tenerse* suficientes para cubrir el *largo* total del elemento), habrá necesidad de ir subiéndolos conforme progresa el colado.
5. Antes de dar comienzo al colado, puede verificarse, de manera general, la correcta distribución de los vibradores, conectándolos y pasando la mano sobre la cimbra para sentir la vibración, para descubrir si hay áreas distintivamente fuertes y débiles y, especialmente, si hay áreas "muertas". Puede ser necesario ajustar la posición de los vibradores para lograr una vibración uniforme sobre toda el área.

La Cement and Concrete Association ha producido una serie de películas sobre *La Práctica del concreto*, incluyendo una sobre *Colado y Compactación*. La Film Library, Cement and Concrete Association, Wexham Springs, Slough SL3 6 PL, puede proporcionar copias de estas películas en calidad de préstamo gratuito (dentro del Reino Unido).

curado del concreto

Cuando se mezcla cemento con agua, tiene lugar una reacción química; esta reacción, llamada hidratación, es la que hace que el cemento, y por lo tanto el concreto, se endurezca y después desarrolle resistencia. Este desarrollo de resistencia se observa sólo si el concreto se mantiene húmedo y a temperatura favorable, especialmente durante los primeros días.

El concreto que ha sido correctamente curado es superior en muchos aspectos: no sólo es más resistente y más durable bajo ataques químicos, sino que también es más resistente al desgaste y más impermeable; por añadidura, es menos probable que lo dañen las heladas y los golpes accidentales que reciba.

Además de asegurar el desarrollo de resistencia en el cuerpo del concreto, el curado apropiado proporciona a la delgada capa expuesta de éste una propiedad de "cubierta endurecida", que aumenta considerablemente su resistencia al desgaste y su buen aspecto durante mucho tiempo, cuando está a la intemperie.

En todos los aspectos, un concreto bien curado es un mejor concreto.

Este capítulo se refiere únicamente al proceso que garantiza que el concreto se conservará húmedo durante su vida temprana, después del

colado. En los títulos 3 y 4 de las referencias puede obtenerse información sobre las precauciones adicionales que deben tomarse en clima frío y en clima caliente.

METODOS DE CURADO

El curado puede efectuarse mediante la aplicación de diversos métodos y materiales que conviene considerar en dos grupos:

1. Los que mantienen el agua o la humedad en contacto estrecho con la superficie de concreto: tales como inundación, aspersión/rociado, arena húmeda o yute mojado.
2. Los que evitan la pérdida de humedad del concreto: tales como hojas de polietileno, papel de sacos de cemento, conservación de la cimbra en posición y aspersión de membranas de curado.

Aunque se ha demostrado mediante pruebas que los métodos del primer grupo son los más eficaces y pueden ser apropiados para algunos trabajos, también tienen las desventajas prácticas de ser más costosos, tanto en materiales como en mano de obra y, lo que tal vez es más importante, es difícil garantizar que se apliquen adecuadamente; si no es así, es decir si la superficie de concreto no se conserva CONTINUAMENTE húmeda durante el período de curado necesario, el proceso puede redundar en más perjuicio que beneficio.

Los métodos del segundo grupo, aunque no tan eficaces como los del primero, son, en general, suficientes para todo tipo de trabajo, excepto los muy especiales, y tienen la ventaja de que pueden aplicarse con mayor facilidad.

POLIETILENO, YUTE, PAPEL DE SACOS DE CEMENTO

Consérvese el yute *continuamente* húmedo; utilícenle varias capas de yute.

Una sola capa generalmente se seca demasiado rápido.

Manténgase bien sujetos los bordes y esquinas expuestos.

Para que las corrientes de aire no soplen sobre la superficie del concreto y lo sequen —y para evitar que el aire los levante—, es mejor asegurar las juntas con cinta adhesiva.

El traslape de las juntas de polietileno y el de sacos de cemento debe ser de 300 mm.

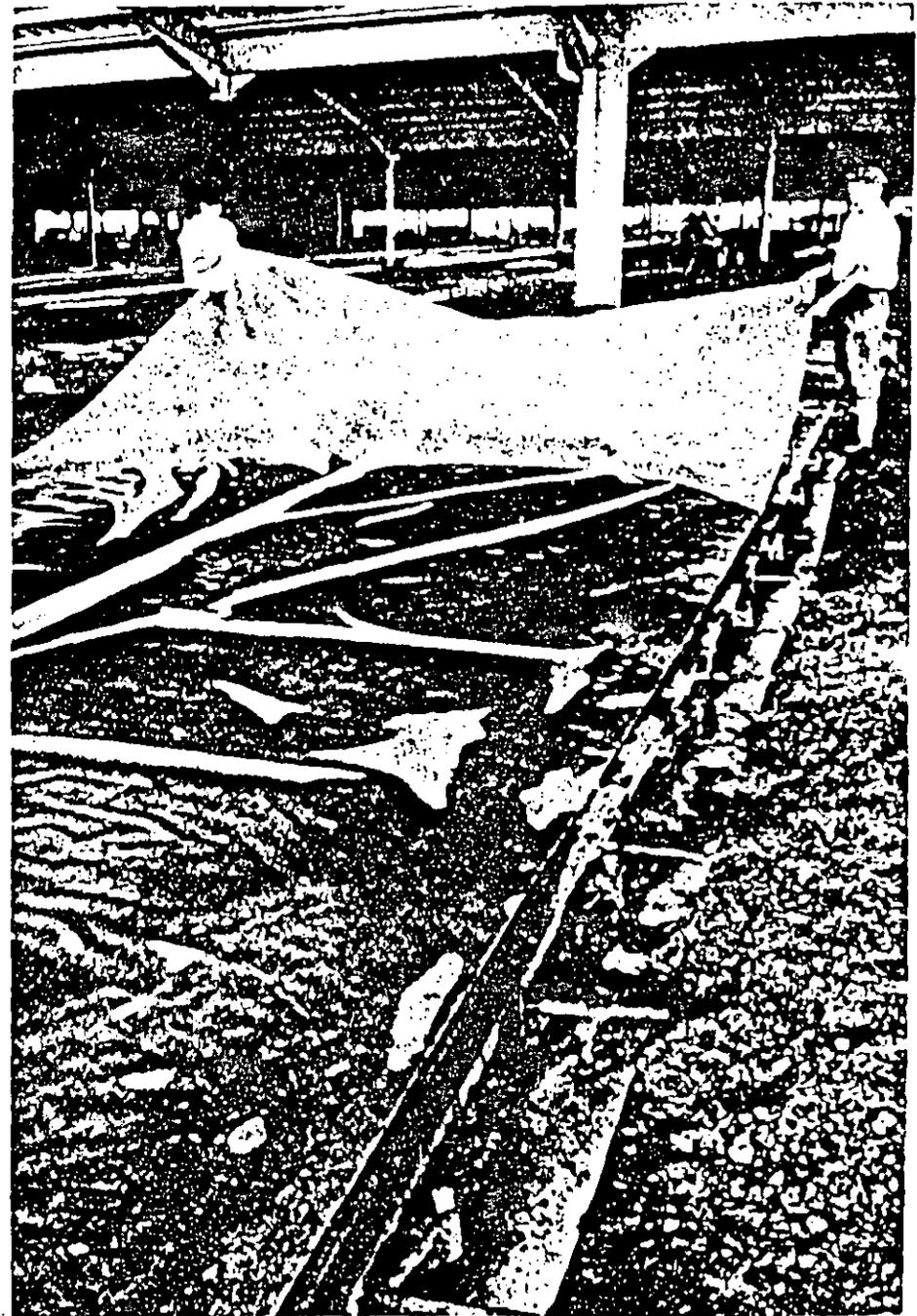


Fig. 1. Extensión de las hojas de polietileno para el curado húmedo de yute para piso sobre el terreno.

Consérvense las hojas de cualquier material en contacto estrecho con la superficie del concreto.

Utilícese cinta adhesiva o cáñamo para amarrarlas alrededor de las columnas o vigas.

Colóquense y sujétense lo más pronto posible.

- *En el transcurso de la 1/2 hora siguiente a la remoción de la cimbra en superficies verticales.*
- *En losas, tan pronto como el concreto se haya endurecido lo suficiente para evitar daños en la superficie.*

Debe tenerse presente que lo más importante es conservar húmeda la superficie del concreto; no debe permitirse que seque.

COMPUESTOS PARA CURADO

Los compuestos para curado son líquidos que se aplican sobre el concreto por aspersión y que al secarse dejan una delgada película continua de resina en la superficie, sellándola y deteniendo así la pérdida de humedad. En el apéndice A se proporciona información adicional sobre estos compuestos.

En la mayoría de las obras será adecuado el empleo de un aspersor manual de jardín.

Verifíquese que se emplee el grado correcto.

Verifíquese que se tiene suficiente cantidad en existencia.

Verifíquese que se tiene a mano el solvente para la limpieza del aspersor.

Agítase el compuesto antes de usarlo.

Se necesita aproximadamente 1 litro por cada 4 m² de concreto (1 galón para cada 20 yd²).

Especialmente los pigmentados; el pigmento tiende a asentarse en el fondo del envase.



Fig. 2. Cuidadoso curado de unas columnas de concreto, empleando hojas de polietileno y yute mojado. Obsérvese la manera en que el yute envuelve la parte superior de la columna. Las tablas de madera en las aristas las protegen de cualquier daño.

Sosténgase la boquilla del aspersor a unos 300 - 500 mm de la superficie del concreto.

Rociése uniformemente, para cubrir completamente la superficie del concreto.

No se aplique sobre superficies secas.

Límpiese bien el equipo después de utilizarlo, o cuando sea probable que haya una demora de más de 1/2 hora antes de volver a utilizarlo.

Usense gafas protectoras.

Aplíquese en losas, etc., lo más pronto posible y, en todo caso, antes de 1/2 hora después de haberse evaporado el agua de la superficie.

Cuando sea necesario, aplíquese en superficies verticales casi inmediatamente después de remover la cimbra.

Utilícese un compuesto con pigmento blanco, o de aluminio, para todas las losas exteriores.

No se utilicen compuestos de curado sobre superficies que

Especialmente cuando sople mucho viento.

En general, es suficiente con una capa. Se logra mejor una cobertura uniforme aplicando la mitad de la cantidad necesaria, moviendo la boquilla de arriba hacia abajo en una dirección y aplicando la otra mitad moviendo la boquilla en ángulo recto con respecto a la aplicación anterior.

Las superficies secas absorben el compuesto, que puede causar manchas o decoloración.

Préstese atención especial a la limpieza de la boquilla y de la maniguera.

Especialmente cuando sople mucho viento.

En tiempo húmedo; el brillo del agua puede tardar varias horas en desaparecer; en tiempo seco, desaparece en menos de 1/2 hora.

Si la superficie ya no está "fresca" y se ha secado, mójese con agua limpia y aplíquese el compuesto mientras está húmeda.

Estos refractan mejor los rayos del sol y ayudan a conservar más fresca la superficie.

La película de resina se rompe y se escama después de 28 días de

van a recibir acabados, llanado o pintura.

No se emplee en juntas de construcción.

COLUMNAS, VIGAS Y MUROS

Mientras está en posición, la cimbra protege el concreto contra la pérdida de humedad, y es solamente después de removerla cuando el concreto puede requerir el curado adicional.

Cuando la cimbra se conserva puesta durante 4 días, no es necesario el curado adicional, aun en clima caliente, a menos que el concreto vaya a estar expuesto permanentemente.

Por lo general no es necesario el curado adicional, independientemente de la prontitud con que se remueva la cimbra, cuando el concreto va a recibir la aplicación de un tratamiento decorativo, como lustre, yeso o pintura, o cuando va a ser martelinado o sopleteado de arenisca (a no ser que vaya a estar expuesto a la intemperie; véase página 69).

Las superficies verticales, en general, solamente requieren curado adicional en climas templados, cuando la cimbra se retira en el transcurso de los 4 días siguientes al colado del concreto, cuando:

1. Las superficies deben ser de un color uniforme; por ejemplo, varias columnas similares o una serie de colados que forman un muro.
2. La superficie va a estar expuesta a la intemperie permanentemente.

Uniformidad del color

El color del concreto puede verse afectado, estando todo el resto uniforme, por su edad en el momento de remover la cimbra y por el clima imperante después de la remoción, es decir, si el día es húmedo o caliente y seco.

Cuando la uniformidad del color es importante, por ejemplo en el caso de superficies aparentes o de aquéllas que conservan las marcas de la cimbra, es posible:

1. Dejar la cimbra en posición durante 4 días, en cuyo caso, por lo general no es necesario el curado adicional.
2. Cubrir o envolver el concreto con hojas húmedas de yute o polietileno, cuando la cimbra se remueve antes de 4 días, y cubrir

exposición a la luz brillante del sol, pero si se queda en la superficie, evita la adherencia.

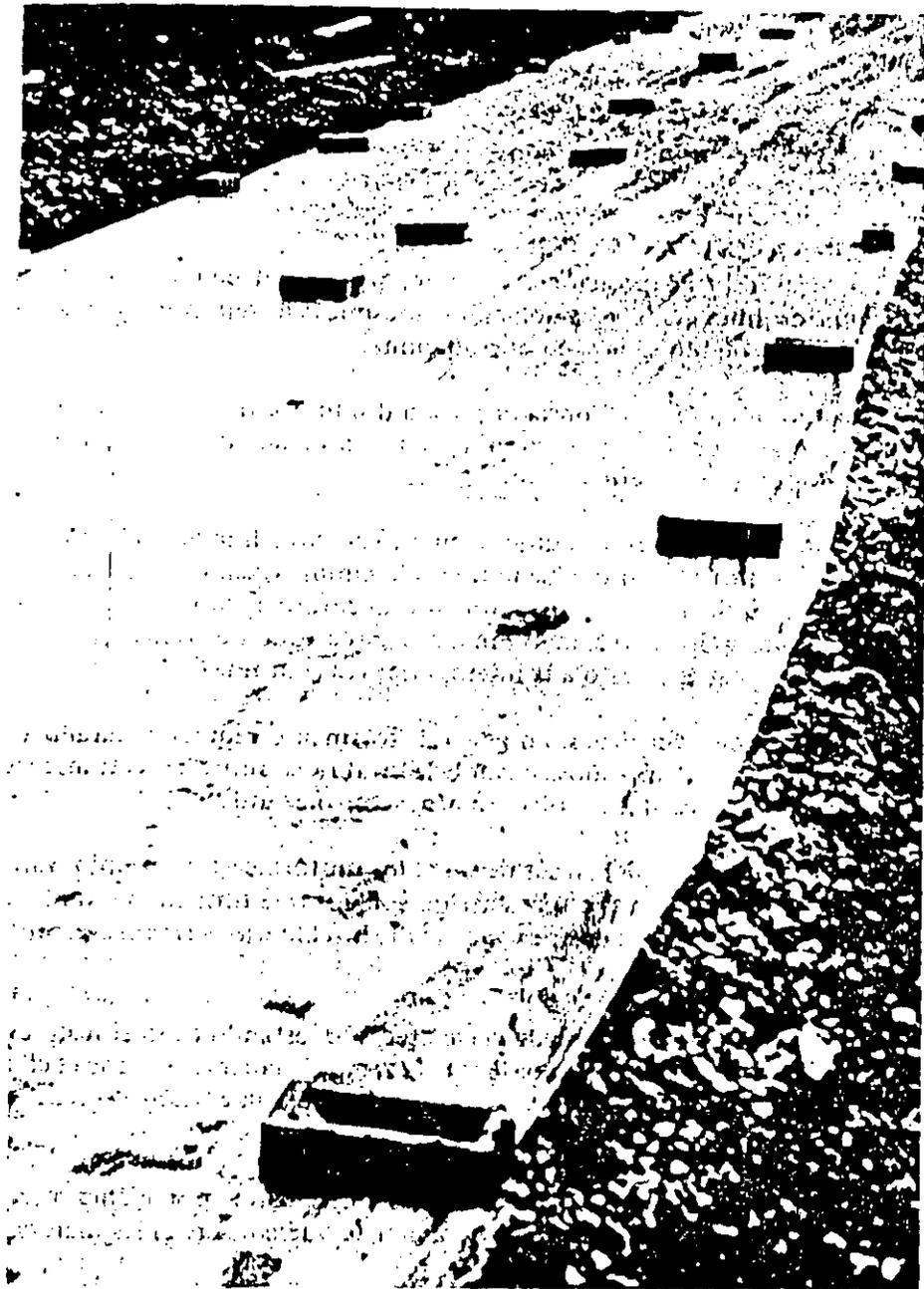


Fig. 3. Curado correcto de una losa de concreto para carretera, mediante hojas de polietileno colocadas directamente sobre el concreto. Las cimbras laterales ya se han removido, teniendo cuidado de cubrir después los bordes. Se han empleado tabiques para sujetar los bordes y la parte central de las hojas.

to durante otros tres días por lo menos. Otra alternativa puede ser la aplicación de un compuesto de curado, pero sólo en el caso de que el concreto vaya a estar permanentemente expuesto a la intemperie.

Concreto aparente

Todas las superficies verticales de concreto, incluyendo las blancas y las de color, que vayan a estar expuestas permanentemente a la intemperie, requieren mayor atención en su curado. Una superficie bien curada será más impermeable y más capaz de resistir la acción de las heladas, el clima húmedo y el seco; asimismo, se reducirá la cuarteadura de la superficie. Un buen curado ayuda también a conservar durante largo tiempo el aspecto del concreto, al reducir la acumulación de suciedad.

Todo concreto que vaya a estar expuesto permanentemente a la intemperie debe someterse a un curado de *por lo menos 7 días*; esto se aplica también a concretos cuyas superficies vayan a ser tratadas con martelinado o soplado de arenisca.

Para este propósito pueden utilizarse hojas de yute o polietileno, pero en general es más conveniente emplear un compuesto de curado, aplicado por aspersión.

Concreto blanco y de color

Es preferible el empleo de hojas de plástico al de yute, algunos yutes, especialmente cuando son nuevos, pueden dejar una mancha en el concreto.

Las hojas de plástico tienen la ventaja adicional de que, cuando se dejan puestas, pueden evitar que la superficie se ensucie debido al trabajo en otra obra cercana; la remoción subsecuente de mugre y manchas es costosa y requiere mucho tiempo.

No es aconsejable la aplicación de compuestos de curado sobre concreto blanco o de color, a no ser que se esté seguro, mediante pruebas en obra, de que no mancharán la superficie.

Manchas de óxido

En las áreas donde el acero de refuerzo sobresale de la parte superior de columnas y muros—por ejemplo como continuación del refuerzo para el concreto que se colará posteriormente—, se pueden evitar las manchas de óxido y las del agua de lluvia que escurre por la superficie de concreto, mediante la aplicación de una lechada de cemento puro sobre el acero de refuerzo. Otra alternativa es el empleo de mangas de polietileno sujetas con cinta adhesiva a la parte superior del mismo.

LOSAS PARA CARRETERAS, PAVIMENTOS Y PISOS

En tanto que el concreto protegido inicialmente por la cimbra no requiere curarse necesariamente, para la mayoría de las superficies horizontales es esencial un buen curado. Esto es particularmente importante cuando el concreto está destinado al tránsito, ya sea de peatones o de vehículos.

El curado siempre debe iniciarse lo más pronto posible, una vez colocado y compactado el concreto; generalmente, en el transcurso de la primera 1/2 hora después de la desaparición del brillo del agua.

Losas para carreteras y otros concretos exteriores (andadores y calzadas)

En las principales carreteras de concreto suele rociarse una membrana de curado, por medio de una máquina de operación mecánica, que forma parte del equipo de pavimentación y de la cual no nos ocuparemos en este capítulo.

En áreas pavimentadas más pequeñas, para las que se emplean métodos de construcción semimanuales, lo más conveniente es aplicar la membrana de curado mediante un aspersor del tipo de los fumigadores para jardín.

Debe utilizarse siempre un compuesto de pigmento blanco o aluminizado de grado superior; cerciorándose de que se aplique una capa uniforme y teniendo especial cuidado cuando sople viento fuerte.

Aunque las membranas de curado pueden ser empleadas en áreas pequeñas de concreto expuesto, es quizá más conveniente, e igualmente bueno, utilizar hojas de polietileno o papel de sacos de cemento.

Esta cubierta debe conservarse puesta durante 7 días por lo menos. Es preciso prestar atención especial a los bordes de las hojas, ya que el concreto tiende a secarse en estas áreas.

Losas que van a ser recubiertas

No debe utilizarse un compuesto de curado en losas que posteriormente recibirán un recubrimiento de arena-cemento, granolítico o de otro material adherente, ya que esto puede afectar la adherencia.

El empleo de hojas de polietileno en este caso suele ser lo más conveniente, pero también puede emplearse papel de sacos de cemento o yute húmedo.

Es preciso cubrir el concreto lo más pronto posible después del acabado, especialmente cuando sople viento seco.

concreto de acabado directo y recubrimientos

Los acabados granolíticos y martelinados deben ser muy resistente al desgaste y, en su caso, es indispensable prestar especial atención al curado.

Después del aplanado final (ya sea manual o mecánico) la superficie debe estar lo suficientemente firme para proceder de inmediato a

1. Cubrirla con hojas de polietileno o algo similar.
2. Aplicar un compuesto de curado.

No debe permitirse que la superficie seque antes del curado.

Las hojas de plástico se mantendrán puestas por lo menos durante 7 días.

Puede originarse cierta pérdida de humedad en los bordes y traslapes, en cuyo caso será necesario levantar las hojas cada tercer día y rociar agua. No hay que olvidar volver a colocar las hojas.

Enrasado de arena cemento

En este caso no es recomendable el empleo de compuestos de curado.

Después de aplicar el enrasado de arena-cemento, debe conservarse húmedo continuamente, durante 7 días por lo menos, y de preferencia mediante cubiertas de polietileno o papel de sacos de cemento.

APENDICE A

Notas breves sobre compuestos de curado

Los compuestos de curado son líquidos que se aplican por aspersión sobre superficies de concreto, y tienen la ventaja de poder ser empleados tanto en áreas horizontales de concreto fresco como en superficies verticales, después de remover las cimbras.

Las membranas de curado más comunes comercialmente, consisten en un solvente resinoso que, después de la aplicación, se evapora y deja en la superficie del concreto una delgada película continua o membrana de resina, que encierra dentro del concreto la mayor parte del agua. Esta película de resina se conserva intacta durante 4 semanas, pero después se hace quebradiza y comienza a desprenderse por la acción del sol y la intemperie. Fueron desarrolladas para carreteras y pavimentos en los campos de aviación, superficies cuyo curado satisfactorio por otros medios es difícil y poco práctico y, actualmente, se las emplea extensamente para el curado de concreto estructural; sin embargo, algunas ocasiones su empleo no es adecuado.

La mayoría de las marcas patentadas se presentan en varios grados: generalmente, un grado estándar que tiene lo que se llama una eficiencia de curado de 75 %, y un grado mejor con eficiencia de curado de 90%; ambas soluciones son de color ambar claro. Además, los dos grados se presentan por lo general con pigmento blanco o aluminizado, o con tinte fugitivo; los que tienen pigmentación blanca o de aluminio en polvo son especialmente indicados para áreas pavimentadas exteriores, en las que el pigmento refleja los rayos del sol, reduciendo la cantidad de calor solar absorbida por el concreto; aquéllos que contienen un tinte fugitivo hacen más fácil observar dónde se aplicó la membrana y su aplicación fue uniforme; el tinte desaparece rápidamente después de la aplicación y no mancha la superficie de concreto, siempre que se aplique mientras ésta todavía está húmeda. Existen compuestos no tóxicos que se emplean en concreto destinado a almacenar agua potable.

En general, y estrictamente en Gran Bretaña, los grados pigmentados de alta eficiencia deben emplearse para áreas pavimentadas exteriores, y los grados de menor eficiencia, no pigmentados, en concreto estructural. En climas tropicales deben emplearse los grados de mayor eficiencia en todas las aplicaciones.

En conclusión en toda obra es indispensable verificar que se emplee el tipo adecuado de membrana de curado.

Puesto que la descomposición de la película de resina es causada principalmente por la luz del día, las superficies de concreto que no vayan a ser expuestas a estas condiciones no deben tratarse con compuestos de curado si van a recibir concreto adicional (como en las juntas de construcción), o bien tratamientos de tipo decorativo como: llanado, aplanao o pintura, los cuales requieren una adherencia positiva.

juntas de construcción

Una junta de construcción, o junta de trabajo, es aquella en la que hay necesidad de colar concreto fresco contra o sobre concreto ya endurecido.

Las juntas de construcción son útiles porque es imposible colar el concreto continuamente, desde el principio hasta el final de la construcción, ya que puede estar limitada la cantidad disponible de cimbra o, en otro caso, puede existir un límite en la cantidad de concreto que conviene colar de una sola vez, lo que ocurre con frecuencia.

Este capítulo sugiere varios métodos para lograr juntas de construcción en las que debe alcanzarse una buena adherencia, para evitar movimientos o derrames.

El concreto fresco puede adherirse al concreto endurecido de manera tal, que la resistencia de la junta sea casi tan buena como la del mismo concreto, si esto se hace adecuadamente.

El primer requisito para lograr una buena adherencia es que la superficie del concreto endurecido esté limpia, libre de lechada y tenga el aspecto de agregado expuesto (véase figura 1).

En segundo término, el concreto fresco debe colarse y compactarse de manera que se "amarre" con la superficie preparada.

Las juntas siempre son perceptibles, independientemente de lo bien hechas que estén, por lo que siempre debe intentarse formar una línea nítida en la parte exterior de la unión. Cuando el aspecto visual es importante, especialmente en superficies aparentes de alta calidad, los diseñadores frecuentemente la hacen formar parte de los detalles decorativos.

COMO REMOVER LA LECHADA

Cuando el concreto se vibra, el agua excedente sube a la superficie —proceso conocido como “sangrado”—. Esta agua trae consigo una pequeña cantidad de cemento y finos que quedan sobre la superficie después de que el agua se ha evaporado. Esta carga de cemento y de finos se llama lechada y debido a su elevado contenido de agua es débil, porosa y permeable, por lo que no proporciona una buena adherencia para el concreto fresco.

Asimismo, el concreto colado contra cimbras verticales tiene también una película de pasta de cemento en la superficie que, aunque no es tan porosa como la parte superior de una junta horizontal, probablemente afecte la adherencia al colar concreto fresco sobre ella.

Cuando se requiere una buena adherencia, debe eliminarse la lechada, tanto de las superficies horizontales como de las verticales.

Superficies horizontales

Existen varias maneras de eliminar la lechada de la parte superior de muros y columnas, teniendo en cuenta que el principal objetivo es que la superficie tenga el aspecto de un agregado expuesto (véase la figura 1).

1. La manera más fácil es cepillar la lechada mientras el concreto aún se encuentra fresco y comienza a endurecerse. La elección del momento oportuno es decisiva, ya que depende del clima y de la mezcla —en clima caliente, el concreto se endurece más rápido que en clima frío, y una mezcla rica en cemento se endurece antes que una mezcla pobre—. Por regla general, el mejor momento es alrededor de 1 o 2 horas después de que el agua de la superficie se ha evaporado.

El método consiste en usar un cepillo pequeño para eliminar la lechada, mientras se rocía ligeramente con agua la superficie (véase la figura 2).

Es conveniente tener a la mano dos cepillos, uno de cerdas suaves y otro de cerdas duras en el caso de que el concreto se haya endurecido más de lo esperado.

Es necesario cepillar suavemente la superficie para no arrancar trozos del agregado grueso —sólo las puntas del agregado deben quedar al descubierto—.

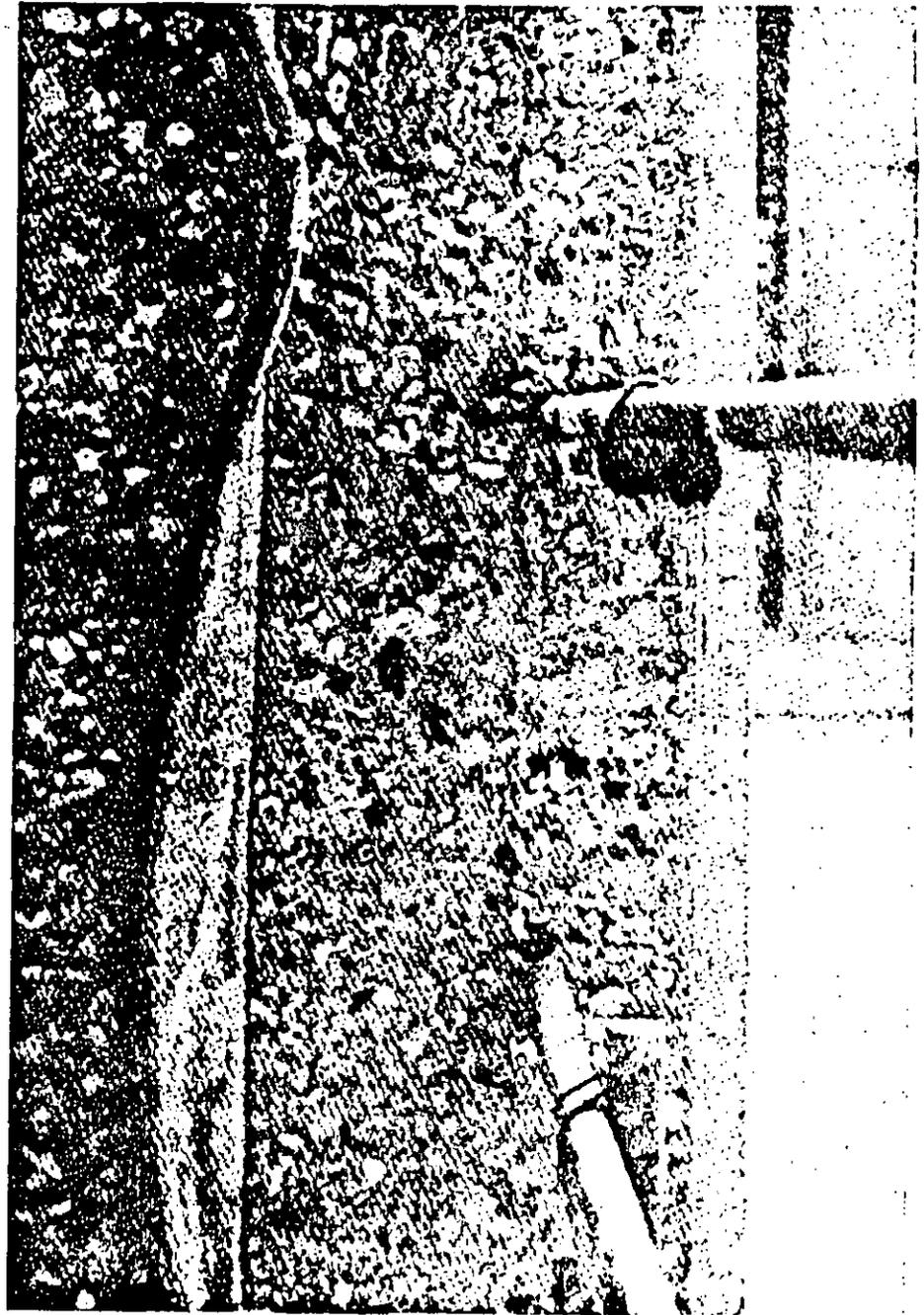


Fig. 1. Junta de construcción vertical en una estructura de agua, que muestra la textura requerida después de la preparación. Obsérvese el margen de 25 mm de ancho que proporciona una línea clara para la junta, después del colado siguiente.

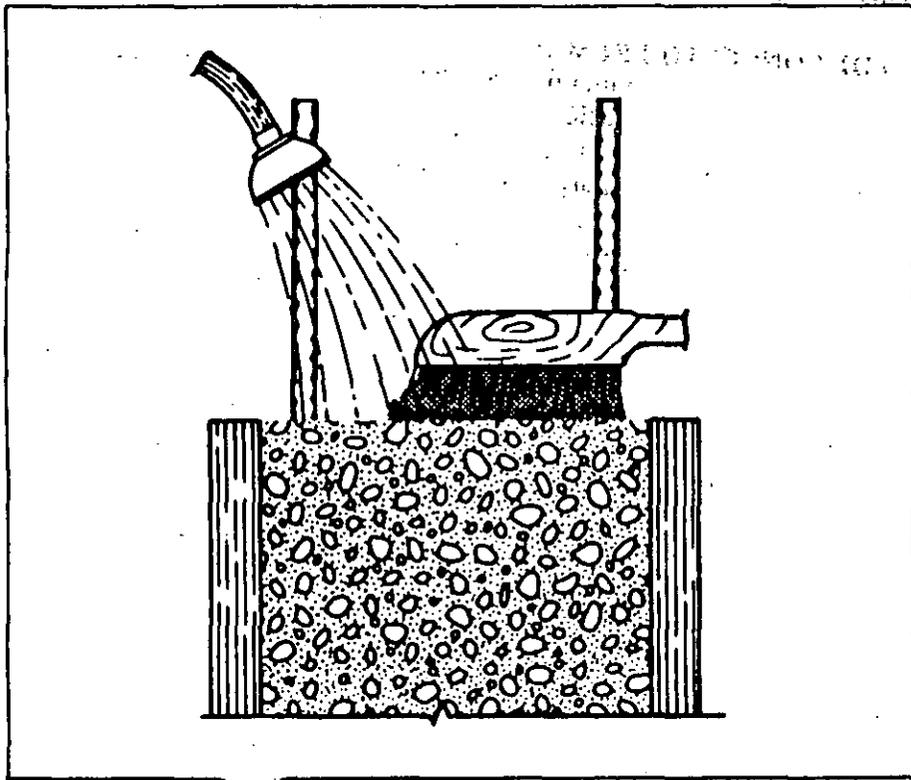


Fig. 2. Lavado y cepillado para eliminar la lechada, realizado dos horas después del colado. Es preciso tener cuidado de no desprender o aflojar las partículas de agregado grueso.

2. Si se dispone de una planta apropiada, se puede eliminar la lechada mediante un chorro de agua y aire combinados, lo que puede llevarse a cabo 6 horas o más después del colado; sin embargo, en este caso la elección del momento oportuno también es decisiva y dependerá de la presión del chorro, así como de la mezcla y del clima. No debe hacerse demasiado pronto para no arrancar partículas del agregado grueso.
3. Si la lechada se ha endurecido, pero no lo suficiente —digamos a la mañana siguiente— será suficiente un cepillo de alambre y un poco de agua para eliminar la lechada. Después, se lavará bien la superficie para eliminar el polvo.
4. Si la superficie se ha endurecido lo suficiente para impedir la acción de los cepillos de alambre, deberá desbastarse mecánicamente. Lo mejor en este caso es emplear pequeñas herramientas mecánicas de percusión que deben ser manejables, como las que se utilizan para el

martelinado de acabados de agregado expuesto, o una pistola de agujas. El peligro de emplear este método es que puede llegar a estrellar debilitar el agregado grueso de la superficie, o aflojar partículas grandes, por lo que no debe emplearse hasta que el concreto tenga más de tres días y, aun así, debe hacerse muy cuidadosamente. Es un método lento y costoso.

5. Generalmente el empleo del chorro de arena, mojada o seca, solamente es adecuado cuando se requiere tratar áreas muy grandes, como es el caso de una presa.

Un método empleado ocasionalmente es la aspersión de un retardante sobre la superficie del concreto, con el fin de "matar" el fraguado de manera que la lechada pueda ser cepillada al día siguiente o más tarde aun. Este método no es recomendable, pues es difícil estar seguro de que se ha removido todo el concreto retardado y, de lo contrario, el concreto fresco colado contra éste puede resultar afectado con una adherencia deficiente.

Una vez que se ha preparado y limpiado una superficie, debe conservarse limpia. Al lavarla, se tratará de evitar que escurra lechada sobre la superficie del concreto.

Superficies verticales

Las juntas de construcción verticales en muros, vigas y losas, se forman generalmente contra topes, que deben estar situados donde el acero de refuerzo es menos denso; además, deben estar bien hechos, se fácilmente descombrables y fijos de manera que impidan la pérdida de lechada de cemento. En la figura 3 se muestran los detalles de un top común.

La mayoría de las juntas de construcción verticales no requieren tratamiento alguno en su superficie, por lo que son bastante satisfactorias las superficies simplemente lisas. Solamente cuando la junta está sometida a fuerzas elevadas de cortante (es el ingeniero quien decide esto) o bien cuando es necesaria una junta monolítica impermeable, la superficie requerirá alguna preparación. Los métodos adecuados son los siguientes:

1. Cuando sea posible retirar el tope, 4 o 6 horas después del colado, sin alterar la cimbra principal, puede emplearse el método de cepillo y aspersión descrito anteriormente para superficies horizontales.
2. Si el tope se quita la mañana siguiente, por lo general el concreto estará aún bastante fresco para poder retirar la superficie de cemento hasta una profundidad de 2 mm aproximadamente. Esto debe hacerse cepillando la superficie con un cepillo de alambre después de quitar el tope.

3. Si la superficie ya se ha endurecido, probablemente será necesario desbastarla con un martillo o mediante chorro de arena, para obtener la textura deseada.
4. La malla de metal desplegado con un marco adecuado, es especialmente apropiada para los topes, principalmente cuando se aprecia congestión en el acero de refuerzo. En circunstancias en las que no es indispensable contar con una buena adherencia en la junta, puede dejarse el metal desplegado, pero es más probable que haya necesidad de quitarlo. Si se quita al día siguiente, tirando de él, la superficie estará lo suficientemente áspera y libre de lechada para no requerir ya ningún tratamiento adicional. Cuando la línea y el aspecto de la junta son importantes, debe mantenerse el metal desplegado a unos 40 mm de la cara, para evitar desportillamiento de esquinas y aristas a lo largo de ésta última.

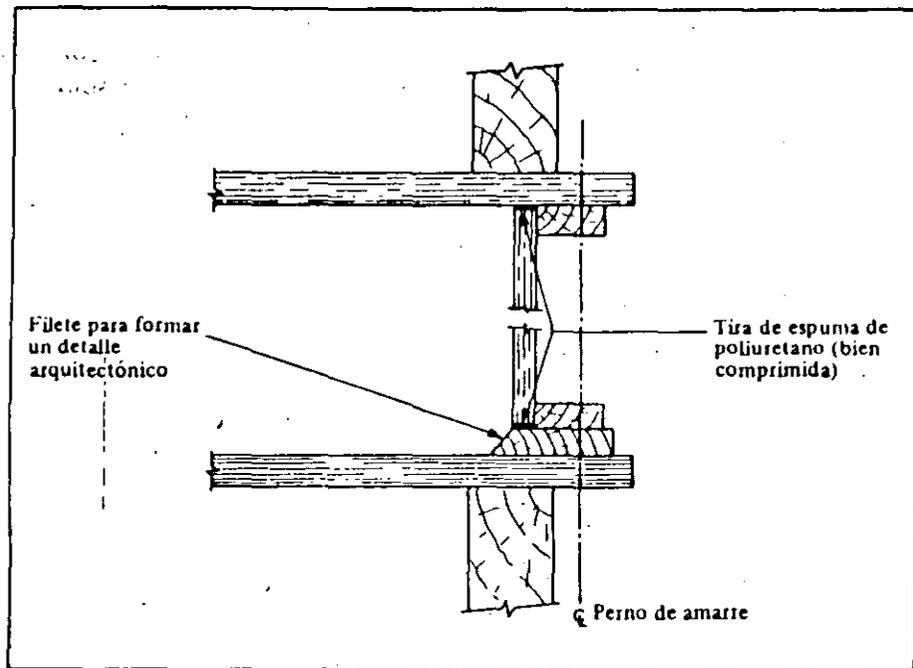


Fig. 3. Detalle del tope en una junta de construcción vertical. Los requisitos principales son sencillez de construcción y un buen sellado para evitar pérdidas de lechada.

Cuando se requiera resaltar las juntas horizontales o verticales, o se desee una línea demarcada, debe tenerse cuidado, especialmente cuando

se martelina, de no desportillar las aristas a lo largo de la línea de la junta. Es buena idea dejar sin tratamiento un margen de 25 o 40 mm.

COLADO DE CONCRETO FRESCO

Ya sea que se necesite o no una buena adherencia en la junta de construcción, el colado y compactación del concreto fresco en o sobre una junta requiere cuidado y atención particular. Un concreto pobremente compactado o alveolado en la parte inferior del colado de un muro o de una columna, deja en ambos una junta débil y de aspecto pobre.

Primero debe eliminarse toda la suciedad o polvo de la superficie de concreto, ya que estos elementos podrían actuar como una capa de separación. Asimismo, deben retirarse los residuos de aserrín, trocitos de madera, clavos y trozos de alambre de amarre. La mejor manera de hacerlo es soplando la superficie con aire comprimido. Cuando no se disponga de aire comprimido, tendrá que cepillarse muy bien. Esta limpieza debe hacerse antes de levantar la cimbra, pero si queda algún residuo después de levantarla, habrá que eliminarlo quitando uno de los topes.

El empleo de morteros o lechadas, o el recurso de mojar la cara de la junta en superficies de concreto preparadas, no es recomendable por las siguientes razones:

1. Se ha demostrado mediante pruebas que no se mejora sensiblemente la adherencia entre el concreto endurecido y el concreto fresco.
2. El limitado acceso a una junta horizontal en la parte inferior de un colado para el cual ya se ha levantado la cimbra, hace difícil verificar si el mortero o la lechada se aplicaron uniformemente; en todo caso, para que esta aplicación sea efectiva, la superficie debe limpiarse mediante un cepillado enérgico.
3. Es prácticamente imposible aplicar mortero o lechada en una junta vertical, especialmente cuando ya se ha levantado la cimbra.
4. Se corre el riesgo de que la lechada o el mortero se seque antes de que el concreto sea colado; si llega a secarse significa, sencillamente, que se ha vuelto a aplicar la lechada que tan cuidadosamente se eliminó antes.
5. El aspecto exterior de la junta puede deteriorarse debido a una línea de diferente color.

En juntas horizontales

El concreto debe colocarse directamente en su posición.

La primera capa de concreto no debe ser deficiente en finos. Si existe algún peligro de perder cierta cantidad del mortero del lote al transportar o colar el concreto, la primera mezcla debe hacerse un poco más

rica en cemento que las mezclas subsecuentes. Tratándose de concreto premezclado es común que la descarga sea un poco "huesuda" al principio, en este caso puede ser necesario apartar los primeros 0.25 m³ para remezclarlos y adicionarlos posteriormente.

Se extiende uniformemente la primera capa sobre la superficie, hasta lograr un espesor de sólo 600 mm. En el caso de columnas pequeñas, probablemente sea necesario emplear palas para evitar colar capas demasiado gruesas. Si se descargan 0.5 m³ de una tolva móvil dentro de una columna de 600 mm², se producirá alveolado en la parte inferior. Cuando se emplea una tolva móvil para muros, hay que moverla a lo largo de la parte superior. Además, deben utilizarse tablas deflectoras para verificar si el concreto ha sido descargado directamente hasta el fondo de la cimbra, y asegurarse de que se puede ver el concreto en el fondo, empleando lámparas si es necesario. Se debe evitar colar concreto en contacto con la cara vertical de un muro.

Se compactará completamente la primera capa de concreto, para lo cual será necesario insertar vibradores atizadores en centros de 0.5 m aproximadamente.

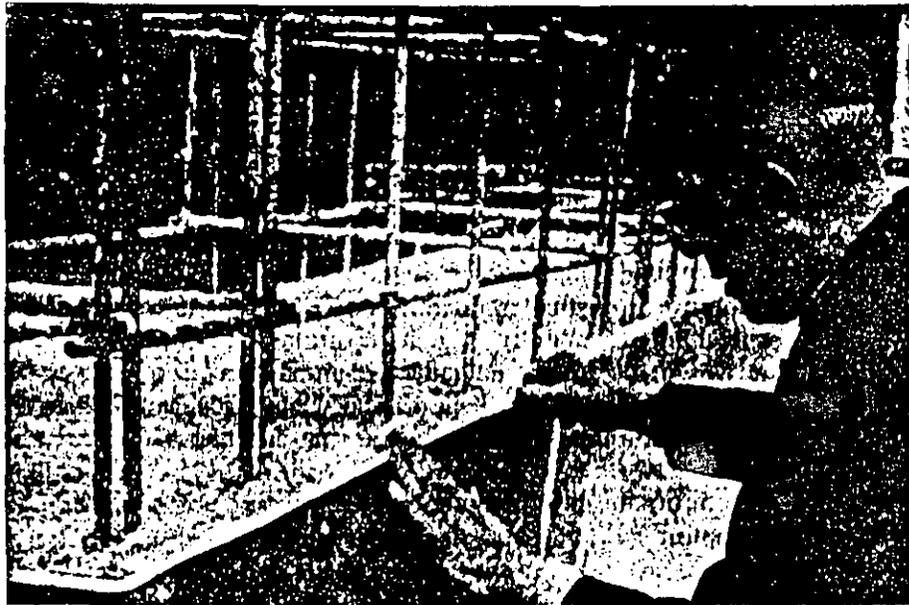


Fig. 4. Una tolva móvil o polietileno colocada alrededor de la parte superior del concreto endurecido para evitar escurrimientos de lechada entre la cimbra y el concreto al colar la capa superior de concreto.

En juntas verticales

Por lo general, no es conveniente hacer fluir horizontalmente el concreto mediante vibración, pero en juntas verticales el flujo de un poco de concreto hacia las juntas ayuda a evitar la posible falta de compactación. Conforme se van colando las capas de concreto para un muro, éstas deben mantenerse apartadas de la junta vertical de 150 a 300 mm, empleándose un atizador para hacer que el concreto fluya hacia la junta. Esto debe hacerse con mucho cuidado.

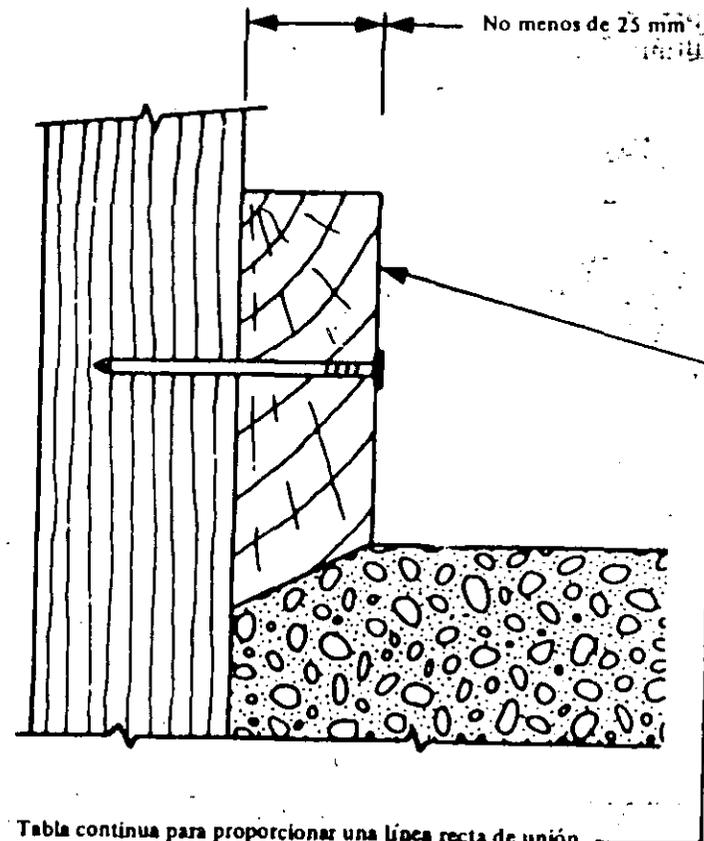


Tabla continua para proporcionar una línea recta de unión en la parte superior del colado inferior

Obsérvese el ligero achaflanado que ayuda a descimbrar y evita desportillamiento de las aristas

Fig. 5. Detalles para una junta de construcción horizontal. Es preciso evitar que el concreto a más de 10 mm por encima de la parte inferior de las tablas, de lo contrario se formará una pequeña mocheta en la parte inferior del siguiente colado y será difícil compactar el concreto.