5215.

DESCARTE

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

REVESTIMIENTO DE CANALES DE RIEGO DE CONCRETO LANZADO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

HUMBERTO GUZMAN ESQUEDA

MEXICO 1973

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DESCARTE

INGENIEROS

F I

U. N. A. M.

REVESTIMIENTO DE CANALES DE RIEGO DE CONCRETO LANZADO

HUMBERTO GUZMAN ESQUEDA

TESIS PROFESIONAL

1973

FACULTAD DE INGENIERIA
Exámenes Profesionales
Núm. 40-768
Exp. Núm. 40/214.2/

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Al Pasante señor Humberto GUZMAN ESQUEDA,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Esteban Salinas Elorriaga, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"REVESTIMIENTO DE CANALES DE RIEGO DE CONCRETO LANZADO".

I. Generalidades.

II. Revestimiento de canales por otros procedimientos.

III. Especificaciones para la aplicación del concreto lanzado.

IV. Método de construcción y equipo.

V. Conclusiones.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 18 de Enero de 1973.
EL DIRECTOR

Dr. Juan Casillas A. de L.

JCGL'GSA'mrg.

INDICE Y CONTENIDO

Pág.

1.- GENERALIDADES.

a) Evolución del revestimiento de canales en México. 4
b) Realizaciones desde la época precolombiana hasta la actualidad.
Epoca Prehispana..... 4
Epoca Colonial..... 5
Epoca Independiente..... 7
Epoca Actual..... 9
c) El revestimiento de canales..... 13

2.- REVESTIMIENTO DE CANALES POR VARIOS PROCEDIMIENTOS.

-Revestimientos de superficies duras y membranas expuestas..... 15

a) Concreto de Cemento Portland
b) Concreto lanzado
c) Suelo cemento.
d) Concreto asfáltico
e) Revestimiento con mamposterías.
f) Membranas asfálticas expuestas.
g) Películas expuestas de plástico y hule sintético.

-Revestimientos de membranas enterradas.... 24

a) Membranas asfálticas enterradas aplicadas en caliente.
b) Membranas asfálticas prefabricadas y enterradas.
c) Películas de plástico y hule sintético.
d) Membranas de bentonita.

-Revestimiento de tierra..... 26

a) Revestimientos gruesos de tierra compactada.
b) Revestimientos delgados de tierra compactada.
c) Revestimientos de tierra colocados sin compactar.
d) Suelos con aditivos.

Pág.

3.- ESPECIFICACIONES PARA LA APLICACION DEL CONCRETO LANZADO.

-Introducción..... 29
-Procesos de concreto lanzado..... 29

a) Proceso de mezcla seca.
b) Proceso de mezcla húmeda
c) Comparación de métodos.

-Usos del concreto lanzado..... 31
-Propiedades del concreto lanzado..... 32

a) Rebote.
b) Materiales-cemento.
c) Agregados
d) Agua
e) Aditivos

-Técnicas del control de calidad..... 38
-Procedimientos de ensaye de preconstrucción..... 38
Requisitos del equipo.
-Proceso mezcla seca..... 40

a) Equipo de dosificación y mezclado.
b) Equipo de lanzamiento
c) Suministro de aire.
d) Suministro de agua
e) Equipo de conducción.

-Proceso de mezcla húmeda..... 43

a) Equipo de dosificación y mezclado
b) Equipo de conducción.
c) Suministro de aire.

-Requerimiento de personal especializado.. 44

a) Calificaciones
b) Obligaciones del contratista.

4.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION EN CANALES Y ESTRUCTURAS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO.

-Preparación de las superficies para recibir el concreto lanzado..... 47

a) Preparación de la subrasante para recibir el concreto lanzado en canales.
b) Espesores de refuerzo.
c) Equipo de construcción y métodos.
d) Descripción del equipo.

Pág.

e) Relación agua-cemento.
f) Materiales y mezclas.

-Formas en estructuras de los sistemas de-
riego..... 61

a) Refuerzos.
b) Control de alineamiento.
c) Lanzamiento.

-Juntas de construcción..... 66
-Preparación por capas sucesivas necesa --
rias en estructuras del Sistema de Riego. 67
-Miembros estructurales gruesos..... 68
-Acabados..... 69
-Mezclas especiales..... 71
-Curado y protección en tiempo de frío.... 72
-Ensayes de construcción..... 72
-Inspección..... 73

5.- CONCLUSIONES.

-Desarrollo de las técnicas y necesidades-
del país..... 74
-Revestimiento de canales.
-De las especificaciones para la aplica -
ción del concreto lanzado.
-Procedimientos y construcciones con con -
creto lanzado.

1.- GENERALIDADES

La evolución del revestimiento de canales en México atendiendo el desarrollo de las técnicas y las necesidades del país, está definido por la historia de los Recursos Hidráulicos que ha tenido inicialmente el aprovechamiento de las experiencias extranjeras para que hoy en día, sus técnicas y procedimientos de construcción sean de características especiales en atención a su capacidad económica, planes de desarrollo en zonas de riego y revolución agrícola en todo el país.

EPOCA PREHISPANICA.-

La información de las obras de riego de la época prehispánica es incierta en el aspecto técnico, no obstante que los descubridores y conquistadores de América encontraron numerosas obras hidráulicas construidas por los aborígenes en Perú y en México principalmente.

Por lo que a nuestro país se refiere y sin ser principalmente obras típicas de regadío, pueden mencionarse las Chinampas de Xochimilco, los Jardines de Texcoco, de Ixtapalapa y Huastepec; los acueductos para aprovechar los manantiales de Chapultepec y fuentes de Coyoacán; el acueducto de Cholula y el dique o albarradón fundado y construido por el rey Netzahualcóyotl entre Atzacoalco e Ixtapalapa, cuyo principal objetivo fué aliviar a la antigua Tenochtitlán de las inundaciones que periódicamente sufría.

De los grupos étnicos que por su grado de evolución cultural destacaron en las artes plásticas, astronomía, medicina y en la agricultura, se encuentran los Mexicas (Aztecas), Tarascos y Mayas. Todas las obras citadas anteriormente muestran el conocimiento que tenían los aztecas de la técnica para el control y aprovechamiento del agua en sus diferentes usos, cuando las enormes lagunas de Texcoco, Xochimilco, Chalco y Zumpango invadían la mayor parte de lo que actualmente es el Valle de México.

En aquel entonces, impulsados por las condiciones físicas de la región y luchando tenazmente contra el cre-

cimiento y desbordamiento de las aguas de ríos y lagunas, los llevaron a construir diques, canales, acequias, acueductos, - presas, etc.

Con la escasa información que deja traslucir - la historia, se sabe que los campos se cultivaban de tempo -- ral o con canales de riego rudimentarios, de manera que las - siembras de temporal dependían según los historiadores, de la bondad del cielo (Tlaloc) y de los "tlaloques" (lluvia) y -- otras divinidades protectoras de los manantiales. Por lo que respecta a las tierras de regadío, tenían conocimientos para- conducir desde lugares apartados el agua necesaria, por medio de acueductos llamados "apipiliolli" y por canales o acequias denominadas "apantli", integrando extensos sistemas de irriga ción comunes a varios pueblos o a varios particulares.

Para almacenar el agua con miras a su futura -- utilización, formaban grandes depósitos de agua de lluvia -- llamados "tlaquilacaxitl" a los que posteriormente los españo les denominaron "jagüeyes" y que aún hoy en día, se observan- en muchos lugares de la provincia.

Como ejemplo interesante de acueductos de la -- época prehispánica, está el que se usaba en la Región de Cho- lula, Pue., donde según se dice "encontráronse restos de un - acueducto de barro cocido de una sola pieza, con paredes de - 30 cm de grueso, de sección toscamente circular y con diáme - tro cercano a los 2.00 m."

Conociendo los aspectos aleatorios para poder - regar ya sea de temporal o de riego con agua más o menos con- trolada, parece que el problema del drenaje tanto pluvial co- mo agrícola constituía uno de los problemas esenciales a re - solver.

IRRIGACION DURANTE LA EPOCA COLONIAL.-

De la obra Irrigación en México del Ing. Adolfo Orive Alba (Primera Edición), se transcribe lo siguiente:

"Una preocupación preferente en la obra de colo nización española en México fue la de que las ciudades estu - vieran abastecidas de agua y bien regados sus campos. En esa tarea se distinguieron, en forma destacada, los frailes agus- tinos. Se hicieron vasos, acueductos, lagos artificiales, -- desviaciones de ríos y se aprovecharon cuidadosamente hasta - los más pequeños manantiales principalmente en la Mesa Cen - tral.

En los siglos XVI y XVII la obra de irrigación fué especialmente tenaz e inteligente, aún cuando muchas veces no fuera coronada por el éxito, pero ya en el siglo XVIII se estanca.

Dadas las condiciones de aridez de la Mesa Central en la que estuvo asentada la mayor parte de la población durante la Colonia, el desenvolvimiento de la agricultura estuvo ligado forzosamente al de la irrigación.

La mayor parte de las obras fueron pequeñas y con el objeto fundamental de dar riegos de auxilio. Cuando se dice pequeñas, se refiere uno a la superficie que regaban; pero en muchos casos consistieron en larguísimos acueductos que ahora se considerarían económicamente imposibles de realizar por su alto costo en relación con la superficie beneficiada y que fueron hechos entonces gracias a la admirable tenacidad de los directores y obreros que las emprendieron. Algunas otras obras, como la creación de la Laguna de Yuriria en la región Central de México, debido al esfuerzo y el talento de Fray Diego de Chávez, fueron verdaderamente notables. Esta Laguna, que es "hermoso vaso artificial de más de 16 km de largo por 6 de anchura", existe hasta la fecha y permite el riego de una considerable superficie de terreno.

Los acueductos construidos durante la época colonial se encuentran por cientos. Se construyeron para el regadío de campos, de huertas y para el abastecimiento de aguas a poblaciones.

Para darse cuenta de la importancia de los acueductos construidos durante el siglo XVI citaremos algunos de ellos como: el de Epazoyucan de 15 km de longitud, que cruza una profunda barranca; el de Tepeapulco, de 23 km, el acueducto de Guadalupe sustentado en 2 310 arcos que recorre una distancia aproximada de 12 km, los de Oaxaca, de Morelia, de Querétaro, de Taxco, de Chiapa de Corzo, de Atlacomulco, etc.

Entre tantos acueductos destaca el admirable de Zempoala y Otumba, construido por un monje franciscano, Fray Francisco de Tembleque, improvisado Ingeniero, a quien su amor a los indios y el conocimiento que tenía de las terribles penalidades, enfermedades y muertes que sufrían por falta de agua, lo impulsaron a acometer esta obra tan ardua. A su llegada a la Nueva España fué enviado al Convento de Otumba, donde aprendió el idioma náhuatl y se consagró a ayudar a los indios. Viendo la falta de agua de que padecían los pueblos de Zempoala y Otumba, emprendió la construcción de un acueducto de un lugar que distaba 63 km teniendo que cruzar numerosas barrancas por medio de altos puentes-canales. La

obra duró 17 años, de 1570 a 1587. Para realizarla tuvo que vencer no sólo las dificultades propias de tan grande empresa, sino hasta cierta oposición de autoridades religiosas y civiles que tildaban de imposible la realización de su proyecto. En tanto que las condiciones topográficas del terreno lo permitieron, las aguas se llevaron por las laderas del lomerío, pero al llegarse a las barrancas hubo necesidad de cruzarlas por medio de grandes puentes-canales o arquerías, de los que tres constituyeron la parte más interesante de la obra. El primer puente canal que está sobre el barranco más profundo, es el de mayores dimensiones; consta de 67 arcos de una altura máxima de 39.50 m.

La segunda arquría tiene 13 arcos y la tercera 47, encontrándose esta última cerca de Otumba. Refiriéndonos de nuevo a la primera arquería, diremos que los arcos centrales son verdaderamente majestuosos, pues tienen mayor altura que los arcos de las naves de la Catedral de México. Para ejecutar esta arquería el Padre Tembleque tuvo que vivir los cinco años que duró su construcción, en una cabaña levantada al fondo de las barrancas para no separarse ni un momento de la dirección de las obras.

Es interesante hacer notar acerca de esta gran obra, además de su belleza armoniosa que resalta a la vista, el hecho de que tuvo por único objeto, conducir el agua en un ducto de 0.35 m en que sólo deben haber pasado como máximo 30 ó 40 litros por segundo. Sin embargo, con ese pequeño caudal se daba vida a varios pueblos".

También cabe mencionar que en la Mesa Central se encuentran muchas obras de la época colonial, como son las presas de Pabellón y Los Arcos en Aguascalientes, las obras del Plan de Arroyo Zarco en México y las de la Laguna de Metztitlán en el Estado de Hidalgo y numerosos acueductos como los de Querétaro, Morelia. De las más notables obras también de la misma época está el Tajo de Nochistongo que fué construido por Enrico Martínez cuyo objetivo era desaguar el Valle de México que como ya se dijo, sufría constantes inundaciones.

EPOCA INDEPENDIENTE.-

La época independiente o sea el período comprendido de 1810-1910 se caracterizó por estar convulsionado el país tanto en guerras intestinas como con las guerras contra la intervención de países extranjeros. Sin embargo, la iniciativa privada ejecutó obras tanto de conservación de las

construidas durante la época colonial, como otras nuevas para regar algunos terrenos de los grandes latifundios que caracterizaron el régimen de propiedad en la República hasta la Revolución de 1910. Durante este período varias Empresas iniciaron con carácter lucrativo, la construcción de algunas obras importantes tales como la desecación de la Ciénega de Chapala y los primeros canales de riego del Valle de Mexicali, que aunque en forma aleatoria, servirían para regar varias decenas de miles de hectáreas; además de otras construidas por grandes latifundistas, las que se distinguieron por lo atrevidas en aquellos tiempos y el esfuerzo realizado para su construcción tales como las de Lombardía y Nueva Italia en Michoacán, así como por la extensión de la superficie que regaban; también diversos canales de la Comarca Lagunera.

Se puede decir que en los primeros sesenta años de vida independiente del país, poco se hizo en materia de obras de riego, fijándose la atención de la administración pública, más bien a conservar las obras construidas en la época colonial.

Sin embargo entre 1866 y 1910 se construyeron dos obras hidráulicas de gran envergadura y significado funcional y técnico, el Gran Canal de Desagüe y el viejo Túnel de Tequixquiac, cuyo objetivo principal fué recibir y sacar fuera del Valle de México, las descargas de aguas negras y pluviales de los colectores de la ciudad y llevarlas por gravedad hasta el mar incluyendo los excedentes del lago de Texcoco.

Cabe mencionar que este túnel con más de 60 años de servicio, debido a la acción del tiempo y del gas sulfídrico que se desprende de las aguas negras, en muchas partes presentaba desprendimientos del revestimiento original de cuatro capas de tabique comprimido ligadas con mortero, además, serias oquedades laterales por las cuales se filtraban las aguas negras que erosionaban cada vez más las paredes del túnel por lo que la S.R.H. en 1968, revistió el túnel en toda su longitud de 10 km con concreto lanzado sobre una estructura de cerchas de acero y varillas de acero corrugado.

En el año de 1908 se fundó la Caja de Préstamo para Obras de Irrigación, siendo la primera institución oficial creada para impulsar la construcción de obras de riego, facultándose al Ejecutivo del Gobierno Mexicano para invertir hasta 28 millones de pesos en la construcción de obras para desarrollar la creciente necesidad de la agricultura de riego.

"En 1909 Don Andrés Molina Enríquez planteó la-

necesidad de ampliar los cultivos de riego como uno de los -- grandes problemas nacionales basando su programa en el frac - cionamiento de las grandes haciendas y ejecutando obras de - riego que deberían ser construidas por los particulares y con subvención del Estado".

EPOCA ACTUAL.-

A raíz de la iniciación de la inquietud revolucionaria del pueblo mexicano en 1910, como consecuencia de la creciente demanda de tierras y obras de regadío del sector -- campesino que había permanecido marginado de la atención gu - bernamental, aunado a la también creciente necesidad de incre mentar la producción agrícola de la Nación, se presentó un au mento notable de peticiones de agricultores para que el Go -- bierno Federal interviniera, tomando directrices tendientes a modificar el régimen de propiedad de la tierra laborable que- hasta antes de la Revolución Mexicana tenía las características de los grandes latifundios generalmente en manos de la - iniciativa privada o de extranjeros, como eran los casos de - las tierras laborables de Mexicali, La Laguna, y en Michoa -- cán, Nueva Italia y Lombardía.

Pasada la lucha militar (1910-1915) y en vista- del aumento de peticiones de la población campesina para que- el Gobierno mexicano les otorgara concesiones para el aprove- chamiento de aguas federales; ante tal hecho, en el cual se - manifestaban también intereses particulares y de carácter co- lectivo, fue creado en 1921 un organismo dependiente de la Se cretaría de Agricultura y Fomento al que se denominó Direc -- ción de Irrigación.

"Puede decirse que el primer intento del Gobier no Federal para impulsar la construcción de obras de riego -- fué la fundación de la Dirección de Irrigación, en el año de- 1921 como una dependencia de la antigua Secretaría de Fomen - to. En el año de 1924 se suprimió esta Dirección por razones de economía, quedando sus atribuciones notablemente reducidas y a cargo del Departamento de Reglamentación e Irrigación, de la entonces Dirección de Aguas, que funcionó durante los años de 1924 a 1925.

Las labores de este Departamento, no obstante - lo raquítico de su presupuesto, tuvieron gran importancia, -- porque prácticamente dieron las bases para la creación de la- Comisión Nacional de Irrigación. Correspondió a esta Institu ción iniciar la etapa constructiva de la Revolución Mexicana, en materia de riego, que ha continuado ininterrumpidamente --

hasta la fecha, disponiendo cada vez de más elementos.

Debido a que la tierra hasta entonces en su mayor parte del territorio nacional cultivada de temporal, y sólo en una mínima parte con obras para el aprovechamiento parcial de algunas corrientes, el Gobierno Federal comprendió que era necesario dar un gran impulso a la agricultura por medio de la irrigación; de donde se originó la Ley de Irrigación de 1926 y la creación de un nuevo organismo gubernamental, la Comisión Nacional de Irrigación.

La Comisión Nacional de Irrigación, tenía por lo tanto, no sólo la misión de construir obras, sino también la misión social de colonizar los Distritos de Riego que crearía, procurar el mejoramiento de sus colonos y orientar agrícola y económicamente la explotación de esos Distritos.

Para la iniciación de sus trabajos, la Comisión Nacional de Irrigación tenía sin embargo dos grandes obstáculos que vencer:

1.- La escazes de datos sobre el escurrimiento de los ríos que intentaba aprovechar.

2.- La falta de personal especializado, con amplia experiencia en el proyecto y la construcción de obras de irrigación.

Por lo que respecta al primer problema, de muy pocas corrientes de nuestro país había datos de aforos por lapsos de más de 5 años y los existentes no eran de confiar por lo incompletos y la falta de experiencia en su obtención. De ello se planteó la siguiente disyuntiva para la Comisión Nacional de Irrigación, si seguir el camino estrictamente teórico de no iniciar la construcción de las obras de irrigación hasta que se contara con más aforos de las corrientes que se intentaba aprovechar o si, empleando la información, experiencia y recursos técnicos disponibles no sólo en México, sino en los países más adelantados en materia de riego, debían iniciar desde luego la construcción de obras de riego aún a sabiendas de que probablemente iban a cometer errores en cuanto a la capacidad de las primeras presas de almacenamiento que se construyeran.

Debido a lo apremiante de la demanda campesina y nacional para abrir al cultivo tierras improductivas, se optó por la segunda alternativa y aunque se tuvieran algunos tropiezos, sobre todo en la cuantificación de los volúmenes disponibles y por consiguiente en la capacidad de almacena -

miento de las presas.

La entonces recientemente creada Comisión Nacional de Irrigación, según se asienta en el Memorándum Técnico No. 181 de la Dirección General de Distritos de Riego, S.R.H. "inició sus actividades con un programa mínimo de alcance limitado pero de urgente realización, ya que era una necesidad inaplazable el asegurar los derechos de México sobre las aguas de las corrientes internacionales y sus afluentes de la frontera norte, que corrían un serio peligro de perderse para nuestro país, en vista de las obras cada día más numerosas y de mayor envergadura que se estaban construyendo en los Estados Unidos de Norteamérica para aprovechar tales aguas y que, de no tomar nuestro Gobierno una acción inmediata, se corría el riesgo inminente de perderlas.

Por esta razón la Comisión Nacional de Irrigación se vió precisada a dar atención preferente a la construcción de todas las obras que pudieran realizarse dentro del territorio nacional y que tuvieran como objetivo aprovechar esas aguas, en el riego de las grandes extensiones de terrenos agrícolas que existen en el norte del país".

Como originalmente la Comisión tuvo a su cargo el estudio, la ejecución, la colonización y la operación de los Distritos de Riego, para lo cual el país no estaba preparado en los aspectos profesional y técnico, ya que de las obras construidas en la época prehispánica e independiente no se obtuvo ninguna información en este sentido y mucho menos archivos que consultar; por lo tanto hubo de recurrirse a la experiencia y servicios de profesionistas y técnicos extranjeros para que el entonces incipiente semillero de ingenieros mexicanos, absorvieran los conocimientos y las técnicas que otros países aplicaban en la planeación, diseño y construcción de presas y canales.

Se considera que la circunstancia antes mencionada sumada a los acontecimientos revolucionarios de la época para poder dar satisfacción y justicia a la población campesina que vivía en el agro-mexicano dieron lugar a una serie de reformas y modificaciones en la estructura de la entonces Comisión de Irrigación.

En este período se dió especial importancia a la construcción de obras de pequeña irrigación, creándose un departamento especial para realizar los estudios, los diseños y construcción de este tipo de obras.

Creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.-

Para satisfacer las demandas de tierras y de agua para riego que cada vez eran más crecientes e importantes para el debido aprovechamiento de los recursos hidráulicos en la prosperidad y el desarrollo del país, se consideró indispensable transformar la Comisión Nacional de Irrigación, elevándola a la categoría de Secretaría de Estado, ampliando sus atribuciones y proporcionándole mayores posibilidades económicas para la mejor y más rápida utilización de los recursos hidráulicos nacionales.

Es así como el 17 de diciembre de 1946, al expedirse la nueva Ley de Secretaría y Departamentos de Estado, se creó la actual Secretaría de Recursos Hidráulicos, cuyas funciones y fundamentos enunciados en términos generales en la citada Ley, se detallan en el Artículo 8º del Reglamento correspondiente y que en forma condensada se citan a continuación los aspectos técnicos sobresalientes.

Artículo 8º.- Corresponde a la Secretaría de Recursos Hidráulicos:

A.- Organizar, dirigir y reglamentar los trabajos de hidrología en cuencas, cauces y álveos de aguas nacionales tanto superficiales como subterráneos.

B.- Reconocer derechos y otorgar concesiones, permisos y autorizaciones para el aprovechamiento de las aguas nacionales, con la cooperación de la Secretaría de Economía, cuando se trate de aprovechamientos para la generación de energía eléctrica.

C.- Construir las obras hidráulicas necesarias para la captación y derivación de aguas nacionales tanto superficiales como subterráneas, así como para el riego, desecación, drenaje y mejoramiento de terrenos.

D.- El estudio de los suelos en relación con el aprovechamiento de las aguas para fines de riego.

E.- Los estudios geológicos relacionados con la existencia y el aprovechamiento de los recursos hidráulicos.

F.- Mejorar el sistema hidrográfico del Valle de México.

G.- Controlar los ríos y demás corrientes y eje

cutar las obras de defensa contra inundaciones y las de navegabilidad.

H.- Ejecutar las obras hidráulicas que sean consecuencia de Tratados Internacionales, en cooperación con la Secretaría de Relaciones Exteriores.

EL REVESTIMIENTO DE CANALES.-

En la actualidad se están introduciendo en la construcción de las redes de canales en las zonas de riego, innovaciones que aunque representan una inversión inicial más alta por el hecho de revestirlos para disminuir las pérdidas de infiltración y también, entregar a los usuarios el agua medida utilizando estructuras aforadoras adecuadas y de fácil manejo a fin de evitar desperdicio del agua por parte del usuario, la creciente responsabilidad del mismo y el mejor conocimiento que tiene sobre el uso del agua, permiten suponer que podrá llegarse a una eficiencia total de 65% en un futuro no muy lejano.

En lo relativo a revestimiento de canales, se considera por lo general hacerlo de concreto o mampostería de acuerdo con los resultados de los estudios de materiales y mecánica de suelos. Existen otros materiales que se encuentran en fase experimental como son el revestimiento de canales con material plástico y laminado y revestimientos asfálticos.

Al introducirse estas nuevas técnicas para diseño y construcción de redes de canales mejorando los coeficientes de rugosidad y por consiguiente las eficiencias de conducción y distribución del agua, el resultado inmediato es una economía considerable en el uso y manejo del agua, obteniéndose por razón natural ampliar considerablemente las superficies regables en comparación con las que años atrás se obtenían.

Como ejemplo de lo acabado de expresar, puede mencionarse lo relativo a los coeficientes unitarios de riego, que en tiempos de la Comisión Nacional de Irrigación se consideraba como dato experimental la cifra de 1 lt.p.s./Ha, con lo cual se llegaba a determinar aunque fuese tentativamente -ya que la realidad siempre difería de lo supuesto- la superficie total por regar y la capacidad de conducción y distribución de los canales de riego. Posteriormente y hasta el año de 1965, el criterio anterior fué modificado, fijando los siguientes coeficientes brutos de riego, empíricos, que se habían utilizado en función del número de hectáreas dominadas según los valores consignados en la siguiente tabla:

De 100 a 1 200 Ha	1.75 lt/seg/Ha.
De 1 000 a 2 000 Ha	1.41 lt/seg/Ha.
De 2 000 a 10 000 Ha	1.16 lt/seg/Ha.
De 10 000 en adelante	1.00 lt/seg/Ha.

Los valores antes anotados, aunque más cercanos a la realidad no eran todavía satisfactorios especialmente para pequeñas áreas de riego, toda vez que no tomaban en cuenta los diversos factores que intervenían aunque en forma compleja en la teoría del "uso consuntivo".

Como consecuencia de la introducción de los nuevos criterios en la planeación y diseño de las zonas de riego, en la actualidad se efectúan los estudios exaustivos en materia de suelos, información agrícola, climatología, planes de cultivo, programas de riego, etc., correspondientes a la zona de riego en estudio y elaborar finalmente la curva de coeficientes unitarios para la red de canales de la zona en estudio, de manera que con los métodos de riego por aplicar y con el auxilio de la curva ya elaborada, se obtienen las capacidades de conducción y distribución de todos los canales del sistema de riego en proyecto.

2.- REVESTIMIENTO DE CANALES POR VARIOS PROCEDIMIENTOS.

Generalidades.- Algunas de las ventajas y desventajas de los varios tipos de revestimientos que se pueden considerar por el proyectista se describen rápidamente en lo que sigue:

Revestimientos de superficies duras y membranas expuestas.- Los revestimientos de superficie dura se han construido con concreto de cemento Portland, con morteros, bloques asfálticos prefabricados, ladrillo, piedra y suelo cemento. Estos revestimientos son en general más caros indudablemente, y el revestimiento de concreto reforzado es el más costoso y usualmente se recomienda únicamente cuando la seguridad estructural tiene primacía.

a) Concreto de Cemento Portland.- El concreto de Cemento Portland es más resistente a la erosión que la mayoría de los otros materiales de revestimiento; por lo tanto se prefiere para altas velocidades del agua. Un concreto reforzado apropiadamente diseñado y construido aguantará cualquier velocidad que se considere para canales. Revestimientos de concreto ya sea reforzado o simple, eliminan el crecimiento de hierbas resultando un mejoramiento en las características de flujo y reduciendo los costos de mantenimiento. Además los animales que causan numerosas fallas por tubificaciones en canales no revestidos y en canales revestidos con algunos otros tipos de materiales, no pueden causarlas en el concreto. El concreto en general es susceptible a dañarse por los álcalis y por la acción alternada de cambios de temperatura. Los revestimientos de concreto son susceptibles a fallar por supresiones hidrostáticas u otras presiones. Pueden resistir pequeños agrietamientos para aliviar presiones hidrostáticas externas sin daños de consideración; sin embargo la construcción de un drenaje para aliviar las presiones hidrostáticas externas, generalmente causa un costo adicional.

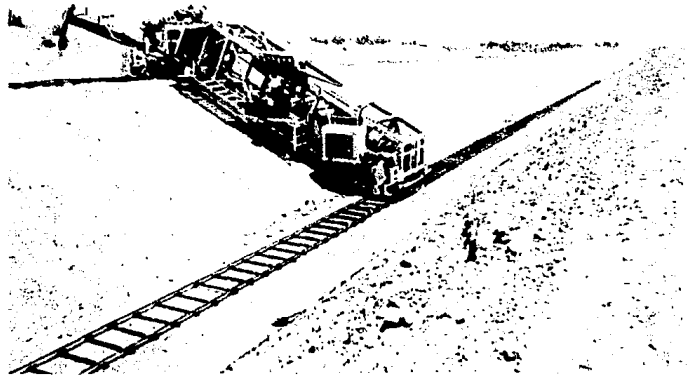
Revestimientos de concreto simple se han construido con una reducción considerable en costo comparado al de revestimiento de concreto reforzado.

Del estudio de muchos kilómetros de revestimientos de concreto existentes, se concluye que este revestimiento, sí es diseñado, construido y mantenido correctamente; tendrá una vida económica media de más de 40 años.

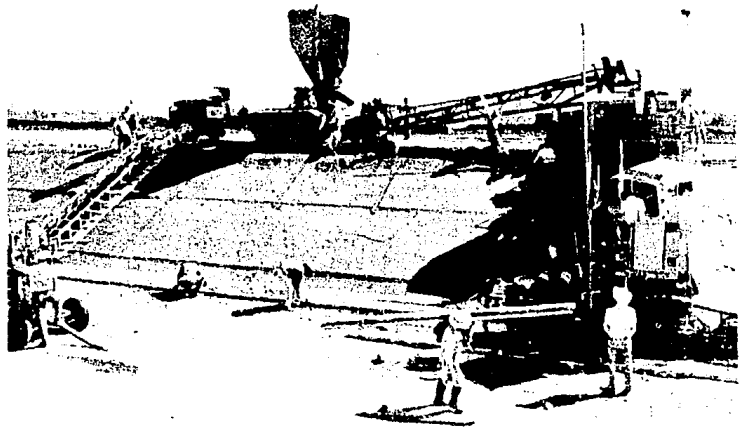
Causas de fallas.- Ha habido fallas en los revestimientos de concreto de cemento portland, debido a condiciones adversas de la subrasante, como la pérdida de apoyo por tubificación y por la expansión de arcillas expansivas. - También, las presiones hidrostáticas excesivas debajo del revestimiento, levantamiento por heladas, daños de la superficie por congelamiento y descongelamiento, mala calidad del concreto, diseño o métodos de construcción inadecuados o una combinación de estos factores han sido causas de fallas.

Métodos de construcción y equipo. Para grandes canales.- El concreto de cemento portland para revestimiento de canales se puede colocar económicamente con una variedad de métodos en los trabajos en donde se van a revestir longitudes considerables en grandes canales, generalmente, se utilizan formas deslizantes apoyadas sobre rieles con movimiento longitudinal o formas sostenidas sobre orugas como las utilizadas recientemente en los proyectos de Mexicali, B. C. Los tramos cortos de canales grandes generalmente no justifican la utilización de formas deslizantes; estos pueden ser revestidos utilizando placas vibratorias jaladas con winches y operadas transversalmente en los taludes del canal.

El equipo con formas deslizantes apoyadas sobre rieles ha estado en uso general por aproximadamente 20 años en los Estados Unidos y son de relativa introducción reciente en nuestro país. El equipo es altamente mecanizado y consiste esencialmente en una estructura que se mueve sobre rieles (uno en cada banqueta del canal) que soporta una plataforma de trabajo, ya sea de placas distribuidoras o canales, un depósito para el concreto, un tubo vibrador en la parte inferior, y las formas deslizantes. La última es una placa de acero con la parte delantera curveada hacia arriba y que se extiende por la plantilla y en los taludes del canal que forma y afirma la superficie del revestimiento. Si se utiliza una placa distribuidora ésta está sujeta a la parte delantera de la forma deslizante y se extiende hacia arriba con un ángulo muy inclinado hasta la plataforma de trabajo en la parte superior de la máquina. El concreto se coloca en la plataforma que sirve para distribuir el concreto y depositarlo directamente adelante de la forma deslizante. Si se utilizan canaletas, estas llevan el concreto desde una tolva en la plataforma de trabajo a los compartimientos inferiores. El concreto usualmente se lleva a las tolvas o al plato distribuidor--



Preparación de la rasante en canales grandes.
Rehabilitación Distrito de Riego Mexicali,B.C.
Canal Alimentador Norte Km 12.600.
Muestra equipo afinando terracerías en el talud izquierdo.



Formas deslizantes en canales grandes.-
Equipo trabajando en la colocación de concreto hidráulico en talud Izq. Km 8.000 del Canal Alimentador Sur Mexicali, B. C.

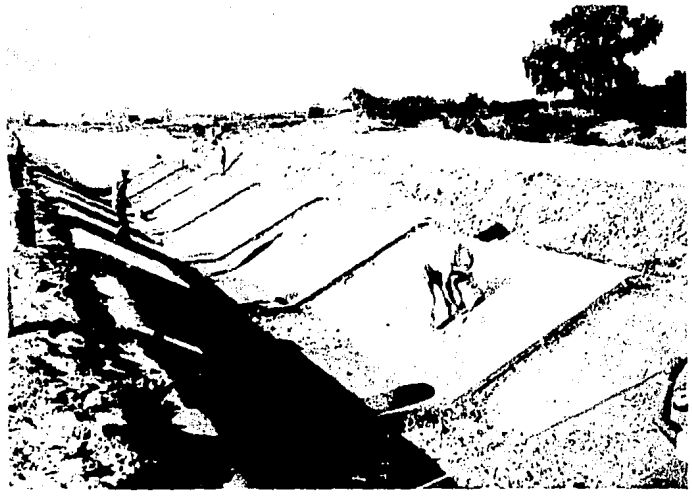
por medio de una banda sin fin que viene desde los mezcladores o camiones que están en las banquetas. Cuando el concreto pasa por debajo y hacia la parte inferior de la forma deslizante, se consolida por medio del tubo vibrador que tiene una frecuencia mínima de 4000 ciclos por minuto y que está montado paralelo y unos centímetros adelante de la orilla delantera de la forma deslizante.

El concreto para estas formas deslizantes grandes se mezcla generalmente en pavimentadoras de caminos que se mueven autónomamente a lo largo de la banqueta y que son alimentadas con mezclas secas por camiones desde una planta central, aunque en algunos trabajos el concreto se lleva a las formas deslizantes mediante camiones mezcladores.

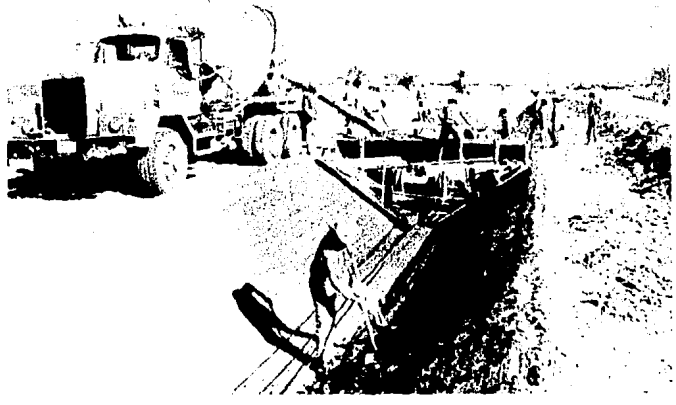
Métodos de construcción y equipo para canales pequeños y canales granja.- El revestimiento de canales pequeños y canales granja se ejecuta colocándolo y terminándolo a mano. En donde se tiene mano de obra económica y cooperación manual de los usuarios, las operaciones de revestimientos colocado a mano pueden resultar bastante económicos.

Si se tiene una longitud suficiente de un pequeño canal o canal-granja que se pueda programar para su revestimiento continuo, se puede tener un mejor avance y mayores economías utilizando formas deslizantes apoyadas en la subrasante que operan longitudinalmente al canal. Se cree que la forma deslizante apoyada en la subrasante se utilizó en Estados Unidos por primera vez en el proyecto Umantilla, Oregón en 1915. Cuando se utilizan formas deslizantes pequeñas para regaderas, es posible que el tractor que jala la forma vaya montado sobre la zanja. Ya que este equipo se apoya en la subrasante no es adaptable para utilizarse en revestimientos de concreto reforzado. El peso de la forma deslizante tiende a compactar la subrasante adelante de la colocación del revestimiento y ésto se cree que sea beneficioso. El tamaño máximo del canal en el cual se puede utilizar satisfactoriamente la forma deslizante apoyada en la subrasante no ha sido establecido definitiyamente. Parece ser que este tipo de equipo se hace menos práctico al utilizarse para colocar revestimientos en canales cuyo perímetro se acerca a los 12 m.

Varios métodos de mezclado y alimentación del concreto a estas formas pequeñas han sido utilizados con diferentes grados de eficiencia. Buenos resultados se han obtenido utilizando mezcladoras convencionales como camiones mezcladores, pavimentadoras de caminos equipadas para vaciar la mezcla directamente a la forma deslizante o en camiones que entregan el concreto desde una planta mezcladora central.



Concreto hidráulico en pequeños canales.- Rehabilitación Col. Yaquis Km 0+360 del Canal-- Lateral 4+770. Colocación del curaconcreto en-- losas de concreto fabricadas en tramos alternos.



Formas deslizantes Sistema Fuller-Form en canales chicos aplicando concreto sin refuerzo- en la Zona de Riego Querétaro del Distrito de Riego No. 14, Río Colorado, Mexicali, B. C.

Una mezcladora del tipo de operación continuo y de propulsión propia se ha utilizado para entregar el concreto a las formas deslizantes. Este tipo de equipo que originalmente se desarrolló para mezclar materiales asfálticos en frío para su colocación en la base de carreteras, está equipado para levantar la mezcla seca colocada en montones en el piso. Los agregados y el cemento seco se amontonan en proporcionamientos adecuados y el agua se agrega durante el mezclado.

El concreto para revestimiento debe ser depositado en el canal o si la superficie del revestimiento puede llegar a ser cubierta con lama o algas, cualquiera de estas dos condiciones pueden tener un efecto mayor en la eficiencia del canal que el grado de acabado de la superficie original; en estas circunstancias una superficie muy lisa acabada a mano tendrá muy poco valor y el costo a que se obtendría no sería justificable. Ya que la mayor parte de los canales de irrigación llevan agua con un cierto contenido de arena o limos y muchos están sujetos al crecimiento de lama o algas, se considera suficiente un acabado razonablemente liso para los revestimientos de concreto.

Curado.- El curado adecuado del concreto de cemento portland en un revestimiento para canales es tan importante como el curado en cualquier sección delgada de una estructura. El curado por humedad es en general preferido, pero el uso de compuestos sellantes se ha encontrado satisfactorio. Para asegurar que el revestimiento no se seque demasiado rápido, la subrasante se debe de mejorar perfectamente, inmediatamente antes de colocarse el concreto. Un comentario más detallado tanto del acabado y del curado del concreto se encuentra en el Manual de Concretos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Juntas de expansión, construcción y contracción y juntas falsas de contracción.- Las juntas de expansión no se necesitan generalmente en revestimientos de concreto con excepción en los lugares donde estructuras antiguas interceptan un canal.

Las juntas de construcción son necesarias en donde la operación del revestimiento se continua al final de la jornada de trabajo o por algunas otras razones y se reanuden después de un intervalo considerable. Una junta de construcción es una junta preparada adecuadamente en donde se pretende unir un concreto fresco. Una junta de construcción es una junta a tope en donde el concreto previamente colocado se pinta con un compuesto sellante para asegurar que no haya liga con el concreto fresco. Como se comentó anteriormente, las juntas de contracción deben ser rellenadas con material elástico.

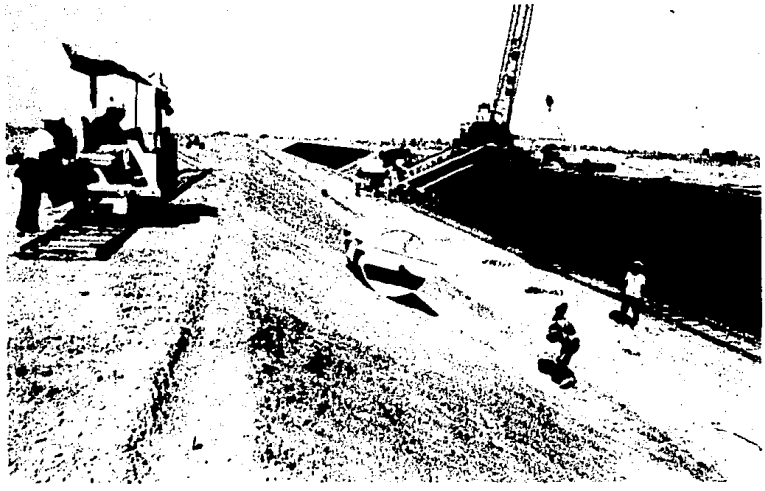
Velocidades hasta de 2.5 mt. por segundo se permiten si se tiene un tirante adecuado. Los revestimientos de concreto simple son más susceptibles a dañarse por presiones hidrostáticas u otras presiones que los revestimientos de concreto reforzado, pero no hasta el grado que la diferencia del costo justifique el uso de este último. En donde se encuentren presiones hidrostáticas debajo del revestimiento, el revestimiento de concreto simple se agrietará más fácilmente, aliviando así las presiones y reduciendo el área dañada. Una desventaja notable en los revestimientos de concreto es su falta de extensibilidad, lo que resulta en agrietamientos frecuentes por los cambios de temperatura. Aunque se han hecho estudios amplios no se ha encontrado hasta la fecha material satisfactorio para rellenar y sellar esas grietas.

b) Concreto lanzado o mortero colocado neumáticamente (Shotcrete).- El mortero de cemento Portland tiene muchas de las características del concreto de cemento Portland. Este mortero se aplica neumáticamente colocándolo en su lugar con pistolas neumáticas y sus especificaciones y procedimientos de construcción lo detallo más adelante.

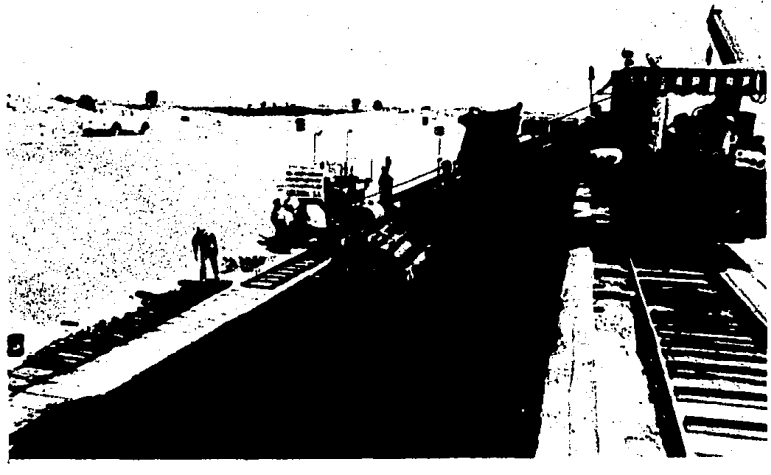
c) Suelo-cemento.- En climas moderados se ha obtenido muy buen servicio con revestimientos hechos de una mezcla de cemento Portland y suelos arenosos obtenidos en el lugar y en algunos casos con un ahorro considerable comparado con el del concreto de Cemento Portland.

d) Concreto asfáltico.- El concreto asfáltico puede substituir al concreto simple en pequeños canales en lugares donde el costo del asfalto es lo suficientemente bajo para contrarrestar la posible duración más corta de este revestimiento y donde los agregados que se tienen son adecuados para un concreto asfáltico pero no tienen la suficiente calidad como un concreto de cemento Portland. Algunas otras ventajas del concreto asfáltico son que este se puede adaptar más fácilmente a los cambios de las subrasantes y al hecho de que se puede colocar en climas fríos con un mínimo de protección mientras que en el concreto de cemento Portland, el trabajo se debe de suspender cuando las condiciones de heladas existan. Esta posibilidad de la colocación en climas fríos tiene la ventaja de poderse revestir canales que se deben de operar durante la temporada de riego y por lo tanto se deben revestir durante la temporada fría, que generalmente no es favorable para la colocación de concreto de cemento Portland.

El concreto asfáltico ha sido también utilizado con éxito para reparar revestimientos de concreto, colocando una capa de 4 a 5 cm de espesor sobre concreto que se está desintegrando o deteriorando.



Distrito de Riego Mexicali, B. C.-
Aspecto durante la colocación de la capa de concreto asfáltico en el Km 17+600 del Canal Alimentador del Norte, se observa rodillo compactando terracerías de talud y la colocadora de concreto asfáltico.

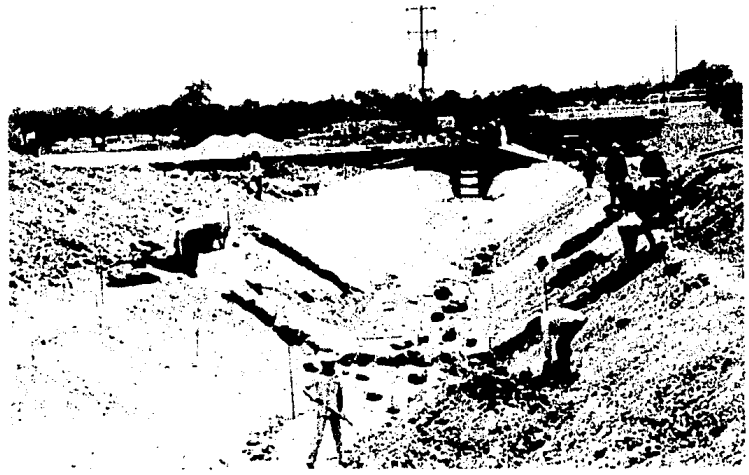


Rehabilitación Distrito de Riego Mexicali, B. C. Canal Alimentador Norte Km 11.140. Se muestra equipo colocando concreto asfáltico en el talud izquierdo. Obsérvese trabajando el rodillo que consolida el concreto asfáltico. Vista anterior.

Como cualquier otro tipo experimental y relativamente nuevo de revestimientos, la vida útil de los revestimientos de concreto asfáltico aún no se conoce. Por lo tanto la ventaja inicial en cuanto al costo de este tipo de revestimiento sobre el de concreto puede ser que aparezca ventajoso, aunque el costo último anual realmente puede resultar más alto para el revestimiento asfáltico. Las velocidades en revestimientos de concreto asfáltico se deben de limitar a un máximo de aproximadamente 1.5 m. por segundo y existe el peligro de que el crecimiento de hierbas perfore o mueva el revestimiento, si es que no se utilizan esterilizadores de suelos antes de colocarlo. Este tipo de revestimiento puede también no tener la resistencia suficiente a las subpresiones del suelo o hidrostáticas externas, esta es una deficiencia que se comparte con el concreto de cemento portland sin refuerzo.

e) Revestimientos con mamposterías.- Revestimientos de mamposterías, de ladrillo, piedra y rezaga se han utilizado en algunos elementos en las zonas de riego. Por la gran cantidad de mano de obra que se necesita y el incremento del costo de la misma, los revestimientos de este tipo serían ahora demasiado caros.

Este tipo de revestimiento se ocupa principalmente en las transiciones y en tramos cortos de canal.



Dique Markazuza.- Revestimiento con mampostería a la salida a la toma del Canal Huanímaro en la margen derecha del Canal Principal.

f) Membranas asfálticas expuestas.- Membranas delgadas de cementos asfálticos asperjados en el lugar, y láminas prefabricadas de materiales asfálticos se han probado experimentalmente pero con éxito limitado, ya que están sujetos a dañarse frecuentemente. Se han continuado las pruebas con estos revestimientos de membranas expuestas.

g) Películas expuestas de plástico y hule sintético.-Películas de plástico y hule sintético adecuado para revestimientos de canales se han estado probando. Muchos de los plásticos probados e instalados experimentalmente como revestimientos de membranas expuestas han demostrado poca resistencia a la ruptura, y algunos tipos se desintegran rápidamente por exposición. Plásticos y hule sintéticos más gruesos, sin mayor resistencia a estas fuerzas son más caros. Láminas de hule Butyl de 30 y 60 mm. de grueso se han instalado y aunque son muy caros están dando muy buen servicio como revestimientos para canales y para pequeños almacenamientos. El problema en estos materiales es el robo y en algunos lugares, secciones muy grandes han desaparecido.

Revestimientos de membranas enterradas.- Asfaltos aplicados en caliente, materiales asfálticos prefabricados, plásticos y capas de Bentonita y otros tipos de arcilla al colocarse como membranas enterradas en revestimientos tienen un bajo costo inicial. Otra ventaja es que en una construcción nueva, la decisión para revestir un canal o lateral puede ser diferida hasta que la excavación está en progreso y la necesidad del revestimiento se ha establecido definitivamente.

Las membranas se deben de proteger contra daños, y usualmente se protegen cubriendo las membranas con tierra, grava o ambos. Esto tiene la desventaja de limitar la velocidad permisible para evitar la erosión de la cubierta. Se ha observado que raíces de sauces han atravezado las membranas asfálticas, por esta razón se han colocado muy pocos revestimientos de estos tipos en climas calientes, en donde el crecimiento de plantas es un problema mayor. Las cubiertas de materiales gravosos reducirá el peligro de estos factores pero pueden incrementar el costo dependiendo de la facilidad de obtener este material gravoso.

Una desventaja de los revestimientos del tipo de membranas enterradas es la inseguridad de su vida útil comparados con los revestimientos de concreto.

a) Membranas asfálticas enterradas aplicadas en caliente.- Las membranas asfálticas aplicadas en caliente y enterra-

das, deben de proveer los revestimientos más impermeables desarrollados hasta la fecha. Pruebas recientes en las membranas calientes construidas al aspejarse catalíticamente cementos asfálticos, indican que muy pocos cambios en los materiales de las membranas han ocurrido desde su aplicación inicial. Una aseveración positiva que estas membranas son impermeables no se puede hacer, porque muy pocas pruebas de filtraciones representativas en las instalaciones de campo se han hecho. Sin embargo, el mejoramiento de las condiciones de las tierras más bajas indican que estos revestimientos tienen un alto grado de efectividad. Las ventajas adicionales de estas membranas asfálticas son el bajo costo inicial, de un tercio a la mitad del costo de revestimientos de superficies duras; adaptabilidad para colocarse en climas fríos y húmedos; y adaptabilidad para colocarse en grandes cantidades con equipo sencillo y móvil. Las primeras dos razones son muy ventajosas en proyectos en operación en donde el trabajo en los canales se debe de efectuar rápidamente en los períodos entre las temporadas de irrigación, en donde con frecuencia no se podría colocar otro tipo de material de revestimiento.

b) Membranas asfálticas prefabricadas y enterradas.- Las membranas asfálticas prefabricadas y enterradas, comparadas con las membranas asfálticas aplicadas en caliente son más prácticas para pequeños trabajos en donde el acarreo de asfalto caliente no se puede justificar económicamente. Algunas de las ventajas antes citadas para las membranas aplicadas en caliente, también son aplicables a estas y el revestimiento se puede colocar como un mínimo de equipo y por el personal de mantenimiento. Es de dudarse que el material asfáltico prefabricado pueda ser tan impermeable como el asfalto aplicado en caliente, por las múltiples juntas que se tienen que hacer entre las tiras adyacentes, aunque las pruebas que se han hecho y que cubren un buen número de años, indican que algunos materiales proveen de impermeabilidad adecuada sobre periódos extensos. Hay un problema de deteriorización en donde se utilizan fibras orgánicas de refuerzo. Fibras y rellenos de materiales inorgánicos, por otro lado, han resistido esa deteriorización.

c) Películas de plástico y de hule sintético.- La película de plástico es un material esencialmente impermeable, y tiene una resistencia alta a la ruptura y a la descomposición. Algunas películas plásticas colocadas como revestimientos de membranas enterradas se han comportado bien, sin embargo para evitar daños durante la colocación, la película debe tener un espesor de 6 a 8 mm.

Con la baja de los costos de producción, los materiales plásticos pueden competir con otros tipos económicos de materiales para membranas y algunas instalaciones se han hecho en donde una película de plástico Poly vinyl negro con un espesor de 8 mils se ha utilizado como membrana enterrada. La película es ligera y puede instalarse por el personal del proyecto con el equipo ordinario de mantenimiento.

d) Membranas de bentonita.- El éxito de una membrana de bentonita parece estar directamente relacionada a la calidad de la bentonita. Hay indicaciones que la membrana se puede deteriorar en la presencia de aguas duras. Una cubierta adecuada del perímetro del canal es importante y éstoes difícil de lograr excepto si se coloca con mucho cuidado. La colocación puede resultar costosa si el trabajo se tiene que efectuar parcialmente a mano.

Revestimientos de tierra.- Dentro de este renglón se incluyen los revestimientos gruesos de tierra compactada, revestimientos delgados de tierra compactada, cubiertas de tierra suelta, mezcla de suelo-bentonita, y acondicionadores de suelos y otras mezclas. Sellos de sedimentos se han utilizado continuamente al azolvar canales con filtraciones, particularmente durante las primeras llenadas y curadas de canales recién construidos. La introducción de limos y otros sedimentos en el agua en movimiento es económico, y reducirálas filtraciones hasta cierto grado, pero generalmente se haencontrado que este tipo de tratamiento es benéfico temporalmente si el sedimento depositado no se protege de ser arrastrado.

a) Revestimientos gruesos de tierra compactada.- En donde se tienen materiales adecuados para la construcción de un revestimiento grueso de tierra compactada cercana al sitio de trabajo, es probablemente el tipo de revestimiento permanente más barato, tanto en costo inicial como de mantenimiento que se puede utilizar en canales grandes. Unrevestimiento grueso de tierra compactada tiene una ventaja que no la poseen los otros tipos de revestimientos enuso general; Por su peso y sus características plásticas, puede soportar presiones hidrostáticas considerables sin disminuir su efectividad y se puede utilizar en muchos casos sin drenaje bajo el revestimiento en áreas donde el prisma del canal intercepta el nivel hidrostático Pero razones semejantes el revestimiento grueso de tierra compactada se puede utilizar con ventaja sobre arcillas expansivas que pueden romper los revestimientos más rígidos. Otra ventaja notable es que se puede construir másfácilmente en tramos parciales en donde se necesita aislar áreas o estratos permeables. El revestimiento de tierra-

se liga fácilmente con las secciones de tierra no revestida.

Es necesario una inspección cuidadosa y control en la construcción al colocarse revestimientos gruesos de tierra compactada. El suelo debe ser homogéneo cuando se coloca el espesor adecuado y compactarse con la humedad correcta hasta la densidad necesaria. Además si no se consigue la impermeabilidad para el control deseado de la filtración, el espesor se puede incrementar. Si el control de la construcción se lleva a cabo como lo especifica el proyecto elaborado, se puede lograr una impermeabilidad adecuada. El espesor de este tipo de revestimiento tiene la ventaja de que las deficiencias como agrietamientos y otros, no afectarán seriamente la eficacia del revestimiento como lo afectaría si se utilizaran revestimientos más delgados.

La inspección para determinar y localizar las áreas filtrantes puede ser más difícil en revestimientos de tierra compactada comparado con revestimientos de superficies duras, pero la reparación de revestimientos de tierra frecuentemente se puede hacer con operaciones normales del equipo de mantenimiento.

En climas severos y fríos, es posible que la acción de las heladas pueda penetrar en toda la sección del revestimiento de tierra y destruir su compactación. Aunque estos daños en este tipo de revestimientos, con excepción de las capas superficiales no se han llegado a tener, pruebas de campo se están efectuando para determinar los efectos de las heladas. A reserva de los resultados y las pruebas, se recomienda que los suelos susceptibles a helarse no se utilizan en climas muy fríos. Una pregunta similar se puede hacer con respecto a la pérdida de compactación por la acción del tiempo en climas moderados. Sin embargo parece dudarse que éstollegue a suceder con la excepción posible de que suceda después de un período de tiempo muy largo.

Al proyectarse la sección del canal para revestimientos gruesos de tierra compactada, se debe de tener precaución al fijar las velocidades máximas y el grado máximo de curvatura, para evitar erosiones si no se tiene grava a distancias económicas para que se coloque como cubierta.

b) Revestimientos delgados de tierra compactada.- Los revestimientos delgados de tierra compactada tienen algunas de las características de los revestimientos gruesos de tierra compactada, como se informa en el párrafo anterior. Sin embargo no son adecuados para utilizarse con ciertos tipos de suelos que están sujetos a la acción de congela-

miento y deben de tomarse precauciones adicionales para proteger estos revestimientos relativamente delgados.

c) Revestimientos de tierra colocados sin compactar.- Los revestimientos de tierra sin compactar tienen un uso limitado si es que el suelo no es altamente impermeable y el uso más frecuente para este tipo de revestimientos en los proyectos es para corregir condiciones de filtraciones temporales o de emergencia. El revestimiento debe ser protegido del intemperismo y erosión utilizando cubiertas estables de grava o materiales gravosos.

d) Suelos con aditivos.- Bajo algunas condiciones, para impartir impermeabilidad y estabilidad a los suelos existentes en las áreas de construcción, se ha agregado bentonita o materiales como cemento portland y emulsiones asfálticas a los suelos que se utilizan para la construcción de revestimientos de tierra. Usualmente ésto se ha hecho durante la construcción de revestimientos de tierra compactada y pueden ser aceptables bajo algunas condiciones, pero el aumento en el costo del material y su transporte y el costo de mezclar eficientemente el aditivo antes de su colocación puede resultar prohibitivo. Muy pocos de estos revestimientos se han colocado y se ha hecho únicamente en forma experimental.

3.- ESPECIFICACIONES PARA LA APLICACION DEL CONCRETO LANZADO.

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

El concreto o el mortero lanzado es el mortero o concreto conducido a través de mangueras y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie. La fuerza del impacto del chorro sobre la superficie compacta el material. Generalmente se emplea una mezcla relativamente seca y el material es capaz de sostenerse por sí mismo, sin desprenderse o deslizarse, aún en aplicaciones verticales o hacia arriba.

El concreto lanzado se ha designado en términos tales como gunita, mortero o concreto aplicado neumáticamente, concreto esparcido, concreto guneteado, y otros.

El concreto lanzado es conveniente para una variedad de nuevas construcciones y trabajos de reparación. Sin embargo, sus propiedades y su comportamiento dependen en gran parte de las condiciones bajo las cuales se coloca, la aptitud del equipo particular seleccionado, y especialmente del personal de aplicación.

Incluye el proceso ampliamente usado de mezcla seca donde la mayor parte del agua de mezclado se agrega en la boquilla, y también el proceso recién introducido de mezcla húmeda en que todos los materiales (incluyendo el agua) se mezclan antes de entrar a la manguera de conducción.

Esta práctica recomendada cubre la construcción general usando concreto lanzado.

PROCESOS DE CONCRETO LANZADO.-

Hay dos procesos básicos de concreto lanzado, designados en esta tesis como proceso de mezcla seca y proceso de mezcla húmeda.

A.- <u>Proceso de mezcla seca</u>.-

El proceso consiste en los siguientes pasos:

1.- El cemento y la arena húmeda se mezclan completamente.

2.- La mezcla cemento-arena se introduce en un alimentador mecánico especial mencionado en este tesis como el equipo de entrega.

3.- La mezcla pasa a la manguera alimentadora por una rueda de alimentación o distribuidor.

4.- Este material es transportado por aire comprimido a través de la manguera a una boquilla especial. La boquilla está fijada en el interior con un tubo múltiple perforado por el que el agua se introduce bajo presión y se mezcla íntimamente con los otros ingredientes.

5.- El mortero es lanzado por la boquilla a alta velocidad sobre la superficie que se está tratando.

B.- Proceso de mezcla húmeda.-

Este proceso consiste en los siguientes pasos:

1.- Todos los ingredientes, incluyendo el agua, se mezclan completamente.

2.- El mortero o concreto se introduce en la cámara del equipo alimentador.

3.- La mezcla pasa a la manguera alimentadora y es conducida por aire comprimido, o por otro medio, a una boquilla.

4.- Se inyecta aire adicional a la boquilla para incrementar la velocidad y mejorar la trayectoria del chorro.

5.- El mortero o concreto es lanzado como chorro desde la boquilla a alta velocidad sobre la superficie que se está tratando.

Mezclas de concreto especialmente diseñadas, con tamaño máximo del agregado grueso variando hasta 3/4", se han aplicado en algunas obras en los últimos 5 años.

C.- Comparación de procesos.-

El concreto lanzado, conveniente para los requisitos de construcción normal, se puede producir por ambos procesos. Sin embargo, la diferencia en el costo del equipo, mantenimiento, y aspectos operacionales pueden hacer uno u otro más atractivo para una aplicación particular. Las dife-

BIBLIOTECA CENTRAL
U. A. N. L.

rencias en aspectos operacionales que pueden merecer consideración se dan a continuación.

COMPARACION DE CARACTERISTICAS OPERACIONALES DE LOS PROCESOS DE MEZCLA HUMEDA Y SECA

	Proceso de mezcla seca		Proceso de mezcla húmeda
1	Control sobre el agua de mezclado y consistencia de la mezcla en la boquilla.	1	El agua de mezclado se controla en el equipo de conducción y puede medirse exactamente.
2	Más conveniente para la colocación de mezclas conteniendo agregado poroso ligero.	2	Mejor garantía de que el agua se mezcla completamente con los otros ingredientes. Esto puede traducirse en menor rebote y desperdicio.
3	Apta en mayores longitudes de manguera.	3	La operación de lanzamiento se efectúa con menor polvo.

USOS DEL CONCRETO LANZADO.-

El concreto lanzado ofrece ventajas sobre el concreto convencional en una variedad de construcciones nuevas y trabajos de reparación. Un Ingeniero calificado, a través del conocimiento y de la experiencia debe decidir cuándo y cómo se debe usar el material.

El concreto lanzado es frecuentemente más económico que el concreto convencional, porque hay menores exigencias de cimbras y porque requiere sólo una pequeña planta portátil para la fabricación y colocación. Es capaz de adherirse excelentemente sobre diversos materiales y esto puede ser una consideración importante. El uso de concreto lanzado incluye:

1.- Estructuras nuevas-Techos (particularmente en secciones curvas o plegadas) muros, tanques presforzados, revestimientos de almacenamientos, revestimientos de canales, -

albercas, túneles, alcantarillas y pozos.

2.- Revestimientos. Sobre tabiques, mampostería, concreto, roca y acero.

3.- Recubrimientos en acero estructural para protegerlo del fuego y para reforzarlo.

4.- Refuerzo de losas de concreto y muros de concreto y mampostería.

5.- Reparación de concreto deteriorado en estructuras tales como revestimiento de depósitos, cortinas, túneles, pozos, elevadores, estructuras en contacto con el agua y tuberías. Reparación de daños ocasionados por sismo y fuego en mamposterías y estructuras de concreto.

6.- Revestimientos refractarios en chimeneas, paredes de hornos y calderas.

PROPIEDADES DEL CONCRETO LANZADO.-

Adecuadamente aplicado, el concreto lanzado es un material durable y estructuralmente adecuado y es capaz de adherirse excelentemente sobre concreto, mampostería, acero y algunos otros materiales. Sin embargo esas propiedades favorables están supeditadas a la planeación y supervisión adecuadas y a la destreza y atención contínua del personal de aplicación.

REBOTE.-

El rebote es el material (agregado y pasta de cemento) que queda en la superficie sin adherir durante la aplicación del concreto lanzado debido al choque con la superficie dura, con el refuerzo, o con las partículas mismas de agregado.

La cantidad de rebote varía con la posición del trabajo, la presión del aire, el contenido de cemento, el contenido de agua, el tamaño máximo y graduación del agregado, la magnitud del refuerzo y los espesores de la capa. Generalmente se aproximan a los siguientes valores:

Superficie	Porcentaje de rebote
Pisos o losas	5 - 15
Superficies inclinadas	15 - 30
Trabajos hacia arriba	25 - 50

Sin embargo, en la aplicación del concreto lanzado por nuestros operarios en el país, han dado magníficos resultados eliminando prácticamente el rebote en el revestimiento de canales como más adelante se describe y muestra objetivamente mediante fotografías.

Inicialmente, el porcentaje de rebote es grande pero disminuye después que se ha construido un colchón plástico. El rebote es mucho más pobre y grueso que la mezcla original. El contenido de cemento del concreto lanzado en sitio es, por tanto, mayor debido al rebote; esto incrementa la resistencia pero también la tendencia al agrietamiento por contracción.

El rebote no deberá ser incorporado a la construcción por el encargado de la boquilla; en caso de no caer claramente fuera del trabajo, deberá retirarse. Tampoco deberá recobrarse el rebote e incluirse en las revolturas posteriores debido al peligro de contaminación; además, su contenido de cemento, estado de hidratación y graduación del agregado son variables e impredecibles.

Numerosas referencias al concreto lanzado se encuentran en la literatura, pero hay escasez de datos ingenieriles, y los datos disponibles muestran amplia variedad de valores. Esto es atribuible, parcialmente, a las variaciones reales en la calidad y también a la dificultad para obtener muestras representativas para ensayes. En el presente trabajo se aprovechan las recomendaciones del Comité American Concrete Institut ACI-506 (1966) y las experiencias escasas en nuestro país como más adelante se detalla.

La relación agua-cemento para concreto lanzado en el sitio, normalmente cae dentro del intervalo de 0.35 a 0.50 en peso, lo que es algo inferior que para la mayoría de las mezclas de concreto convencional.

En general las propiedades físicas del concreto lanzado sano, en sitio, son comparables a las del concreto o mortero convencional teniendo la misma composición. La mayor parte de los valores reportados para resistencia a los 28 -

días están en el intervalo de 210 a 490 kg/cm2., aunque algunos tableros de pruebas han desarrollado resistencias hasta de 700 kg/cm2. Se han recomendado que resistencias mayores que 280 kg/cm2 sean especificadas sólo para las obras de concreto lanzado más cuidadosamente proyectadas y ejecutadas.

La contracción por secado del concreto lanzado depende en parte de las proporciones de la mezcla usada, pero generalmente cae en el intervalo de 0.06 a 0.10%. Esto es algo más alto que para la mayoría del concreto convencional debajo revenimiento que generalmente se coloca en secciones amplias usando un agregado grande y mezclas pobres. Esto debe tender a dar mayor agrietamiento por secado, y puede requerir un espaciamiento de juntas más cercano.

La durabilidad del concreto lanzado en ensayes de laboratorio y bajo exposición en el campo, generalmente ha sido buena. Sin embargo, puede ser prudente proteger las obras reparadas con concreto lanzado que estén expuestas a severa acción de congelación o a aguas agresivas, mediante aplicaciones períodicas de aceite de linaza caliente o algún otro recubrimiento protector para inhibir el paso de humedad dentro de las grietas de contracción. Cuando se aplica a superficies no durables o inadecuadamente preparadas, el concreto lanzado parece perder adherencia y desaparece en pocos años.

M A T E R I A L E S

CEMENTO.-

A.- Cemento Portland - el cemento portland debe cumplir con las especificaciones ASTM C-150, C-175, C-205 ó C-340. Cuando los agregados son reactivos con los álcalis del cemento, deberá especificarse un cemento de bajos álcalis. Cuando el concreto lanzado resulta expuesto al suelo o agua freática con alto contenido de sulfatos solubles, deberá emplearse cemento Tipo V. Cuando por consideraciones estructurales se requiera alta resistencia inicial, se preferirá el cemento Tipo III.

B.- Cemento de aluminato de calcio.- Este es un cemento de endurecimiento rápido el que generalmente se prefiere sobre el cemento portland para aplicaciones donde se requiera resistencia al fuego, tal como en revestimientos refractarios. También proporciona mayor resistencia a ciertos ácidos. Sin embargo, su uso puede requerir ciertas precauciones por su alto calor inicial de hidratación. También, las marcas (comerciales) difieren apreciablemente -

en composición y en comportamiento, reflejando diferen -- cias en la materia prima y en los procesos de fabricación.

AGREGADOS.-

La arena para concreto lanzado debe cumplir con los requerimientos para agregado fino de la ASTM C33 "Especi - ficaciones para Agregados para Concreto". Esto requiere la -- graduación mostrada en la siguiente tabla:

GRADUACION PARA AGREGADO FINO

Tamaño de Tamiz, U.S. standard mallas cua - dradas.	Porciento que pasa en peso.
3/8"	100
No. 4	95 - 100
No. 8	80 - 90
No. 16	50 - 85
No. 30	25 - 60
No. 50	10 - 30
No. 100	2 - 10

Sin embargo, si la arena no cumple con esta gra duación puede emplearse alguna otra aprobada por los supervisores y si en los ensayos de preconstrucción se establece que dá buenos resultados. Esta práctica es la usada actualmente en - el revestimiento de los canales con concreto lanzado en el - país, cuya descripción se dá más adelante. También, la arena para acabados o recubrimientos instantáneos y otras aplicaciones especiales, puede ser más fina que la antes indicada. Debe tenerse presente, sin embargo, que la arena más fina gene - ralmente origina mayor contracción por secado. Las arenas más gruesas deben dar mayor rebote.

Para secciones de varios centímetros de espesor y donde hay equipo de colocación adecuado disponible, puede -- ser ventajoso incorporar agregado grueso a la mezcla. El -- agregado grueso, cuando se use, deberá cumplir también con la especificación ASTM-C-33. Debe adaptarse a una de las graduaciones mostradas en la siguiente tabla.

GRADUACIONES PARA AGREGADO GRUESO

Tamaño de tamiz U.S.Standard Mallas cuadradas.	Porcentaje, en peso, que pasa las mallas individuales.		
	Tamaño del # 8 a 3/8".	Tamaño del # 4 a ½"	Tamaño del # 4 a 3/4"
1" (25.4 mm)	-	-	-
3/4" (19.0 ")	-	100	90-100
1/2" (12.7 ")	100	90-100	-
3/8" (9.5 ")	85-100	40- 70	20- 55
No. 4	10-30	0- 15	0-10
No. 8	0-10	0- 5	0- 5
No. 16	0- 5	-	-

Todas las partículas de sobre tamaños deberán eliminarse mediante el cribado, puesto que pueden ser una causa probable de la obturación o rotura de la manguera.

El agregado ligero deberá cumplir con la ASTM-C-330 "Especificaciones para Agregados ligeros para Concreto Estructural" o la C-332 "Especificaciones para Agregados Ligeros para concreto Aislante".

AGUA.-

El agua para mezclado y curado debe ser limpia y libre de sustancia que puedan ser dañinas al concreto o al acero.

Cuando la apariencia sea importante, el agua de curado deberá estar libre de elementos que causen manchas.

ADITIVOS.-

Puede ser deseable incluir aditivos en el concreto lanzado para aplicaciones y condiciones de colocación especiales. Los aditivos deben cumplir, según sean aplicables, con losrequerimientos de la norma ASTM C-494 "Especificaciones Tentativas para Aditivos Químicos para Concreto"; ASTM-C-260 "Especificaciones para Aditivos inclusores de Aire para Concreto"; ASTM-C-350 "Especificaciones para Cenizas Volcánicas para

uso como Aditivos en Concreto de Cemento Portland", ó ASTM C-402 "Especificaciones para Puzolanas Naturales Calcinadas o Materias Primas para uso como Aditivos en Concreto de Cemento Portland". Sin embargo, los aditivos que tienen ventajas en concreto regular, no son tan útiles en concreto lanzado.

Los aditivos para concreto lanzado caen dentro de las siguientes categorías:

1.- Acelerantes. Cuando se requiere un desarrollo rápido de resistencia o fraguado inicial, cloruro de calcio u otros aditivos acelerantes pueden usarse bajo ciertas condiciones. El cloruro de calcio nunca se empleará en una cantidad mayor del 2% en peso del cemento, excepto cuando el fraguado instantáneo sea necesario para obturar infiltraciones.

Los aditivos que contienen cloruro de calcio no deben emplearse en concreto lanzado expuesto al agua de mar o a otra exposición de sulfatos, en concretos lanzados que estén en contacto con acero de preesfuerzo, o cuando el concreto lanzado proteja metales diferentes (tales como aluminio y acero) en contacto uno con el otro.

2.- Aditivos inclusores de aire. Aunque no es factible introducir aire en una mezcla seca de concreto lanzado, los aditivos inclusores de aire pueden usarse en muchas aplicaciones de mezclas húmedas. Los datos acerca del efecto del aire introducido en concreto lanzado son limitados, pero debe esperarse que aumente la resistencia a la congelación y deshielo y haga que algunas mezclas sean más trabajables. Para introducir un porcentaje determinado de aire en el sitio, usualmente se requiere alrededor de doble cantidad en la mezcla original, para tomar en cuenta la pérdida de aire.

3.- Retardantes y otros aditivos reductores de agua. En tiempo caliente, si se requiere acabado, puede ser deseable añadir un retardador a la mezcla. En el proceso de mezcla húmeda, los reductores de agua algunas veces ayudan a la operación de colocación y mejoran la calidad del concreto.

4.- Aditivos minerales.- Las cenizas volcánicas algunas veces ayudan a aumentar la plasticidad y reducen el deslizamiento. Las fibras de asbesto, arcilla, y otros materiales pueden también servir para estos propósitos, sin embargo, deben usarse con precaución puesto que general-

mente aumentan el requerimiento de agua, con el consecuente aumento en la contracción y disminución en resistencia y durabilidad.

Los aditivos solubles deberán disolverse en agua antes de introducirse a la mezcla. En el proceso de mezcla húmeda, los aditivos se dosifican de acuerdo con la práctica normal para el concreto. En el proceso de mezcla seca, el aditivo generalmente se dosifica dentro del tambor o tanque de agua de mezclado, y esta solución se bombea a la boquilla.

TECNICAS DE CONTROL DE CALIDAD

GENERALIDADES.-

Las proporciones de la mezcla, la graduación y calidad del agregado, la cantidad y el espaciamiento del acero de refuerzo, la posición del trabajo, el diseño y la condición del equipo de alimentación, y especialmente la calidad de la mano de obra, afectan la calidad del concreto lanzado en el sitio. Una investigación de laboratorio debe hacerse por lo tanto antes de iniciar el trabajo para verificar la operación del equipo y las calificaciones del personal de aplicación, y para verificar que la calidad especificada del concreto lanzado puede ser la esperada en la estructura.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYE DE PRECONSTRUCCION.-

Deberán fabricarse especímenes de laboratorio por cada personal de aplicación que use el equipo y por cada tipo de materiales, y proporciones de las mezclas propuestas para el trabajo.

En el proceso de mezcla seca, la cantidad de agua añadida en la boquilla se ajustará en tal forma que el concreto lanzado en el sitio parezca estar adecuadamente compactado sin fluir ni mostrar excesivo rebote. Cuando sea justificable por el tamaño y la importancia del trabajo, o la falta de experiencia anterior con los materiales, puede ser prudente ensayar dos o tres mezclas (generalmente dentro del intervalo de una parte de cemento y 3 a 4½ partes de arena) antes de decidir las proporciones finales de la mezcla.

El procedimiento para el proceso de mezcla húme

da será similar excepto que la mezcla completa deberá premezclarse con un revenimiento que se considere apropiado para la obra (usualmente en el intervalo de 0 a 10 cm) antes de introducirse a la cámara del equipo de conducción. Generalmente se recomiendan ensayes de varios diseños de mezclas cuando se desea incluir agregado grueso; usualmente se ensaya primero del 20 al 40% de agregado grueso, con ajustes posteriores a las mezclas según los resultados del primer ensaye.

Aunque la determinación más confiable de la calidad del concreto lanzado se obtiene extrayendo núcleos de la estructura, es generalmente costoso y puede ser impractica ble o indeseable por otras razones. Para los estudios de preconstrucción, los ensayes en tableros simulando condiciones reales de trabajo proporcionan una indicación suficientemente confiable de la calidad que puede esperarse en la estructura. Un tablero se fabrica por el lanzamiento sobre una forma de madera contrachapada. Un tablero separado deberá fabricarse para cada diseño de mezcla que se estén considerando, y también para cada posición de lanzamiento que se pueda presentar en la estructura (esto es, vertical y horizontal, hacia abajo y hacia arriba). Cuando menos una parte del tablero debe contener el mismo refuerzo que la estructura, para mostrar cuándo se puede colocar concreto lanzado sano atrás de las varillas de refuerzo. El tablero debe ser suficientemente grande para obtener todos los especímenes de ensaye necesarios, y también suficientemente grande para indicar la calidad y la uniformidad que puede esperarse en la estructura; generalmente no será menor de 75 cm (30") por lado. El espesor debe ser el mismo de la estructura excepto en que (normalmente) no deberá ser menor de 7.5 cm (3").

Deberán obtenerse cubos o núcleos de los tableros, para ensaye. Los núcleos tendrán un diámetro mínimo de 7.5 cm y una relación L/D de uno, cuando menos, si es posible. Los especímenes deberán ensayarse a compresión a 7 ó 28 días o a ambas edades. Las resistencias de núcleos deberán corregirse por la relación L/D como se describe en la ASTM-C-42 "Obtención de Núcleos de Ensaye y Vigas Cortadas de Concreto". Las resistencias de los cubos pueden reportarse tal como se determinan, o convertirse a resistencias de cilindros (L/D = 2) multiplicándolas por el factor 0.85. Las superficies cortadas de los especímenes deberán examinarse cuidadosamente, y superficies adicionales deberán exponerse mediante el corte o ruptura del tablero cuando se considere necesario, para verificar la sanidad y uniformidad del material. Todas las superficies cortadas o quebradas deberán estar densas y libres de laminaciones y bolsas de arena.

Los estudios antes descritos deben requerir la-

aplicación del contratista para demostrar antes de emprender el trabajo que es capaz de colocar concreto lanzado de la calidad requerida, lo que en algunos casos retardará el inicio de la construcción real. A veces se permitirá hacer los tableros de ensayo simultáneamente con el inicio de la construcción, o posiblemente los núcleos puedan tomarse del primer concreto lanzado colocados en la estructura.

REQUISITOS DE EQUIPO

PROCESO DE MEZCLA SECA.-

A) Equipo de dosificación y mezclado - La dosificación por peso es mejor y se recomienda con énfasis. En lugar de pesarse, el cemento puede dosificarse por sacos completos. La arena puede dosificarse volumétricamente si se hacen verificaciones periódicas del peso para asegurar que los pesos se mantienen dentro de la tolerancia requerida.

El contenido de humedad de la arena debe ser tal que la mezcla arena-cemento fluya a velocidad uniforme a lo largo de la manguera de conducción. El contenido óptimo de humedad debe depender del equipo de conducción que se emplee, pero generalmente está dentro del intervalo de 3 a 6%. La arena deberá humedecerse o secarse, según se requiera, para proporcionar la humedad a un nivel satisfactorio. Las fluctuaciones de los contenidos de humedad deberán evitarse.

El equipo de mezclado debe ser capaz de mezclar completamente la arena y el cemento (las partículas de arena deberán recubrirse en su totalidad con cemento) en cantidad suficiente para mantener continuidad en la colocación. El tiempo de mezclado no será menor de un minuto en mezcladoras del tipo de tambor; cuando se propongan otras mezcladoras, deberá presentarse evidencia satisfactoria de que son capaces de mezclar eficientemente. La mezcladora deberá ser autolimpiadora, esto es, capaz de descargar todo el material mezclado sin pasar parte de una revoltura a la siguiente. Deberán inspeccionarse y limpiarse completamente al menos una vez al día (más frecuente si es necesario) para prevenir acumulaciones de material de la revoltura.

B) Equipo de lanzamiento. El equipo de lanzamiento deberá ser de un diseño y tamaño tal, que haya dado buenos resul

tados en trabajos similares. El equipo debe ser capaz de descargar la mezcla de arena-cemento a la manguera de alimentación bajo riguroso control y conducir una corriente suave y continua de material uniformemente mezclado, a la velocidad apropiada, hasta la boquilla de descarga.

La boquilla de descarga deberá estar equipada con un sistema de inyección de agua de operación manual para dirigir una distribución uniforme del agua a través de la mezcla arena-cemento. La válvula de agua debe ser de fácil ajuste para variar la cantidad de agua, y debe estar en posición cómoda para el encargado de la boquilla.

La boquilla debe descargar una corriente cónica de apariencia completamente uniforme. La distorsión de esta corriente, o cualquier apariencia no uniforme, indica el desgaste del recubrimiento de la boquilla o el mal funcionamiento del sistema de inyección de agua.

El equipo alimentador debe limpiarse completamente al final de cada turno. Las partes de equipo, especialmente el revestimiento de la boquilla y los anillos de la válvula de agua, deben inspeccionarse regularmente y reemplazarse según se requiera.

C) Suministro de aire. Un compresor de aire adecuadamente operado, de amplia capacidad, es esencial para la operación satisfactoria del concreto lanzado. El compresor debe mantener un suministro de aire seco y limpio adecuado para sostener la velocidad suficiente del chiflón en todas las partes de la obra, aún cuando opere simultáneamente un soplete para retirar y limpiar el rebote. Las capacidades del compresor mostradas en la siguiente tabla son adecuadas para trabajos normales de concreto lanzado:

La presión de aire de operación es la presión impartida al material por el equipo de conducción dentro de la manguera y es medida por un manómetro cerca de la salida de material del equipo de lanzado. La presión de aire debe ser uniforme (no pulsatoria).

Los valores mostrados en la tabla están basados en una longitud de manguera de 46 m (150 pies) con la boquilla a no más de 7.6 m (25 pies) arriba del equipo de conducción. Las presiones de operación generalmente se aumentan en 0.35 kg/cm2 (5 lb/pulg2) por cada 15 m (50 pies) adicionales de manguera o alrededor de 0.35 kg/cm2 por cada 7.5 m que la boquilla se eleve sobre el equipo de aplicación.

CAPACIDAD DEL COMPRESOR PARA CONDICIONES NORMALES DE OPERACION.

Capacidad del compresor. Pie^3/min.	Diámetro manguera.		Tamaño máximo de la punta de la boquilla.		Presión de aire de operación utilisable.
	pulg.	cm.	pulg.	cm.	lb/pulg2.
250	1	2.54	3/4	1.90	40
315	1 1/4	3.17	1	2.54	45
365	1 1/2	3.81	1 1/4	3.17	55
500	1 5/8	4.13	1 1/2	3.81	65
600	1 3/4	4.44	1 5/8	4.13	75
750	2	5.08	1 3/4	4.44	85

D) Suministro de agua - La presión del agua en la descarga de la boquilla debe ser suficientemente mayor que la presión de aire de operación para asegurar que el agua se mezcle íntimamente con los otros materiales. Si la presión en la línea de agua es inadecuada, deberá instalarse una bomba en la línea. La presión del agua debe ser uniformemente constante (no pulsatoria).

E) Equipo de conducción de mezclas secas de concreto. Se han recibido recientemente del exterior de los Estados Unidos algunos reportes alentadores sobre la aplicación de mezclas, que contienen agregado grueso graduado hasta de 25 mm (1"), por el proceso de mezclas secas. Sin embargo, no hay suficiente información disponible acerca de la operación y funcionamiento del equipo y los resultados obtenidos para justificar una recomendación para su uso general en el momento actual. Estas mezclas prometen algunas ventajas, incluyendo un bajo factor de cemento y contenido de agua, cuando se aplican en secciones gruesas. Sin embargo, la capacidad del equipo de aplicación para manejar mezclas con agregado grueso y su efectividad en el mezclado del agua añadida en la boquilla con los otros ingredientes deben investigarse. También, el agregado grueso añadido a la mezcla probablemente incremente el rebote, lo cual a su vez aumenta el contenido de cemento y la pérdida de material, y hace más difícil obtener concreto lanzado sano en secciones reforzadas.

PROCESO DE MEZCLA HUMEDA.-

A) Equipo de dosificación y mezclado. La dosificación por peso es preferible y se recomienda con énfasis. En lugar de pesarse, el cemento puede dosificarse por bolsas integrales. El agregado puede dosificarse volumétricamente si se hacen verificaciones periódicas de peso para asegurar que los pesos se mantienen dentro de la tolerancia requerida. El agua puede dosificarse por peso o por volumen.

El equipo de mezclado debe ser capaz de mezclar completamente los materiales especificados en cantidad suficiente para mantener la colocación continua. El tiempo de mezclado requerido debe depender de la mezcla que se emplee y de la eficiencia de la mezcladora; el mezclado debe cumplir con el ACI-614 "Práctica Recomendada para la Medición, Mezclado y Colocación de Concreto". Cuando se emplee concreto premezclado debe cumplir con la ASTM-C-94 "Especificaciones para Concreto Premezclado". La conducción de concreto con el revenimiento deseado y la uniformidad de revoltura a revoltura son esenciales para una buena operación de concreto lanzado, especialmente en aplicaciones sobre superficies verticales y hacia arriba.

B) Equipo de conducción. El tipo de alimentador neumático del equipo de conducción de mezcla húmeda ha demostrado que es capaz de aplicar con alta calidad, mortero o concreto de bajo revenimiento con la confiabilidad necesaria para la construcción general y trabajos de reparación. Con este equipo, un recipiente a presión descarga los materiales premezclados y el aire comprimido dentro de la manguera alimentadora. El material y el aire pasan por la manguera hasta la boquilla, que está provista con un anillo de aire, para la inyección de aire comprimido adicional.

Recientemente se ha introducido el equipo de conducción de mezcla húmeda de concreto lanzado del tipo de desplazamiento positivo. En este equipo el mortero premezclado o el concreto es forzado a través de la manguera por una bomba de pistón u otro medio no neumático. Cuando se usa para concreto lanzado, se añade una boquilla al extremo de la manguera y se equipa con un anillo de aire para la inyección de aire comprimido en el flujo de material.

Los datos disponibles indican que los revenimientos generales han sido altos, las velocidades de choque menores, y las longitudes de manguera más limitadas con el equipo-

de desplazamiento positivo que para equipo de alimentación neumática. Sin embargo, se ha visto que un equipo de este tipo es capaz de producir concreto lanzado de buena calidad para muchas aplicaciones, particularmente en losas y superficies planas de poca pendiente.

El equipo de conducción de mezclas húmedas debe ser de un diseño y tamaño tal que haya dado buenos resultados en trabajos similares. Debe ser capaz de conducir los materiales premezclados con exactitud, uniformidad y continuidad a través de la manguera de alimentación. El diámetro de la manguera está generalmente en el intervalo de 32 a 64 mm (1 1/4" a 2½"). Las recomendaciones de los fabricantes del equipo deben seguirse en cuanto al tipo y tamaño de boquilla por usar, y a la limpieza, inspección y mantenimiento del equipo.

C) Suministro de aire. El compresor de aire debe ser capaz de mantener un suministro adecuado de aire limpio para mantener la velocidad suficiente del chiflón en todas las partes del trabajo y para la operación simultánea de un soplete para la limpieza y retiro del rebote. No hay datos disponibles suficientes para hacer recomendaciones del tamaño del compresor y presiones de operación sin embargo, en el revestimiento de canales de que se habla más adelante se asientan las experiencias en México, tomando en cuenta las necesidades propias del equipo de lanzado, bombas accionadas con el aire comprimido y usos adicionales como son los de limpieza del equipo y desalojo de rebote o material.

REQUERIMIENTO DE PERSONAL ESPECIALIZADO

CALIFICACIONES.-

La calidad del concreto lanzado depende en gran parte de la destreza del personal de aplicación de igual manera que la calidad de la soldadura depende del soldador.

El capataz, el encargado de la boquilla y el operador del equipo de conducción deben dar evidencia, antes de emplearse, que han hecho trabajos satisfactorios de capacidad similar durante un período de tiempo suficiente para ser calificados como responsables de sus obligaciones.

El capataz debe tener buena experiencia personal, preferiblemente incluyendo no menos de 2 años como encargado-

de la boquilla del concreto lanzado.

El encargado de la boquilla debe haber servido por lo menos seis meses como aprendiz en aplicaciones similares y debe ser capaz de demostrar, mediante ensayos, su habilidad para cumplir satisfactoriamente sus obligaciones y para aplicar el concreto lanzado de la calidad requerida.

Una verificación final de las calificaciones del personal de aplicación se obtiene en el programa de ensayes de preconstrucción descritos anteriormente.

OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA.-

Las obligaciones del Contratista son:

1) Asegurar que todas las superficies por trabajar estén limpias y libres de lechada o material suelo, usando aire y chorro de aire y agua según se requiera.

2) Asegurar que la presión de aire de operación sea uniforme y suministre velocidad adecuada en la boquilla para una buena compactación.

3) Regular el contenido de agua de manera que la mezcla sea suficientemente plástica para dar una buena compactación y bajo porcentaje de rebote, pero también lo suficientemente seca para no escurrir. (En el proceso de mezcla seca el encargado de la boquilla realmente controla el agua de mezclado, mientras que en el proceso de mezcla húmeda cambia directamente la consistencia conforme se requiere).

4) Mantener la boquilla a la distancia adecuada y tan cerca de ser normal a la superficie como el tipo de trabajo lo permita, para asegurar la compactación máxima con el mínimo de rebote.

5) Seguir una secuencia rutinaria que debe conducir a llenar las esquinas con concreto lanzado sano y a cubrir el refuerzo sin material poroso atrás del fierro, usando los espesores de capa más gruesos practicables.

6) Determinar los procedimientos necesarios de operación para la colocación en lugares estrechos, en zonas extendidas o alrededor de obstrucciones no usuales, donde las velocidades de colocación y la consistencia de la mezcla deben ajustarse.

7) Dirigir al personal cuando se inicie y termine el flujo -- del material y detener el trabajo cuando el material no es té llegando uniformente a la boquilla.

8) Asegurar que las bolsas de arenas o partes flojas se recor ten para reemplazarse.

9) Llevar el concreto lanzado a las líneas de acabado de una- manera clara y como un artífice.

El encargado del equipo de conducción opera la ali mentación mecánica y dirige el trabajo del personal de mezcla- do. Recibe instrucciones o señales del encargado de la boqui- lla para enviar el material según se requiera. Su obligación- más importante es ver que el material fluya a la boquilla a ve locidad uniforme y a la presión requerida por el encargado de- ésta. Es también su responsabilidad ver que ningún material - premezclado que permanezca más de 45 minutos sea enviado al en cargado de la boquilla.

El aprendiz o ayudante del encargado de la boqui - lla opera el soplete de aire que tiene un diámetro mínimo de - 19 mm (3/4") y asiste al encargado de la boquilla para mante - ner todo el rebote y otro material suelto o poroso fuera de la nueva construcción (excepto en las clases de trabajo en donde- el rebote atrapado puede ser retirado fácilmente por el encar- gado de la boquilla). También lo asiste en otras asignaciones requeridas.

Otro asistente del encartado de la boquilla es el- encargado de la manguera. Ayuda con la manguera de conducción a mantener el avance para un progreso eficiente. En algunos - trabajos el primer ayudante también actúa como encargado de la manguera.

4.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION EN CANALES Y ESTRUCTURAS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO.

GENERALIDADES.-

La aplicación debe ser descrita plenamente en los planos y en las especificaciones, los cuales estarán disponibles para el aplicador o el supervisor de la obra antes de que el trabajo principie.

PREPARACION DE LAS SUPERFICIES PARA RECIBIR EL CONCRETO LANZADO.

Cuando el concreto lanzado se vaya a colocar sobre superficies de tierra, como en revestimientos de canales, esta superficie primero deberá compactarse completamente y recortarse a la línea y nivel. El concreto lanzado no se colocará sobre cualquier superficie que esté congelada, esponjosa, o donde haya agua libre. La superficie deberá mantenerse húmeda durante varias horas antes de aplicar el concreto lanzado.

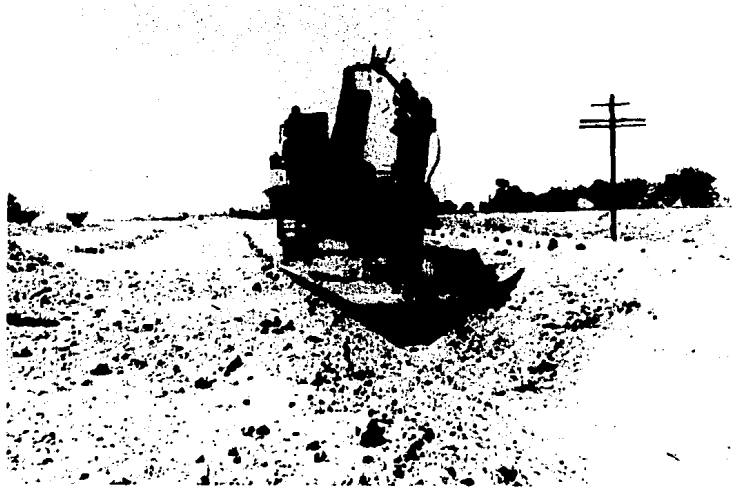
Cuando el concreto lanzado se vaya a usar para reparar concreto deteriorado, es esencial que antes se retire todo el material que no esté sano. El cincelado deberá continuarse hasta que no haya escalones en la cavidad que puedan causar un cambio brusco de espesor de la reparación. No se permitirán esquinas en ángulo recto en el perímetro de la cavidad; todos los borden deben ser rebajados. La superficie final de corte se examinará críticamente para asegurar que esté sana y de forma apropiada.

El trabajo preparatorio inapropiado es responsable de más fallas de concreto lanzado en trabajos de reparación que cualquier otro factor único.

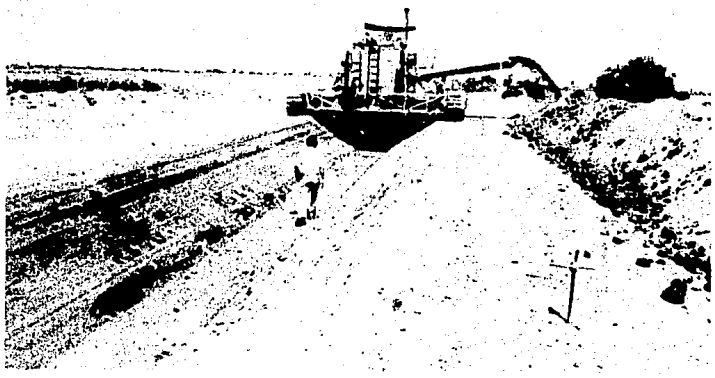
Después que se ha determinado que la superficie (ya sea de concreto, mampostería o acero) sobre la que se va a adherir el concreto lanzado es sana, deberá sopletearse con arena. Inmediatamente antes de recibir el concreto lanzado, todas estas superficies deberán estar bien limpias; las superficies de concreto y mampostería deberán saturarse, secando la humedad superficial. Las superficies porosas deben mantenerse húmedas durante varias horas antes de aplicar el concreto lan-

zado.

Preparación de la superficie para recibir el concreto lanzado o subrasante. Una subrasante estable es importante y su preparación para el revestimiento con concreto lanzado varía con las características de la misma. El buen acabado de las secciones del canal en cortes de roca estable no es necesario si las características hidráulicas de la superficie rugosa de revestimiento son satisfactorias. En subrasantes de tierra, se obtienen mejores resultados generalmente si ésta se prepara de la misma manera que para el revestimiento de concreto colado en el lugar.



Excavación para formar la cubeta del Canal Principal "Yurécuaro" Km 20+860 utilizando cucharón de sección trapezoidal el cual no necesita afine en los taludes. Máquina Poclain.



Distrito de Riego No. 14 Río Colorado.- Afine de la sección en Km 16.000 del Lateral 3.020 del Lateral 23.542 utilizando afinadora electrónica.

Si la subrasante no es afinada hasta obtener una superficie razonablemente lisa, el control en el espesor del revestimiento es muy difícil y generalmente resultan zonas delgadas que forman planos débiles sobre los puntos altos. Todas las superficies absorventes contra las cuales se colocará el concreto lanzado se deben de humedecer completamente para que el mortero fresco no pieda parte de su humedad, sin embargo en el momento de su aplicación no deberá de haber agua libre en la superficie de la subrasante.

La aplicación neumática se lleva a cabo utilizando equipo especial proporcionado por varios fabricantes. El concreto lanzado se utiliza extensamente, tanto para revestimientos como para recubrimientos antiguos en canales revestidos como se comentó anteriormente. Por la pequeña cantidad de equipo de construcción necesario y por su movilidad, este proceso se adapta bien al trabajo de construcción y reparación en pequeños canales diseminados por el Distrito, y en laterales y canales granja que tienen curvas muy cerradas frecuentes y otras estructuras. Este tipo de construcción permite la colocación del revestimiento adyacente a las estructuras existentes en contraste al concreto colocado con formas deslizantes, que debido a las limitaciones de equipo, deja un espacio de varios pies a los lados de cada estructura que se deben de revestir posteriormente a mano. Otra ventaja de la construcción de revestimiento con concreto lanzado es que-

se puede colocar en la superficie de los cortes en roca.

Como se mencionó, la mayor parte de las ventajas del revestimiento de concreto lanzado son limitadas a su uso en condiciones especiales. Este tipo de revestimiento en general, no es tan económico como el concreto colocado con formas deslizantes para trabajos grandes. No solamente la velocidad de colocación de revestimientos es lento comparándolo con la colocación con las operaciones con formas deslizantes, sino que también es un mortero que contiene arena únicamente, se tiene que utilizar más cemento que en el concreto, lo que hace que sea más suceptible a agrietarse, por su contenido puede reducir su duración en comparación con el concreto con aire, en las zonas en donde se tienen congelamientos y descongelamientos.

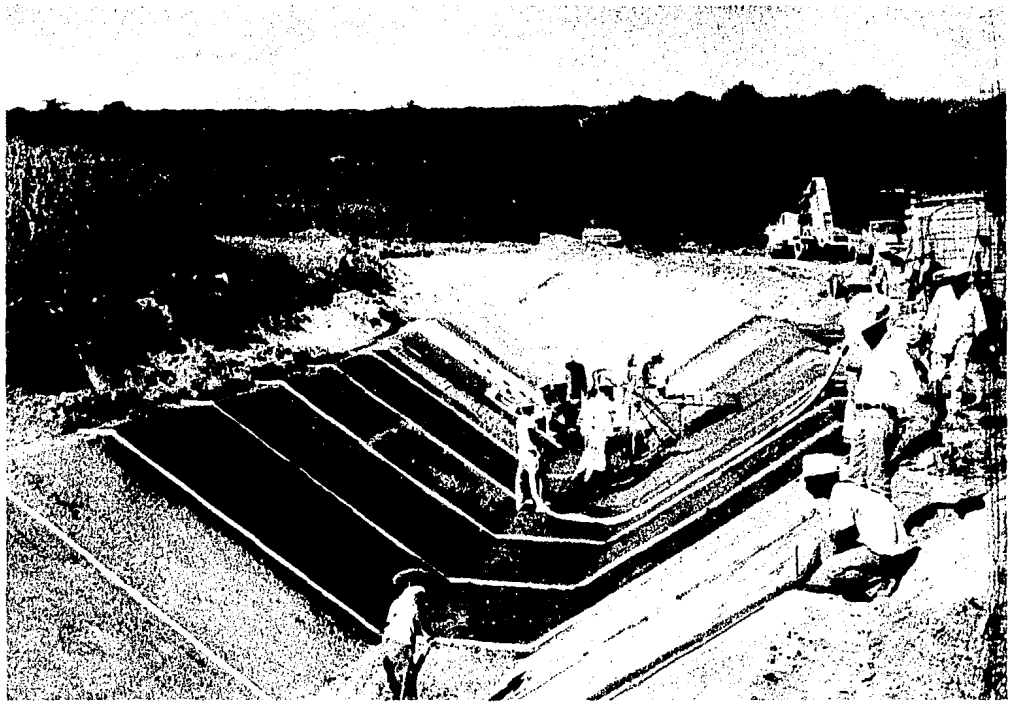
Espesor y refuerzo. Los revestimientos de concreto lanzado colocados tienen usualmente un espesor de 1½" ó más. Ellos a veces han sido reforzados con malla de alambres, especialmente en donde se tiene que tomar en cuenta la seguridad estructural. El refuerzo puede ser de malla de 4" x 4" ó de 6" x 6" del número 9 ó número 10. Se deberá tener cuidado que este refuerzo se coloque en el centro del espesor del revestimiento, de otra manera no será de ninguna utilidad hasta puede ser objetable. Este revestimiento delgado, con refuerzo de malla de alambre ligero, se puede agrietar, reventar y romper; pero las fallas completas son raras y en áreas pequeñas. Su reparación inmediata ha resultado satisfactoria en revestimiento de bajo costo y algunas secciones han estado en uso en los EE.UU. por más de 30 años y parece que pueden dar servicio por muchos años más.

Las experiencias muestran que el espesor del revestimiento así como los detalles de diseño, no se pueden fijar arbitrariamente pero se deben de establecer basándose en consideraciones ingenieriles en cada trabajo.

El concreto lanzado se ha utilizado en varios proyectos en forma experimental como cubierta de protección para revestimientos de membranas asfálticas. Para esta aplicación tiene usualmente de 1/2" a 3/4" de espesor. Esto se comenta en la sección de revestimientos de membranas.

Equipo de construcción y métodos.- El equipo para la colocación varía con los diferentes fabricantes. Un sistema de canales de aire se incorpora al mecanismo de alimentación de arena y cemento relativamente seco del mezclado a una manguera flexible, através de la cual se transporta a la boquilla de descarga a presión neumática. En la boquilla de descarga se introduce el agua através de una segunda mangue

ra y se agrega a la mezcla de arena-cemento y el mortero se - descarga por la boquilla bajo presión. Una presión mínima de aire de 45 psi., se necesita para longitudes de manguera menores de 100' y se debe incrementar por 5 psi., por cada 50' - que excedan la longitud de 100'. El concreto lanzado se aplica usualmente en la sección del canal manteniendo la boquilla como a 3' de superficie por cubrir y perpendicular a la misma. Veáse la figura que muestra una instalación típica.



ARRIBA: Nótese la preparación del dren en la base del canal para liberar subpresiones hidráulicas cuando el nivel freático es mas alto que la base del canal.

ABAJO: Detalle del curso del material en el proceso a traves de la máquina lanzadora.

a) Revolvedora
b).Elevador de canjilones
c) Vibrador y criba
d) Cámaras de presión
-Superior para carga
-Inferior de presión constante.

Descripción del equipo.- Para el revestimiento de canales y con el sistema de concreto lanzado por el proceso seco, se ha ideado formar un tren de equipo consistente en: una pipa de agua que alimenta la boquilla de descarga de concreto lanzado, y además sirve para el previo humedecimiento de las terracerías donde se aplicará y desde luego para la limpieza del equipo; una compresora de 600 psi que cubre ampliamente las necesidades de conducción del material, acción de una bomba en la pipa para dar presión del agua, una bomba que acciona la rueda de alimentación de las cámaras de presión del equipo lanzador y además, aire a presión suficiente para la limpieza y retiro de material indeseable; una máquina lanzadora propiamente dicha de doble cámara junto con sus mangueras y boquilla de descarga.

Pipa de agua.- Este elemento se montó en un camión para permitir su movimiento por el camino del canal y además para poder retirarse a su carga adonde el agua se pueda obtener fácilmente. El tanque es de 10000lts. de capacidad y se pretende sirva para el lanzamiento continuo en un turno de 12 hs. incluyendo las necesidades del líquido para humedecer el canal, para formar el concreto y para la limpieza o usos adicionales.

Compresora.- Consiste en una máquina diesel de 600 psi de capacidad de una marca cualquiera conocida montada sobre un camión y su movilidad se limita al curso del trabajo, pues el Diesel y la gasolina de arranque se suministrará con camioneta Pic-Up que viaja a la bodega para atender entre otras cosas el combustible, las refacciones, órdenes, etc.

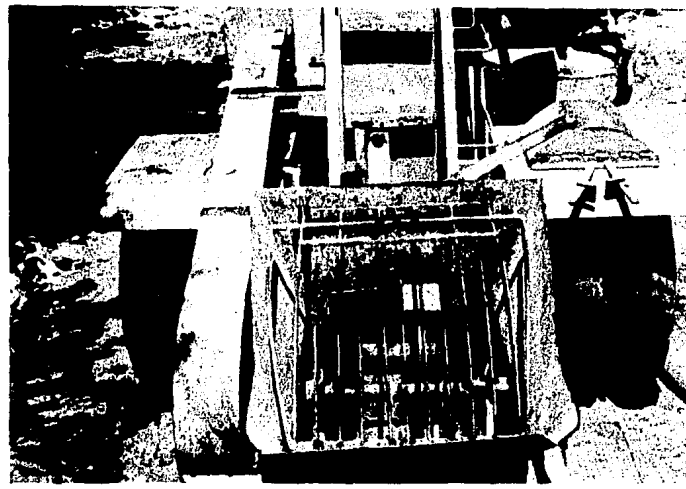
Máquina lanzadora.- En esta unidad, montada también en un camión, consiste en los siguiente elementos:

a) Sistema de revoltura del material en seco.
b) Un elevador de canjilones.
c) Un vibrador y criba con tolva de descarga a las cámaras.
d) Un sistema de cámara para transportar el material con la inclusión de aire comprimido.

La unidad lanzadora propiamente dicha puede estar aislada y para su transporte montada en ruedas de carretilla como se muestra en la siguiente foto.

En esta máquina, para aliviar el trabajo del maquinista, se reemplazó el manejo manual con cilindros de aire comprimido.

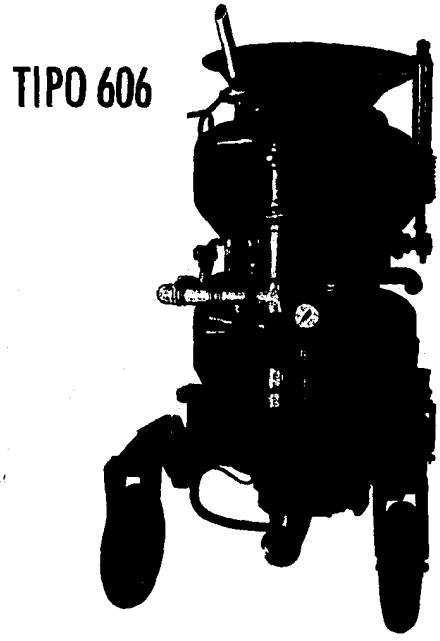
La Sección vertical de un lanzador típico de doble cámara se ha dibujado para una fácil referencia a la des-



ARRIBA: Revolvedora de paletas con rejilla protectora y separadora de agregados gruesos.

ABAJO : detalle de la máquina lanzadora. Nótese los registros frontales para en caso de taponamiento u obtrucción de las válvulas de aceptación de material a las respectivas cámaras decompresión. Nótese el motor de aire en la parte inferior. Al fondo un motor diesel que acciona la revolvedora y el elevador de canjilones.

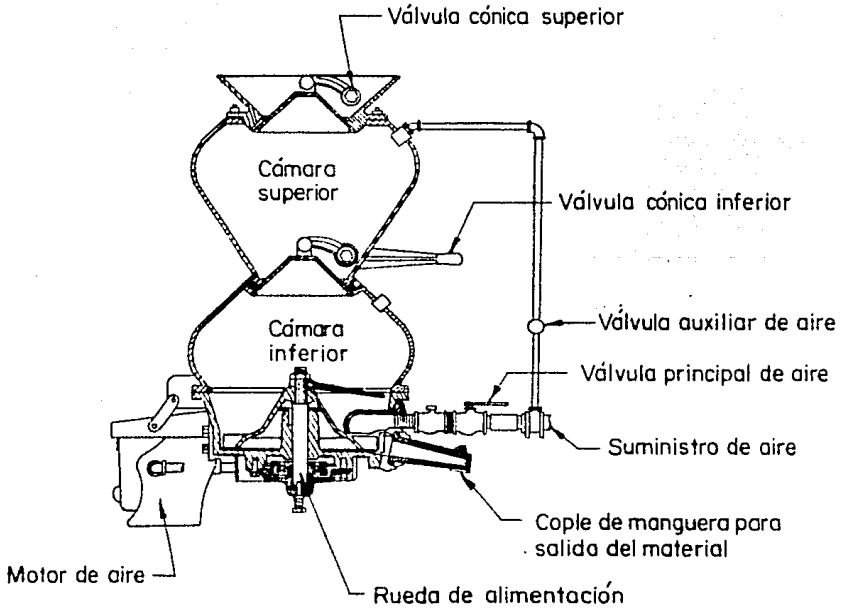
cripción de funcionamiento siguiente:



Máquina de flujo continuo tipo 606 Marca BSM (Beton-Spritz-Maschinen, Co.) Se usa como lanzador o transportador de concreto. Capacidad de 8 m3/h con requerimiento de 14 a 18 m3/h. de aire comprimido.

Con la válvula cónica inferior cerrada y la máquina alimentando la mezcla seca desde la cámara inferior a presión a la manguera de salida del material, se abre la etapa de la cámara superior y ésta es recargada de material, cuando ya se terminó de cargarse, la válvula cónica superior es entonces cerrada y se abre la válvula auxiliar de aire. Cuando la presión en las cámaras superior e inferior son iguales, entonces se abre la válvula cónica inferior y la mezcla cae por gravedad dentro de la cámara inferior; dentro de esta cámara, un alimentador de rueda, agitador o tornillo modificado operado por un motor auxiliar neumático conduce el material dentro de la corriente de aire comprimido que llega directamente a la manguera que conduce el material. La tapa de la cámara superior por la cual entra el material al equipo lanzador, está asegurada por un empaque de hule formando un anillo, la presión interna mantiene cerrada la tapa contra el empaque y luego la presión se iguala en las dos cámaras.

Cuando la mezcla es alimentada de la cámara inferior a la manguera que conduce el material, se cierra la válvula de cono inferior independizando las dos cámaras en es-



Sección vertical de un lanzador típico de doble cámara.

tas condiciones, se disipa la presión de la cámara superior - con la válvula y así se puede abrir dicha cámara superior para su recarga nuevamente. De esta manera, este ciclo se repite - indefinidamente mientras se aplica el concreto lanzado.

Tren de equipo con las tres unidades de pipa,- compresor y lanzador trabajando y avanzando en reversa.

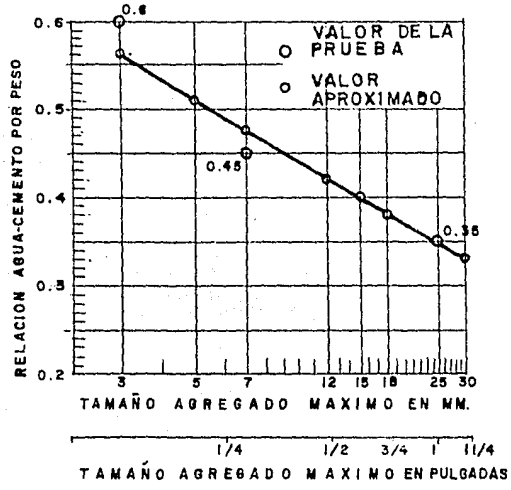
RELACION AGUA-CEMENTO.-

Para la relación agua-cemento se tienen diferentes valores en el concreto lanzado, pues algunas veces se dice que es muy baja cuando se usan 11.35 lts. por saco de cemento- (0.27 por peso), o menos. El ingeniero con experiencia en la- elaboración del concreto sabe que éstas mezclas son extremadamente secas y que su compactación no es eficiente, por otra -- parte, esta cantidad de agua es insuficiente para hidratar - químicamente todo el cemento. En algunos casos de estos valores bajos, únicamente se ha considerado el agua agregada en la boquilla la cual es difícil de medir y además no se considera- la humedad en la arena, que generalmente varía del 3% al 6% -- del peso. Observaciones más de acuerdo con la realidad indi - can que la relación agua-cemento es un buen concreto lanzado - en el lugar es del orden 15.20 a 20.80 lts. saco (0.35 a 0.50- por peso).

Para el revestimiento de los canales construi -

dos con concreto lanzado, se analizaron tentativamente varios valores para la relación agua-cemento y finalmente se adoptó el valor de 0.48 que fué con el que se obtuvo mejores resultados y este valor se conservó casi invariable a lo largo de todo el proceso.

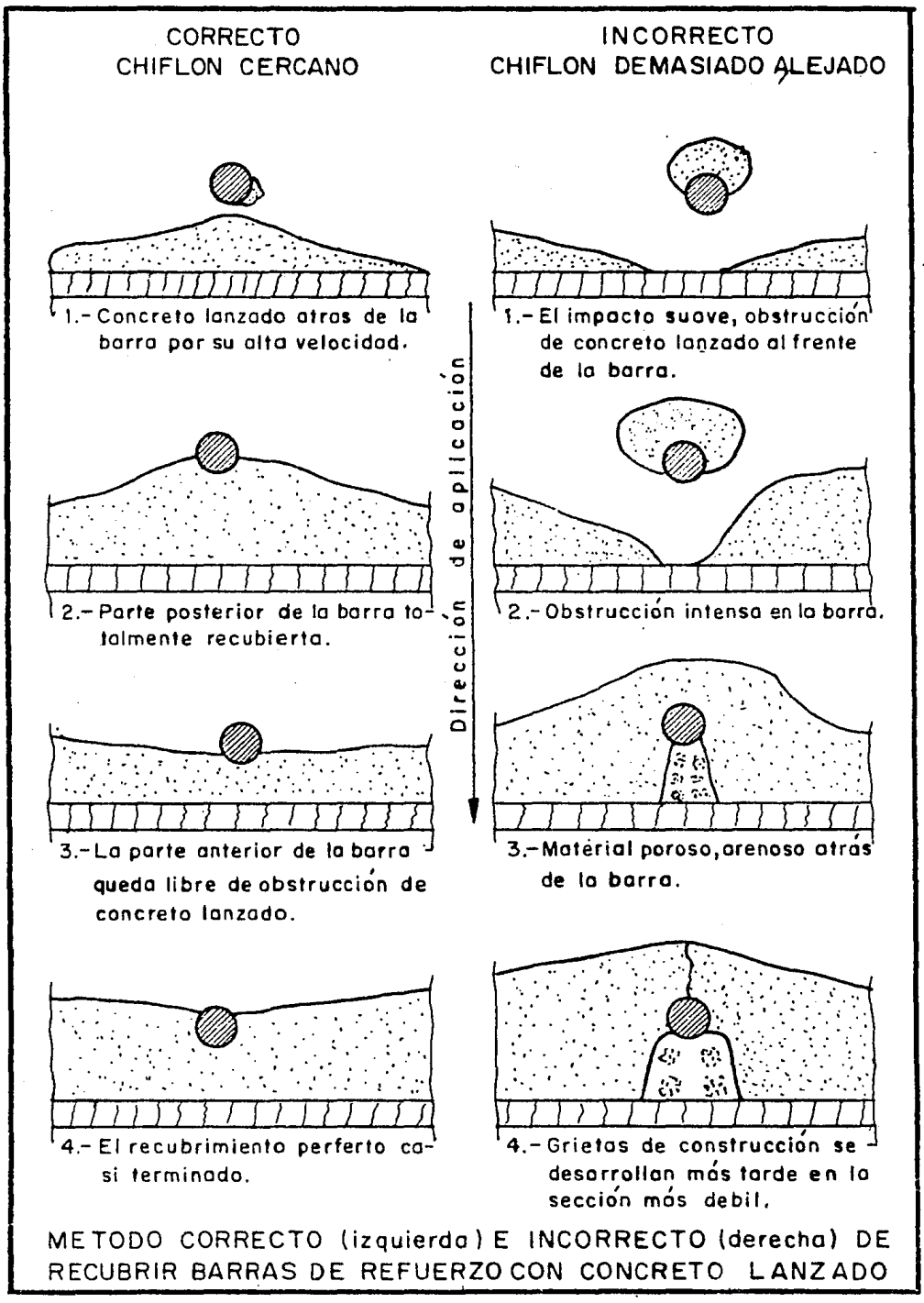
Es importante que el concreto lanzado esté lo suficientemente húmedo para las condiciones de colocación, para obtener una buena compactación y un rebote reducido, por otra parte, el contenido de agua, no debe ser mayor que el necesario, porque de lo contrario resultará un desprendimiento o escurrimiento del concreto lanzado fresco y además la calidad del concreto colocado será pobre en el proceso de mezclado en seco con agregado grueso, la relación agua-cemento es un factor fácil de controlar y valores para esta relación de 0.32 a 0.40 dependiendo del tamaño, graduación y calidad del agregado usado. Para mezclas con agregado grueso mayor de 1" una relación agua-cemento de 0.34 a 0.37 es ideal y se puede obtener fácilmente. En la gráfica se muestra el efecto del tamaño del agregado sobre la relación agua-cemento, para concretar lanzados con igual contenido de cemento.



Los requisitos para una apliación propia y satisfactoria del concreto lanzado son la velocidad correcta de aplicación y el proporcionamiento adecuado de la mezcla. Esto se puede asegurar utilizando personal especializado. En muchas zonas, los contratistas con equipo especializado desarrollan procedimientos muy económicos para su colocación. El procedimiento de construcción y equipo que se debe de utilizar depende de la cantidad de revestimiento por colocarse y el tamaño del canal por revestirse. En trabajos mayores se utilizan a veces varias unidades provistas de equipo móvil especial. En trabajos más pequeños el equipo se limita generalmente a una unidad de concreto lanzado.

Una importante consideración en la construcción del concreto lanzado es el método de manejar la porción de mortero que rebota de la superficie a la cual se está aplicando. El valor e importancia del aplanado en revestimientos está influenciado por dos factores: el método del curado propuesto y los requisitos en las propiedades hidráulicas del canal. La experiencia ha probado que la cubierta con una membrana de curado mejora considerablemente las propiedades hidráulicas en una superficie aplanada en comparación con el acabado rugoso natural. El acabado más eficiente y económico logrado con un compuesto sellante se estima ser inferior al costo del aplanado. La ventaja teórica en las propiedades hidráulicas de una superficie aplanada va de acuerdo con el tamaño y localización del canal. Por ejemplo un pequeño canal-granja revestido que probablemente tendrá depósitos de arena y limos en la mayor parte de su superficie mojada no justificará el costo de un acabado con aplanado para mejorar sus propiedades hidráulicas. Sin embargo, en un canal grande, el mejoramiento en las propiedades hidráulicas en sí, podrá justificar el aplanado. Hasta donde se ha podido determinar, el aplanado no mejora la calidad y resistencia del revestimiento del concreto lanzado.

Materiales y mezclas.- La arena para el concreto lanzado ha tenido los mismos requisitos de granulometría que la arena para concreto. El término "arena" se utiliza para designar el agregado con un tamaño máximo de partículas de 3/16". Se prefieren partículas duras ya que los granos blandos se pulverizan al paso de la manguera de descarga, el incremento resultante en material fino necesita más agua para mantener su plasticidad y resulta así una menor resistencia y mayores contracciones al secarse. La arena debe de contener de 3 a 5% de humedad para la operación eficiente del equipo. La arena que es demasiado seca, genera cargas eléctricas estáticas, aumentando el rebote y crea dificultad para mantener un movimiento uniforme de la mezcla através de la manguera.



METODO CORRECTO (izquierda) E INCORRECTO (derecha) DE RECUBRIR BARRAS DE REFUERZO CON CONCRETO LANZADO

Por el contrario la arena que es demasiado húmeda ha causado taponamientos frecuentes en el equipo, por lo que no se debende utilizar agregados gruesos.

La mezcla óptima contiene un poco menos de agua que la que causaría su escurrimiento y el suficiente cemento para cumplir con la relación aguas-cemento de diseño. La proporción inicial de cemento arena es de aproximadamente 1:4.5 en peso. El material de rebote tiene un porcentaje mayor de partículas de arena gruesa y un contenido menor de cemento que el mortero que sale de la boquilla. Por lo tanto el contenido de cemento de los materiales al mezclarse debe ser menor que el necesitado por el mortero en el lugar.

FORMAS EN ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO.-

Al estar revistiendo canales con concreto lanzado, se puede construir estructuras tales como son represas, tomas de granja, etc., en estas estructuras las formas deberán ser de hojas de madera contrachapada, u otro material conveniente, alineadas y de dimensiones correctas. Estarán adecuadamente apuntaladas para asegurarlas contra vibraciones excesivas. También estarán construidas para permitir el escape de aire y rebote durante la operación de colocación; esto es de importancia particular en el caso de miembros estructurales gruesos. Se pueden usar en las intersecciones mamparas cortas y removibles. Las formas deberán aceitarse o humedecerse y deberán limpiarse antes de la aplicación del chorro.

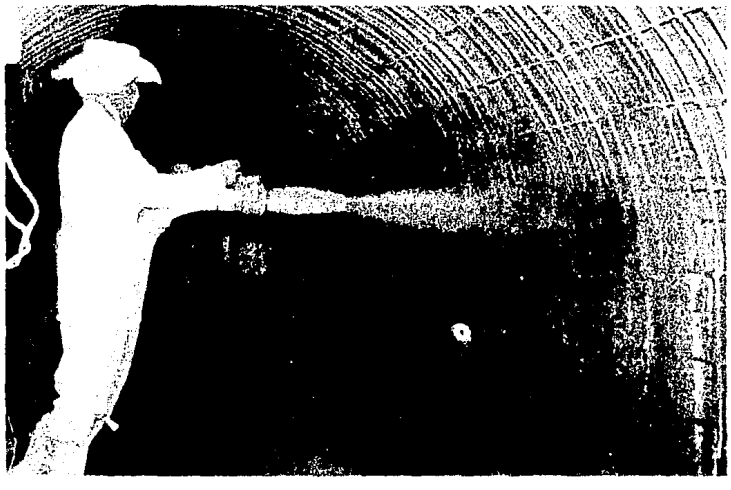
Deberán proveerse andamios seguros y adecuados para que el encargado de la boquilla pueda mantenerla en el ángulo y distancia óptimos para todas las partes de la obra. Los andamios también tendrán facilidad de acceso para que la superficie de concreto lanzado pueda reglearse y terminarse, si ello está especificado. Los andamios deberán construirse para permitir la aplicación ininterrumpida de concreto lanzado, siempre que sea posible.

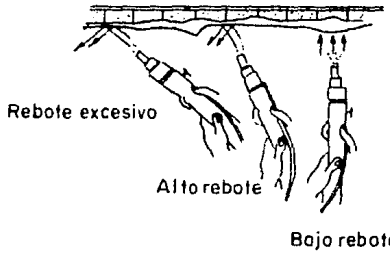
REFUERZOS.-

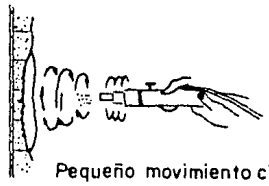
Se ha enfatizado que el concreto lanzado más sano se obtiene cuando el acero de refuerzo está diseñado y colocado para causar la menor interferencia en la colocación. Dependiendo del espesor y la naturaleza de la obra, el refuerzo puede consistir en varillas redondas o mallas de alambre soldado. (El refuerzo frecuentemente se omite en reparaciones pe

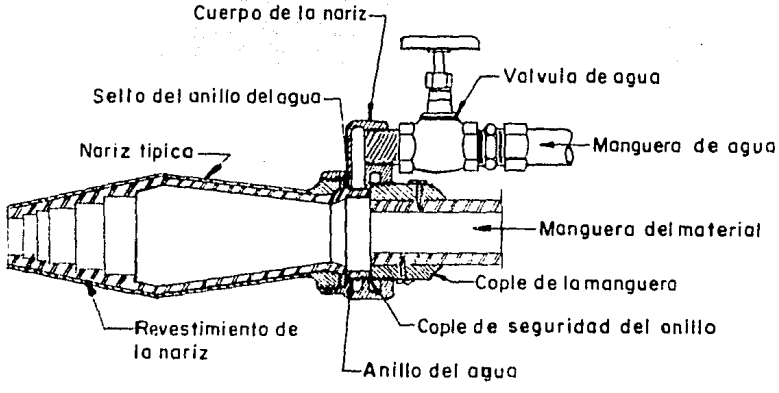
queñas). Deberán usarse diámetros chicos de varilla, el No.-5 es el diámetro máximo normal. Cuando son necesarios diámetros mayores, deberá tenerse cuidado excepcional en cubrirlas con el concreto lanzado.

Deberá proporcionarse espaciamiento suficiente alrededor del refuerzo para permitir su recubrimiento completo con concreto lanzado sano. (Para tanques presforzados y otras aplicaciones especiales, el refuerzo comúnmente se sitúa contra el material de respaldo; aquí se utilizan mezclas y técnicas especiales para obtener un buen recubrimiento). El espaciamiento necesario depende del tamaño máximo del agregado en la mezcla y el diámetro del refuerzo. El espaciamiento mínimo entre el refuerzo y la forma u otro material en la parte de atrás puede variar entre 13 mm (½") para el caso de una mezcla de mortero y refuerzo con malla de alambre, hasta 50 mm (2") para el caso de mezcla de concreto y varillas de refuerzo del No. 5. El recubrimiento mínimo también debe cumplir con la especificación que gobierna el trabajo o con el Código de Construcción aplicable. El espaciamiento de malla de alambre mínimo debe ser de 50 x 50 mm (2" x 2"). El espaciamiento libre entre varillas paralelas debe ser al menos de 32 mm (2½"). Tanto como sea posible, las varillas deberán disponerse para permitir el lanzamiento oblicuo desde lados opuestos. El caso típico se muestra en la fotografía del lanzamiento de concreto en un túnel.




Rebote excesivo
Alto rebote
Bajo rebote


Pequeño movimiento circular


Cuerpo de la nariz
Valvula de agua
Sello del anillo del agua
Manguera de agua
Nariz tipica
Manguera del material
Cople de la manguera
Revestimiento de la nariz
Cople de seguridad del anillo
Anillo del agua

Los traslapes de las varillas y de la malla de alambre deberá recibir atención especial para prevenir secciones débiles en el concreto lanzado. Las varillas de refuerzo traslapadas no deberán amarrarse una contra otra; deberán estar separadas cuando menos 50 mm (2"), siempre que sea posible. La malla de alambre deberá traslaparse 1½ cuadros en todas las direcciones. Las silletas continuas no deberán prolongarse directamente a lo largo y por debajo de las varillas de refuerzo, puesto que esto probablmente resulte en una bolsa de arena bajo la varilla.

El refuerzo debe fijarse rígidamente en la posición mostrada en los planos. Todo el refuerzo estará limpio y libre de escamas sueltas, herrumbe suelto, aceite y otros recubrimientos que interfieran con la adherencia.

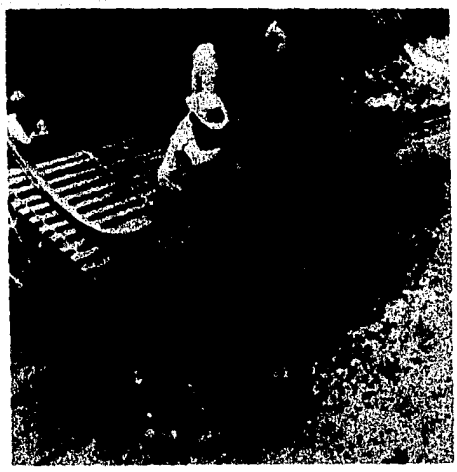
En el caso del revestimiento de canales, un operario auxiliar usa una varilla con un gancho que levanta la maya de alambrón permitiendo que el concreto penetre en la parte inferior para cubrir las especificaciones previstas.

CONTROL DE ALINEAMIENTO.-

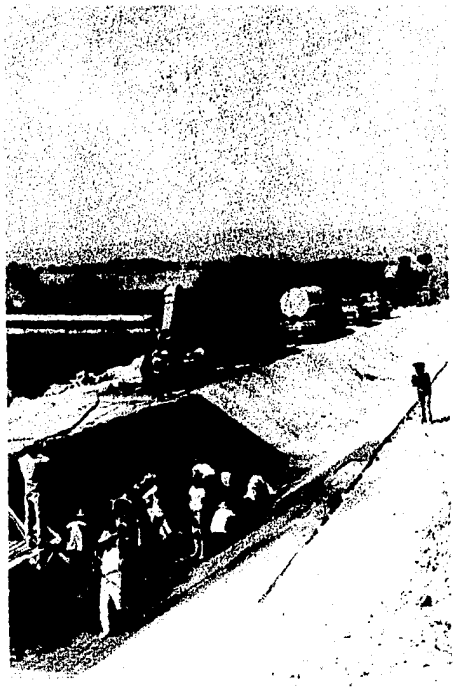
Deberán instalarse alambres de referencia adecuados para establecer el espesor y los planos superficiales del concreto lanzado por construir. Estos alambres de referencia, tanto horizontales como verticales, estarán instalados en las esquinas o inflexiones que no estén claramente establecidas por las cimbras (esquinas exteriores de muros, esquinas de columnas o vigas y otras localizaciones). También se pueden utilizar como guías de cerchas. Para este fin se recomienda alambre de acero duro para piano, de calibre 18 ó 20. En los canales el alineamiento y espesor de revestimiento se logra mediante una regla que se desliza entre dos separadores metálicos con altura del grueso del revestimiento que posteriormente se quitan y forman la junta de construcción en la cavidad producida.

LANZAMIENTO.-

Cada capa de concreto lanzado se construirá haciendo pasar varias veces el chiflón sobre la superficie de trabajo. El concreto lanzado deberá salir de la boquilla en un flujo ininterrumpido y constante. Si el flujo se hace intermitente por cualquier causa, el encargado de la boquilla la dirigirá fuera de la zona de trabajo hasta que sea nueva



Refuerzos.- Uso de una varilla para levantar el refuerzo a fin de que se cubra la varilla de acuerdo a lo especificado.



Lanzamiento.- Se hace pasar varias veces el chiflón sobre la superficie de trabajo hasta obtener el espesor especificado.

mente constante. La distancia de la boquilla al punto de aplicación (usualmente entre 60 cm y 1.50 m) será tal que produzca los mejores resultados para las condiciones de trabajo. Como regla general deberá mantenerse normal a la superficie de aplicación. sin embargo, cuando el lanzamiento sea entre varillas, y para recubrirlas, la boquilla debe mantenerse lo más cercana posible y a un ligero ángulo de la normal para permitir un mejor recubrimiento y facilitar el retiro del material de rebote. También la mezcla debe ser un poco más húmeda de lo normal, aunque no tan húmeda que permita el deslizamiento más allá de las varillas. Este procedimiento forza a la mezcla plástica detrás de la varilla y en cambio evita la formación de una costra en la cara frontal de la misma. Cuando las varillas están poco separadas, se puede dirigir el concreto a más de una varilla desde cada posición de lanzamiento.

En muros, losas y revestimiento de canales hecho por este procedimiento, el lanzamiento empezará desde la parte inferior. En las fotografías podrá apreciarse la mesa de trabajo que permite esta operación. La primera capa deberá, cuando menos, ahogar completamente al refuerzo adyacente a la forma. El espesor de las capas será gobernado principalmente por el requerimiento de que el concreto lanzado no deberá colgarse. Cuando se aplican capas más gruesas, es importante que la superficie superior se mantenga con una pendiente de 45° aproximadamente y para que el rebote se retire del trabajo. En losas, la boquilla se mantendrá normalmente a un ligero ángulo de la perpendicular de tal forma que el rebote sea impulsado hacia la porción terminada desde donde puede retirarse.

JUNTAS DE CONSTRUCCION.-

Las juntas de construcción generalmente se rebajan hasta un borde delgado, en un ancho de unos 30 cm. Una junta de apariencia algo mejor se construye dándole una inclinación a la superficie de concreto lanzado hasta formar un borde de poco espesor, como en forma de tablero plano extendido de 2.5 cm (1") de espesor. Las juntas ordinarias de construcción en escalón, generalmente se evitan en la construcción de concreto lanzado porque forman una obstrucción para el rebote. Sin embargo, cuando la junta esté sujeta a esfuerzos de compresión, normalmente se requerirán las juntas en escalón en cuyo caso deberá tomarse las medidas necesarias para evitar o retirar el rebote obstruccionado por la junta. La junta entera deberá limpiarse por completo y humedecerse an -

tes de la aplicación del concreto lanzado adicional.

En las fotografías que se muestran en la colocación de concreto lanzado en los canales, se aprecian las juntas de construcción metálicas que además de ocasionar la junta propiamente dicha, sirve de testigo en el espesor del concreto lanzado. Estas formas una vez que se ha revestido de concreto se levantan y la junta se rellena con un material bituminoso sellante o bien con el mismo mortero y en esta forma, el canal queda construido dando oportunidad a los movimientos diferenciales por cambios de temperatura y otros. Nótese que se construye la cubeta revistiendo hasta rematar en un alero que ha dado muy buenos resultados pues protege contra erosiones producidad entre las terracerías y el revestimiento propiamente dicho, además, el remate queda más definido y consolidado.

La mayoría de los revestimientos de concreto lanzado colocados en distritos privados de irrigación en Hermosillo, Son., no han sido previstos con juntas de expansión o ranuras de contracción. El argumento que favorece la eliminación de las juntas, es que las grietas que aparecen pueden ser rellenadas y las reparaciones necesarias pueden hacerse como operaciones de mantenimiento con un menor costo que el necesario para formar las juntas. Sin embargo han ocurrido pandeos causados por expansión termal en algunos revestimientos colocados durante la temporada fresca en donde las juntas por expansión no se construyeron. Las especificaciones actuales estipulan además de juntas de expansión adyacentes a las estructuras, ranuras transversales para agrietamientos por contracción, igual que en los revestimientos de concreto portland sin refuerzo.

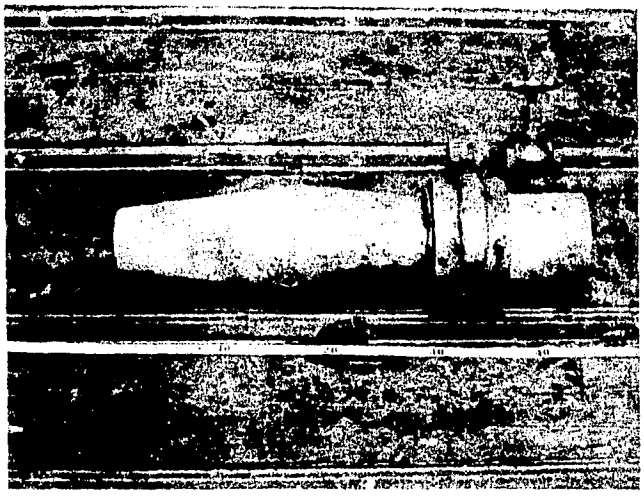
PREPARACION POR CAPAS SUCESIVAS NECESARIAS EN ESTRUCTURAS DEL SISTEMA DE RIEGO.

Cuando una capa de concreto lanzado se va a cubrir por una capa sucesiva, primero debe permitirse que adquiera su fraguado inicial. Entonces toda la lechada, material suelto y rebote se retirarán por escobeteado. Cualquier lechada que haya alcanzado a adquirir su fraguado inicial deberá retirarse aplicando chorro de arena a presión, y la superficie se limpiará después con chorro de aire y agua. Además, toda la superficie debe sondearse con martillo para determinar las áreas resonantes producidas por bolsas de rebote o por falta de adherencia. Las áreas resonantes, desprendimientos u otros defectos, se cortarán cuidadosamente y se reemplazarán con la capa sucesiva. Las superficies a las que se dirija el lanzamiento deben estar húmedas.

MIEMBROS ESTRUCTURALES GRUESOS.-

El concreto lanzado se adapta mejor, desde el punto de vista de calidad y costo, a secciones delgadas más bien ligeramente reforzadas. Sin embargo, algunas veces es ventajoso lanzarlo en ciertos miembros pesados estructurales en construcciones nuevas y para reparar columnas, vigas maestras o muros en construcciones existentes, represas, aproches, etc.

El uso,con buenos resultados, del concreto lanzado en secciones estructurales requiere cuidadoso planeamiento y cimbrado, destreza y cuidado continuo en su aplicación. El tamaño de la boquilla y la velocidad de alimentación deberán limitarse cuanto sea necesario para permitir el control pleno de la boquilla y producir una aplicación densa y uniforme aún en sitios gruesos, esto se logra cortando la boquilla según el diámetro de salida recomendado en las ranuras que el fabricante deja marcadas.



Cuando la sección contiene dos capas de refuerzo puede ser conveniente retardar la colocación de la segunda capa hasta que la primera capa de refuerzo haya quedado ahogada en el concreto lanzado. Sin embargo, se pueden obtener resultados satisfactorios aplicando a través de dos capas de refuerzo, siempre que la capa más próxima al chiflón tenga un espaciamiento mínimo de varillas de 12 diámetros en ambas direcciones y la capa de atrás tenga un espaciamiento mínimo entrevarillas de 6 diámetros en ambas direcciones.

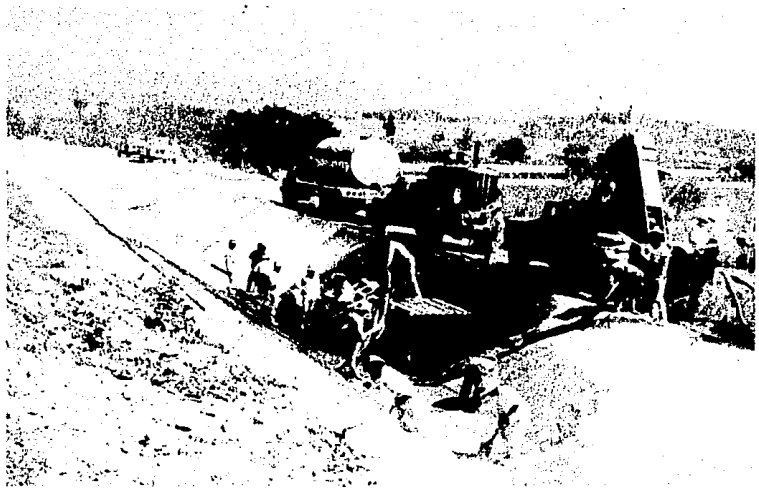
Generalmente no se admite aplicar concreto lanzado en ranuras estrechas o perforaciones; deberán rellenarse con concreto convencional o con mortero, usualmente con empaque seco. Esas áreas pueden entonces recubrirse con concreto lanzado, integrándose con las áreas vecinas. El concreto lanzado tampoco deberá emplearse en casos de columnas o pilas con refuerzo en espiral.

ACABADOS.-

El acabado natural del concreto lanzado es preferible tanto desde el punto de vista estructural como el de la durabilidad. Hay peligro que un acabado posterior pueda alterar la sección, dañar la adherencia entre el concreto lanzado y el material de respaldo, y causar grietas en el concreto lanzado. El acabado adicional puede también ser difícil de realizar, especialmente con mezclas secas. Sin embargo, el acabado natural es inaceptable para algunas estructuras y canales debido a su rugosidad. Cuando se requiere una mayor tersura o una mejor apariencia, se pueden aplicar acabados especiales. Después que la superficie ha adquirido su fraguado inicial (se desmenuza ligeramente al corte) el material en exceso del lado exterior de las formas y los alambres de referencia deberían recortarse con una regla de corte de borde agudo. Entonces se pueden retirar los alambres de referencia. El acabado puede permanecer en esta condición o escobetearse.

Cuando se requiere un acabado más fino o de mejor apariencia, puede emplearse un recubrimiento instantáneo.- Este es un recubrimiento superficial delgado que contiene arena más fina que la normal, y la aplicación de la boquilla se mantiene bastante alejada de la superficie. Debe aplicarse a la superficie del concreto lanzado tan pronto como sea posible después de enrasarse. Si se desea, puede continuarse con alguno de los siguientes acabados:

1.- Llana de madera. dando una textura granular.



Se aprecia el curado del concreto en el área ya revestida de concreto lanzado. La preparación de las cerchas o escantillones y la suspensión de trabajo por avance del lanzado de abajo hacia arriba utilizando la mesa de trabajo.

Obsérvese el acabado del canal que fué reglado tomando como referencia las formas metálicas y que permanece en esta condición. En esta fotografía ya se ha tapado la junta (donde estaban las formas metálicas).

2.- Llana de hule, dando una textura y acabado gruesos.

3.- Llana de acero, dando un acabado muy fino.

MEZCLAS ESPECIALES.-

Algunas veces se requiere que el concreto lanzado tenga propiedades especiales, esto es, un bajo peso unitario, cualidades aislantes, o resistencia al calor o a los ácidos. Esto puede dictar el uso de agregados o de cementos especiales pero en el caso de revestimiento de canales no ha sido necesaria su aplicación, sin embargo, se mencionará que las mezclas con agregado ligero están siendo aplicadas en cantidades mayores para construcción de muros y pisos. Como en el caso de agregados regulares, el concreto lanzado con agregados ligeros se adapta mejor a secciones delgadas con refuerzo más bien ligero. Deberá tenerse cuidado particular en la planeación y ejecución del trabajo cuando estén involucrados miembros estructurales.

El cemento de aluminato de calcio es preferido sobre el cemento portland para ciertas aplicaciones en que se desea un endurecimiento rápido o un alto grado de resistencia al calor. Algunas veces proporciona resistencia adicional a los ácidos. Para revestimientos refractarios, el cemento de aluminato de calcio se usa comúnmente en combinación con agregados resistentes al calor.

Estas mezclas requieren procedimientos especiales de aplicación. Generalmente deben seguirse las recomendaciones de los fabricantes de cemento y agregados. Se han presentado dificultades en la aplicación de mezclas con bajo revenimiento que contienen agregados ligeros, ásperos y porosos, por el proceso de mezcla húmeda, y normalmente se prefiere para tales mezclas el proceso de mezcla seca.

SUSPENSION DEL TRABAJO.-

La colocación de concreto lanzado se suspenderá temporalmente, si:

1.- La intensidad del viento evita al encargado de la boquilla colocar apropiadamente el material.

2.- Si la temperatura se aproxima a la de congelación y la obra no puede protegerse.

3.- Si se presentan lluvias que pueden lavar el cemento del material recién colocado y quecauce abolsamientos en el sitio.

CURADO Y PROTECCION EN TIEMPO DE FRIO.-

El buen curado es particularmente importante enlas secciones muy delgadas, superficies rugosas, y mezclas debajo revenimiento normalmente asociadas con el concreto lanzado. Generalmente es recomendable que las superficies se mantengan continuamente húmedas durante 7 días cuando menos. Elcurado con membrana puede permitirse cuando las condiciones de secado no son severas, cuando no se colocará concreto lanzadoadicional o pintura, y cuando es aceptable desde el punto de vista estético. Debido a las superficies rugosas, el rendimiento de la membrana puede ser sólo de la mitad del obtenidoen superficies ordinarias de concreto.

El aire en contacto con superficies de concretolanzado debe mantenerse a temperatura sobre la de congelacióndurante un mínimo de 7 días.

ENSAYES DE CONSTRUCCION.-

El control de calidad del concreto lanzado es más difícil que para concreto convencional puesto que está afectado no sólo por la exactitud de dosificación sino en forma más importante, por la pericia y el cuidado continuo del personal de aplicación.

Generalmente no es posible o deseable obtener núcleos de la estructura para hacer especímenes para ensayes decontrol regular.

Por lo tanto deberán hacerse periódicamente pequeños tableros de ensaye no reforzados formando cuadros de 30 cm de lado, cuando menos, y de 7.5 cms de espesor, y extraerse núcleos o cubos para ensayes de compresión y para examen visual.

Cuando se usan cilindros, los resultados deben correlacionarse con ensayes en tableros. Los núcleos de ensa-

ye deben tomarse de la obra terminada tan frecuentemente como sea necesario para asegurar que los ensayes de control reflejan la calidad del material en la estructura.

INSPECCION.-

La operación del concreto lanzado debe ser continuamente inspeccionada por un inspector calificado que deba verificar los materiales, las formas, el refuerzo, los alambres de referencia, el equipo de colocación, la aplicación de material, el curado, y la protección contra la congelación. Cada capa de concreto lanzado debe sondearse sistemáticamente con martillo para verificar las áreas resonantes. Deberán tomarse de la estructura los núcleos que se requieran para verificar la calidad del material en el sitio, especialmente para concreto lanzado estructural; estos núcleos se tomarán al principio de la obra tan pronto como sea practicable para que los datos obtenidos se puedan usar para efecto de mejoramiento del trabajo posterior.

PROTECCION DE SUPERFICIES ADYACENTES.-

Las superficies que no reciban concreto lanzado, tal como el cimbrado de madera, deben protegerse con papel impermeable u otros medios adecuados. Las estructuras y terrenos adyacentes que puedan dañarse con el polvo y rebote también deberán protegerse.

5.- CONCLUSIONES.

Desarrollo de las técnicas y necesidades del país.- La demanda en nuestro país sobre los sectores más importantes en nuestra economía y crecimiento de necesidades, ha demandado el abrir al cultivo grandes extensiones de riego, estableciendo las Zonas y Distritos de Riego para el aprovechamiento racional de nuestros recursos hidráulicos, haciéndolo llegar a las parcelas de cultivos. Día a día se agotan aquellas posibilidades de la explotación por sistemas baratos y simples por lo que se entra en el campo de la técnica avanzada para poner en cultivo zonas desérticas, de propiedades difíciles para el riego y la conducción del agua por lo que el país ha tenido que hacer esfuerzos significativos para lograr la explotación de los campos.

Los métodos tecnológicos apropiados a las características hidrogeológicas en las zonas por explotar, han exigido la superación técnica y actualmente los expertos mexicanos han obtenido las experiencias y conocimientos y equipos en otros países para producir los elementos necesarios al desarrollo agropecuario, pudiendo contruir grandes obras como son las zonas de riego de Mexicali, B. C., El Plan Chontalpa, Tabasco, Río Fuerte en Sinaloa,etc. Además existen en estudio muchos más proyectos con un ambicioso beneficio con la aplicación de técnicas avanzadas.

Todo esto permite y exige que en nuestro país se introduzcan nuevas técnicas constructoras y el concreto lanzado para el revestimiento de canales es apenas una incipiente técnica en muchos aspectos desconocidos no obstante que ha mostrado su facilidad de operación, bajo costo y conveniencia de aplicación en pequeños canales.

Revestimiento de canales.- El revestimiento de los canales se efectúa para optimizar su conservación, para reducir los daños por filtraciones, para reducir los costos de operación y conservación o para aumentar su seguridad estructural.

Estos revestimientos se construyen en atención a sus características técnicas y económicas para estar en aptitud de elegir el más apropiado en función del costo del agua y su ahorro al revestir el canal, daños reducidos por inundación o filtraciones del canal,necesidad de la seguridad y estabilidad del canal, dimensiones y metodos de construcción, etc.

Una vez estudiados estos factores, se determinará el procedimiento constructivo en el que el concreto lanzado por su velocidad de construcción, poco equipo, requerimiento de poca cimbra, versatilidad en aplicación el revestimiento propiamente dicho de canales y construcción de las estructuras adicionales precisamente en canales chicos y tomas granja resultará seguramente el más conveniente.

Especificaciones para la aplicación del concreto lanzado.- Por la falta de experiencias técnicas y principalmente por falta de estadísticas en el país, se hace necesario recurrir a las recomendaciones de construcción del concreto lanzado registrado en otros paises por lo que en todo caso, aprovechando estas experiencias extranjeras es de recomendarse el establecimiento de especificaciones técnicas y constructivas adaptadas a las características en nuestro país. Las recomendaciones extranjeras que se conocen y de las cuales en la presente tesis se hace mención, no pueden adaptarse como especificaciones pues pareciera conveniente un estudio y definición en cada especificación más profunda y técnica de tipo control de laboratorio. Sin embargo, por su gran similitud entre el concreto lanzado al concreto armado o simple que se aplica en los canales, podría aceptarse con gran aproximación las especificaciones muy conocidas del concreto aplicado o construido tradicionalmente mediante mezcla previa al vaciado en la construcción.

Procedimientos y construcción con concreto lanzado.- Se observa que por su gran movilidad, facilidad de aplicación y preparación de la subrasante para aplicar el concreto lanzado por ser semejante a la aplicación del concreto mezclado y vaciado en la construcción, permite que este procedimiento del concreto lanzado compita y en su mayor parte sea preferible su aplicación.

El equipo de concreto lanzado por el procedimiento seco es preferible al húmedo por su mayor facilidad de operación y menor equipo pues el húmedo requiere un equipo revolvedor adicional.

El rebote con los agregados controlados es casi nulo y con la experiencia del encargado de la boquilla se pueden obtener altos rendimientos en su aplicación.

Como inconveniente cabe mencionar que requiere un control más estricto en la granulometría de los agregados para evitar la rotura de la manguera y taponamiento. Además, mucho depende el rendimiento de todo el equipo de la habilidad del encargado de la boquilla así como del resto de la cuadrilla de trabajo.

Otro inconveniente sería la poca facilidad de incluir aditivos en el concreto como es posible por el método tradicional del mezclado y vaciado en la construcción.

El equipo en sí, puede repararse y suplirse gran parte de los elementos de desgaste que son pocos, con excepción de las mangueras y la boquilla las cuales no existe fabricante en nuestro país por lo que estos dos elementos y nada más estos son productos de importación.

Las cámaras de compresión una vez adquiridas no requieren cambio pues con un equipo de soldadura y un mecánico de planta en cada tren de trabajo, podrá resolver cualquier problema o desperfecto.

B I B L I O G R A F I A

Ing. Adolfo Orive Alba.- Irrigación en México

American Concrete Institute Commitee 506.- Shotcrete.

American Concrete Institute Journal

Especificaciones de la Secretaría de Recursos Hidráulicos

R.L. Peurifoy - Métodos, Planeamientos y Equipos de Construcción.

U.S. Bureau of Reclamation - Concrete Manual