

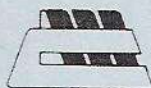


UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

PROYECTO FONDEF AI-02 BOLETIN DE EXTENSION



MARCOS PARTIDORES DE BARRERA



EMPRESA ELECTRICA
COLBUN MACHICURA S.A.



CODESSER
LICEO AGRICOLA DE DUAO



Autores : Jose Luis Arumí
Ingeniero Civil
Dr. Alejandro Valenzuela A.
Ing. Agrónomo Ph.D.



FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Arumí

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

MARCOS PARTIDORES DE BARRERA

Autores : José Luis Arumí R.
Ingeniero Civil

Dr. Alejandro Valenzuela A.
Ingeniero Agrónomo Ph.D.

INDICE DE MATERIAS

<u>CAPITULO</u>		<u>PAGINA</u>
I	GENERALIDADES.....	01
	1. Definición y objetivos.....	01
	2. Principios teóricos de funcionamiento..	01
	3. Tipos de marcos partidores.....	01
	3.1. Marco partidor de aguja.....	03
	3.2. Marco partidor de boquera lateral	03
II	DISEÑO HIDRAULICO DE MARCOS PARTIDORES DE BARRERA RECTANGULAR.....	03
	1. Antecedentes de terreno.....	03
	2. Cálculos de alturas normales y críticas	04
	3. Marco de aguja.....	07
	3.1. Cálculo de la altura de la barrera	07
	3.2. Partición.....	10
	3.3. Recomendaciones de diseño.....	13
	4. Marco de boquera lateral.....	15
III	CONSTRUCCION.....	19
	1. Madera.....	19
	2. Albañilería.....	20
	3. Hormigón.....	20
	4. Acero.....	20
	5. Metodología de construcción.....	20
	5.1. De madera.....	21
	5.2. De albañilería.....	21
	5.3. De hormigón.....	21
	5.4. De acero.....	21

CAPITULO

PAGINA

6.	Características de estas obras.....	22
7.	Hormigones.....	22
7.1.	Condiciones de los componentes....	23
7.2.	Preparación del hormigón.....	24
7.3.	Llenado de los moldajes.....	26
7.4.	Curado o fraguado.....	26
7.5.	Descimbre o retiro de moldajes....	26
IV	BIBLIOGRAFIA.....	27

I. GENERALIDADES

1. Definición y Objetivos

Un marco partidador es una estructura hidráulica de pequeña envergadura que sirve para dividir aguas de diversos propietarios en un canal de regadío.

La división de agua se verifica en forma proporcional a las acciones de cada propietario.

En dichos marcos se denomina caudal pasante a la cantidad de agua que sigue por el canal matriz y caudal saliente a la cantidad de agua que se extrae del canal, según los derechos o acciones de la (s) persona (s) que hacen uso del agua extraída.

2. Principios teóricos de funcionamiento

Para que la partición de las aguas sea proporcional a los derechos, es necesario mantener la misma altura de aguas, en un instante dado, en toda la sección del marco, por lo cual se requiere que su fondo sea cuidadosamente nivelado en su sección transversal.

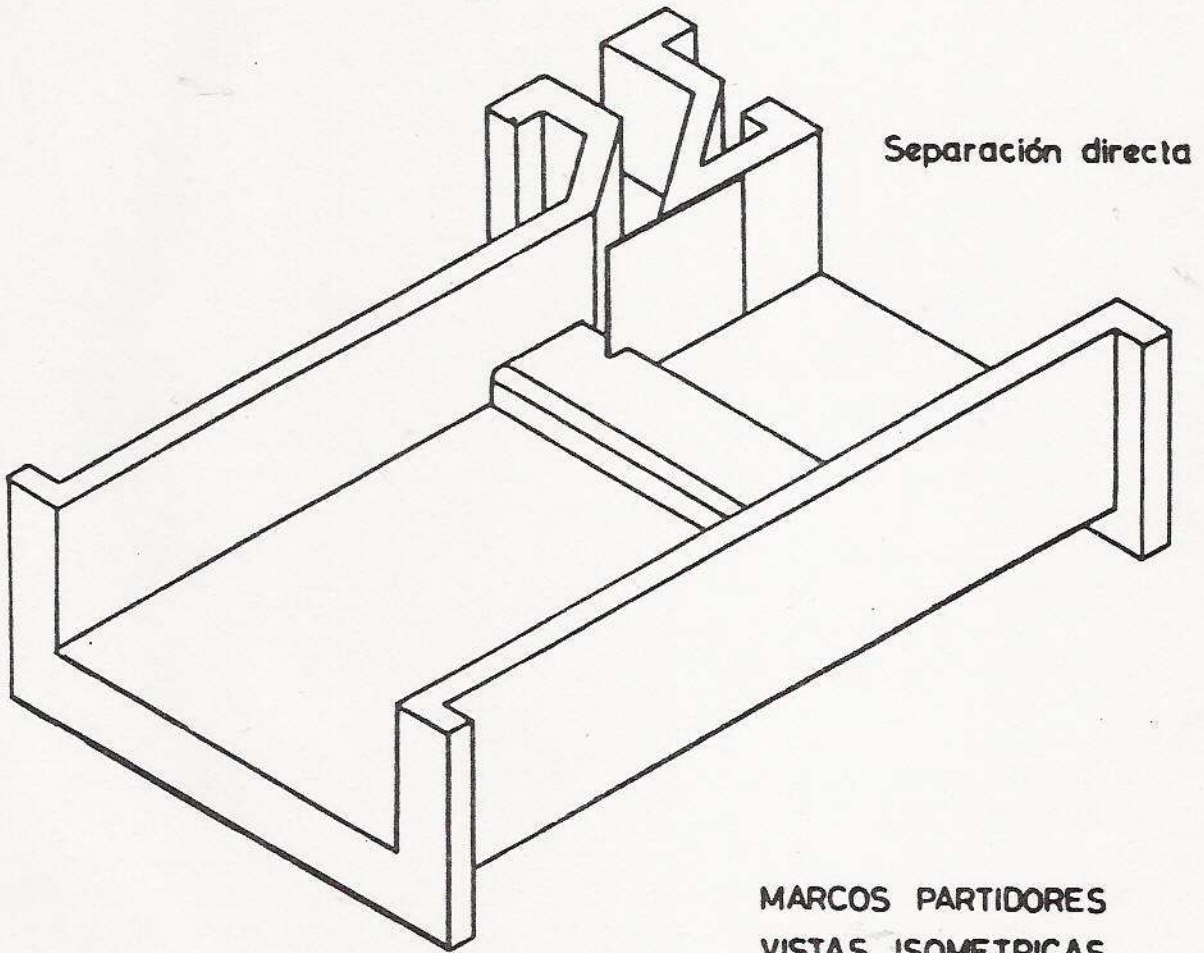
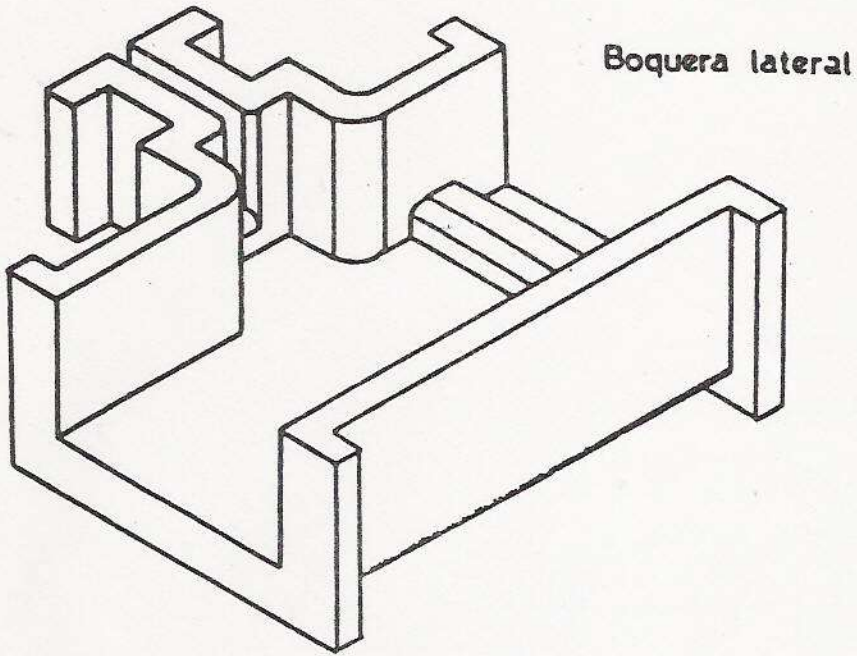
Por otra parte, con el fin de evitar que obstrucciones aguas abajo, ya sea en el pasante o en el saliente, alteren la proporcionalidad de la repartición de aguas, es imprescindible que la partición de ellos se realice con altura crítica.

Para obtener esta altura crítica es necesario instalar una barrera -generalmente rectangular- en el fondo de marco, situada en la sección donde se realiza la partición.

Se tiene así un marco que soporte aguas de manera proporcional a las acciones y el cual es imposible de alterar.

3. Tipos de marcos partidadores

Los marcos partidadores pueden ser de aguja partidora o de boquera lateral. Los de aguja partidora se ocupan cuando el saliente, 1 o un máximo de 2, no son menores que un 20% o 30% del pasante. Caso contrario se ocupa un marco de boquera lateral.



3.1. Marco partido de aguja

La aguja está construida de una plancha o lámina en la cual el borde que ataca las aguas -a modo de proa de un barco- se le denomina aguja. Esta lámina debe presentar ese borde afilado como un hacha o cuchillo. El resto de la lámina sirve para separar ambos canales nacientes en el marco en cuestión.

Por este método pueden salir del marco hasta un máximo de 3 canales: 1 pasante y 2 salientes.

3.2. Marco partidore de boquera lateral

Se usa cuando la cantidad de agua a derivar o desviar es pequeña. Básicamente consiste en un trozo de canal revestido con un canal pequeño naciente que forma un ángulo de 90° visto en planta.

Este tipo de marco permite desviar de manera proporcional hasta 2 salientes por lado y por metro lineal. De esta manera, teóricamente, de él pueden arrancar infinitos canales, aunque en la práctica este número se limita a 4.

II. DISEÑO HIDRAULICO DE MARCOS PARTIDORES DE BARRERA RECTANGULAR.

En este capítulo se presenta una metodología que permite diseñar hidráulicamente marcos partidos de barrera rectangular. Se estudiará este tipo de estructura, pues son las más utilizadas en la zona central.

1. Antecedentes de terreno

Para el diseño de un marco partidore, es necesario conocer las características hidráulicas, tanto del canal en que se va a construir como del derivado que sale del marco. Además se debe estimar el caudal máximo de distribución.

Las características hidráulicas corresponden a los parámetros que definen la relación entre la altura de agua y el caudal que escurre por el canal. Para lo anterior se utiliza la

ecuación de Manning, por lo que es necesario conocer los siguientes datos:

- * Sección media del canal en el tramo donde se contruya el marco partidor
- * Pendiente del canal en el tramo considerado
- * Estimación del coeficiente de rugosidad de Manning para el canal

Se recomienda considerar un tramo de canal y derivado comprendido entre 50 a 100 metros, tanto aguas arriba, como aguas abajo de la ubicación del marco.

El caudal máximo a distribuir esta determinado por el número de acciones que posee el canal y que se van a distribuir. Para esto se debe conocer el caudal máximo correspondiente a una acción.

2. Cálculos de alturas normales y críticas

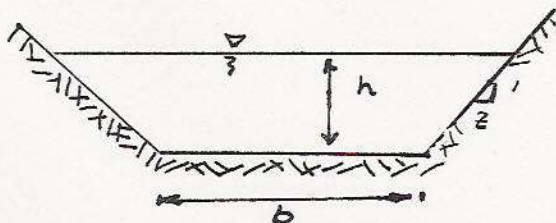
La altura normal se calcula utilizando la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{\sqrt{i * A * R^{2/3}}}{n}$$

donde :

- i = pendiente del canal
- A = área de la sección [m²]
- R = radio hidráulico [m]
- n = coeficiente de rugosidad de Manning

Para un canal trapezoidal :



$$A = h * b + h^2 z$$

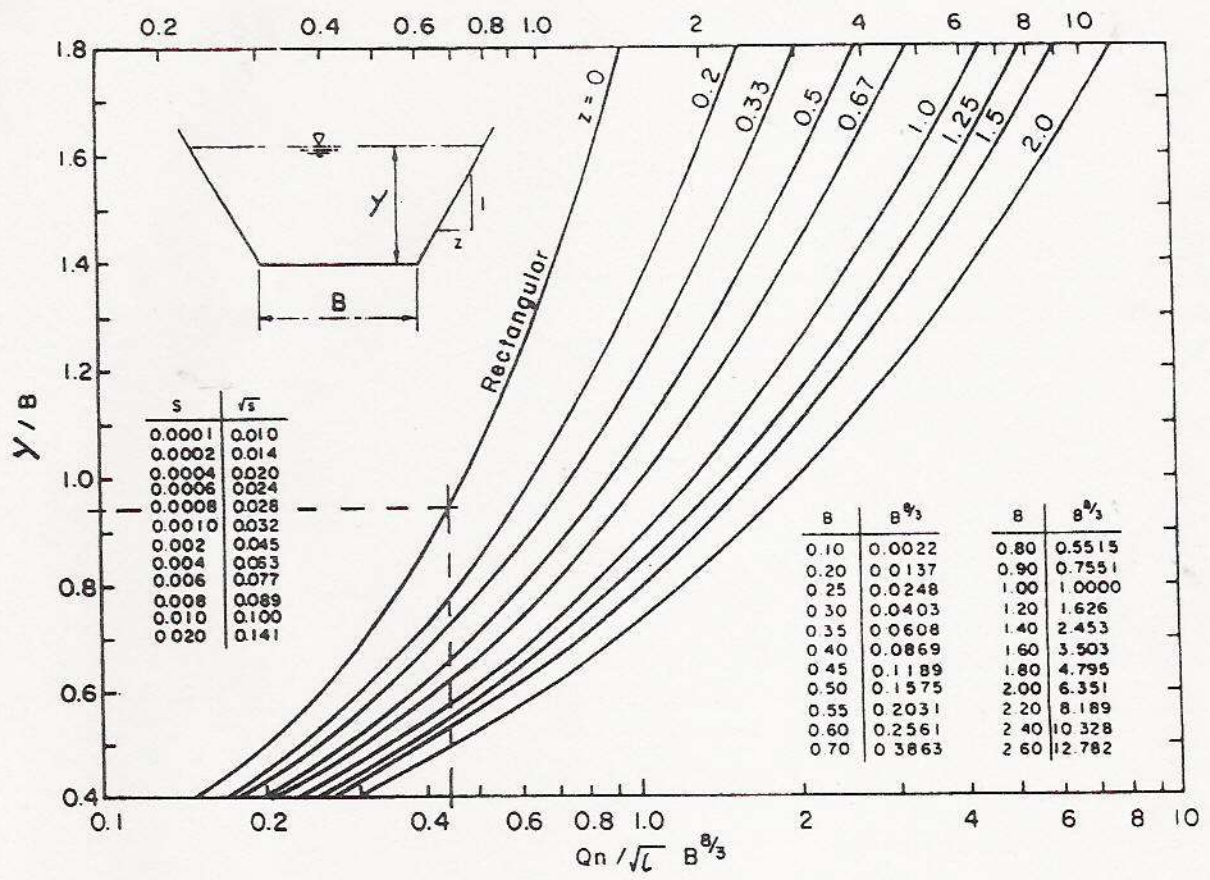
$$X = b + 2 h \sqrt{1+z^2}$$

$$R = A / X$$

Se incluyen tablas para la estimación del coeficiente de Manning y la solución gráfica de la ecuación.

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.

CANAL	Coef. Manning N
Sin revestir :	
Excavado en tierra	0,022 - 0,030
En roca lisa	0,030 - 0,040
Lecho pedregoso	0,030 - 0,040
Roca con salientes	0,035 - 0,050
Revestidos :	
Revestido en hormigón	0,013 - 0,016
Suelo-cemento	0,013 - 0,016
Hormigón proyectado	0,013 - 0,016
Hormigón prefabricado	0,013 - 0,020
Ladrillos	0,013 - 0,018
Mampostería piedras	0,018 - 0,025
Membrana descubierta	0,010 - 0,020
Membrana cubierta	0,015 - 0,025
Asfalto	0,013 - 0,018
Metal (Acero liso)	0,010 - 0,016
Metal (Acero corrugado)	0,020 - 0,030
Madera	0,010 - 0,016



Solución gráfica de la ecuación de Manning.

La altura crítica se calcula, en este caso, para un canal rectangular.

$$h_c = 0,4673 * q^{2/3}$$

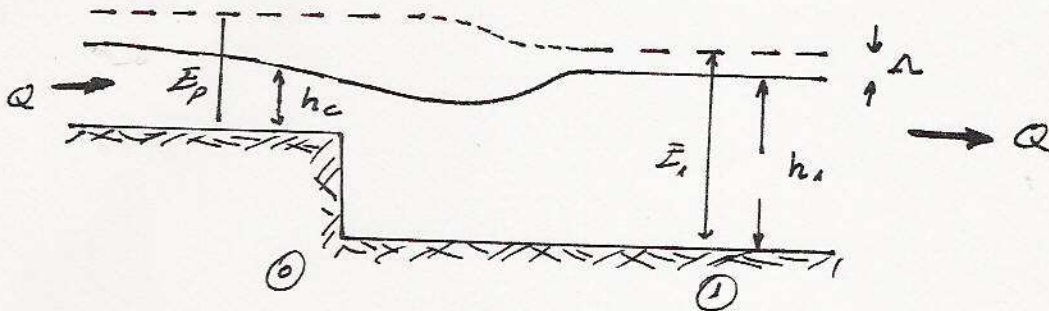
donde :

q = caudal por unidad de ancho

$q = Q/b$

3. Marco de aguja

3.1. Cálculo de la altura de la barrera



El cálculo se debe realizar tanto para el pasante como para el o los salientes; escogiendo la mayor altura de la grada.

El cálculo se inicia suponiendo que al pasar el agua por la grada se produce altura crítica. Luego al recuperar la altura normal, aguas abajo, se produce una pérdida de energía.

Planteando la ecuación del energía se tiene que la energía en la grada, que llamaremos E_o , es igual a al energía agua abajo más la pérdida (P).

Como el cálculo se realiza, tanto para el pasante, como a los salientes, se debe plantear la ecuación de energía para cada uno de ellos.

pasante : $E_o = E_p + a$
 saliente 1 : $E_o = E_{s1} + P_{s1}$
 saliente 2 : $E_o = E_{s2} + P_{s2}$

A continuación se desarrolla la ecuación para el pasante. El cálculo es análogo para los salientes.

En la grada se produce altura crítica y tomando la energía con respecto al fondo del canal se debe considerar la altura de la grada.

Luego :

$$E_o = 1,5 h_c + a$$

Aguas abajo, se tiene que la energía se puede expresar :

$$E_p = h_p + \frac{V_p^2}{2g}$$

La pérdida de energía :

$$P_p \approx K * \frac{V_p^2}{2g}$$

Luego :

$$E_p + P_p = h_p + (1 + K) \frac{V_p^2}{2g}$$

Según Francisco Javier Domínguez :

$$(1 + K) \frac{V_p^2}{2g} = 0,15 h_p$$

luego tomando el caso más desfavorable :

$$E_p + P_p = 1,15 h_p$$

Entonces para el pasante se tiene :

$$1,5 h_c + a_p = 1,15 h_p$$

$$a_p = 1,15 h_p - 1,5 h_c$$

Se repite el cálculo para los salientes y se elige el mayor valor de altura de la grada.

Ejemplo

Se tiene un canal rectangular de 1,5 metros de ancho y pendiente del 5 por mil :

Canal pasante : ancho 1,5 m
pendiente 5 por mil
acciones 75

Canal saliente : ancho 0,7 m
pendiente 5 por mil
acciones 25

El canal esta excavado en tierra arcillosa y se estima un coeficiente de rugosidad de 0,030.

a) Caudal máximo por acción : 15 litros/segundo

$$\text{Caudal entrante} = 100 * 15 = 1500 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal pasante} = 75 * 15 = 1125 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal saliente} = 25 * 15 = 375 \text{ l/s}$$

b) Altura crítica en la grada

$$q = 1,500/1,5 = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$h_c = 0,4673 * 1,1^{2/3} = 0,467 \text{ m}$$

c) Pasante

$$\text{Altura normal} : h_p = 0,645 \text{ m}$$

$$\text{Altura grada} : a = 1,15 h_p - 1,5 h_c$$

$$a = 0,041 \text{ m}$$

d) Saliente

$$\text{Altura normal} : h_s = 0,617 \text{ m}$$

$$\text{Altura grada} : a = 1,15 h_s - 1,5 h_c$$

$$a = 0,009 \text{ m}$$

Domina el pasante

Se debería usar una altura de grada :

$$a \geq 0,041 \text{ m}$$

se dispone, por razones constructivas,

$$a = 10 \text{ cm}$$

3.2. Partición

La partición de la sección, sobre la grada, se debe hacer en forma análoga a la proporción de los derechos de agua :

Derechos entrante : N_e

Derechos pasante : N_p

Derechos saliente : N_s

Ancho canal = b

$$\text{Ancho pasante} = b_p = \frac{N_p}{N_e} * b$$

$$\text{Ancho saliente} = b_s = \frac{N_s}{N_e} * b$$

En el ejemplo anterior :

$$N_e = 100$$

$$N_p = 75$$

$$N_s = 25$$

$$b = 1,5$$

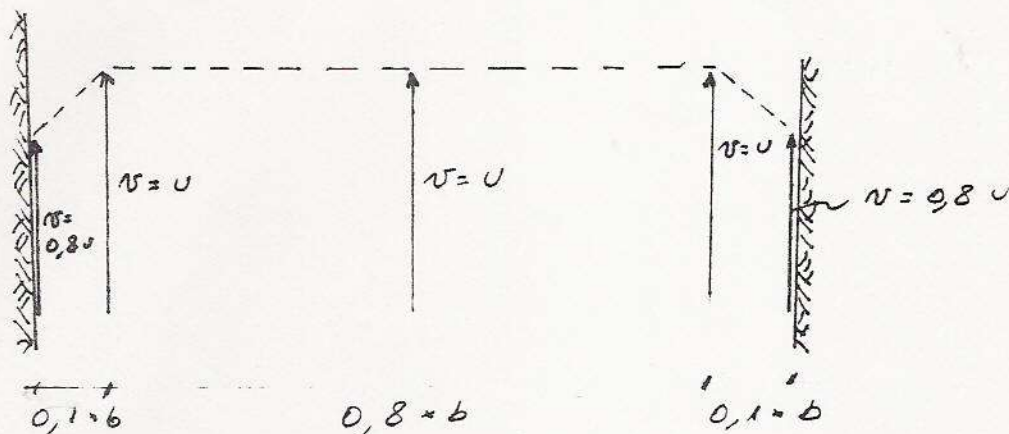
Separación cuchilla :

$$\text{Pasante} \quad \frac{75}{100} * 1,5 = 1,125 \text{ m}$$

$$\text{Saliente} \quad \frac{25}{100} * 1,5 = 0,375 \text{ m}$$

Se debe corregir el ancho de la partición, porque la velocidad del agua en la barrera se ve afectada por las paredes del canal.

La distribución de velocidad del agua sobre la barrera puede ser representada por la siguiente figura :



En el ochenta por ciento central de la sección la velocidad se mantiene constante. En los bordes la velocidad es un 80% de la velocidad en el centro y se supone que varía linealmente.

Al considerar lo anterior el caudal total sobre la barrera queda dado por :

$$Q = 0,8 * b * U + 0,2 * b * 0,9 * U$$

$$Q = 0,98 * b * U$$

El caudal que escurre por cada ramal está dado por :

$$Q_p = Q * b_p/b = 0,98 * U * b_p$$

$$Q_s = Q * b_s/b = 0,98 * U * b_s$$

Para la corrección del ancho de la partición se consideran dos casos :

a) Ancho del ramal saliente mayor que $0,1 * b$

$$\begin{aligned} bp1 &= 0,98 * bp + 0,01 * b \\ bs2 &= 0,98 * bs + 0,01 * b \end{aligned}$$

donde :

bp1 = ancho pasante corregido
bs1 = ancho saliente corregido

Ejemplo :

$$\begin{aligned} b &= 1,500 \text{ m} \\ bp &= 1,125 \text{ m} \\ bs &= 0,375 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bp1 &= 1,118 \text{ m} \\ bs1 &= 0,382 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Ancho ramal saliente menor $0,1 * b$

$$\begin{aligned} bs1 &= \sqrt{0,16 * b^2 + 0,98 * bs * b} - 0,4 * b \\ bp1 &= b - bs1 \end{aligned}$$

Ejemplo :

$$\begin{aligned} b &= 100 \text{ cm} \\ bp &= 95 \text{ cm} \\ bs &= 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bp1 &= 94,28 \text{ cm} \\ bs1 &= 5,72 \text{ cm} \end{aligned}$$

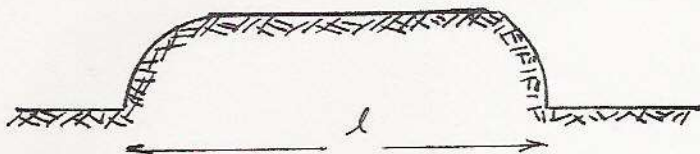
Si se tiene tres ramales se corrigen los de la orilla y por diferencia se obtiene el central.

3.3. Recomendaciones de diseño

a) Largo de la barrera

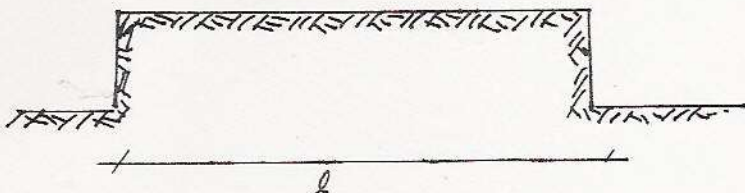
En caso de arista redondeada

$$l = 3,5 * hc$$



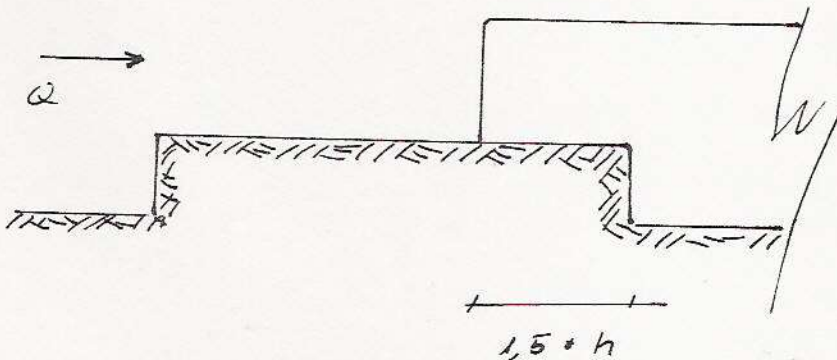
En caso de arista viva

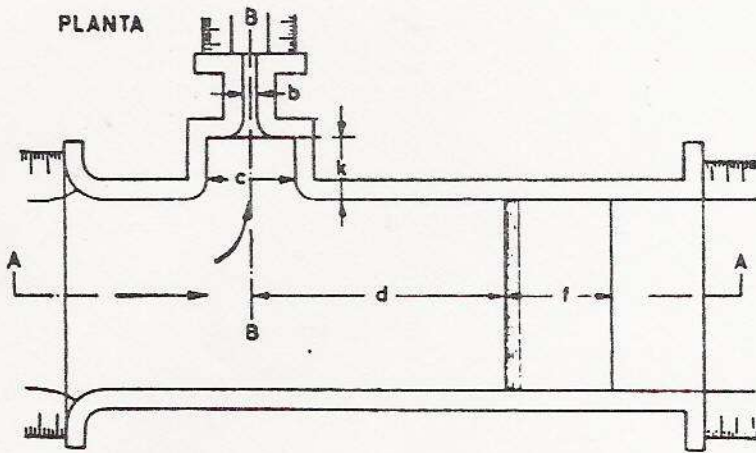
$$l = 5,0 * hc$$



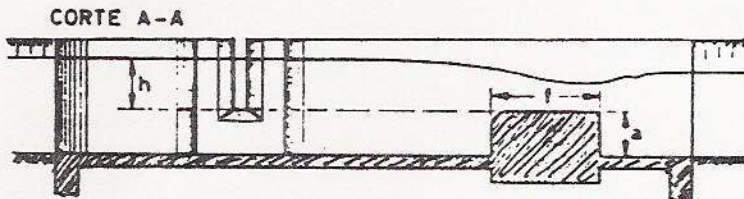
b) Ubicación de la aguja

Se acostumbra ubicar la aguja a una distancia de 1,5 veces la altura crítica sobre la barrera :

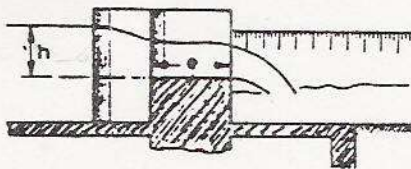




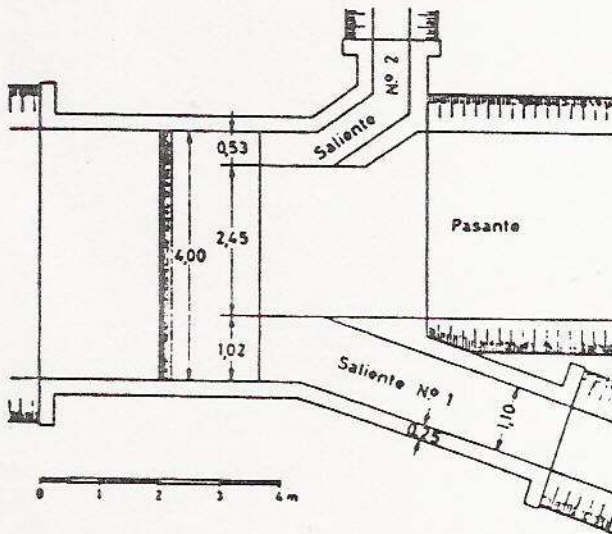
Partidor de boquera.



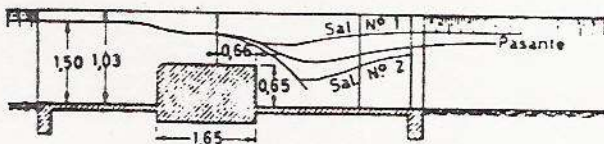
CORTE B-B



- a altura de barrera
- b ancho de la ranura
- c por lo menos igual a h_0
- d " " " " " $5h_c$
- e espesor barrera (ranura) $2,5h_c$
- f " " " " " $3,5h_c$
- h carga de la barrera
- h_c altura de aguas arriba
- k por lo menos igual a $2h_c$



Partidor de agua.



4. Marco de boquera lateral

Teóricamente se debe usar cuando el saliente es muy pequeño comparado con el pasante.

Sin embargo, su uso es muy resistido por los agricultores, quienes piensan que no funciona.

El marco consiste en un partidor en el cual el saliente esta girado en 90° con respecto al eje del canal; por lo que la velocidad no lo afecta.

Hidráulicamente se diseña calculando la altura de la grada y determinando el ancho que debe tener el saliente, que escurre por un vertedero lateral. Para el cálculo de esto se puede usar la siguiente metodología:

- a) Para el pasante y el saliente se determina la altura de la grada.
- b) Se calcula el ancho del saliente usando la fórmula general de vertederos

$$Q = m * bs * h * \sqrt{2gh}$$

donde :

m = coeficiente de descarga
 bs = ancho del saliente
 h = altura de carga

La altura de carga corresponde a la diferencia entre la altura normal de escurrimiento y la altura de la grada.

El coeficiente de descarga se puede estimar usando el gráfico adjunto.

Ejemplo :

En un canal rectangular similar al anterior :

Canal pasante = ancho = 1,5 m
 pendiente = 5 por mil
 acciones = 95

Canal saliente = ancho = 0.2 m
 pendiente = 5 por mil
 acciones = 5

* Caudal máximo por acción : 5 litros por segundo

Canal entrante = $Q_{max} = 500$ l/s
 Canal pasante = $Q_{max} = 475$ l/s
 Canal saliente = $Q_{max} = 25$ l/s

Altura crítica en la grada

$q = 0,5/1,5 = 0,33$
 $h_c = 0,4673 * 0,33^{2/3}$
 $h_c = 0,224$ m

* Alturas normales

Entrante = $h_e = 0,362$ m
 Pasante = $h_p = 0,350$ m
 Saliente = $h_s = 0,299$ m

* Altura de la grada.

Pasante : $a = 1,15 h_p - 1,5 h_c = 0,081$ m

Saliente : $a = 1,15 h_s - 1,5 h_c = 0,009$ m

Domina el pasante, se dispone, por razones constructivas,

$a = 10$ cm

* Ancho vertedero

Usando la ecuación general para los vertederos:

$$Q = m * b_s * h * \sqrt{2gh}$$

El coeficiente de descarga se determina usando el gráfico anexo donde la curva paramétrica depende de la relación entre el ancho y el espesor del vertedero.

En este caso :

$$Q = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = h_e - a = 0,362 - 0,1 = 0,262 \text{ m}$$

Usando la ecuación del vertedero se tantean valores del ancho del saliente, con el coeficiente de descarga:

Para $b_s = 0,12 \text{ m}$ se obtiene un coeficiente de descarga $m = 0,35$.

Para :

$m = 0,35$ y $b_s = 0,12$, del gráfico se obtiene:

$$e = 1,5 \text{ m}$$

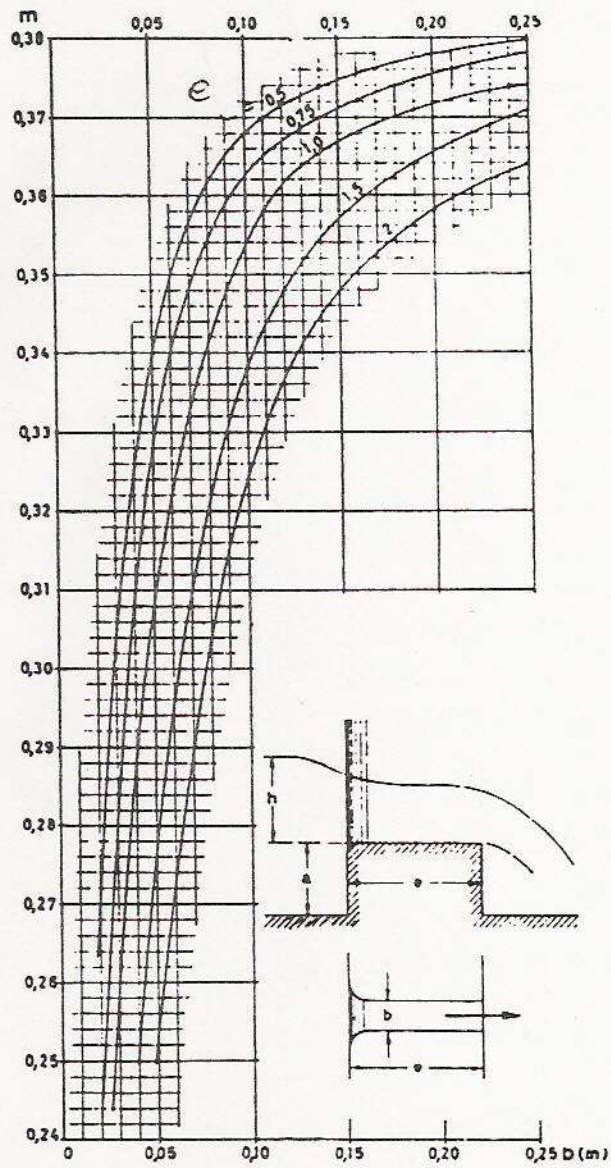


Gráfico para determinar el coeficiente de descarga de un partidor de boquera.

III. CONSTRUCCION

En general, cualquier material de construcción sirve para confeccionar marcos partidores, aunque el uso de ellos establece ciertas condiciones que limitan los materiales.

Las condiciones que debe tener el material para confeccionar marcos partidores son :

- * Resistencia al desgaste mecánico
- * Resistencia mecánica
- * Material anticorrosivo
- * Resistencia a la humedad

La resistencia al desgaste es necesaria ya que las aguas arrastran sedimentos (arenas, lodos, etc.) y estas partículas empiezan a desgastar las superficies expuestas del marco (efecto similar a un lijado).

Lógicamente el material del marco debe soportar tensiones originadas por empuje de suelos, presiones del agua y otros esfuerzos adicionales, por lo tanto, la resistencia mecánica del material a esfuerzos de tracción o compresión, debe ser adecuada para soportar las sollicitaciones o cargas a los que se haya expuesto.

Como los marcos están a la intemperie, están expuestos a cambios de humedad y niveles de aguas fluctuantes, por lo tanto, el material del que está construido, debe tener, además, buena resistencia a este efecto.

1. Madera

La madera, que fue el primer y más versátil material de construcción, tiene buenas propiedades mecánicas resistencia mediana al desgaste y no es corrosiva.

Se recomienda para marcos temporales con durabilidad de 1 a 4 años, según el tipo de madera, escuadrias y grado de tratamiento de ella.

2. Albañilería

La albañilería (ladrillos y mortero) es una buena alternativa, aunque como no resiste tracciones debe ser bien estudiada de modo de evitar que se formen grietas, las cuales producirán filtraciones y, en el largo plazo, el colapso de la obra.

Recubierta de estuco tiene buenas propiedades al desgaste, resistencia mecánica (excepto tracciones), es anticorrosiva y los cambios de humedad no la afectan.

3. Hormigón

El hormigón (grava, arena, cemento y agua) representa una buena alternativa para los marcos partidores, aunque es mucho más cara que la de albañilería, ya que los moldajes prácticamente significan hacer el marco de madera y posteriormente rellenarlos con hormigón.

Sus propiedades son todas buenas, excepto que no soporta tracción si no está armado.

Si al hormigón se le adicionan barras de acero, se obtiene el hormigón armado, el cual tiene excelentes propiedades mecánicas.

4. Acero

Pueden fabricarse marcos partidores en lámina de acero, tratando de evitar o retardar la corrosión que es el inconveniente que presenta este material.

Sus propiedades mecánicas y al desgaste son excelentes, si lo comparan con el hormigón armado.

5. Metodología de construcción

Todos los marcos, independientemente del tipo de material necesitan trabajos topográficos y cálculos previos, con los cuales se determinan las medidas, espesores, posición de la aguja, barrera, etc.

Con el plano en la mano se comienza por excavar tierra según el plano para alojar la construcción.

Se deben tomar los niveles correspondientes y trazar en el terreno la posición futura del marco.

Paralelamente se traen los materiales necesarios de modo de contar con todos ellos para no detener la faena.

Luego, el trabajo es diferente para cada tipo de marco.

5.1. De madera.

El marco puede llegar confeccionado del taller, lo cual es lo más práctico y se procede a instalarlo, según los niveles y posición ya trazados.

5.2. De albañilería.

Se debe construir un radier de hormigón con las correspondientes zarpas antideslizantes y antisocavantes y sobre este radier se levanta la albañilería de los bordes y de la barrera.

La aguja o boquera lateral se deja incrustada en la barrera (entre dos ladrillos) y en el radier.

Posteriormente, estucar los muros, tendiendo especial cuidado en redondear los bordes que se indican en los planos. Este redondeo conviene efectuarlo con una plantilla o muestra de modo de lograr uniformidad.

5.3. De hormigón.

Se procede a instalar los moldajes según el trazado; es importante destacar que la presión hidrostática del hormigón fresco es 2.2 ton/m^2 , es decir, 2.2 veces mayor que la del agua, por lo tanto, debe tenerse especial precaución en afianzar los moldajes; de otro modo ellos se correrán y se tendrá un marco que no es equitativo.

5.4. De acero.

Los marcos de acero representan una buena alternativa por cuanto son confeccionados en taller y la precisión es al milímetro, no así en el de hormigón, que además, según el estuco, se pueden alterar las medidas en varios centímetros.

6. Características de estas obras

Las obras para marcos partidores son muy reducidas y necesitan la supervisión de un profesional, el cual debe darle el V°B° a los moldaje y enfierradura antes de hormigonar (revisar las medidas exactas, recubrimientos, etc.) controlar el hormigón y revisar el estado de moldaje y posteriormente revisar estucos si fuera necesario.

Normalmente estas obras están en lugares alejados y a veces solitarios o de difícil acceso, por lo cual se requiere de grandes esfuerzos para llevar los materiales al lugar en cuestión.

Evidentemente, situaciones de este tipo contribuyen a un aumento desmesurado del costo, por lo cual se hace necesario revisar los distintos tipos de marcos con el fin de elegir el más apropiado para cada caso y situación.

Puede asumirse que el item más importante de estas obras es la dificultad de ejecución debido a distancias largas y lugares a veces muy poco accesibles.

Esto provoca que los costos de transporte se incrementen y el rendimiento baje por lo que se llega a relaciones 1:20 en precios unitarios, por ejemplo 1 m³ de hormigón que en una obra establecida grande cueste 1, en este tipo de obras constaría 20 veces más. Cabe señalar que el promedio típico es del orden de 1:10.

Estos factores los debe tener en cuenta el proyectista al momento de decidir el tipo de marco a confeccionar.

7. Hormigones

El hormigón es el producto de la mezcla de agredados pétreos y un aglomerante hidráulico. Los agregados pétreos son de 2 clases: grava y arena. El aglomerante hidráulico es el cemento.

Las condiciones que deben cumplir estos materiales para obtener un hormigón de buena calidad son los siguientes :

7.1. Condiciones de los componentes.

a) Grava

Deben ser duros, libres de tierra y materia orgánica, además, deben tener una granulometría continua, es decir, tener diversos tamaños desde 1¼ a 6 m de diámetro.

b) Arenas

Son arenas los granos de un tamaño menor de 5 mm de diámetro (los que pasan por tamiz de esa abertura). Para determinar si la arena es apta, se pueden usar los cinco sentidos :

Al refregarla entre las manos, una arena de buena calidad debe crujir. Sus granos deben resistir bien este esfuerzo (sin partirse) y no dejar exceso de polvo en la piel, ni ésta debe sentirse áspera.

El olfato sirve para descubrir contaminaciones inaceptables de aceite, sustancias en estado de descomposición tierra vegetal, materia orgánica, etc.

Se debe probar para detectar contaminaciones de sales solubles que provocarían oxidación en las armaduras del hormigón.

La vista sirve para verificar de manera aproximada, si la arena está sucia o limpia. Se pueden observar raicillas o desperdicios extraños y puede observarse si contiene exceso de polvo o arcilla. Además, extendiéndola sobre la palma de la mano, se verifica que los granos tengan diversos tamaños.

Es importantísimo destacar que si la arena tiene sales, ella no podrá ser utilizada ya que corroerá y oxidará las armaduras; este problema puede solucionarse lavando la arena en sentido contrario a la corriente de agua en una canoa de fondo escalonado.

c) Agua

El agua para hormigones debe ser limpia, sin materiales que puedan dañar el proceso de endurecimiento de los hormigones, ni el acero de las armaduras.

¿Cómo saberlo en forma sencilla?

El agua clara a simple vista, que no tenga un sabor ni mal olor (a materia orgánica en descomposición), puede usarse sin mayores averiguaciones.

Si está algo turbia, puede hacerse la siguiente prueba: se vacía agua en un vaso hasta 10 cm de altura, en cuyo fondo se ha dejado un alfiler, un clip o un trozo de algo parecido a un alambre de platino de 1 mm de diámetro, que se usa en el laboratorio. Este alfiler o alambre debe ser visible desde una altura de 1.20 m.

d) Cemento

El cemento que se vende en bolsas de 42.5 kg debe estar en buenas condiciones; si está endurecido se puede usar siempre y cuando estos terrones desagan fácilmente con la mano, caso contrario, no puede ser utilizado.

7.2. Preparación del hormigón.

Dado que los marcos partidores involucran pequeños volúmenes de hormigón y las condiciones existentes en estas obras, se considera solamente la preparación a pala:

Este sistema es bastante defectuoso y desfavorable, comparado con la preparación a máquina, implica una disminución en la resistencia entre un 29 y un 41%. Su principal defecto es el exceso de agua, condición a que se tiende con el fin de facilitar su revoltura, que representa un trabajo particularmente duro. Otros defectos son su falta de homogeneidad, debido a revoltura insuficiente, y los fraguados parciales en cancha, motivados por demora en utilizarlo y por humedad de la arena, al iniciar la preparación. Pero, en general es la solución más adecuada para este tipo de construcción.

Será necesario contar con una cancha o era apropiada, la cual debe ser impermeable y dura. Esto se puede lograr llevando planchas de lata convenientemente unidas, construir un pequeño radier o bien una simple plancha de cholguán, ya que nunca debe elaborar hormigón directamente sobre el suelo.

Suponiendo una dosificación de 200 litros de grava, 110 litros de arena gruesa y 33 litros de agua, el proceso de fabricación a pala es el siguiente :

- * Se mide la arena por medio de un cajón sin fondo o bien en base a carretillas (1 carretilla estándar = 90 litros) y tarros de 20 litros.
- * Se extiende la arena. Una vez medida la arena, se extiende sobre la cancha en una capa del orden de unos 8 ó 10 centímetros de espesor.

Se agrega el cemento y se revuelve en seco. Sobre esta capa se vacía la bolsa de cemento, más o menos distribuida en su superficie. Luego, con la pala, se revuelve la arena seca y el cemento avanzado ordenadamente, una y otra vez, hasta que la mezcla quede de un color completamente uniforme. Terminada esta revoltura, se extiende de nuevo la mezcla seca, para dejarla como antes.

- * Se adiciona el grava. Debemos vaciar sobre la mezcla de arena y cemento, formando una nueva capa, 200 litros de grava. Esta vez el conjunto no se revuelve.
- * Se agrega el agua y se revuelve. Antes, se abre con la pala, cerca del borde de esta capa de mezcla, todavía seca, una especie de dique para impedir que se escape el agua.

Este último ingrediente -el agua- rara vez se mide con anterioridad. Se va agregando de a poco, en una zona de la mezcla seca, ya sea con una manguera o con un balde, y de inmediato, se inicia la revoltura final, que es la más importante. La cantidad de agua -que sabemos ha de totalizar en este caso unos 33 litros- se gradúa apreciando la consistencia que va adquiriendo el hormigón.

No es aconsejable mojar y revolver una parte de la mezcla, para seguir más tarde con el resto, como suele procederse. Por el contrario, debe prepararse cada vez la cantidad que pueda revolverse en una sola operación, y que sea posible colocar luego en su lugar definitivo, sin tardar en ello más de unas dos horas.

Esta faena de revolver el hormigón, es tal vez la más dura de cuantas se realizan en una obra. Ha de efectuarse avanzando de manera ordenada con la pala, para que no quede ninguna porción sin revolver, hasta que la mezcla se torne pastosa y homogénea.

Resulta natural que se tienda a agregar más agua que la necesaria, ya que así la revoltura no resulta tan pesada. Esto, sin embargo, perjudica notablemente la resistencia

de hormigón, la cual es inversamente proporcional a la relación agua cemento.

7.3. Llenado de los moldajes.

El llenado de los moldajes -que darán la forma a la construcción-, debe realizarse en capas de manera de no aumentar la presión hidrostática del hormigón fresco.

Es fundamental compactar adecuadamente ya que esto evitará la formación de nidos de piedras, que dan origen a filtraciones o una mala resistencia del hormigón.

7.4. Curado o fraguado.

El proceso de hidratación del cemento es el que le da la resistencia y dureza al hormigón. Un curado defectuoso conducirá inevitablemente a un hormigón de mala calidad. Dadas las características de estas obras, constituye un verdadero talón de Aquiles.

Para efectuar un buen fraguado, se debe regar 2 ó 3 veces al día, durante 7 u 8 días como mínimo, ya que la forma de esta estructura dificulta la utilización de película de polietileno que se usa mucho en carreteras.

Otras alternativas lo constituye el uso de soluciones sellantes aplicadas en emulsión y pulverizadas sobre la obra, aunque son de mayor tecnología.

7.5. Descimbre o retiro de moldaje.

Esta faena debe realizarse a los 10 ó 15 días de terminada la hormigonadura, como mínimo, ya que el hormigón alcanza su resistencia de diseño a los 28 días. Lo ideal es desmoldar a los 28 días.

Si se desmolda en el corto plazo, esta faena debe llevarse a cabo cuidadosamente sin dar golpes al hormigón que está en proceso de endurecimiento, ya que es muy fácil que se rompa y el proceso es irreversible, quedando el hormigón fracturado.

IV. BIBLIOGRAFIA

1. Domínguez F.J. 1959. Hidráulica. Editorial Universitaria S. A. Santiago, Chile.
2. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón "Construcciones de Hormigón en el Campo" Santiago, Chile, 1984