

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



**"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE TUBERIAS
DE CONCRETO Y ARCOS DE MAMPOSTERIA Y
SU APLICACION EN CARPETERAS"**

ADOLFO RODAS MERLOS

Guatemala, Febrero de 1976.

08 T(410)C
MFN: 1499



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

**"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE TUBERIAS
DE CONCRETO Y ARCOS DE MAMPOSTERIA Y
SU APLICACION EN CARRETERAS"**

TESIS

Presentada a la Junta Directiva
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

ADOLFO RODAS MERLOS

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central

Guatemala, Febrero de 1976.

**TESIS DE REFERENCIA
NO**

**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.**

08
7 (4110)C
R
08
7-779

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano:	Ing. Hugo Quan Má
Vocal 1o.:	Ing. Julio Campos B.
Vocal 2o.:	Ing. Roberto Barrios M.
Vocal 3o.:	Ing. Leonel Aguilar Girón
Vocal 4o.:	Br. Julio Roberto Urdiales C.
Vocal 5o.:	Br. Edgar Cifuentes Hidalgo
Secretario:	Ing. Manuel Angel Castillo G.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

Decano:	Ing. Hugo Quan Má
Examinador:	Ing. Alberto Solórzano
Examinador:	Ing. César Fernández
Examinador:	Ing. José León Castillo
Secretario:	Ing. José Luis Terrón

DEDICO ESTE ACTO

A Dios Todopoderoso

A la memoria de mi padre

Basilio Rodas Salvatierra

A mi madre

Tránsito Merlos

A mis hermanos

Lucrecia

Rebeca

Isabel

Domingo

Marco Tulio

Olivia

A mis sobrinos

Geovanni

Katy Rossana

Juan Carlos

Rudy

Claudia Lorena

A la señorita

Lilian Maritza Ceballos Pérez

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Oswaldo Lau Cheng

Por su valiosa asesoría en el presente trabajo

A la Sección de Drenajes

A la Sección de Especificaciones

Al Departamento de Puentes

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR.

Cumpliendo con los preceptos que la ley de la Universidad de San Carlos establece, presento a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

**“ANALISIS COMPARATIVO ENTRE TUBERIAS
DE CONCRETO Y ARCOS DE MAMPOSTERIA Y
SU APLICACION EN CARRETERAS”**

Tema que me fue asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

CONTENIDO

Introducción

Capítulo I GENERALIDADES

- 1.1 Consideraciones del drenaje en Carreteras
- 1.2 Consideraciones Hidráulicas
 - 1.2.1 Corriente de Agua
 - 1.2.2 Gradiente Hidráulico
 - 1.2.3 Diseño Hidráulico
 - 1.2.4 Pendiente Crítica

Capítulo II TUBERIA DE CONCRETO

- 2.1 Conceptos Generales
 - 2.1.1 Cargas Vivas
 - 2.1.2 Cargas Muertas
- 2.2 Factores que intervienen en las cargas que actúan sobre un conducto
 - 2.2.1 Tipo de Alcantarillas
 - 2.2.2 Condiciones de Colocación
 - 2.2.3 Tipos de Cimentación
 - 2.2.4 Tipos de Relleno
- 2.3 Factores que intervienen en las cargas que actúan en un conducto en proyección
 - 2.3.1 Prisma Interior
 - 2.3.2 Prisma Exterior
 - 2.3.3 Plano de Igual Asentamiento
 - 2.3.4 Altura de Igual Asentamiento
 - 2.3.5 Plano Crítico
 - 2.3.6 Relación de Asentamiento
 - 2.3.7 Relación de Proyección
 - 2.3.8 Presiones Laterales
 - 2.3.9 Factor de Carga o Razón de Esfuerzos
- 2.4 Refuerzos
 - 2.4.1 Refuerzo Elíptico y Refuerzo Circular
 - 2.4.2 Tuberías Reforzadas y Extra-Reforzadas

Capítulo III ARCOS DE MAMPOSTERIA

- 3.1 Conceptos Generales
 - 3.1.1 Definición y Clasificación del Arco
 - 3.1.2 Definición y Clasificación de la Mampostería
 - 3.1.3 Arcos Tipo
- 3.2 Diseño Estructural
 - 3.2.1 Cargas
 - 3.2.2 Factores que intervienen en la distribución de las cargas
 - 3.2.3 Equipo
 - 3.2.4 Programa para Calcular la Geometría y las cargas de los Arcos de Mampostería
 - 3.2.5 Programa para el Análisis de los Arcos
 - 3.2.6 Dimensiones de los Arcos para Alturas de Relleno de 2.00 m a 8.00 m.

Capítulo IV COMPARACION ENTRE TUBERIAS DE CONCRETO Y ARCOS DE MAMPOSTERIA

- 4.1 Transporte
- 4.2 Rellenos Laterales
- 4.3 Costos
 - 4.3.1 Costos de las tuberías
 - 4.3.2 Costos de los Arcos de Mampostería

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

A los países dotados con una magnífica red de carreteras, les es más fácil llevar sus productos a los puntos de consumo, teniendo además mejor acceso a las fuentes de materias primas.

Lo mismo al comercio, la cultura y todos aquellos aspectos para el buen desenvolvimiento de una nación, se ven beneficiados porque pueden difundirse a los lugares más apartados debido a la solución del problema de transporte y de una gran reducción en el costo del mismo.

Guatemala se encuentra en la fase de su desarrollo y, por ello necesita un buen sistema de carreteras para el logro de sus propósitos. Estas, como es lógico, deberán estar diseñadas con las técnicas más avanzadas y tratando de utilizar lo más posible nuestros propios recursos, para evitar fugas de divisas que resultan perjudiciales a la economía de nuestra Patria.

La idea de tratar de utilizar más nuestros recursos naturales, me ha llevado a desarrollar el presente trabajo, con el objeto de presentar una posible utilización de los mismos en la elaboración de drenajes transversales para carreteras. Esta aplicación sería usando arcos de mampostería, cuyo procedimiento de diseño tratare de presentar en forma clara y precisa en este trabajo.

Espero que esta inquietud haga que el Ingeniero trate de buscarle mayor aplicación a los recursos de nuestra Patria.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 CONSIDERACIONES DEL DRENAJE EN CARRETERAS:

Los drenajes en carreteras son los que le dan mayor vida a ésta, ya que permite que el agua de lluvia u otros cursos de agua fluyan sin causarle destrozos.

Los drenajes según su tipo pueden ser: Superficiales (cunetas, contra cunetas, bombeo y pendiente longitudinal de la carretera) y, las Alcantarillas, siendo sobre ésta última que tratará el presente trabajo. El diseño del tamaño y la forma de las alcantarillas se hace siguiendo métodos de aceptación general, los cuales varían mucho de acuerdo a los antecedentes y la práctica de la localidad. Los resultados también son variables.

Definición: Una alcantarilla es un conducto que lleva agua a través de un terraplén. Es un "paso bajo nivel" para el agua y el tránsito que pasa sobre ella.

La diferencia entre una alcantarilla y un puente, consiste en que la parte superior de una alcantarilla, generalmente, no forma parte del pavimento de la carretera; por el contrario, un puente, es un "Eslabón" en la carretera. Los Alcantarillas pueden ser: Tubos, Arcos y Bóvedas.

1.2 CONSIDERACIONES HIDRAULICAS:

Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, son importantes los siguientes factores: El alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o se socava; es señal de que ni tiene la capacidad adecuada, ni presta el servicio que se esperaba de ella.

Generalmente, una alcantarilla reduce casi siempre el cauce de la corriente ocasionando embalse a la entrada, un aumento de la velocidad por dentro y, a la salida, se puede necesitar alguna protección contra la socavación y la erosión que siempre existen.

Las alcantarillas no deben diseñarse para que funcionen llenas, o con la boca de entrada sumergida más de una vez en cada 25 años. En caminos secundarios y poco transitados, el reboso de las aguas sobre el camino una vez cada varios años puede que no tenga consecuencias serias, si el terraplén se halla protegido. Cuando se trate de caminos de mucho tránsito, la boca de entrada debe ser tal, que en raras ocasiones quede sumergida, y las aguas nunca deben rebosar por encima de la carretera.

1.2.1 Corriente de Agua:

El flujo se puede considerar de dos tipos diferentes: Láminar o Viscoso y Turbulento; en la mayoría de las veces es este último el que predomina.

En el caso de flujo turbulento la resistencia del agua o drenar a través del conducto depende de la viscosidad, densidad y velocidad, además de la longitud, rugosidad y sección trasversal de la alcantarilla.

La altura de presión necesaria para vencer ésta resistencia se conoce como pérdida de carga por fricción.

Esta pérdida de carga en canales, que es el caso de las alcantarillas está dada por la diferencia de elevación de la superficie de agua entre los puntos considerados.

En algunos casos es necesario considerar otras pérdidas siendo estas conocidas como pérdidas menores; entre las cuales están las pérdidas a la entrada y salida de la alcantarilla.

1.2.2 Gradiente Hidráulico:

Es una línea imaginaria que une los puntos hasta donde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales. El gradiente Hidráulico representa entonces la presión a lo largo del tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el gradiente Hidráulico, es la columna de presión en ese punto. En canales, es evidente que el gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua.

1.2.3 Diseño Hidráulico:

Para determinar el caudal máximo a través de la alcantarilla, es necesario localizar la sección transversal donde ocurre el flujo crítico. Esta sección puede encontrarse en cualquier lugar entre la entrada y la salida de la alcantarilla, se ha convenido en establecer dos posiciones: En la primera, el flujo Crítico ocurre a la entrada o cerca de ella; si este es el caso, se dice que tiene "Control de Entrada". La segunda, es cuando se encuentra a la salida o cerca de ella, diciéndose entonces que tiene "Control de Salida".

El flujo crítico en un canal abierto o alcantarilla ocurre (en la sección transversal) cuando para una descarga constante, la carga de energía es un mínimo o cuando la descarga es un máximo, para una carga de energía dada.

La carga de energía en cualquier sección transversal de un canal es igual a:

$$E = H + \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

E	=	Carga de Energía
H	=	Altura de Agua
$\frac{V^2}{2g}$	=	Carga de Velocidad

La altura y la velocidad en la sección donde ocurre el flujo crítico se conoce como "Altura Crítica" y "Velocidad Crítica". El caudal máximo en la sección circular no llena se obtiene con una profundidad de corriente de $=0.938 D$ (D =diámetro).

A pesar de los análisis, las secciones de las alcantarillas se proyectan ordinariamente de modo que alcancen su capacidad nominal cuando están llenas, dado que las condiciones que producen el caudal máximo incluyen, por lo general, una contrapresión suficiente como para que el conducto se halle sometido a una ligera presión.

El rectángulo, el trapecio y el círculo son las formas geométricas más simples desde el punto de vista hidráulico, pero a menudo se utilizan otras formas de secciones transversales ya sea por su ventaja desde el punto de vista de construcción, o porque resultan convenientes desde otro punto de vista, así: La sección ovalada o la forma de huevo, son comunes para drenajes cuando hay grandes fluctuaciones de caudal. Es, en efecto deseable que la velocidad se mantenga suficientemente alta cuando el caudal es escaso, como para impedir la sedimentación; mientras que, con el conducto lleno, la velocidad no debe ser excesiva a fin de impedir el rápido desgaste del revestimiento.

1.2.4 Pendiente Crítica:

Es la pendiente capaz de sostener un caudal dado con flujo uniforme y a profundidad crítica. La pendiente crítica puede calcularse usando cualquier fórmula conocida para canales, en el Manual para Tuberías de Concreto, (Concrete Pipe Handbook), de la American Concrete Pipe Association, se encuentra un gráfico que relaciona descarga y altura crítica y descarga con pendiente crítica.

Estas curvas están construidas con una base unitaria, esto es, que los valores de pendiente y descarga son aplicados directamente a una alcantarilla o canal de 1 pie de diámetro con

un coeficiente de rugosidad (N) de 0.01.

Para otro diámetro y otro coeficiente de rugosidad, hay que aplicar las siguientes fórmulas de conversión:

Descarga Crítica:

$$Q_c = Q_{c1} D^{5/2}$$

Pendiente Crítica:

$$S_c = S_{c1} \cdot 10^4 \cdot \frac{n^2}{D^{1/3}}$$

Q_{c1}	=	Descarga crítica para diámetro deseado.
Q_{c1}	=	Descarga crítica para un canal de 1 pie de diámetro.
D	=	Diámetro de la tubería.
S_c	=	Pendiente para un N dado.
S_{c1}	=	Pendiente crítica para N=0.01
n	=	Coeficiente de rugosidad que tiene la nueva tubería.

Cuando la pendiente es más plana que la Crítica, para una descarga específica, la sección Crítica se traslada de la entrada a la salida. Para alcantarillas es satisfactorio asumir que se encuentre 6 metros antes de la salida. Para determinar la altura en la entrada, es necesario calcular los puntos de la curva de remanso entre la sección crítica y la entrada.

Una vez la altura crítica está determinada, se pueden calcular la altura de velocidad y las pérdidas en la entrada, con esto podemos calcular la altura aguas arriba. La forma de la curva de remanso depende de la rugosidad, longitud y pendiente de la alcantarilla. La pendiente de la alcantarilla a un valor más alto que la pendiente crítica no aumenta la descarga; simplemente hace que el agua corra a mayor velocidad y a menor profundidad que la sección crítica.

CAPITULO II

TUBERIAS DE CONCRETO

2.1 CONCEPTOS GENERALES

Este Capítulo tratará sobre las cargas y su influencia en el diseño estructural de una alcantarilla, así como de las especificaciones comunmente usadas en nuestro medio y los factores que intervienen en las cargas.

Cargas: Las cargas que se consideran en el diseño son: Las cargas vivas y las cargas muertas.

2.1.1 Cargas Vivas:

Son las cargas aplicadas en la superficie de la alcantarilla, éstas pueden ser: Equipo pesado que transita antes de que el conducto esté adecuadamente protegido por una capa de tierra; así como por cargas como camiones, ferrocarriles, etc. Estas cargas pueden ser estáticas o móviles. Si están en movimiento producen impacto; en caso de una vía con superficie áspera o llena de huecos, éstas cargas producen un efecto de salto o martilleo.

El efecto más crítico se observa en un terraplén de poca altura, pero se disipa o esparce rápidamente a medida que la altura del mismo llega a 1.20 m y más. El factor de impacto varía desde 1, cuando la carga en la superficie es estática hasta 3 ó 4 para tránsito en vías de superficie áspera.

Debido a que se necesita mucho tiempo para determinar analíticamente el efecto de las cargas vivas sobre los drenajes, se han elaborado algunos gráficos que simplifican este cálculo, como el que se encuentra en el Manual de Drenajes y Productos de Construcción de la ARMCO, pág.22, Edición 1958, y que da carga unitaria en Kg. por m^2 en las absisas, contra altura del terraplén en las ordenadas.

2.1.2 Cargas Muertas:

Son las cargas que siempre estará soportando la alcantarilla, entre éstas podemos considerar: El peso del material de relleno, peso propio del drenaje y presiones laterales. A veces se considera también el peso del agua que contiene y las cargas causadas por presiones hidrostáticas.

La última carga sólo se toma para el diseño de tuberías a presión; en el caso de alcantarillas en carreteras, ésta generalmente se omite.

2.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LAS CARGAS QUE ACTUAN SOBRE UN CONDUCTO:

Entre los factores que podemos considerar para el diseño de las tuberías están:

- a) Tipo de Alcantarillas.
- b) Condiciones de Colocación de las Alcantarillas.
- c) Tipos de Cimentación.
- d) Tipos de Relleno.

2.2.1 Tipo de Alcantarillas:

Hay alcantarillas de muchas formas y materiales, pero la distinción más importante se refiere al grado de flexibilidad de las mismas.

2.2.1.1 Alcantarillas Rígidas:

Tales como de concreto, hierro fundido o arcilla; fallan por ruptura de la pared del tubo. Su habilidad principal para soportar las cargas resulta de la resistencia inherente o solidez del conducto.

2.2.1.2 Alcantarillas Flexibles:

Tales como tubos corrugados de metal, o de lámina delgada de acero; fallan por flexión. Los tubos flexibles dependen, sólo en parte, de su resistencia inherente para resistir las cargas externas. Al deformarse bajo las cargas, el diámetro horizontal aumenta comprimiendo el terreno adyacente y por lo tanto creando una "Resistencia Pasiva", la cual a su turno ayuda a soportar las cargas verticales que se aplican sobre el tubo.

2.2.2 Condiciones de Colocación: (ver fig.2.1)

Las alcantarillas por su colocación se pueden dividir en tres clases:

2.2.2.1 Alcantarilla en Zanja:

Son estructuras instaladas completamente enterradas en zanjas estrechas, cuyos lados no han sufrido aparente desmoronamiento.

2.2.2.2 Alcantarillas en Proyección:

Son estructuras instaladas en bases anchas que se conforman un poco al fondo del cauce, quedando así el resto de la misma, encima del lecho natural, siendo luego cubierta con el terraplén. Alcantarillas Instaladas en zanjas cuyo ancho sea más de 2 a 3 veces el ancho de la alcantarilla pueden clasificarse en este mismo tipo.

2.2.2.3 Alcantarilla en Proyección Negativa:

Algunas alcantarillas, se colocan en zanjas de poca profundidad, a un lado del actual cauce del agua, con la parte superior de la alcantarilla más baja que la superficie natural del terreno, y después cubierta con un terraplén más alto que la cota original del terreno.

2.2.3 Tipos de Cimentación:

Las condiciones del lecho afectan el asentamiento y por lo tanto alteran la resistencia para soportar las cargas sobre la alcantarilla. Estos tipos de cimentación varían con el tipo de colocación de la alcantarilla. Así para alcantarillas en proyección, que es la clase que nos interesa, se encuentran los tipos que aparecen en la Fig.2.2.

2.2.4 Tipos de Relleno:

Estos pueden considerarse de tres clases.

- 1) Relleno alrededor y debajo de la tubería.
- 2) Relleno sobre la corona de la tubería.
- 3) Método de zanja imperfecta.

2.2.4.1 Relleno Alrededor y Debajo de la Tubería:

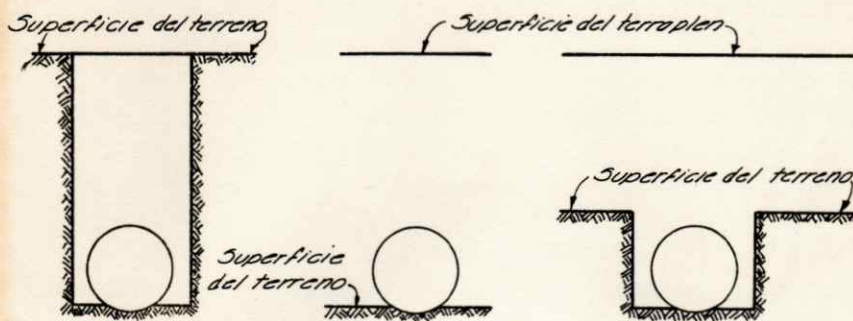
Este deberá hacerse con material seleccionado libre de rocas y terrones en capas de 15 cms. de espesor y una distancia hacia cada lado no menor que el diámetro exterior del tubo. Si se encuentra seco el material de relleno debe de mojarse antes de proceder a su compactación.

Las especificaciones de la Dirección General de Caminos establecen que las partes de cada capa que no sean accesibles a la aplanadora de rodillos, deberán ser compactadas con apisonadores mecánicos o a mano, si lo autoriza el Delegado Residente.

Debe tenerse especial cuidado en la compactación de la media circunferencia interior de las tuberías circulares.

2.2.4.2 Relleno Sobre la Corona de la Tubería:

Este se coloca en capas (horizontales) sucesivas, de aproximadamente 30 cms., cada capa debe compactarse bien con



CONDUCTO EN ZANJA

CONDUCTO EN PROYECCION

CONDUCTO EN PROYECCION NEGATIVA

FIG. 2.1 COLOCACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS

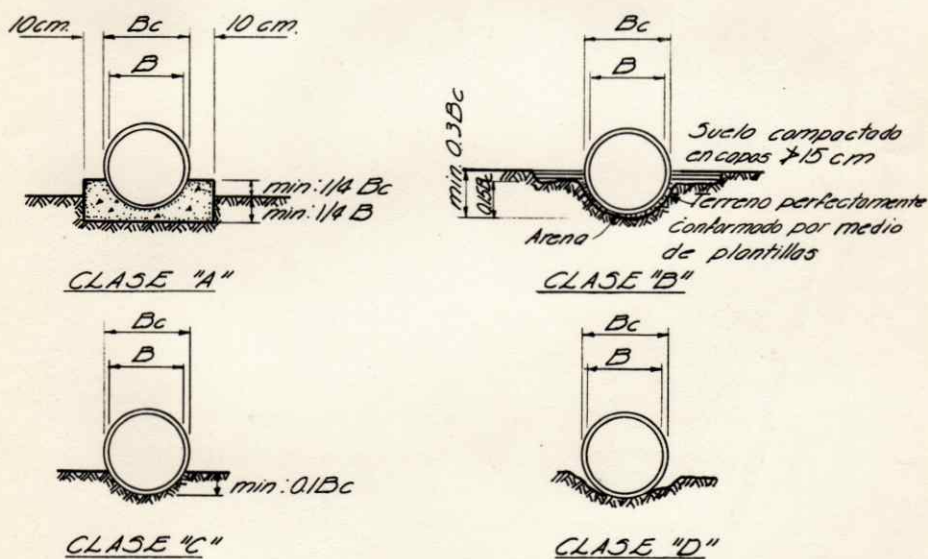


FIG. 2.2 TIPOS DE CIMENTACIÓN

apisonador de rodillos hasta que no haya un cambio apreciable en la altura de penetración de la "Pata de Cabra".

Las tuberías están generalmente sujetas a mayores presiones durante su colocación que durante otra época de su vida, por lo que no debe permitirse que el equipo pesado opere sobre una tubería si ésta no ha sido cubierta antes con 50 cms. de material de relleno.

2.2.4.3 Método de Zanja Imperfecta:

Consiste en compactar el relleno a los lados y por encima del tubo hasta cualquier altura que se desee; luego se excava una zanja de un ancho igual al diámetro del tubo, (tratando de mantener lo más vertical posible las paredes de la misma) la cual se llena después con material suelto y compresible, terminándose de colocar el relleno en la forma corriente.

La colocación del material suelto directamente sobre el tubo tiene por objeto permitir un mayor asentamiento en esa parte, con la consiguiente disminución de la carga por la inversión en la dirección de los esfuerzos (ver fig.2.3)

2.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LAS CARGAS QUE ACTUAN EN UN CONDUCTO EN PROYECCION: (ver fig.2.4)

2.3.1 Prisma Interior:

Es el prisma de relleno que se encuentra directamente encima del conducto y está limitado por los planos tangentes a los lados de la tubería.

2.3.2 Prisma Exterior:

Son las prismas de relleno de longitud indefinida que se encuentra a partir de los planos tangentes a los lados de la tubería.

Estos prismas, por el hecho de ser más altos, tienen la tendencia de sufrir mayores asentamientos que el Prisma Interior, lo cual da origen a que se produzcan fuerzas de fricción o esfuerzos de corte que lo ciñen; éstos pueden actuar hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la relación de asentamiento de los Prismas Exteriores, con respecto al Prisma Interior.

La magnitud de estos esfuerzos (despreciando la cohesión) se asume que es igual a la presión activa en esos planos multiplicada por el Coeficiente de fricción del material de relleno.

2.3.3 Plano de Igual Asentamiento:

Es el plano en el que, y apartir del cual, los asentamientos son iguales para las dos clases de Prisma.

Este asentamiento está influenciado por dos factores:

- 1) El asentamiento del terreno original debajo de los prismas exteriores adyacentes al conducto.
- 2) El asentamiento del terreno en la parte superior del conducto.

Cuando se tienen rellenos altos, los esfuerzos de corte inducidos por los asentamientos no llegan hasta la superficie del terraplén, si no que terminan en dicho plano.

La importancia de este plano radica en el hecho de que nos determina la dirección en que actúan los esfuerzos de corte o fuerzas de fricción, según sea la relación que existe entre el asentamiento del terreno original en las prismas exteriores y el de la parte superior del conducto.

En efecto, si el asentamiento del plano Crítico (ver inciso 2.3.5) es mayor que el de la parte superior del conducto, los esfuerzos actuarán hacia abajo, en caso contrario, lo harán hacia arriba.

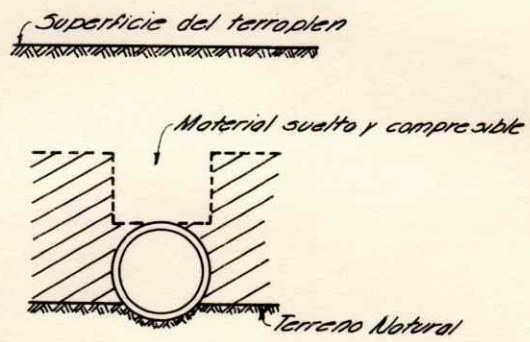


FIG. 2.3 MÉTODO DE LA ZANJA IMPERFECTA

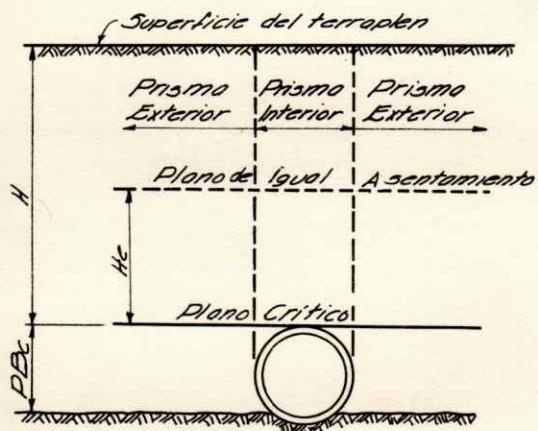


FIG. 2.4 CONDUCTO EN PROYECCIÓN

Al actuar hacia abajo, la carga vertical sobre el conducto será mayor que el peso del relleno colocado encima de él; si actúa hacia arriba, será menor.

Existe un caso neutral y es cuando los dos asentamientos son iguales, en este caso la carga sobre el conducto es igual al peso del Prisma de relleno que se encuentra encima de él.

Los conductores en proyección, dependiendo de sobre que estén asentados, se pueden dividir en dos grandes clases:

- 1) Conductos Cimentados en Terrenos Duros.
- 2) Conductos Cimentados en Terrenos que Ceden.

2.3.4 Altura de Igual Asentamiento:

Es la Distancia entre la parte superior del conducto y el plano de igual asentamiento, (He).

2.3.5 Plano Crítico:

Es el plano que pasando por la parte superior del conducto limita el relleno hasta esa altura al principio de la construcción del terraplén y antes de que se hayan comenzado a producir los asentamientos.

2.3.6 Relación de Asentamiento: (ver fig. 2.5)

Es una relación matemática semi-empírica y abstracta, que nos indica la dirección de los esfuerzos de corte, así si ésta es positiva los esfuerzos de corte son aditivos o sea que el plano crítico se asienta más que la parte superior del conducto o viceversa. Para su determinación se toman en cuenta los siguientes factores:

- 1) Asentamiento del conducto en su cimentación.
- 2) Deformación del conducto.
- 3) Asentamiento del terreno original adyacente al conducto.

- 4) Asentamiento del "Plano Crítico".
- 5) Compresión de las columnas del relleno adyacente al conducto y situadas entre el Plano Crítico y el terreno original.

2.3.7 Relación de Proyección:

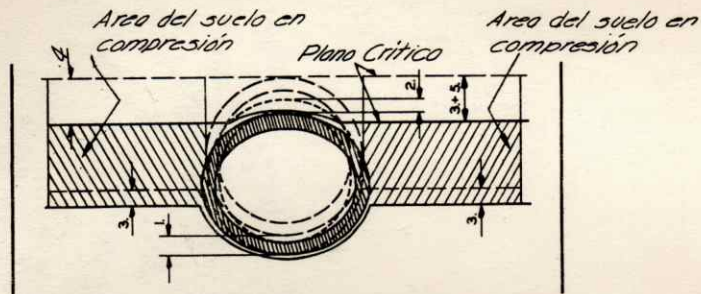
Es el resultado de dividir la distancia que hay del terreno original a la parte superior del conducto entre el diámetro exterior del mismo.

Si está colocado en zanja, se divide entre el ancho de la misma al tope del conducto.

Los conocimientos que se tienen actualmente sobre los factores y cargas que actúan en conductos subterráneos, se debe en su mayor parte a los experimentos e investigaciones llevadas a cabo por el profesor MARSTON junto con SPANGLER y otros en el IOWA STATE COLLEGE, durante más de 40 años; y es precisamente la fórmula deducida por MARSTON, la que se emplea para determinar la carga vertical que actúa sobre las alcantarillas, ésta fórmula es la siguiente:

$$P = C_c W B_c^2$$

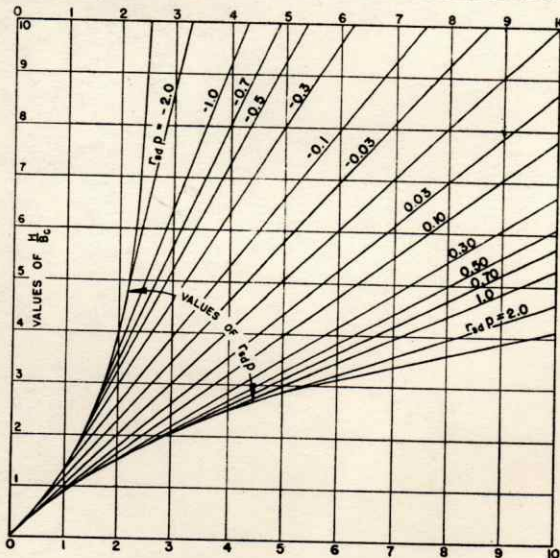
- P = Carga Vertical.
- C_c = Coeficiente de carga; para conductos en proyección éste varían con la relación de proyección y la relación de asentamiento (ver fig. 2.6).
- W = Peso unitario del material de relleno, varía en promedio, entre 75 y 120 Lbs/pie³.
- B_c = Diámetro exterior del conducto, si está colocado en zanja B_c = ancho de la zanja al tope de conducto.



1. Asentamiento del conducto dentro del cerramiento
 2. Deformación del conducto.
 3. Asentamiento del terreno natural adyacente al conducto
 4. Asentamiento del Plano Crítico
 5. Compresión de la columna de tierra adyacente al conducto
- Antes de que el material de relleno sea colocado encima del Plano Crítico.
- Posición del conducto antes de deformarse
- Posición final después del asentamiento

$$\text{Relación de Asentamiento} = \frac{(5+3)-(1+2)}{5}$$

FIG. 2.5 RELACIÓN DE ASENTAMIENTO



Valores del coeficiente C_c

FIG. 2.6 GRÁFICO PARA EL CÁLCULO DE C_c

2.3.8 Presiones Laterales:

Estas pueden ser de dos tipos:

- 1) Presiones Laterales Pasivas.
- 2) Presiones Laterales Activas.

2.3.8.1 Presiones Laterales Pasivas:

Son debidas al movimiento de la alcantarilla contra el material de relleno adyacente; por lo tanto, su magnitud depende del movimiento del mismo y las características del suelo. Generalmente, ésta no se toma en cuenta en el diseño, por depender de valores difíciles de determinar.

2.3.8.2 Presiones Laterales Activas:

Tienen su origen en la tendencia del terraplén a ocupar su posición natural de reposo. Su valor se puede obtener usando la teoría de Rankine.

Esta establece que la presión lateral activa es igual a un Coeficiente (K) multiplicado por las presiones verticales. El valor del Coeficiente K se obtiene usando la fórmula siguiente:

$$K = \frac{\sqrt{M^2 - 1} - M}{\sqrt{M^2 - 1} + M}$$

en la que, M Coeficiente de fricción interna del material, generalmente se expresa como la tangente del ángulo de reposo, esto es:

M	=	TG ϕ
ϕ	=	Angulo de reposo del material.
M	=	El valor de M se puede determinar para cada caso particular en el laboratorio; lo usual es calcularlo con base en un ángulo de reposo de valor igual a 30° , que es el promedio que se ha obtenido de las

pruebas efectuadas en distintas clases de suelos. Cuando se toma este valor se tiene que, $K=0.333$, por lo tanto, la presión lateral activa será igual a un tercio de la presión vertical.

2.3.9 Factor de Carga a Razón de Esfuerzos:

Es la relación de los esfuerzos de soporte en el campo contra los dados por la prueba Three-edge descrita en AASHTO T 33 (American association of State Highway and Transportation Official, tomo II, Testing Materials) y ASTM C 76 (American Society for Testing and Materials) en la parte de Concrete Pipe.

En el caso de Conducto en Proyección; el relleno ejerce una presión activa lateral contra los lados del conducto que se encuentra arriba del terreno natural. En éstos conductos el esfuerzo soporte está en función de la distribución de cargas verticales, de la reacción vertical sobre la tubería y de la presión lateral activa que se produce en los lados de la misma.

En éste tipo de alcantarillas se incluyen más condiciones que las que se toman en cuenta para conductos en zanja. Para el cálculo del factor de carga se usa la fórmula siguiente:

$$L_f = \frac{1.431}{N - Xq}$$

donde:

L_f	=	Factor de Carga.
N	=	Factor en función de la distribución de la carga vertical y la reacción vertical.
X	=	Factor en función de el área de la proyección vertical del tubo en el que actúa la presión lateral.
q	=	Relación de la presión lateral ala carga vertical total.

2.4 REFUERZOS:

Para las tuberías de concreto, es conveniente mencionar que hay dos tipos de refuerzos:

- 1) Refuerzo Circular.
- 2) Refuerzo Elíptico.

2.4 Refuerzo Elíptico y Refuerzo Circular:

(Para su mejor comprensión, ver Fig. 2.7)

Por estudios que se han hecho, se ha llegado a establecer que el refuerzo Elíptico es preferible al circular, ya que se logra una economía de un 50o/o en tuberías grandes (de 24 pulgadas de diámetro ó más) pues sólo se pone una cama en forma Elíptica, mientras que en la forma Circular, se necesitan dos.

Las desventajas que causa el refuerzo Elíptico son su armadura y el cuidado que hay que tener en su colocación en la obra, ya que la carga del relleno debe ser soportada en el sentido del eje menor del refuerzo Elíptico.

2.4.2 Tuberías Reforzadas y Extra-Reforzadas:

Existen dentro de las tuberías de concreto las reforzadas en forma corriente y las extra-reforzadas.

La Dirección General de Caminos cuenta con especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes, en las cuales se pueden encontrar, en el capítulo referente a Drenajes, las tablas que indican la cantidad de refuerzo que deben llevar según su diámetro, (en la desición de 1956 aparecen estas tablas, en la de 1975 ya no están).

Las tuberías extra-reforzadas son necesarias cuando los rellenos son de tal magnitud, que las reforzadas en forma corriente son incapaces de soportarlos.

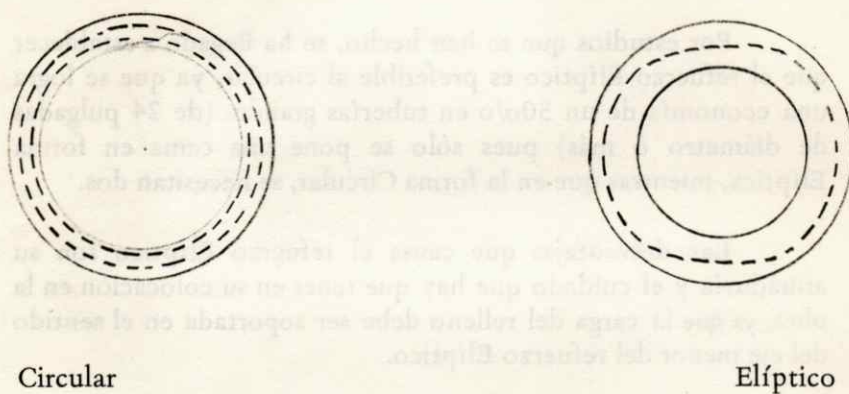


Fig. 2.1 Clases de Refuerzos para las Tuberías de Concreto

CAPITULO III

ARCOS DE MAMPOSTERIA

3.1 CONCEPTOS GENERALES:

En éste inciso trataremos los conceptos principales que usaremos en éste capítulo.

3.1.1 Definición y Clasificación del Arco:

Arco:

Es la estructura que cargada verticalmente, produce presiones oblicuas en los apoyos (ver Fig. 3.1a).

En un elemento constructivo así definido, la forma no es un distintivo primordial; la Fig. 3.1b. nos muestra un ejemplo en que se comporta como una viga libremente sustentada.

3.1.1.1 Clasificación:

Esta se puede hacer según dos notas características:

Sustentación y Forma, a las cuales podemos agregar las secundarias que son Función y Material.

Por el modo de sustentación pueden ser Arcos Empotrados, de Una Articulación, de Dos Articulaciones, de Tres Articulaciones, Empotrados Elásticamente (éste no reposa directamente sobre el terreno indeformable, sino que lo hace a través de otro elemento estructural deformable elásticamente) y Atirantados (ver Fig. 3.2).

Atendiendo a su forma, si consideramos únicamente lo geométrico, tenemos arcos de Directriz Circular, Parabólica,

Catenoide, etc. Tomando en cuenta su función, pueden clasificarse en Arcos de Puentes, de Presas, de Cubiertas, etc. y, mirando el material, en Arcos de Mampostería, de Concreto Reforzada, etc.

3.1.1.2 Nomenclatura: (ver Fig. 3.3)

En todo arco, cabe distinguir una serie de datos característicos que podemos agrupar en la forma siguiente:

Elementos del Arco, Dimensiones, Líneas y Superficies.

A) Elementos del Arco:

Estribos:

Son macizos entre los que se tiende el arco.

Arranque:

Son los puntos de nacimiento del arco.

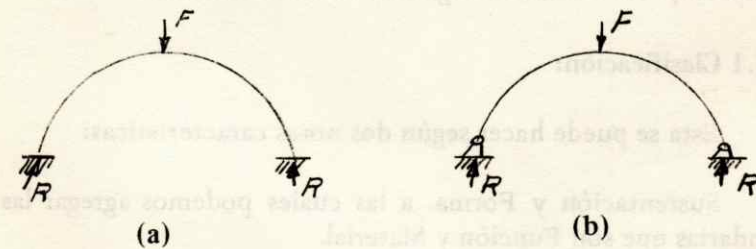


Fig. 3.1

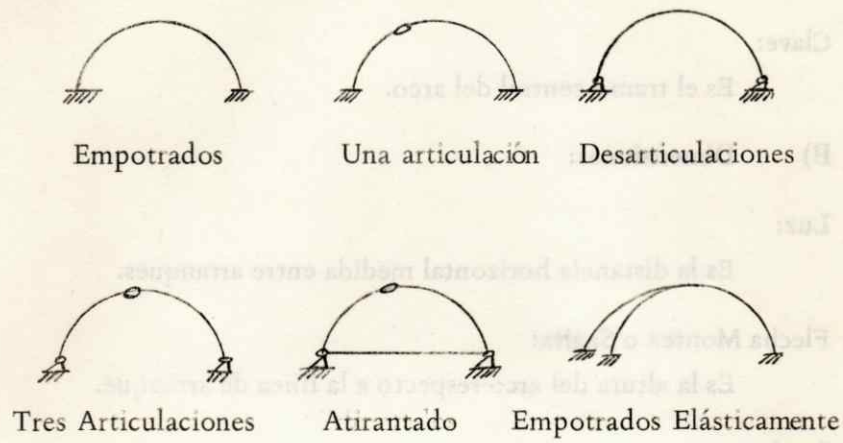


Fig. 3.2

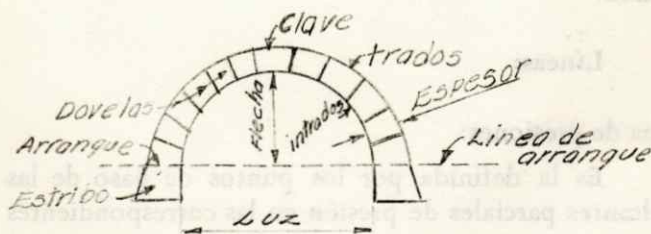


Fig. 3.3

Dovelas:

Son las partes en que se divide un arco.

Clave:

Es el tramo central del arco.

B) Dimensiones:

Luz:

Es la distancia horizontal medida entre arranques.

Flecha Montea o Sagita:

Es la altura del arco respecto a la línea de arranque.

Peralte:

Es el exceso de dimensión de la flecha sobre la semiluz, en este caso es de 1 por ser el arco circular.

Espesor:

Es la distancia comprendida entre el intradós y el tradós del arco.

C) Líneas:

Línea de presiones:

Es la definida por los puntos de paso de las sucesivas resultantes parciales de presión en las correspondientes secciones de arco.

Línea de Arranque:

Es la que une los puntos de arranque del arco.

D) Superficies:

Frente o Plan del Arco:

Es el definido por su parte frontal.



Intradós:

Es la superficie definida por la parte inferior del arco.

Tradós

Es la superficie definida por el paramento superior del arco.

3.1.2 Definición y Clasificación de la Mampostería:

Definición:

Elementos estructurales que se construyen con piedra, juntada con mortero de cemento o de cal o sin juntar.

Clasificación:

Existen muchas clasificaciones de mampostería pero se usará la siguiente:

- A) Mampostería de Primera Clase.
- B) Mampostería de Segunda Clase.
- C) Mampostería de Tercera Clase.
- D) Mampostería Seca.

Mampostería de Primera Clase:

Es la que se construye con piedra labrada de dimensiones con poca tolerancia y juntada con mortero de cemento (relación 1:3).

Mampostería de Segunda Clase:

Es la que se construye con piedra toscamente labrada, rostreada y juntada con mortero de cemento (relación 1:4).

Mampostería de Tercera Clase:

Es la que se construye con piedra sin labrar, juntada con mortero de cemento (relación 1:3), o de cal hidratada en pasta (relación 1:2).

Mampostería Seca:

Es la que se construye con piedra sin labrar, debidamente acomodada para dejar el menor número de vacíos, sin emplear mortero.

3.1.3 Arcos Tipo::

Los Arcos Tipo que se estudiarán, consisten esencialmente en un arco de mampostería de tercera clase, cuya clave es de concreto simple ($f'_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$).

El espacio comprendido entre la línea interior del arco (intradós) y el piso del arco es igual al área de descarga (y esta área será igual a las áreas de las tuberías de 24, 30, 36, 42, 48, 54 y 60 plg.)

El arco descansa sobre un cimiento corrido también de mampostería de tercera clase.

3.1.3 Cálculo del Radio del Intradós de los Arcos:

Para calcular estos radios nos basaremos en experiencias que se han tenido en otros países, los cuales han elaborado gráficas como la presentada en la figura 3.4 que da área de descarga en metros cuadrados (m^2), en las ordenadas, contra diámetro del arco en metros, en las abscisas.

Para usar este gráfico, se fijan las áreas de descarga de las tuberías de concreto en las ordenadas y obtenemos los diámetros de los arcos en las abscisas; dividiendo estos diámetros entre dos, obtenemos el radio del intradós de los Arcos. Por ejemplo, para determinar cual será el radio del intradós para un arco equivalente a una tubería de 24 plg, se fija el área de descarga del tubo (0.2843 m^2) en el eje de las abscisas, se prolonga una línea horizontal hasta interceptar la curva y, de allí se baja una vertical hasta el eje de las ordenadas, en donde leemos el valor del diámetro que en este caso es igual a 1.16 m.

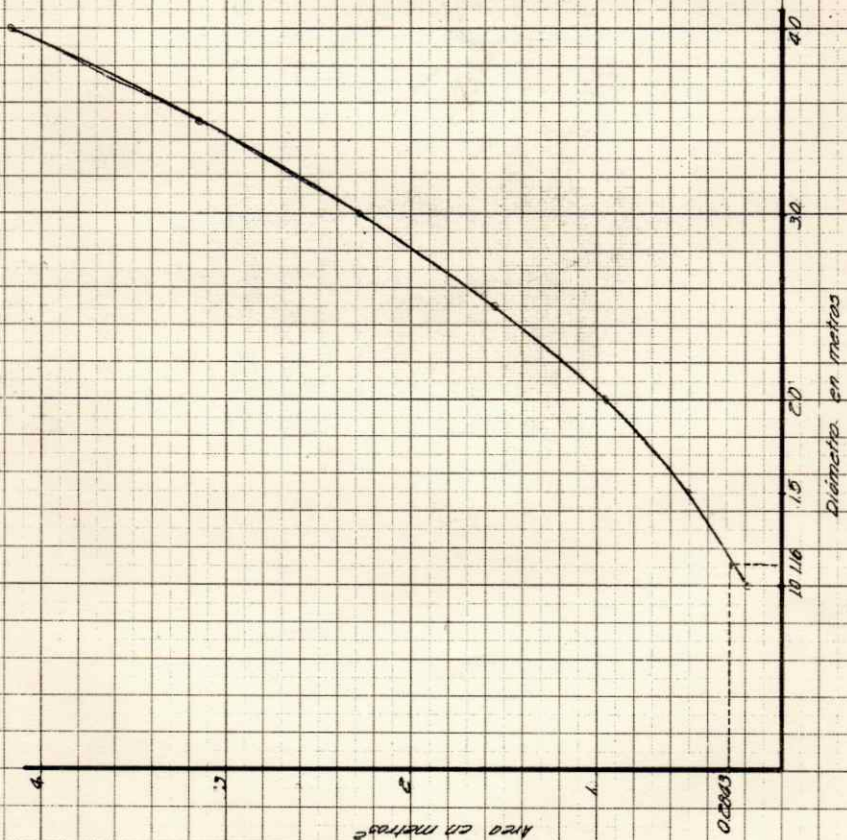


FIG. 3.4. GRÁFICO PARA CALCULAR EL RÁDIO DEL NÚCLEO

TUBERIAS		ARCOS	
Diámetro (pulg)	Area de Descarga (m ²)	Diámetro (m)	Radio (m)
24	.2843	1.16	.58
30	.4443	1.42	.71
36	.6398	1.66	.83
42	.8708	1.92	.96
48	1.1374	2.16	1.08
54	1.4396	2.42	1.21
60	1.7772	2.66	1.33

3.2 DISEÑO ESTRUCTURAL:

Para el diseño de los arcos se tomarán en cuenta las cargas y los factores que a continuación se describen:

3.2.1 Cargas:

Como en tuberías de concreto, se considerarán las cargas vivas y las cargas muertas. Se usarán las normas dadas en la Standard Specification for Highway Bridges (AASHO) undécima edición 1973.

3.2.1.1 Cargas Vivas:

Para el diseño de estos arcos se usará un HS20-44 que tiene una carga por eje de 32,000 Lbs. (14,545 Kg.).

3.2.1.2 Cargas Muertas:

Se considerará el peso propio del arco (2700 Kg/m^3), más el peso de relleno (2000 Kg/m^3).

3.2.2 Factores que Intervienen en la Distribución de las Cargas:

La distribución de las cargas se hará según la especificación 1.3.3 de la AASHO que dice: "Cuando la altura de

relleno sobre una estructura es 2 pies o más las cargas concentradas pueden considerarse uniformemente distribuidas sobre un cuadrado, cuyo ancho será igual a $1 \frac{3}{4}$ de la altura del relleno.

El efecto de la carga viva no se tomará en cuenta cuando la altura de relleno sea mayor de 8 pies y exceda al diámetro del arco”.

3.2.3 Equipo:

El equipo que se empleará en el presente trabajo será una computadora digital Hewlett Packard 2114B (8k) de programa almacenado y fines múltiples, siendo sus dispositivos de entrada, Lector rápido de Cinta Perforadora, Lector de Tarjetas de Marcas ópticas y Teletipo; y de Salida, Perforadora de cinta de papel y Teletipo.

La Computadora H.P. 2114B (8k) utiliza núcleos magnéticos y es capaz de guardar 8192 palabras, utilizando 16 bits por palabra; se entiende por bit, a un dígito binario simple que puede tener dos valores, 1 ó 0, y se entiende por palabra al conjunto de dígitos binarios simples (bits) que puede manejar la computadora.

Los lenguajes que se pueden emplear en esta computadora son:

HP FORTRAN
HP BASIC
HP ALGOL
HP ASSEMBLER

Para los programas del presente trabajo, se utilizarán los lenguajes HP BASIC y HP FORTRAN.

3.2.3.1 HP BASIC:

Es un lenguaje compilador interpretativo que acepta un lenguaje simple de matemática similar al Fortran y Algol, la sintaxis es verificada en cada instrucción al cargarla al computador y los mensajes de error son devueltos inmediatamente. La compilación tiene lugar en la memoria de la máquina (el lenguaje Basic no produce una cinta objeto como salida) cuando ha terminado ésta, el programa es ejecutado inmediatamente. Debido a su naturaleza interactiva y simplicidad, el lenguaje Basic es ampliamente usado por los ingenieros.

3.2.3.2 HP FORTRAN:

Este compilador es una versión del ASA (American Standard Association) BASIC FORTRAN, los programas fuente son escritos de acuerdo con las especificaciones del ASA BASIC FORTRAN pudiendo ser compilados y ejecutados por la computadora HP 2114B. Las instrucciones del FORTRAN pueden ser fórmulas algebraicas, (de ahí su nombre), cada instrucción FORTRAN genera un gran número de instrucciones de máquina.

La compilación del FORTRAN requiere, en la computadora HP 2114B (8k) dos pasos, siendo el resultado una cinta relocizable en lenguaje de máquina que puede ser cargado y ejecutado bajo el control del SISTEMA BASICO DE CONTROL (BCS)

Al obtener una cinta absoluta se puede cargar directamente y ejecutar el programa sin necesidad de repetir todo el proceso.

3.2.4 Programa para Calcular la Geometría y las Cargas de los Arcos de Mampostería:

Este programa nos calcula las coordenadas de cada extremo de dovela, su momento de inercia y su área; además nos proporciona la magnitud, dirección y lugar donde actúan las cargas que tendrá que soportar el arco. Los resultados los da en cinta perforada. Los datos que hay que proporcionarle son R1, R2, R, Y1 y Y2, Para una mejor comprensión ver Fig. 3.5.

El valor R1 (radio intradós) es el que se obtuvo en sección 3.1.3.1. Para obtener un primer tanteo de la geometría del arco, se estimará el espesor del arco en la corona por medio de la expresión empírica, desarrollada por F. Weld, con resultados muy conservadores. Esta expresión es:

$$dc = \sqrt{R1} + \frac{R1}{10} + \frac{Wl}{200} + \frac{Wc}{400}$$

En la que:

dc	=	Espesor de la Corona, en pulgadas.
R1	=	Radio Intradós en pulgadas
WL	=	Carga Viva, en libras por pie cuadrado.
Wc	=	Carga Muerta en la Corona, en libras por pie cuadrado.

El espesor del arco en los arranques es usualmente alrededor de dos veces o más el de la Corona, con una variación de 1.5 a 3.

Con lo expresado anteriormente podemos calcular R2, R, Y1 y Y2. Así:

Considerando la base igual el doble del espesor de la Corona:

$$\begin{aligned} 1) R2 &= R1 + dc + Y \\ 2) R2 &= \sqrt{(R1 + 2dc)^2 + Y^2} \end{aligned}$$

```

0001      PROGRAMA BOVIA
0002 C      PROGRAMA PARA CALCULAR LA GEOMETRIA Y LAS CARGAS DE LAS
0003 C      BOVEDAS DE MAPOSTERIA DE INTRADOS CIRCULAR PARA EL PRO-
0004 C      GRAIA ARCOS. USAR SSW 0 EN 01 SI SE DESEA PROPORCIONAR
0005 C      DE UNO EN UNO HASTA 6 ALTURAS DE RELLENO, SI NO EL PRO-
0006 C      GRAMA USA H=6, 2, 4, 6, 3, Y 12 1.
0007 C      R.M.O. 2-SEPT.-1974
0008      DIMENSION X(20),P(20),XEX(21),YEX(21)
0009      COMMON VI(41),X(41),Y(41),A(41)
0010      WRITE(1,900)
0011 900    FORMAT("ESCRIBIR: R, R1, Y1, R2, Y2")
0012      READ(1,*)R,R1,Y1,R2,Y2
0013      X0=SQRT(R**2-Y1**2)
0014      T=ATAN(X0/Y1)
0015      S=T*R/10.
0016 C      PRINCIPIA CALCULO DE GEOMETRIA.
0017      DO 10 J=1,10
0018      AN=N
0019      X(N)=X0-COS(1.57079-(11.-AN)*T/10.)*R
0020      Y(N)=SIN(1.57079-(11.-AN)*T/10.)*R-Y1
0021      Y=22-Y
0022      X(1)=2.*X0-X(N)
0023      Y(1)=Y(N)
0024      AM=TAN(1.57079-(11.-AN)*T/10.)
0025      XE=(SQRT(4.*(A1*Y2)**2-4.*(1.+AM**2)*(Y2**2-R2**2))-2.*A1*Y2
0026 C/(2.+2.*AM**2)
0027      YE=A1*XE
0028      XI=(SQRT(4.*(AM*Y1)**2-4.*(1.+AM**2)*(Y1**2-R1**2))+2.*AM*Y1
0029 C/(2.+2.*AM**2)
0030      Y1=A1*XI
0031      D=SQRT((YE-Y1)**2+(XE-XI)**2)
0032      A(N)=D
0033      A(N)=D
0034      VI(N)=D**3/12.
0035 10      VI(M)=VI(N)
0036      X(11)=X0
0037      Y(11)=R-Y1
0038      A(11)=R2-R1-Y1-Y2
0039      VI(11)=A(11)**3/12.
0040      X(22)=1.59
0041      IF(ISSN(10))91,92
0042 91      WRITE(1,930)
0043 930    FORMAT("/"EN CINTA, DATOS DE GEOMETRIA: X, Y, I, A, V"/)
0044      CALL LEADR(4,3)
0045      WRITE(4,950)R1
0046 950    FORMAT("ARCO DE MAPOSTERIA R1=",F6.2," 1.")
0047      DO 95 I=1,21
0048 95      WRITE(4,920)X(I),Y(I),VI(I),A(I),I
0049      WRITE(4,940)
0050 940    FORMAT("1.59")
0051      CALL LEADR(4,3)
0052 920    FORMAT(2F3.3,2E12.4,I4)
0053 C      CALCULO DE PESO PROPIO:
0054 92      WRITE(1,200)
0055      DO 20 J=1,10
0056      P(N)=2.7*(A(J)+A(J+1))*S/2.
0057      V1=21-N
0058      XF(J)=(X(N)+X(N+1))/2.
0059      XF(J1)=2.*X0-XF(N)

```

```

0060      P(11)=P(N)
0061  20  WRITE(1,100) J,XF(1),P(1),XF(11),V1
0062  100  FORMAT(13,3F9.3,14)
0063  200  FORMAT(//PESO PROPIO"/" J"5X"XF"6X"PESO"6X"XF"5X"J"/
0064      C3X"4."6X"TO1."6X"4."/)
0065  C    CALCULO DE PESO DE BALLENO LAS CARGA VIVA
0066  C    CALCULO DEL EXTRADOS A CADA VIGESIMO DE SU PROYEC. HORIZ.:
0067      DO 30 I=1,21
0068      XE(I)=FLOAT(I-1)*X0/10.
0069  30  YE(I)=SQRT(R2**2-(XE(I)-X0)**2)-Y1-Y2
0070      I=-1.4
0071      WRITE(1,300)
0072  300  FORMAT(//DATOS EJ CINTA:"/)
0073      DO 40 L=1,6
0074      IF(L-2)35,36,35
0075      36  I=-1.6
0076      35  I=1+2.
0077      IF(ISSV(0))31,32
0078      31  WRITE(1,300)
0079      300  FORMAT("DESCRIBIR A EJ METROS")
0080      READ(1,*)I
0081      32  WRITE(1,500)I
0082      J1=7
0083      DO 50 N=1,3
0084      IF(N-2)*X0)41,42
0085      42  J1=0
0086      GO TO 43
0087      41  J1=J1+4*(I-1)+1
0088      43  N2=(J1+2)/3
0089      WRITE(1,400)J2
0090      400  FORMAT(" CARGA MUERTA +",I3,"/3 DE L COV C.V.")
0091      500  FORMAT(" PARA I=",F4.1," M")
0092      M=1
0093      X2=0.
0094      CALL LEADR(4,3)
0095      WRITE(4,910)R1,I,J2
0096      910  FORMAT("ARCO MAMPOSTERIA, R=",F4.1," I=",F3.1,
0097      C" C.V.: ",I2,"/3 L"/"144000 0 0 0")
0098      DO 60 K=1,21
0099      57  IF(K-21)65,66
0100      65  IF(K-21)52,63
0101      52  IF(XF(K)-(XE(K)+XE(K+1))/2.)61,62,63
0102      62  X2=XF(K)
0103      P2=P(K)+(R2-Y1-Y2-(YE(K)+YE(K+1))/2.+I)*2.*X0/10.
0104      I=I+1
0105      GO TO 53
0106      63  P2=(R2-Y1-Y2-(YE(K)+YE(K+1))/2.+I)*2.*X0/10.
0107      X2=(XE(K+1)+XE(K))/2.
0108      I=I+1
0109      53  IF(I-2.*X0)56,54
0110      56  IF(J1-1)54,55
0111      55  P2=P2+(XE(K)-XE(K+1))*14.5454/I**2
0112      54  WRITE(4,600)X2,P2
0113      600  FORMAT(2F3.3)
0114      GO TO 57
0115      65  IF(K-21)61,63
0116      61  IF(X2-XF(K))53,63
0117      53  X2=XF(K)
0118      P2=P(K)
0119      WRITE(4,600)X2,P2

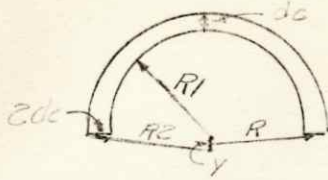
```

```

0120      60  CONTINUE
0121      WRITE(4,700)
0122      700  FORMAT("1.E9"/"1.E9")
0123      CALL LEADR(4,3)
0124      IF(J2)43,43,50
0125      50  CONTINUE
0126      43  CONTINUE
0127      WRITE(1,710)
0128      710  FORMAT(//ROTULAR CINTAS Y CARGAR ARCS CON BBL."/)
0129      END
0130      ENDS

```

**END-OF-TAPE



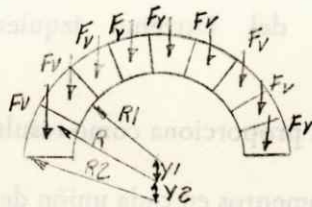
Tenemos 2 incógnitas R_2 y Y , haciendo simultáneas las ecuaciones 1 y 2 tendremos:

$$R_2 = \frac{2R_1^2 + 5dc^2 + 6R_1dc}{2(R_1 + dc)}$$

$$Y = R_2 - R_1 - dc$$

Lo mismo haremos para calcular R , sólo que usando $0.5dc$ en lugar de dc . Esto nos da

$$R = \frac{2R_1^2 + 5(0.5dc)^2 + 6R_1(0.5dc)}{2(R_1 + 0.5dc)}$$



F_v = Carga vertical (dada por carga muerta + carga viva)

F_H = Se anula por ser simétrico el arco

Fig. 3.5 Geometría y Cargas en los Arcos.

Luego

$Y = Y1$ cuando se calcule R

$Y1 = R - R1 - .5dc$

$Y2 = Y - Y1$

Además a este programa se le pueden proporcionar de uno en uno, hasta 6 alturas de relleno si el SSW ϕ c está encendido (ON); si no el programa calcula con alturas de 0.6, 2, 4, 6, 8 y 10 metros de relleno.

3.2.5 Programa para el Análisis de los Arcos:

Este programa resuelve arcos empotrados, por medio del método de Area Momento. Los datos que hay que proporcionarle son:

- a) Geometría del Arco (coordenadas X. Y de las dovelas)
- b) Areas de las Diferentes Secciones y sus Momentos de Inercia.
- c) Cargas que están actuando (verticales y horizontales)
- d) Deflexiones del Extremo izquierdo y Módulo de Elasticidad.

El programa proporciona como resultados:

- a) Cargas y Momentos en cada unión de dovelas.
- b) La Deformación por Carga Axial.
- c) Coordenadas de la Línea de Presiones.

El arco deberá ser diseñado de tal manera que, la línea de presiones, pase en el tercio medio de todas las secciones y, la tensión y compresión en cada sección, no excedan a las permisibles en la mampostería de 3a. clase.

```

0001      PROGRAM ARCOS
0002 C      PROGRAMA PARA ANALIZAR ARCOS. ANALIZA NUMERO PAR DE DOVELAS
0003 C      HASTA MAXIMO 40. DAR DATOS DE COORDENADAS DE CADA UNION DE
0004 C      DOVELAS, CARGAS Y SU COORDENADA DE APLICACION, DEFLEXIONES
0005 C      DEL EXTREMO IZQUIERDO. PROPORCIONA COMO RESULTADOS: CARGAS
0006 C      Y MOMENTO EN CADA UNION DE DOVELA, LA DEFORMACION POR CARGA
0007 C      AXIAL, Y LAS COORDENADAS DE LA LINEA DE PRESIONES.
0008 C      DGC/RMO JULIO DE 1974.
0009      DIMENSION XF(30),YF(40),FV(30),FH(40),XX(41),YY(41),
0010      CXY(41),CM(41),CMX(41),CMY(41)
0011      COMMON VI(41),X(41),Y(41),A(41)
0012      DET(A1,B1,C1,A2,B2,C2,A3,B3,C3)=A1*B2*C3+A2*B3*C1+A3*B1*C2
0013      C-A3*B2*C1-A1*B3*C2-A2*B1*C3
0014      WRITE(1,343)
0015      IF(ISSW(15))11,35
0016 35 DO 36 I=1,41
0017      IF(X(I)-1.E9)12
0018 36 CONTINUE
0019      GO TO 12
0020 -11 READ(5,850)
0021      WRITE(1,850)
0022      DO 12 I=1,41
0023      READ(5,*)X(I),Y(I),VI(I),A(I)
0024      IF(X(I)-1.E9)10,12,12
0025 -10 CONTINUE
0026 12 N=I-1
0027      S=0.
0028      DO 20 I=1,N
0029      XX(I)=X(I)**2
0030      YY(I)=Y(I)**2
0031      XY(I)=X(I)*Y(I)
0032      IF (I-N)14,20
0033 14 S=SQRT((X(I+1)-X(I))**2+(Y(I+1)-Y(I))**2)+S
0034 -20 CONTINUE
0035      S=S/FLOAT(N-1)
0036 100 READ(5,350)
0037      WRITE(1,350)
0038      READ(5,*)E,DX,DY,DT
0039      DO 30 I=1,30
0040      READ(5,*)XF(I),FV(I)
0041      IF(XF(I)-1.E9)30,15
0042 30 CONTINUE
0043 15 DO 40 I=1,40
0044      READ(5,*)YF(I),FH(I)
0045      IF(YF(I)-1.E9)40,16
0046 40 CONTINUE
0047 16 M=1
0048      IF(ISSW(5))71,72
0049 -71 WRITE(1,360)
0050      GO TO 73
0051 72 WRITE(1,310)
0052 73 CM(1)=0.
0053      P=0.
0054      PF=0.
0055      M1=1
0056      DO 50 I=2,N
0057      CM(I)=P*(X(I)+X(I-1))+CM(I-1)+PF*(Y(I)-Y(I-1))
0058      DO 60 L=M,30
0059      IF(XF(L)-X(I))17,73

```

```

100 17 C(K(I)=C(K(I)+F(L))-(C(K(I)-CF(L))
101 18 F=F+F(L)
102 19 L=L
103 20 L=L+1,49
104 21 IF(Y(I)-Y(I-1))51,52
105 22 IF(Y(L)-Y(I))13,53
106 23 IF(Y(L)-1.0)53,54
107 24 IF(Y(I)-Y(L))13,53
108 25 C(K(I)=C(K(I)+F(L))*(Y(I)-Y(L))
109 26 F=F+F(L)
110 27 H=L
111 28 DO 113 I=1,1
112 29 C(K(I)=C(K(I)*C(I)
113 30 C(Y(I)=C(K(I)*Y(I)
114 31 H=SI IPS(S,1,KY)
115 32 V1=-SI IPS(S,1,KK)
116 33 A1=SI IPS(S,1,K)
117 34 C1=SI IPS(S,1,C,KK)+E*DY
118 35 H2=SI IPS(S,1,YY)
119 36 V2=-A1
120 37 A2=SI IPS(S,1,Y)
121 38 C2=SI IPS(S,1,C,Y)-E*DK
122 39 H3=A12
123 40 V3=-A11
124 41 DO 238 I=1,1
125 238 CPM(I)=1.
126 42 A13=SI IPS(S,1,CMK)
127 43 C3=SI IPS(S,1,C,I)-E*DT
128 44 D=DET(H1,V1,A11,H2,V2,A12,H3,V3,A13)
129 45 H=-DET(C1,V1,A11,C2,V2,A12,C3,V3,A13)/D
130 46 V=-DET(H1,C1,A11,H2,C2,A12,H3,C3,A13)/D
131 47 A1=-DET(H1,V1,C1,H2,V2,C2,H3,V3,C3)/D
132 48 H3=3.
133 49 I=1
134 50 H1=1
135 51 A1=A11
136 52 DK=3.
137 53 DY=3.
138 54 H1=4
139 55 V1=V
140 56 DO 113 I=1,1
141 57 IF (I-1)25,24
142 24 P=ATAJ(Y(3)/X(3)-((Y(4)-Y(2))/(X(4)-X(2))-Y(3)/X(3))*X(2)/
143 C(X(3)-X(2)))
144 58 C2=P
145 59 TO 23
146 25 A11=A11+H1*(Y(I)-Y(I-1))-V1*(X(I)-X(I-1))
147 60 IF (I-1)26,27
148 27 P=ATAJ((Y(I)-Y(I-2))/(X(I)-X(N-2))+((Y(N)-Y(N-2))/(X(N)-
149 C(X(I-2))-(Y(I-1)-Y(I-3))/(X(I-1)-X(I-3)))*(X(N)-X(N-1))/
150 C(X(I-1)-X(I-2)))
151 61 F=P
152 62 TO 22
153 63 P=ATAJ((Y(I+1)-Y(I-1))/(X(I+1)-X(I-1)))
154 64 DO 123 L=L+1
155 65 IF(Y(I)-Y(I-1))55,56
156 66 IF(Y(L)-Y(I))19,21
157 67 IF(Y(L)-1.0)57,21
158 68 IF(Y(I)-Y(L))19,21
159 69 H=H1+F(L)

```

```

0120 120 AM=AM+FM(L)*(Y(I)-YF(L))
0121 21 M=L
0122 DO 130 L1=M,33
0123 IF(XF(L1)-X(I))22,23
0124 22 V1=M-FM(L1)
0125 130 AM=AM+FM(L1)*(X(I)-XF(L1))
0126 23 H1=L1
0127 23 H2=V1*SIN(P)+H1*COS(P)
0128 V2=V1*COS(P)-H1*SIN(P)
0129 C1=H1/H2
0130 IF(ISSW(5))74,75
0131 74 WRITE(1,370)I,H2,V2,AM
0132 GO TO 76
0133 75 WRITE(1,380)I,X(I),H1,H2,AM,C1,Y(I),V1,V2
0134 76 IF(1-I)31,32
0135 32 C3=C1
0136 GO TO 110
0137 31 D=(H3+H2)*S/(E*(A(I)+A(I-1)))
0138 H3=H2
0139 P=ATAN((Y(I)-Y(I-1))/(X(I)-X(I-1)))
0140 DX=D*COS(P)+DX
0141 DY=D*SIN(P)+DY
0142 IF(1-(N+1)/2)110,33,110
0143 33 DX2=DX
0144 DY2=DY
0145 110 CONTINUE
0146 WRITE(1,820)DX,DX2,DY,DY2
0147 IF(ISSW(0))77,78
0148 78 WRITE(1,880)
0149 TX=C3*SIN(C2)+X(I)
0150 TY=Y(I)-C3*COS(C2)
0151 I=1
0152 L=1
0153 V1=V
0154 H1=H
0155 34 WRITE(1,330)TX,TY
0156 IF(H1)61,62,61
0157 62 P=SIGN(1,E33,V1)
0158 GO TO 69
0159 61 P=V1/H1
0160 69 IF(XF(I)-1.E9)63,64
0161 63 IF(YF(L)-1.E9)65,41
0162 65 IF((YF(L)-TY)/P)41,43,66
0163 66 IF(XF(I)-TX-(YF(L)-TY)/P)41,42,43
0164 41 TY=TY+(XF(I)-TX)*P
0165 TX=XF(I)
0166 V1=V1-FM(I)
0167 I=I+1
0168 GO TO 34
0169 64 IF(YF(L)-1.E9)43,45
0170 43 TX=(YF(L)-TY)/P+TX
0171 TY=YF(L)
0172 H1=H1+FM(L)
0173 L=L+1
0174 GO TO 34
0175 42 TX=XF(I)
0176 TY=YF(L)
0177 V1=V1-FM(I)
0178 H1=H1+FM(L)
0179 I=I+1

```


3.2.6 Programa para el Cálculo de Cimientos de los Arcos de Mampostería:

Este programa tiene por objeto dar la Geometría de los cimientos de los arcos de mampostería. A partir de las reacciones y momentos en los apoyos del arco, se diseñará un cimiento que sea de mampostería de 3a. clase. La resultante de éstos cimientos tendrá que pasar dentro del tercio medio de él, los esfuerzos no deberán exceder a los permisibles para mampostería de 3a. clase.

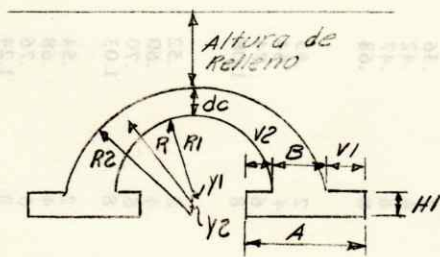
Estos son:

A compresión	10 kg/cm ²
A tensión	1 kg/cm ²
A cortante	1.5 kg/cm ²
Valor soporte	3 kg/cm ²
Volteo mayor o igual a 2	

Deslizamiento mayor o igual a 2 con $M=0.6$
(M =coeficiente de fricción).

3.2.7 Dimensiones de los Arcos para Alturas de Relleno de 2.00m a 8.00m.

Los resultados obtenidos de los programas se presentan en forma tabulada, conteniendo los datos necesarios para la determinación de la forma geométrica de la sección transversal del arco.



Estas tablas estan hechas para una capacidad soporte de 3 Kgs/cm²

Tubo Pulg.	Altura de relleno (m.)	H1	V1	V2	B	A	dc	R1	R2	Y1	Y2	R
24"	2	.36	.65	0	1.15	.5	.25	.58	1.12	.145	.145	.85
	4	.42	.70	0	1.20	.5	.25	.58	1.12	.145	.145	.85
	6	.47	.95	0	1.45	.5	.25	.58	1.12	.145	.145	.85
	8	.68	1.00	0	1.50	.5	.25	.58	1.12	.145	.145	.85
30"	2	.45	.93	0	1.43	.5	.25	.71	1.24	.226	.226	.98
	4	.64	1.20	0	1.70	.5	.25	.71	1.24	.226	.226	.98
	6	.74	1.30	0	1.80	.5	.25	.71	1.24	.226	.226	.98
	8	1.08	1.85	0	2.35	.5	.25	.71	1.24	.226	.226	.98
36"	2	.52	0.90	0	1.65	.75	.25	.83	1.70	.283	.337	1.238
	4	.60	1.05	0	1.80	.75	.25	.83	1.70	.283	.337	1.238
	6	.70	1.10	0	1.85	.75	.25	.83	1.70	.283	.337	1.238
	8	1.03	1.6	0	2.35	.75	.25	.83	1.70	.283	.337	1.238
42"	2	.54	.9	0	1.65	.75	.25	.96	1.81	.279	.321	1.364
	4	.68	1.10	0	1.85	.75	.25	.96	1.81	.279	.321	1.364
	6	.76	1.15	0	1.90	.75	.25	.96	1.81	.279	.321	1.364
	8	1.24	1.88	0	2.63	.75	.25	.96	1.81	.279	.321	1.364

Tubo Pulg.	Altura De Relle- no (m.)	H1	V1	V2	B	A	dc	R1	R2	Y1	Y2	R
48"	2	.6	1.9	0	1.80	.90	.30	1.08	2.11	.337	.393	1.567
	4	.90	1.00	0	1.90	.90	.30	1.08	2.11	.337	.393	1.567
	6	.90	1.30	0	2.20	.90	.30	1.08	2.11	.337	.393	1.567
	8	1.50	2.30	0	3.20	.90	.30	1.08	2.11	.337	.393	1.567
54"	2	.57	.85	0	1.75	.90	.30	1.21	2.23	.315	.405	1.675
	4	.76	1.2	0	2.10	.90	.30	1.21	2.23	.315	.405	1.675
	6	1.02	1.45	0	2.35	.90	.30	1.21	2.23	.315	.405	1.675
	8	1.80	2.70	0	3.60	.90	.30	1.21	2.23	.315	.405	1.675
60"	2	.67	1.05	0	2.25	.20	.30	1.33	2.78	.518	.632	1.998
	4	.90	1.50	0	2.70	.20	.30	1.33	2.78	.518	.632	1.998
	6	1.08	1.70	0	2.90	.20	.30	1.33	2.78	.518	.632	1.998
	8	2.48	3.85	0	5.05	.20	.30	1.33	2.78	.518	.632	1.998

```

LIST
2 REM PROGRAMA PARA EL CALCULO DE CIMIENTOS CORRIDOS PARA
3 REM ARCOS DE MAMPOSTERIA.
5 PRINT "ESCRIBA REACCION VERTICAL Y HORIZONTAL DEL ARCO EN KGS."
6 INPUT V,H
8 PRINT "ESCRIBA EXENT. ALT.DEL RELLENO Y GEOMETRIA TENTATIVA DEL CI-"
9 PRINT "MIENTO EN METROS"
10 INPUT E,L,H1,V1,V2,B
12 LET L1=L+H1
15 LET P3=229*H1*(2*L1-H1)
20 LET A3=(H1*2+3*H1*(L1-H1))/(3*(2*L1-H1))
30 LET M1=H*H1-P3*A3
35 LET H2=H-P3
40 LET A=V1+V2+B
50 LET P4=B*H1*2200
60 LET P5=V1*H1*2200
70 LET P6=V1*L*1600
80 LET P7=V2*H1*2200
90 LET S1=V+P4+P5+P6+P7
100 LET S2=V*(V1+B/2-E)+P4*(V1+B/2)+P5*V1/2+P6*V1/2+P7*(A-V2/2)
110 LET E1=A/2-(S2-M1)/S1
120 IF ABS(E1) >= A/6 THEN 125
122 GOTO 130
125 IF E1>0 THEN 125
126 LET V1=V1-1.00000E-02
127 GOTO 40
128 LET V1=V1+5.00000E-02
129 GOTO 40
130 LET F1=S1/(100*2*A)*(1+(6*E1)/A)
140 LET F2=S1/(100*2*A)*(1-(6*E1)/A)
150 IF F1>3 THEN 155
152 IF F2>3 THEN 155
153 GOTO 158
155 LET V1=V1+5.00000E-02
156 LET V2=V2+1.00000E-04
157 GOTO 40
158 LET G=101*H1+272*L1
159 LET G1=.67*V+.67*P4-302*H1*B-1072*L1*B
160 LET G2=201*H1*B+2+800*L1*B+2-.67*V*B-.5*P4*B+P3*A3-H*H1
161 LET J=G1/G
162 LET J1=G2/G
163 LET B3=SQR(J*2/4-J1)-J/2
164 LET V4=B3-B
165 LET V5=V1-V4
166 IF (F1-F2) >= 0 THEN 180
170 LET F3=(F2-F1)/A*B3+F1
175 GOTO 190
180 LET F3=(F1-F2)/A*B3+F2
190 LET W=(F3+F1)/2*V5*100+2
200 LET D=W-(P5+P6)*V5/V1
210 LET Z=V5/3*(2*F1+F3)/(F1+F3)
220 LET M=W*Z*100-(P5+P6)*(100*V5+2)/(2*V1)
230 LET D1=1.5*D/(100*2*H1)
240 IF D1>1 THEN 245
242 GOTO 250
245 LET H1=H1+2.00000E-02
246 GOTO 12
250 LET C=P3/(100*2*H1)+6*M/(100*3*H1+2)
260 IF C<-1 THEN 305
270 IF C>10 THEN 305
280 LET T=P3/(100*2*H1)-6*M/(100*3*H1+2)
290 IF T<-1 THEN 245
300 IF T>10 THEN 305
302 GOTO 310
305 LET H1=H1-1.00000E-02
306 GOTO 12
310 LET C1=S2/M1
320 IF C1<2 THEN 155
330 LET C2=S1*.6/H2
340 IF C2<2 THEN 155
350 IF (F1-F2) >= 0 THEN 380
360 LET F4=(F2-F1)/A*(V5+B)+F1
370 GOTO 390
380 LET F4=(F1-F2)/A*(V5+B)+F2
390 LET W1=(F4+F2)/2*V2*100+2
400 LET D2=W1-P7
410 LET D3=(1.5*D2)/(100*2*H1)
420 IF D3 >= 1 THEN 245
430 LET Z1=V2/3*(2*F2+F4)/(F2+F4)
440 LET M2=W1*Z1*100-P7*V2*100/2
450 LET T2=(6*M2)/(100*3*H1+2)
460 IF T2<-1 THEN 245
470 IF T2>10 THEN 385
480 PRINT "ANCHO DEL CIM.=";A;"VOLD. IZQ.=";V1;"VOL. DER.=";V2;
485 PRINT "ALTURA DEL CIM.=";H1;"ESFUERZOS=";F1,F2
490 END

```

CAPITULO IV

COMPARACION ENTRE TUBERIAS DE CONCRETO Y ARCOS DE MAMPOSTERIA:

Después de lo expuesto en los capítulos anteriores, se pueden hacer las siguientes comparaciones entre tuberías de concreto reforzado y arcos de mampostería.

4.1 TRANSPORTE:

Para los arcos de mampostería sólo se necesita transportar el cemento, pues los demás materiales estarán en el lugar de la obra o muy cerca de ella.

4.2 RELLENOS LATERALES:

Las condiciones en que se hallen los rellenos laterales son muy importantes para los dos tipos, ya que si son hechos en forma inadecuada pueden dar lugar a que los asentamientos en esa parte sean mayores que los de la columna de tierra que se halle sobre el drenaje, y como ya se explicó, esto hace que la carga sobre el mismo sea mayor que la que en realidad está colocada encima de él.

4.3 COSTOS:

Los costos varían en las distintas zonas del país, dependiendo del suelo, condiciones atmosféricas, eficiencia de la mano de obra, escala de salarios, disponibilidad de material en el lugar, facilidad de transportación y topografía.

Por lo dicho anteriormente, para efectuar una comparación se usarán las tuberías de 24,48 y 60 plg y arcos de mampostería con igual área de descarga.

Los costos unitarios que se usarán en esta comparación estan tomados del libro Procedimiento de cálculo de Costos para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos edición 1975. Por no existir datos para Arcos de Mampostería se usarán algunos costos de Bóvedas como el de la formaleta.

4.3.1 Costos de las Tuberías:

Los reglones que se tomaran en cuenta son:

- a) Excavación Estructural.
- b) Relleno Estructural.
- c) Suministro de Tuberías.
- d) Acarreo.
- e) Colocación

4.3.1.1 Excavación Estructural:

Este trabajo se hará a mano integrando varias cuadrillas formadas cada una por 5 peones y, un caporal por cada 3 cuadrillas. El costo unitario que resulta es de Q 3.03/m³.

Las cantidades unitarias en metros cúbicos por metros lineales de estructura están basados en una sección transversal rectangular con una altura igual al diámetro del tubo más 30 cms, y un ancho igual al diámetro del tubo más 61 cm., para las tuberías en estudio la cantidad de m³/ml son:

Diámetro		Excavación Unitaria
plg	cm	m ³ /ml
24	61	1.1
48	76	2.8
60	152	3.9

4.3.1.2 Relleno Estructural:

El volumen a considerar será el mismo de la Excavación Estructural. El costo unitario a usarse es de Q 7.56/m³ e incluye la construcción de la cuna.

4.3.1.3 Suministro de Tuberías:

Los costos que se utilizaran son los dados puestos en fabrica, en la capital.

Diámetro		Costo/Ml
plg	cm	Q
24	61	27.00
48	76	107.00
60	156	167.00

4.3.1.4 Acarreo:

Este se tomará para una distancia de 120 Kms. El costo por metro líneal será para:

Diámetro		Costo/ml
plg	cm	Q
24	61	10.00
48	76	25.00
60	152	35.00

4.3.1.5 Colocación:

Esta se efectua con maquinaria su costo es:

Diámetro		Costo/ml
plg	cm	Q
24	61	11.99
48	76	23.98
60	152	23.98

Costo Unitario por metro lineal de Tubería:

Diámetro		Costo/ml
plg	cm	Q
24	61	60.64
48	76	185.63
60	152	268.28

4.3.2 Costos de los Arcos de Mampostería

Los reglones que se consideraran serán:

- Excavación Estructural.
- Relleno Estructural.
- Mampostería.
- Formaleta.
- Zampeado de Piedra

4.3.2.1 Excavación Estructural:

Las cantidades unitarias en metros cúbicos por metros lineales de estructura están basados en una sección transversal rectangular con una altura de 30 cm sobre la corona del arco, y un ancho igual al diámetro del arco más el ancho del cimient, más 50 cms.

Los volúmenes que se tomarán son promedio, ya que éstos variarán con la altura del relleno. En los arcos de 1.08 y 1.33 m de radio, se tomará hasta una altura de 6 metros, ya que para altura mayores, los arcos dan una geometría muy exagerada a simple vista impractica su volumen y la excavación. Los volumenetes serán:

Radio Intrados	Excavación Unitaria
m	m ³ /ml
0.58	7.79
1.08	17.62
1.33	25.11

El costo unitario a usarse será el mismo que el de las tuberías de concreto.

4.3.2.2 Relleno Estructural:

El volumen a considerar será el 30o/o de la Excavación Estructural (debido al espacio que estara ocupando el arco). El costo unitario será Q 4.53/m³.

4.3.2.3 Mampostería:

Los materiales se considerarán con un acareo de 20 Kms como máximo pues se supone que hay material cerca de la obra. El mortero con una proporción 1:3. El costo incluyendo la mano de obra será de Q 30.00/m³. Los volúmenes que consideraremos serán promedios por variar la geometría de los arcos con la altura de relleno.

4.3.2.4 Formaleta:

El costo que se usará estima 2 usos de formaleta. Por ser muy bajo el costo del clavo se considerará incluido en el costo de la madera. El costo a usarse será de Q 23.27 por m³ de mampostería del arco y de Q 4.18 por m³ de mampostería del cimientto.

4.3.2.5 Zampeado de piedra:

Las cantidades a tomarse en cuenta están basadas en un espesor de piso de 25 cm, por el diámetro del arco, estos volúmenes serán:

Radio del Arco	Zampeado de piedra
m	m ³ /ml
0.58	0.29
1.08	0.54
1.33	0.665

El costo unitario de la mampostería a usarse será de Q
40.00/m³

Costo por metro líneal del Arco

Radio del Arco

Costo/ml

m

Q

0.58

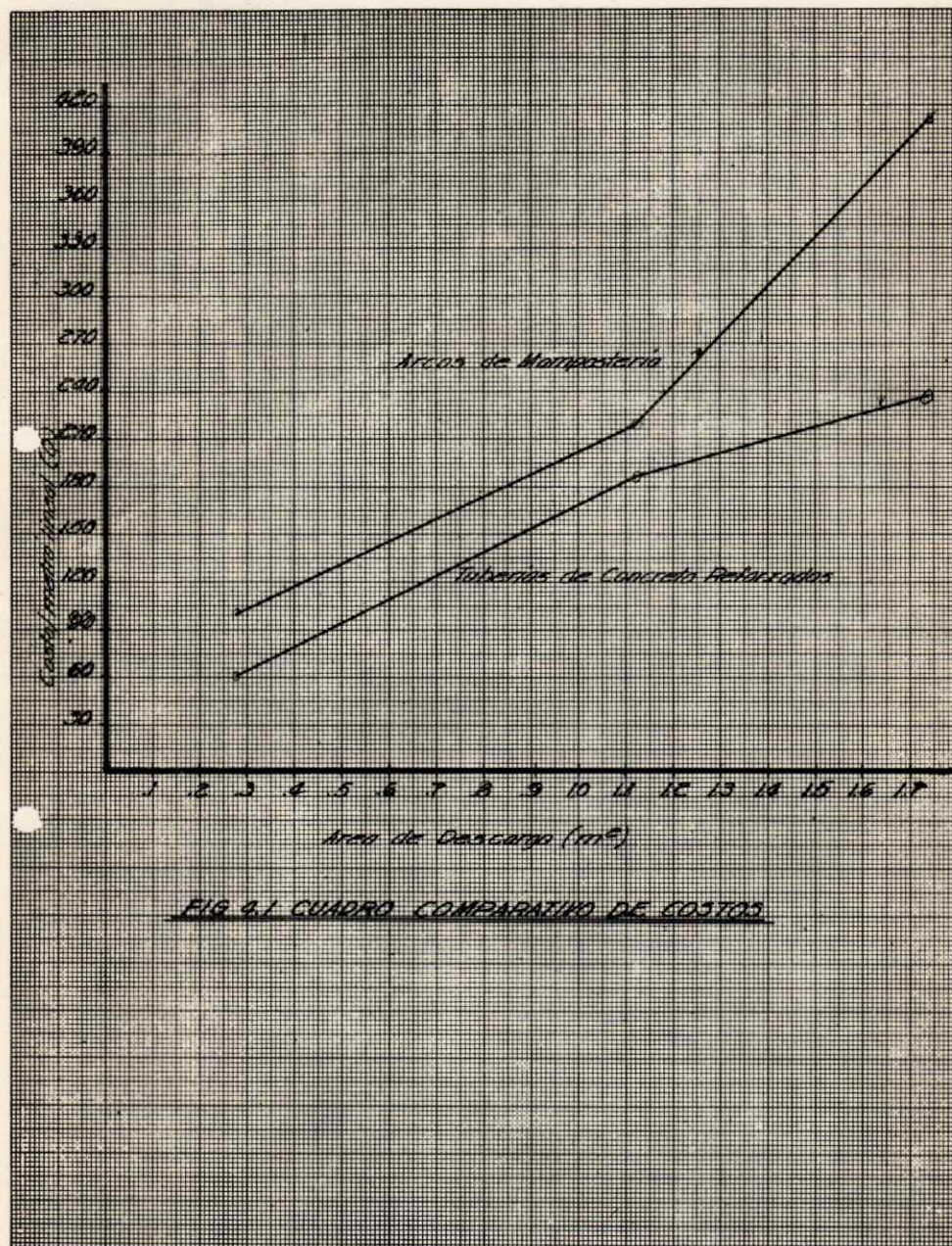
110.62

1.08

218.28

1.33

410.30



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. El presente trabajo da una idea para el diseño de los Arcos de mampostería, quedando a juicio del Ingeniero su aplicación, o tomarlo como guía para resolver cualquier problema en particular.
2. Las lluvias de gran intensidad y corta duración son las que más interesan para el cálculo del caudal de agua que llega al drenaje, pues son las que producen mayor escorrentía. Este caudal debe determinarse con gran cuidado por la importancia que reviste.
3. Una buena cimentación y un relleno compactado en forma adecuada, constituyen dos factores que influyen grandemente en el buen funcionamiento de cualquier drenaje.
4. Las tuberías de concreto con refuerzo elíptico, rinden buena economía ya que necesitan aproximadamente el 50o/o del refuerzo requerido para las reforzadas en forma circular.
5. Los arcos de mampostería es conveniente hacerlos en lugares donde existan los materiales necesarios para su construcción, pues se pretende substituir al tubo de concreto reforzado.
6. Los volúmenes de la mampostería a usar serían menores que los presentados en este trabajo, si se les agregara al arco, en la parte del arranque, una altura adicional recta en la parte interior. Esto permite que las reacciones del arco estén más hacia el centro y, contribuye a reducir el tamaño de los cimientos.
7. Los arcos se pueden construir del tamaño adecuado para el caudal deseado, evitándose el desperdicio; ya que las áreas de las tuberías están normalizadas.

8. Por los resultados que se presentan en el Capítulo III, es recomendable hacer arcos donde la altura del relleno no sea excesiva pues de este modo se evitan cimientos grandes.
9. El costo dado en el Capítulo IV de este trabajo, indica que resulta más costoso por metro líneal, el arco de mampostería que la tubería de concreto. Se hace la salvedad que los costos unitarios usados para calcular el costo de los arcos, son muy aproximados, pues no se tiene ninguna experiencia en este tipo de construcción.
10. Las pendientes usadas en los arcos deberán ser la del lecho de la corriente.
11. Para reducir la erosión en el piso del arco, debe proveerse un zampeado de piedra ligado con mortero de cemento.
12. Los arcos de mampostería de 3ra. clase, necesitan mayor altura de relleno sobre la clave que las tuberías de concreto reforzado ya que con una altura de 0.60 metros la geometría de los arcos resultan exageradamente grandes e impracticables.

BIBLIOGRAFIA

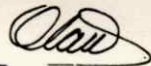
1. American Concrete Pipe Association. **Concrete Pipe Handbook**. Chicago 1951.
2. Dirección General de Proyectos y Laboratorios. **Proyectos Tipo de Obras de Drenaje para Carreteras**. Mexico 1965.
3. Dirección General de Caminos. **Procedimiento de cálculo de costos para la construcción de carreteras y puentes**. Guatemala 1975.
4. Dirección General de Caminos. **Especificaciones para construcción de puentes y carreteras**. Edición Preliminar 1956.
5. Dirección General de Caminos. **Especificaciones para Construcción de puentes y carreteras**. Guatemala 1975.
6. Daugherty, R.L y Ingersoll, A.C. **Mecánica de Fluidos**. Editorial Hispano Americana 1962.
7. Fernandez Casado, Carlos. **Cálculo de Arcos**. Editorial Dossat S.A. Madrid 1955.
8. King, Williams. **Manual de Hidraulica**. Editorial Hispano Americana 1962.
9. The Armco International Corporation. **Manual de Drenaje**. Middleton, Ohio 1958.
10. The American Association of State Highway Officials. **Standard Specifications for Highway Bridges**. Eleventh edition 1973.

11. Moreno García, F. **Arcos y Bóvedas.** Ediciones C.E.A.C.S.A. Barcelona.
12. Saliger, R. **Estática Aplicada.** Segunda Edición 1939.
13. Argueta Pineda, E. (Tesis). **Estudio Comparativo de Tuberías de Concreto y de Metal Corrugado usadas en varios Proyectos de carreteras en Guatemala.**
14. Molina T.R. (Tesis). **Consideraciones sobre el Diseño de Bóvedas para Drenaje en Carreteras.**
15. Prera Duarte, M.H. **Aplicación de las Computadoras al Diseño de Superestructuras para Puentes de Concreto.**



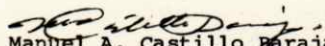
ADOLFO RODAS MERLOS

APROBADO:



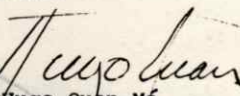
Ing. Oswaldo Lau Cheng
ASESOR

VISTO BUENO:



Ing. Manuel A. Castillo Barajas
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA
CIVIL

IMPRIMASE:



Ing. Hugo Quan Má
DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA

