

Nº 12
RES.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Facultad de Ingeniería

**SELECCION Y APLICACION DE BANDAS DE P.V.C. EN EL
PROYECTO HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA NAYARIT.**

T E S I S
Que para obtener el Título de
I N G E N I E R O C I V I L
p r e s e n t a
JOSE HUMBERTO BATIS PONCE



México, D. F.

1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**SELECCION Y APLICACION DE BANDAS DE P.V.C. EN EL PROYECTO
HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA NAYARIT**

I.- ANTECEDENTES.

I.1.- INTRODUCCION.....	1
I.2.- NOCIONES Y USOS DE BANDAS DE P.V.C.....	3
I.3.- SITUACION ACTUAL DE LAS BANDAS DE PVC EN MEXICO....	4
I.4.- EL PROYECTO HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA.....	8

II.- FABRICACION Y PROVEEDORES DE BANDAS.

II.1.- FABRICACION.....	22
II.2.- EVALUACION DE PROVEEDORES.....	26
II.3.- TIPOS DE BANDAS.....	29

III.- CONTROL DE CALIDAD.

III.1.- ESPECIFICACIONES.....	37
III.2.- PROCEDIMIENTO DE LIBERACION.....	40
III.3.- PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD.....	42

IV.- MODELO PARA PRUEBAS.

IV.1.- DESCRIPCION DEL MODELO.....	53
IV.2.- ENSAYE DE LAS BANDAS EN EL MODELO.....	56
IV.3.- INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	71

V.- APLICACION EN EL PROYECTO HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA.

V.1.- CORTINA DE ENROCAMIENTO Y CARA DE CONCRETO.....	73
V.2.- JUNTAS TIPO.....	79
V.3.- PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA APLICACION.....	84
V.4.- RECOMENDACIONES Y SOLUCIONES.....	86

VI.- CONCLUSIONES.

VI.1.- CONCLUSIONES.....	94
--------------------------	----

CAPITULO I ANTECEDENTES

I.- ANTECEDENTES.

1.1.- INTRODUCCION

Dada la gran importancia que se le ha dado al correcto uso del agua y a su merecido y urgente cuidado, se han tomado ya desde hace tiempo algunas decisiones para corregir el grave problema de pérdidas de este vital líquido. Las medidas aplicadas no solo van encaminadas a disminuir las mermas en el volumen bombeado ya que también el agua puede ser en un momento dado la causante de grandes desastres, ya que el flujo constante por un cuerpo de una cortina puede dar como resultado la tubificación de ella y de fallar pondría en una grave situación a muchas personas.

Ante la situación planteada con anterioridad y mediante la permeabilidad de algunas obras de ingeniería civil tanto grandes como pequeñas y que se caracterizan por tener contacto directo con el agua, se han dado a través del tiempo una serie de alternativas para evitar el paso de este líquido por entre las estructuras que las conforman y que hasta la fecha no han sido del todo satisfactorias. Es así como se dá origen a las bandas de p.v.c. y que a la fecha, en las construcciones en las que se han utilizado no se tienen reportes e indicios de alguna manifestación de fugas que pudieran poner en peligro su estabilidad y el correcto funcionamiento de las mismas.

En obras pequeñas como las cisternas, y por su aparente facilidad de elaboración se encuentran en gran parte de las ocasiones fisuras considerables. La gran mayoría de este tipo de instalaciones, se han hecho con muros de tabique y dando

como tratamiento preventivo ó correctivo un aplanado con mortero y un impermeabilizante integral.

En el caso de depósitos construidos con concreto y ante la problemática de realizar el colado en una sola etapa, se dejan juntas de construcción entre los muros y la losa de piso, con esto se crea una discontinuidad y como la presión hidráulica de mayor magnitud se dá en esta misma zona, las filtraciones se presentan en ese preciso lugar, este problema se resuelve colando la mitad de la banda de p.v.c. en la losa inferior para posteriormente al colar los muros se ahogue la parte restante, dando como respuesta el correcto desempeño de sus objetivos.

El hecho de citar el ejemplo anterior ha sido con el fin de hacer más clara la utilización de las bandas de p.v.c.; claro está que su aplicación no se limita a su uso en las cisternas sino que pueden aplicarse en obras mucho más grandes, como lo es el proyecto de Aguamilpa.

En este trabajo como se observará a través de su desarrollo se tratará de explicar los antecedentes de las bandas de p.v.c., las pruebas realizadas para comprobar que efectivamente el producto es fiable y adecuado para su colocación en la presa en cuestión, el procedimiento de su fabricación, el control de calidad necesario para garantizar la integridad de las mismas, la aplicación de éstas y sus especificaciones, ya que su utilización en un proyecto como el de Aguamilpa, no debe de ser por ningún motivo tomado a la ligera, pues no por un producto aparentemente tan sencillo se ponga en peligro el resto de las instalaciones que conforman una planta hidroeléctrica.

Por lo anteriormente expuesto; a continuación se hará referencia más a fondo sobre las bandas de p.v.c. aplicadas

en el proyecto más importante en el país, como obra hidroeléctrica.

I.2.- NOCIONES Y USOS DE BANDAS DE P.V.C.

Las bandas de p.v.c. como sus siglas lo indican son productos de cloruro de polivinilo, éstos son plastificados con un compuesto derivado del anhídrido estálico, este tipo de sellos ó bandas se utilizan en las obras que soportan presión hidrostática en uno de los lados de sus estructuras y su principal función como ya se dijo es el de evitar las filtraciones en uno u otro sentido, erradicar las fugas de agua, además de absorber ó permitir de cierta manera los movimientos diferenciales de los elementos que en conjunto forman la obra y permitiendo los aplazamientos requeridos en algunos colados en los que se forman juntas frías, de dilatación ó construcción, sin dar lugar a problemas de permeabilidad.

Las bandas de p.v.c. tienen como principales propiedades: ser químicamente inertes, no las afecta el clima cualquiera que éste sea, ni la inmersión permanente en agua, tampoco las afectan los aditivos que en un momento dado se agregasen al concreto ó soluciones químicas u orgánicas contenidas en el agua, así mismo soportan el trato rudo provocado en el proceso de colocación e instalación.

Las bandas de p.v.c. pueden remplazar a los sistemas anteriormente utilizados como el ahogar en el concreto placas metálicas, este sistema a pesar de reducir mucho el problema no lo resolvía en su totalidad ya que al paso del tiempo se provocaban fallas en la zona de los extremos de la placa, en ocasiones en lugar de la placa se utilizaba caucho, poliuretano e incluso cámaras de neumáticos pero en general

no soportaban las presiones hidráulicas safándose de uno de sus lados ó bien rompiéndose. Otro sistema era formar llaves en el concreto, es decir, que al concreto se le daban formas rebuscadas en ambos lados, embonando uno con el otro para dificultarle al agua el paso a través de la junta, este sistema tampoco eliminaba el problema ya que seguían existiendo fugas, en menor escala pero se seguían dando.

I.3.-SITUACION ACTUAL DE LAS BANDAS DE P.V.C EN MEXICO.

Las bandas de p.v.c. en México tienen un tiempo de uso relativamente corto, teniendo por consecuencia que una gran parte de las personas que se dedican a la construcción de obras civiles; desconozcan sus aplicaciones e incluso la existencia de éstas, esto hace que su desarrollo tecnológico, su distribución y aplicación se vean mermadas, haciendo difícil que fabricantes y distribuidores se propongan realizar inversiones y proyectos de un costo considerable para la introducción de las bandas al mercado, esto es completamente razonable, ya que si la banda no se utiliza, la inversión realizada se convertiría en pérdidas para las compañías. afortunadamente esta situación se está superando, ya que el gobierno de nuestro país está requisitando el suministro de grandes cantidades de banda para su aplicación dentro de obras de gran envergadura y esto ayuda a que la difusión de su existencia y beneficios se popularice.

En México existen varias dependencias de gobierno que están solicitando las bandas de p.v.c., las cuales se citan enseguida.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Comisión Federal de Electricidad.

Se le dará más énfasis a ésta última ya que es la que está solicitando los volúmenes más grandes y las está utilizando con mayor frecuencia en algunas de las obras que se encuentra construyendo para mejorar la calidad y cantidad de los servicios que presta, y en lo particular a su organismo Gerencia de Ingeniería Experimental y Control (en lo sucesivo G.I.E.C.), que es la que se encuentra a cargo de la supervisión de obra de Aguamilpa y que ha proporcionado, documentación, facilidades de investigación y apoyo que conllevan a la realización de este trabajo.

A continuación se mencionarán algunas de las aplicaciones de las bandas por parte de los organismos gubernamentales anteriormente mencionados y posteriormente se tratará el tema de la aplicación específica en el proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa en el estado de Nayarit.

La Secretaria de Recursos Hidráulicos está solicitando las bandas de p.v.c. para su utilización en grandes depósitos de agua, así como en plantas de tratamiento de aguas residuales, cisternas, etc.

Por parte de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes está utilizando estas bandas, en juntas de dovelas de los túneles para evitar la filtración de aguas freáticas al interior de ellos.

La Comisión Federal de Electricidad las utiliza en la construcción de: obras de toma, conductos a presión, vertedores, cortinas de presas, tanques de almacenamiento, canales de conducción, túneles de desvío, etc.

La aparición de los pedidos ó solicitudes de este producto por parte de las dependencias antes mencionadas, ha provocado que se incrementen los fabricantes y proveedores que en muchos casos todavía no tienen el pleno conocimiento

de sus aplicaciones, características, especificaciones, etc. pero afortunadamente y previendo este tipo de situaciones se llevan a cabo controles, pruebas de calidad, ensayos de las bandas para la aceptación de ellas, así como la consideración y catalogación de los proveedores: evaluando a su personal, maquinaria, instalaciones, etc. Dado esto, y tratando de ver hacia el futuro, si las bandas dan el resultado esperado en las obras en las que se están utilizando, como lo han dado en otros países como: Estados Unidos de Norte América, Brasil, Colombia y Alemania. se cree las bandas de p.v.c. pueden llegar a tener un gran auge y aceptación dentro de la construcción de obras de ingeniería civil en México.

Uno de los problemas que existen en la actualidad, es que, en nuestro país casi no existe información sobre productos como éste, ocasionando el desconocimiento de ellos y desconfianza por parte de los consumidores hacia el producto, la poca información que existe se encuentra escrita en otros idiomas y muy pocas personas tienen acceso a ella, a su vez ésta ha sido proporcionada por otras naciones que utilizan el producto frecuentemente. Los cuales han comentado sus experiencias sobre la banda a utilizar en el proyecto de Aguamilpa ya que éste es de una gran semejanza a las presas: Foz Do Areia y Salvajina localizadas en Brasil, y Colombia respectivamente, estas presas cuentan también con enrocamiento y cara de concreto aguas arriba y con una altura de 148.00 m y 160.00 m en el mismo orden.

Existen algunos problemas en lo que se refiere a la consecución de estos productos ya que por la limitada variedad de geometrías y espesores, es necesario en ocasiones importar de Estados Unidos de Norte América algunas de las bandas, este tipo de movimiento se lleva a cabo en consecuencia de la situación de las bandas en México, ya que no existen todos los espesores que existen en otros

países, así como tampoco se encuentran todos los tipos de geometrías y secciones, como con los que cuentan en el extranjero. Lo anteriormente mencionado trae como consecuencia que la importación de ciertos tipos de bandas sea totalmente indispensable u obligada, el tener que importarlas no es el único problema ya que el proveedor extranjero necesita recibir en primera instancia un pedido por la cantidad de banda requerida, si el monto de la solicitud de banda es pequeña no es rentable para el proveedor elaborar los tramites de exportación, tener que cumplir con los requisitos para el flete, paso de la frontera, circulación por las vías terrestres nacionales, y aunque la cantidad de banda solicitada sea grande, todo lo anterior representa gastos para el proveedor que repercuten en el precio del producto y claro está el costo de la obra, aparte de que para el cliente ó para el comprador del producto no solo le cuesta más caro sino que el tiempo de entrega ó recepción de la banda será muchos días después de haber realizado la solicitud del producto, teniendo que bajar su producción y rendimiento dando un alargamiento de tiempo de ejecución en la obra que de ninguna manera es conveniente.

Lo anterior conduce a comentar que por situaciones de muchos conocidas, en nuestro país se tiene la mala costumbre de realizar algunas cosas faltando muy poco tiempo para que se venza el plazo fijado ó propuesto, es por ello que en una gran parte de los pedidos de las bandas se menciona la palabra "urgente", argumentando "que se tiene parada la obra", "que no se puede colar", etc, esto provoca un problema para el fabricante, para el distribuidor y para el mismo consumidor, ya que el tener que hacer pedidos urgentes y procesos de fabricación del mismo tipo, aparte de la presión del dueño hacia el contratista, puede ser causa de una mala calidad en la fabricación por cumplir ó por entregar

rápido el producto solicitado. Además de que el contratista tiene que aceptar que al haber retrasos, puede que sea multado ó sancionado por parte de la supervisión de obra.

En lo que a demoras de entrega de producto nacional, podemos mencionar que las principales se dan por cuestiones de verificación de calidad, ya que existen ocasiones en las que es necesario obtener un certificado de aprobación expedido por un laboratorio calificado y en ocasiones solicitado por las dependencias, este certificado no se entrega hasta haber concluido todas las pruebas necesarias para verificar su calidad, esto hace que el tiempo de entrega se alargue. Aunque se pudiera entregar la banda antes de que se extienda el certificado, en la obra no se podría colocar el producto, ya que es requisito para su colocación la presentación del mencionado certificado de control de calidad.

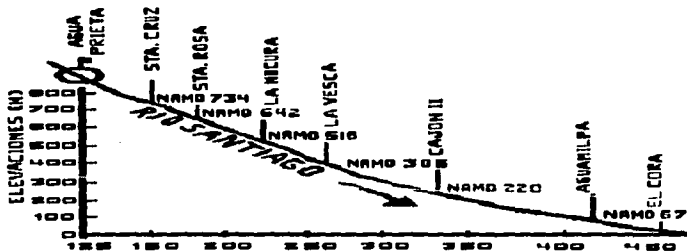
I.4.- EL PROYECTO HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA.

El proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa forma parte de un plan global de aprovechamiento del río Santiago, su finalidad principal es la generación de energía eléctrica, en operación conjunta con las otras plantas previstas a lo largo del río, como se puede observar en la figura de la página 9.

Aguamilpa contará con un factor de planta bajo para atender la demanda en las horas pico, esto es, que la generación total entre el tiempo de generación por la potencia máxima dará como resultado un numero menor ó igual a 0.40; en el caso que nos ocupa es de 0.253.

$$\text{POTENCIA MEDIA} = \frac{\text{generación total}}{\text{tiempo de generación}}$$

$$\text{FACTOR DE PLANTA} = \frac{\text{potencia media}}{\text{potencia máxima}} = \frac{\text{generación total}}{\text{tiempo} \times \text{pot. máx.}}$$



APROVECHAMIENTO DEL RIO SANTIAGO

El sitio donde se encuentra el proyecto es en la parte central del estado de Nayarit, entre los municipios de el Nayar y Tepic al noreste de éste último, el acceso al sitio es: a partir de la ciudad de Tepic, por la carretera estatal que va a la población de Francisco I. Madero y en el Kilómetro 12.00 se encuentra la desviación hacia Aguamilpa continuando por un camino pavimentado hasta el lugar de la obra, éste último cuenta con una distancia aproximada de unos 40.00 Kilómetros.

Este proyecto integra uno de los escurrimientos más grandes e importantes de la zona de occidente y constituye la obra orgullo de el sexenio gubernamental 1986 - 1992 y por lo tanto se le está dando un gran énfasis y apoyo, ya que esta obra está encaminada al beneficio social de México. Por la cantidad de energía eléctrica que se producirá y los beneficios que traerá el almacenaje de agua para sus distintos usos ya de todos conocidos, el proyecto de

Aguamilpa es uno de los más importantes en el país, económica, social y políticamente hablando.

El embalse de Aguamilpa traerá como beneficios: amortiguar los picos de las avenidas, reduciendo el riesgo de inundaciones en la planicie costera del estado de Nayarit. La incorporación de 75,000 nuevas hectáreas de tierras fértiles al sistema de riego y garantizar dos ciclos de cultivo al año riego en las 30,000 hectáreas que actualmente se aprovechan. Una reactivación económica a causa de la derrama de recursos monetarios que producirá la demanda de mano de obra, materiales y servicios para el proyecto. El desarrollo de la piscicultura. Las actividades anteriores beneficiarán la zona de embalse y sus proximidades que actualmente se encuentran económicamente deprimidas.

Esta central hidroeléctrica contará con tres unidades de 320.00 GWh medios anuales, lo cual hace de este proyecto uno de los más importantes en el país, ya que ocupará dentro de las plantas hidroeléctricas el 4º lugar en potencia instalada, el 5º lugar en cuanto generación media anual y el 3º en cuanto a altura de cortina (185.50 m).

Los estudios del proyecto aunque en forma incipiente C.F.E. los inició desde 1954. Los estudios geológicos en el sitio actual, permitieron determinar la factibilidad geológico-geotécnica para la construcción de una presa. Fueron analizadas varias opciones para definir el anteproyecto y estas son: presa de; gravedad, arco-gravedad y materiales graduados con alturas entre 120.00 m y 190.00 m.

Aparte de los estudios geológicos, se han hecho estudios hidrológicos, de posibles modificaciones a las condiciones actuales del escurrimiento a causa de posibles usos futuros en la cuenca de aguas arriba de la cortina, agroeconómicos y

de tipo social para determinar el impacto que traerá el embalse en la zona.

Como resultado de los estudios y a nivel anteproyecto, se llegó a la conclusión de que el tipo de cortina más conveniente era la de materiales graduados, pero posteriormente al darse comienzo a los trabajos de diseño ejecutivo y al realizar uno de los estudios más importantes, "el económico", se observó que, en la zona cercana al proyecto no existen bancos de arcilla y los existentes resultaban demasiado costosos en su explotación, así que, esto obligó a regresar a nivel de investigación de otras posibilidades ó alternativas para la cortina. Finalmente se decidió que la cortina de enrocamiento con cara de concreto era la más conveniente, ya que sus características dan como resultado lo más económico y por supuesto cumple con los requisitos de funcionalidad, seguridad y generación buscadas con las que contaba la opción originalmente propuesta.

Hidrológicamente hablando la cuenca del Río Santiago cuenta con datos de 154 estaciones climatológicas y 26 hidrométricas, algunas de las cuales se encuentran en funcionamiento desde 1933, la mayor parte desde 1952 y las más importantes desde 1942 que son las que arrojan los datos bajo los cuales se determinó que Aguamilpa era un proyecto viable, a través de los registros de escurrimientos: mínimos, medios y máximos, así como los de evaporaciones, temperaturas, humedades, azolves, lluvias etc, al mismo tiempo se ayudó a determinar las dimensiones, tipos, geometrías, etc, de las estructuras principales, ya que con las lecturas mencionadas se obtuvo el gasto de diseño y la posible generación de energía eléctrica. Cabe mencionar que el caudal del río Santiago no es en nada regular ya que sufre de grandes variaciones, esto se corrobora con algunos de los datos arrojados por las estaciones climatológicas, los cuales

mencionan que en la época de lluvias el gasto puede variar desde 95.00 a 2000.00 m³/s y en la época de estiaje varia de 8.00 a 180.00 m³/s.

El estudio sobre la aportación media de azolves en el lugar del proyecto indica que la presa tendrá una vida útil mayor a los 100 años.

Los estudios de geología en el lugar del proyecto arrojaron los siguientes datos: el suelo está constituido principalmente por roca volcánica extrusiva predominando depósitos de aluvión, se encuentran también limos, arcillas y fragmentos de roca, éstos últimos con un espesor promedio de 3.00 m. El aluvión está constituido por limos, arenas, gravas y rocas de gran tamaño, su espesor a través del río varia desde 2.40 m a 26.00 m y en la zona del eje de la cortina es de 10.60 m.

Se realizaron estudios en unos 15.00 Km sobre el cauce del Río con el fin de obtener los materiales de aluvión y finos que se utilizarán en el cuerpo de la cortina y los agregados para el concreto, gran parte de los materiales a utilizar se obtendrán directamente de las excavaciones de las estructuras que conforman el proyecto. Los materiales se transportarán en el caso del limo en bandas transportadoras y en el caso de las rocas por medio de camiones.

Descripción de las estructuras principales.

Obra de desvío.- Esta estructura es muy necesaria en el inicio de la construcción de una presa. La obra de desvío es la que como su nombre lo indica se encarga de desviar el cause del río, permitiendo así, que se pueda trabajar en la construcción de las estructuras faltantes, esta obra es

provisional, es decir que al terminar la construcción del proyecto se clausurará, esta obra puede tomar diferentes características; en el proyecto Aguamilpa consta de dos túneles excavados en roca con sección portal de 16.00 x 16.00 m sin revestir, éstos cuentan con una longitud de 1,000.00 m c/u, y están localizados en la margen izquierda del río. Su forma obedece al tipo de cortina y la configuración topográfica del cauce. Adicionalmente, se tiene una atagüa aguas arriba, ésta última es de materiales graduados. y cuenta con una altura de 58.00 m ocupa un volumen de materiales de 900,000.00 m³, la elevación de la corona de la atagüa es de 118.00 m.s.n.m. y tiene como principal función evitar el paso del agua por el cause natural del río, obligándola a que circule por los túneles de desvío, creando así buenas condiciones de trabajo para la construcción de la obra de contención. La atagüa de aguas arriba quedará sumergida en el vaso de la presa una vez que se obstruyan los túneles de desvío, al terminarse la cortina. Cuenta también con una atagüa aguas abajo, ésta tiene una elevación de 90.00 m.s.n.m. y tiene como función que al salir el agua de los túneles de desvío y formar un remanso en la desembocadura, no le permita al agua el paso hacia la zona de construcción. La atagüa de aguas abajo quedará integrada al cuerpo de la cortina, es decir, que formará parte de la obra de contención, es por ésto que ésta última se realiza con mucho cuidado y con materiales de buena calidad.

Obra de toma.- La obra de toma es la estructura mediante la cual se encauza un determinado volumen de agua hacia la tubería a presión y a la casa de máquinas, para posteriormente generar la energía eléctrica, es natural que dependiendo de la generación de energía programada se dé el volumen de agua requerido para su generación y es por ésto que la obra de toma varía de obra a obra, en el caso de Aguamilpa

la obra de toma consiste en un canal de llamada ó de acceso, excavado a cielo abierto y en curva, para el cual se estima excavar un volumen de 1,010,000.00 m³ de material, este canal cuenta con una altura promedio de 60.00 m, se integran también las compuertas, que son las que permiten ó impiden el paso del agua hacia afuera del vaso de almacenaje, estas compuertas tienen una dimensión de 5.80 x 7.40 m. El material donde se realizará la excavación en su gran mayoría es roca.

Obras de generación.- Estas obras son de gran importancia ya que mediante éstas es posible la transformación de energía potencial a energía eléctrica y llevan el agua en conjunto con la obra de toma hacia la casa de máquinas distribuyéndola entre el número de turbinas que se tenga programado utilizar, mediante tuberías a presión, éstas últimas son tres y cuentan con un diámetro de 7.40 m, y una longitud de 215.00 m c/u, su gasto de diseño es de 249.00 m³/s. Los conductos a presión se encuentran comunicados a una casa de máquinas subterránea cuyas dimensiones son: 22.20 m de ancho por 133.00 m de longitud, con una altura máxima de 60.00 m. Los conductos se conectan a una galería de oscilación, que tiene como función evitar el golpe de ariete (presión negativa). Se conecta también a un túnel de desagüe, a una galería de transformadores y a la subestación. Como se mencionó al inicio de este capítulo, se instalarán tres unidades de 320.00 MW c/u, para obtener una generación media anual de 2,131,000,000.00 Kw/h, con un gasto de 247.00 m³/s cada una de las turbinas.



SALIDA DE LOS TUNELES DE DESVIO



ATAGUIA DE AGUAS ARRIBA

Obra de excedencias.- La obra de excedencias es la estructura mediante la cual se controlan las avenidas pluviales, esto se logra poniendo una salida al nivel del cual no se desea que pase el agua, es natural que exista un margen de seguridad y por esto existe un muro adyacente a la salida que rebasa el nivel mencionado, a este muro se le conoce como bordo libre y en el proyecto que nos atañe es de 3.00 m de altura, la salida de aguas excedentes de el proyecto de Aguamilpa consta de un vertedor de demasías en la margen izquierda, consistente en dos canales con capacidad de 13,700.00 m³/s en forma conjunta, permite transitar una avenida con gasto máximo de 17,482.00 m³/s, la cual se determinó en base a criterios de transposición de ciclones y precipitación máxima probable. Con una política adecuada de operación se podrá controlar avenidas con un período de retorno hasta de 90 años, limitando la descarga a 3,000.00 m³/s. El nivel de la cresta del vertedor es de 220.00 m.s.n.m. y cuenta con una longitud de 72.00 m, al paso por ésta el agua alcanza una velocidad de 35.00 m/s, el ancho del vertedor es de 12.00 m.

Obra de contención.- La obra de contención es la que por sus dimensiones le dá más vista a la obra, pues es la que se observa primero y es la que se encarga de retener el agua en el llamado vaso de almacenamiento de la presa, como se mencionó anteriormente en Aguamilpa tomando como base a una evaluación técnica-económica se seleccionó una cortina de enrocamiento con cara de concreto de 185.50 m de altura. con un volumen de materiales en la cortina de 13,000,000.00 m³, aprovechando el material producto de las excavaciones y el aluvión existente en el cause del río, éste último representa un 70.00 % del cuerpo de la cortina, lo cual, es aproximadamente 10'000,000.00 de m³. La granulometría en

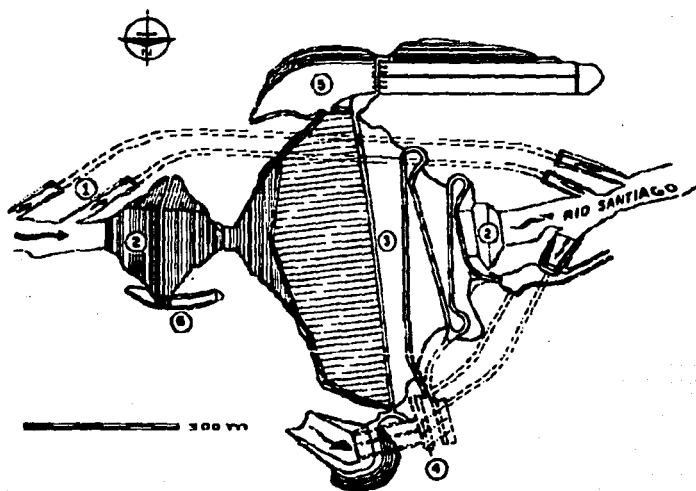
términos generales será de 40.00 a 50.00% de grava, 50.00 a 60.00% de arena y de 1.00 a 5.00% de finos.

La obra anterior, es de las estructuras que más cuidado requiere su construcción, ya que la falla de ésta, podría traer graves consecuencias. Si observamos el volumen de agua que se almacenará en el vaso de la presa, nos podremos dar cuenta que la liberación de 5,540,000,000.00 de m^3 (en el caso más desfavorable) arrastraría cualquier cosa que se le ponga por delante, destruyendo todo a su paso; es por ello que se debe de tener mucho cuidado en la construcción de esta obra. Lo anterior no significa que las obras restantes no sean de una gran importancia, pero ellas se podrían arreglar ó corregir de una manera mucho más fácil y rápida y no ocasionando el mismo número y magnitud de daños.

La cortina llevará enrocamiento en el talud de aguas abajo, y para formar el respaldo, una pantalla de concreto en el contacto con el agua, es decir, en la cara de aguas arriba, esta pantalla de concreto viene a substituir a el corazón impermeable de la cortina de materiales graduados. El ancho de desplante es de 510.00 m, la longitud de la corona será de 655.00 m, para constituir así un volumen de 13,033,000.00 m^3 de materiales necesarios, de los cuales el 27.00 % son de enrocamiento. Sobre esta estructura del proyecto se hablará más a fondo en el capítulo V.

El proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa contará con las siguientes elevaciones: El nivel de desplante es de 48.00 m.s.n.m.. El nivel de aguas mínimo de operación (namino) es de 190.00 m.s.n.m., y como su nombre lo indica, es la altura mínima que debe de tener el agua para que se ponga en operación la casa de máquinas. La cota de aguas máxima de operación (namo) es de 220.00 m.s.n.m., éste limita ó marca el límite donde las turbinas funcionan sin sobrecarga, a

partir de esa elevación el agua empieza a fluir por el vertedor, evitando así el paso por las turbinas. La diferencia entre el namo y el namino en conjunto con el área del vaso dan por consecuencia una capacidad útil de 2,575,000,000.00 de m³. El nivel de aguas máximas extraordinarias (name), como se puede intuir solo se alcanza en ocasiones muy aisladas ó nulas, en Aguamilpa este nivel es de 232.00 m.s.n.m..



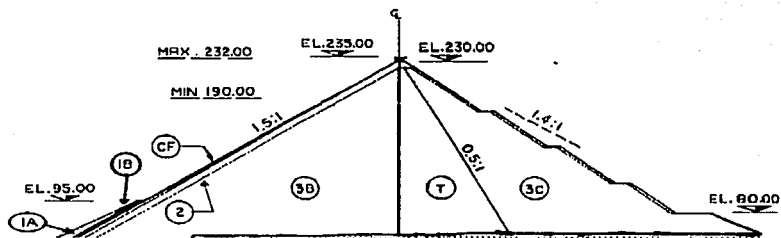
- 1 TUNELES DE DESVIO
- 2 ATAGUIAS
- 3 CORTINA
- 4 CASA DE MAQUINAS
- 5 VERTEDOR
- 6 VERTEDOR FUSIBLE

PROYECTO HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA



TALUD DE LA CORTINA AGUAS ARRIBA

- 1A NO CLASIFICADO
- 1B ARENA LIMOSA
- 2F FILTRO
- 3B ALUVION
- 3C ENRROCAMIENTO
- CF CARA DE CONCRETO
- T TRANSICION
- NA ALUVION NATURAL



SECCION DE LA CORTINA

DATOS PRINCIPALES

Túneles de desvío del río

- Número de túneles	2
- Longitud	1,000 m c/u
- Dimensiones	16 X 16, m, sección portal
- Gasto máximo avenida	6,765 m ³ /s
- Excavación de túneles	355,000 m ³
- Excavación a cielo abierto	100,000 m ³

Ataquéa aguas arriba

- Tipo	Materiales graduados
- Altura	58 m
- Volumen de materiales	900,000 m ³
- Elevación de la corona	118 m.s.n.m.

Cortina

- Tipo	enrocamiento y cara de concreto
- Elevación de la corona	235.00 m
- Longitud de la corona	680.00 m
- Altura	185.50 m
- Volumen de materiales	13'300,000 m ³

Obra de toma de casa de máquinas

- Tipo	Canal a cielo abierto en roca
- Volumen de excavación	1'010,000 m ³
- Altura promedio	60 m
- Dimensiones de compuertas	5.8 X 7.4 m

Tubería de presión de casa de máquinas

- Número de conductos	3
- Diámetro de conducción	7.4 m
- Longitud de cada conducto	215 m
- Gasto de diseño por unidad	249 m ³ /s

Casa de máquinas

- Tipo	Subterránea
- Turbinas	3 Francis de 320 MW c/u
- Línea de transmisión	400 KV
- 1 circuito S.E. Tepic II	49 Km
- 1 circuito S.E. Tesistán	215 Km
- Carga bruta máxima	159 m
- Carga bruta mínima	120.6 m
- Carga bruta de diseño	146 m
- Generador de	337 mva
- Potencia de cada unidad	320 MW
- Factor planta medio anual	0.253

Galería de oscilación

- Volumen de excavación 80,000 m³
- Excavación de cavernas 130,000 m³
- Dimensiones de la caverna 134 x 25 x 47 m

Túnel de desfogue de casa de máquinas

- Longitud 336 m
- Dimensiones 16 x 16 m sección portal

Obra de excedencias

- Gasto máx. avenida diseño 17,482 m³/s
- Volumen de la avenida 6,966 millones de m³
- Gasto diseño de descarga 13,000 m³/s
- Elevación de la cresta 220 m.s.n.m.
- Compuertas 6 de 10.2 x 16.8 m
- Canales de descarga 2 a cielo abierto en roca
- Vol. total de excavación 4'400,000 m³

Vaso de almacenamiento

- Capacidad del vaso al namo 5,540 millones de m³
- Capacidad del vaso al name 6,950 millones de m³
- Área del embalse al name 12,800 has
- Longitud s./Río Santiago 50 Km
- Longitud s./Río Huaynamota 20 Km

CAPITULO II
FABRICACION Y PROVEEDORES DE BANDAS

II.- FABRICACION Y PROVEEDORES DE BANDAS.

II.1.-FABRICACION

La fabricación de las bandas de p.v.c. se lleva acabo a través de la fundición de los compuestos que la conforman, como se mencionó en el capitulo anterior la bandas están compuestas por cloruro de polivinilo agregándole a éste un compuesto del anhídrido estálico que es el que le dá la propiedad de elasticidad y a su ves, éste le ha proporcionado la posibilidad de resolver los problemas de fugas de agua y evitar la aparición de grietas en las obras de ingeniería.

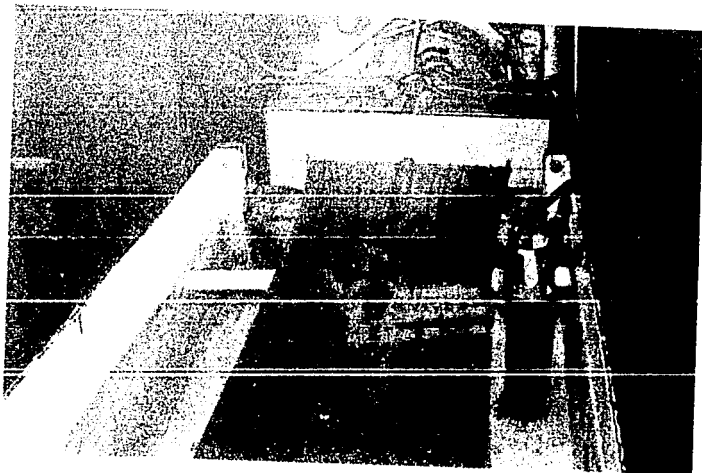
En lo que se refiere a los materiales constitutivos de la banda, todos se encuentran en el mercado nacional con excepción de el compuesto del anhídrido estálico. El cloruro de polivinilo se consigue ó se adquiere en pequeñas esferas ó pelets, éstos se introducen en maquinarias que cuentan con una fuente de calor, así como también se ponen el compuesto del anhídrido estálico y en la mayor parte de los casos un colorante, éste último, no es necesario, pero por cuestiones de identificación de el fabricante ó de el proveedor se anexa como ingrediente importante, ya que en algunas ocaciones el color llega a ser un sinónimo de calidad, seriedad y garantía. En el deposito de los ingredientes y a través de calor se lleva a cabo el proceso de derretir ó fundir, mezclar y unificar los compuestos integrantes de la banda. Una vez que se ha formado una pasta uniforme, consistente y manejable pasa a la estrusora que es la máquina que inyecta a una determinada presión la pasta mencionada, la presión varia según las característica de la banda, en la parte final de la máquina se adapta un molde con la forma, espesor, cantidad de estrías, forma del bulbo y sus dimensiones, este molde tiene que ser completamente exacto y contar con un acabado espejo,

es decir que en su interior no tenga rebabas ó protuberancias, ya que éstas pueden modificar la geometría del producto. Al ser inyectada la pasta y pasar por el molde ésta adquiere la forma otorgada por el último, para posteriormente, pasar por unas tinas con agua fría y conseguir enfriar la banda y no se corra riesgo alguno de que por estar fresca, caliente y susceptible a cualquier fuerza exterior se llegue a deformar.

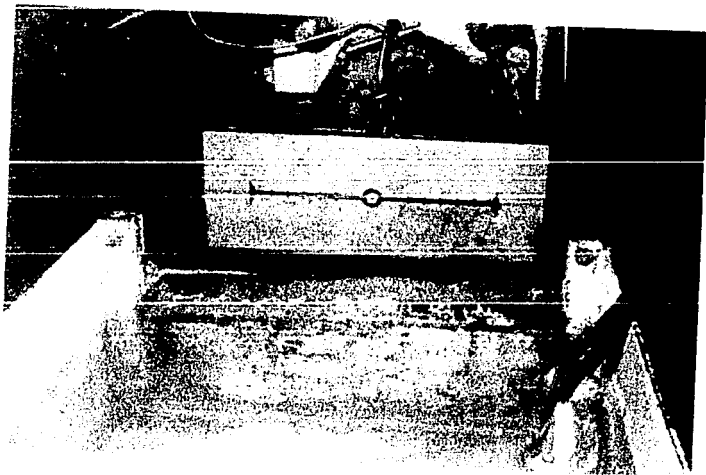
Por lo que respecta a la estrusora y tratando de recordar que en nuestro país no se cuentan con todas las geometrías y espesores de bandas, se mencionan a continuación unas de las causas de el por que de esta situación. El molde como se mencionó tiene que cumplir con unas características indispensables no muy fáciles de lograr, ya que tiene que soportar grandes temperaturas y un uso prolongado, otro de los impedimentos, es que la estrusora tiene que proveer una presión suficiente para que la pasta se introduzca totalmente en el molde, rellenandolo en todo su interior, esto se resolvería con una máquina estrusora que diera mayor presión, pero existe el problema de la inversión económica necesaria para adquirir una máquina más grande y en estos momentos por la situación actual de las bandas de p.v.c. en México no es rentable hacer ese tipo de inversiones, otro de los impedimentos importantes es que en nuestro país no se utilizan todas las formas ó tipos de bandas existentes y cuando se llega a utilizar una forma ó tipo diferente a las existentes actualmente en el mercado, el volumen de producto solicitado no justifica el mandar a hacer un molde con las características solicitadas del proyecto.

La fabricación, tal y como debe de ser, no se encuentra desligada ó independiente de otras áreas, ya que por ser un producto que requiere de buenas características, depende en un grado muy importante de la sección de control de calidad y

de la de costos de producción. Lo anterior se demuestra con el siguiente ejemplo: No tiene ningún caso fabricar cientos ó miles de metros de banda para que al realizarles las pruebas de calidad, no cumplan con las especificaciones, teniendo que realizar de nueva cuenta la fabricación y como el reciclar los productos deteriora las cualidades de los elementos constitutivos, no se podría utilizar el material en el nuevo ciclo, convirtiéndose entonces en desecho para el fabricante, aumentando con esto sus costos de producción. Es así como entonces, el área de control de calidad, con apoyo de la de producción, toman muestras de los lotes al iniciar la fabricación de cada uno de ellos, con el fin de practicarles las pruebas necesarias y determinar si se continua con el proceso ó se suspende para tomar las medidas necesarias para su corrección.



ESTRUSION DE LA BANDA DE P.V.C.



MOLDE DE ESTRUSION

II.2.- EVALUACION DE PROVEEDORES.

A consecuencia del desarrollo del proyecto Nucleoeléctrico Laguna Verde y de las actividades de supervisión de calidad realizadas en el extranjero, se conocieron en Comisión Federal de Electricidad muchos de los criterios de aseguramiento de calidad, inicialmente contenidos en la norma ANSI N.-45.2 y en el Código Federal Regulatorio de Estados Unidos 10 CFR 50 Apéndice B.

Estos criterios han demostrado ser de una gran utilidad para garantizar la calidad de los productos y por lo cual Comisión elabora una especificación que se basa en una serie de normas tanto para la industria nuclear como para otro tipo de industrias, pero están adaptadas a las condiciones del mercado nacional, a condiciones particulares de las instalaciones de Comisión y a experiencias adquiridas en las evaluaciones y auditorías a proveedores.

Esta especificación realizada en abril de 1989, con la identificación de especificación CFE L0000-31, establece los términos, condiciones y requisitos mínimos de aseguramiento de calidad que los proveedores de bienes y servicios de Comisión deben cumplir para garantizar la calidad solicitada. Las normas utilizadas para su realización fueron las siguientes: CFE L0000-05-1980, la ISO 9004-1987, la ASQCQ94-1987 y la BS 4891-1972.

En virtud de que lo que se busca con crear una especificación de este tipo, es el aseguramiento de calidad, es necesario definir el concepto, y por tal, debemos entender que, es el conjunto de actividades planeadas y sistemáticas necesarias para proveer la confianza de que un producto ó

servicio cumplirá con las exigencias relativas al fin que se destine.

El proveedor deberá cumplir con ciertas características y responsabilidades las cuales se mencionan a continuación.

- A) Cumplir con los requisitos especificados en los pedidos, contratos, códigos, normas y leyes aplicables.
- B) Desarrollar, documentar, establecer y mantener un sistema de calidad que cumpla con la especificación CFE L0000-31.
- C) Permitir el acceso a personal de Comisión a sus instalaciones ó con sus subproveedores con el propósito de realizar las evaluaciones, auditorías y supervisiones necesarias.
- D) Remitir a Comisión la documentación de aseguramiento de calidad requerida.
- E) Proporcionar los registros y la suficiente evidencia objetiva para la comprobación de la aplicación del sistema de calidad y sobre la calidad de los bienes y servicios producidos.

En cuanto a los requisitos de aseguramiento de calidad varían según el grado ó categoría asignados al producto ó sistema después de una ponderación de importancia, para esto se crearon 4 categorías con diferentes requisitos, siendo más exigente la categoría 1 y así sucesivamente. Si bien este tipo de productos no entra exactamente ó cumpliendo todos los requisitos de la categoría 4, a los proveedores de bandas de p.v.c. se les ha solicitado que cumplan con ciertos requisitos básicos si es que quieren ser proveedores de el producto.

Dentro de estos requisitos se encuentra la documentación requerida; sobresaliendo entre éstas por su importancia, "el Manual de Calidad", a continuación se dá una descripción de él.

Manual de Calidad.- debe incluir la descripción del sistema de calidad entendiendo por éste a un conjunto coherente de disposiciones coordinadas (estructura organizacional, responsabilidades, procedimientos, procesos, técnicas y recursos) para el establecimiento de la gestión de calidad. Así mismo este manual deberá de comprender sin estar limitado a lo siguiente.

- A) Hoja de presentación.
- B) Hoja para control de su distribución.
- C) Hoja para control de las revisiones del manual.
- D) Descripción de principios y objetivos del manual.
- E) Declaración de políticas y objetivos de la dirección con respecto a la calidad.
- F) Descripción suficientemente precisa de los bienes ó servicios que cubre el manual.
- G) Descripción de la organización de la empresa y descripción de la autoridad y responsabilidad de las diferentes funciones involucradas en el sistema de calidad.
- H) Descripción breve y clara de políticas y principios de aseguramiento de calidad que serán aplicados por el proveedor.

Otros de los requisitos que se solicitan a los proveedores de bandas de p.v.c., son que, para poder vender ó surtir un pedido a una obra que solicita el certificado de control de calidad, se le tiene que informar al personal del laboratorio de G.I.E.C.: para que obra es el producto, por que cantidad es la requisición, de que medida es la banda. También se tiene que informar que día se fabricará la banda y que lotes conforman el pedido y poner a disposición de el

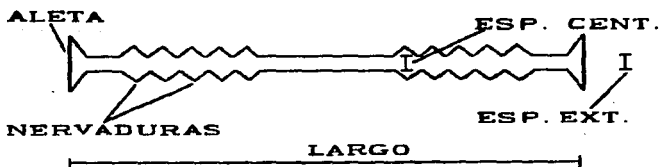
personal del laboratorio muestras de cada uno de los lotes, así como permitir el acceso a ese personal a su planta.

A pesar de que el proveedor ó fabricante cumpla con todos los requisitos que se le indican para ser proveedor confiable, en la realidad no se lleva a cabo ésta catalogación, en el sentido estricto de las palabras, ya que el título proveedor confiable indica que, el proveedor tiene el reconocimiento de que su producto es adecuado y cumple con normas de calidad. Pero en la realidad se sigue valorando al producto mismo, con una serie de pruebas a cada uno de los lotes fabricados.

II.3.- TIPOS DE BANDAS.

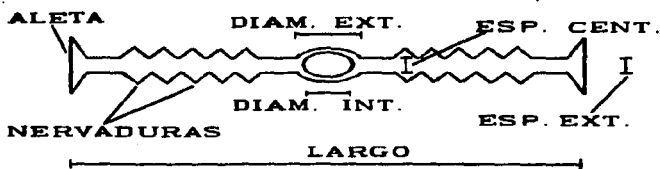
Como se mencionó anteriormente, existen, diferentes tipos de bandas, tanto en México como en otros países, no existiendo en nuestro país todas las que se conocen, así pues, tenemos que las bandas de más uso tanto en México como en el extranjero son:

La Banda Plana. Cuya aplicación ó uso recomendable es para juntas de construcción donde los movimientos entre los elementos, no son anticipados, su mayor aplicación la tiene en zapatas de cimentación, paredes ó muros y en cortes de colados, ésta banda cuenta con costillas ó estrías en su sección transversal con excepción en el centro de ella, éstas estrías tienen el propósito de garantizar y favorecer la adherencia de la banda al concreto, aumentando su resistencia y al mismo tiempo en el caso de que se diera una filtración, formando llaves ó caminos rebuscados para dificultar el tránsito del agua por la unión de la banda y el concreto que conforma al elemento. Este tipo de banda se encuentra solo en el mercado internacional.



BANDA PLANA

La Banda con Bulbo Central. Este tipo de bandas son utilizadas en juntas de expansión donde los movimientos entre los elementos son anticipados. Generalmente son utilizadas en elementos que tienen pendiente, pero, cuenta con la gran ventaja de que se puede utilizar en cualquier tipo de juntas. Esta banda al igual que la anterior también cuenta con una serie de estrías en su sección transversal con el mismo propósito de proporcionar a la banda una mayor adherencia al elemento. Las bandas con bulbo central se encuentran en el mercado nacional con menos secciones que en el mercado internacional, pero las secciones que se encuentran en México se cree que satisfacen las necesidades más comunes de nuestro país, aunque en ocasiones trabajen a mucho menos de su capacidad, estas secciones se muestran en la tabla siguiente.



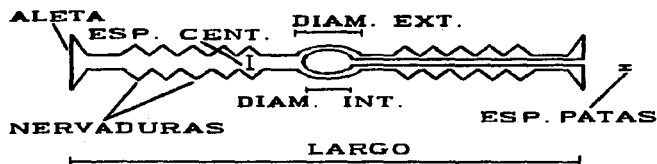
BANDA CON BULBO CENTRAL

SECCIONES DE BANDA EN EL MERCADO NACIONAL

LARGO in	LARGO cm	ESPESOR cm		DIAMETROS		BULBO cm
		CENT.	EXTREMO	INTERIOR	EXTERIOR	
4.0"	10.16	0.30	0.30	0.70	1.60	
6.0"	15.30	0.30	0.30	0.90	1.70	
7.5"	19.05	0.30	0.30	1.20	2.00	
8.0"	20.30	0.30	0.30	1.40	2.30	
9.0"	23.00	0.30	0.30	0.80	1.50	
9.0"	23.00	0.50	0.50	0.80	1.50	
12.0"	29.30	0.50	0.50	1.00	2.00	
12.0"	30.60	0.50	0.50	1.90	2.80	

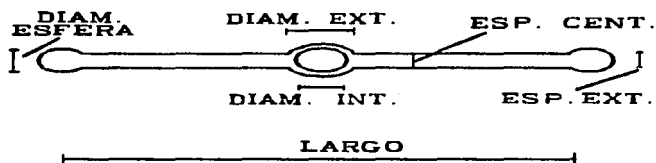
TABLA No II.1

La Banda en Split. El tipo de banda en split es utilizada en cualquier junta de construcción ó juntas de expansión donde sea necesaria la eliminación de formas en sección T. El tipo de bandas en split cuenta también con estrías en su sección transversal, es algo semejante a la banda con bulbo central pues cuenta con el bulbo que le dá ese nombre, pero, con la diferencia de que de el bulbo, salen dos ramificaciones de la banda. A diferencia de la banda anterior, ésta no se encuentra en el mercado nacional por no tener demanda, ó no haberse utilizado anteriormente.



BANDA EN SPLIT

La Banda Dumbell. Este tipo de banda es empleada en juntas de construcción cuando los movimientos entre los miembros de la estructura no son anticipados, Generalmente se usan en pendientes suaves y en juntas horizontales, la banda a que se hace mención a diferencia de las anteriores no cuenta con estrías en su sección transversal, pero cuenta en cada uno de sus extremos con una esfera del mismo material de la banda, que es la que le dá la sujeción al elemento de concreto, además puede ó no, contar con el bulbo central, este tipo de bandas al igual que las anteriores con excepción de la banda con bulbo central, no se encuentra en el mercado nacional.



BANDA DUMBELL

El porque de que existen diferentes tipos de bandas, corresponde solo a su aplicación y en sentido relativo al costo, es decir que el tipo de banda corresponde directamente a la obra donde se colocará, las presiones que tiene que soportar, la geometría óptima, etc. Por lo que a costo se refiere, se puede decir que: si una obra en especial requiere de una banda con menos resistencia y de una geometría menor, como también de un tipo que contenga menos estrías ó no contar con bulbo central, contaría en si misma con menos material que otras, así pues, esto se refleja en el costo, siendo éste último aminorado. Pero con respecto al abatimiento del costo, en México no resulta de esta manera,

ya que, al no tener los moldes para las diferentes secciones y tipos de banda, se tiene que realizar la adquisición de éstos, incursionando en gastos que los empresarios quieren reponer ó recuperar en corto plazo, ocasionando que en lugar de bajar los costos, éstos se incrementen, dando por resultado que el cliente prefiera comprar una banda barata, aunque a esfuerzos actuantes, se encuentre exageradamente sobrada.

A continuación se muestran unas tablas, mediante las cuales se puede determinar el tipo de banda y su sección adecuada para obras de ingeniería civil, éstas pueden desempeñar la función de guía y están hechas conforme a las especificaciones de James M. Montgomery y a las de CH2 de M. Hill. Estas tablas están realizadas tomando como parámetro el tirante ó columna de agua que tendrá que soportar la banda.

BANDA PLANA

TIRANTE	LARGO	LARGO	ESPESOR DE LA BANDA	
			CENTRO cm	EXTREMO cm
m	cm	in		
22.86	10.16	4"	0.45	0.38
22.86	10.16	4"	0.45	0.63
25.90	12.70	5"	0.45	0.38
25.90	12.70	5"	0.45	0.63
25.90	15.24	6"	0.45	0.38
25.90	15.24	6"	0.45	0.63
38.10	15.24	6"	0.93	0.63
38.10	15.24	6"	0.93	1.09
45.72	22.86	9"	0.45	0.71
45.72	22.86	9"	0.45	0.78
45.72	22.86	9"	0.93	0.63
45.72	22.86	9"	0.93	1.09

TABLA II.2

BANDA CON BULBO CENTRAL

TIRANTE	LARGO	ESPESOR cm		DIAMETROS BULBO cm	
		m	cm	CENT.	EXTREMO
19.81	10.16	0.45	0.38	1.09	1.57
19.81	10.16	0.30	0.30	1.27	2.54
24.38	12.70	0.45	0.38	1.09	1.57
30.48	15.24	0.45	0.38	1.16	1.65
30.48	15.24	0.45	0.45	1.16	1.65
33.52	15.24	1.90	0.45	1.27	1.90
38.10	15.24	0.93	0.45	0.63	1.57
38.10	15.24	0.93	0.63	1.09	1.90
38.10	15.24	0.93	0.93	1.27	2.54
45.72	22.86	0.63	0.38	0.63	1.57
45.72	22.86	0.93	0.93	1.27	2.54
60.96	22.86	1.27	0.93	1.27	2.54
76.20	30.48	1.27	0.93	1.57	2.84

TABLA No II.3**BANDA EN SPLIT**

TIRANTE	LARGO	ESPEORES cm			DIAMS. BULBO cm	
		m	cm	CENT.	EXT.	PATAS
19.81	10.16	0.45	0.38	0.15	0.78	1.27
30.48	15.24	0.45	0.38	0.15	0.78	1.27
33.52	15.24	0.63	0.63	0.30	0.93	1.57
38.10	15.24	0.93	0.63	0.30	1.72	2.84
38.10	15.24	1.27	0.93	0.45	1.42	2.69
45.72	22.86	0.30	0.71	0.30	1.27	2.20
60.96	22.86	1.27	0.93	0.45	1.90	3.17
76.20	30.48	1.27	0.93	0.45	2.20	3.47

TABLA No II.4

BANDA DUMBELL

TIRANTE	LARGO	ESPESOR	DIAMETROS BULBO Y ESFERAS cm		
			INTERIOR	EXTERIOR	ESFERAS
m	cm	cm			
30.48	15.24	0.63	1.90	2.84	0.93
45.72	22.86	0.93	1.90	3.81	2.54
45.72	22.86	0.45	1.09	2.05	1.90
45.72	22.86	0.93	5.08	9.52	2.54
19.81	10.16	0.45	--	--	0.93
22.86	12.70	0.45	--	--	0.93
30.48	15.24	0.45	--	--	0.93
30.48	15.24	0.63	--	--	1.27
38.10	15.24	0.93	--	--	1.90
45.72	22.86	0.93	--	--	1.90
45.72	22.86	0.93	--	--	2.54
53.34	22.86	1.27	--	--	2.54
53.34	22.86	0.45	--	--	1.90
60.96	30.48	1.27	--	--	2.54

TABLA No II.5

En relación a las tablas anteriores, se puede mencionar que la magnitud del tirante con el cual se puede seleccionar la geometría de la banda, se repite en muchos de los casos, ocasionando confusión en cuanto a su selección, en el caso de ocurrir ésto debe tomarse en cuenta lo siguiente: el trato que se les dará en su colocación, el tipo de obra en que se van a colocar, su utilización en dicha obra, los movimientos estructurales máximos, los desplazamientos diferenciales y sus sentidos; Seleccionando la banda con mayor sección cuando los parámetros mencionados crezcan ó sean dignos de tomarse en consideración.

Algo más sobre las tablas de selección de bandas y sus geometrías, se comentará más adelante en los capítulos de el modelo de pruebas y en el de comentarios, por el momento solo diremos, que los tirantes ó cargas de agua a los cuales se hace mención en las tablas estan sobrevaluados, es decir que las bandas mencionadas soportan una columna de agua mucho mayor, que la que se menciona en ellas.

CAPITULO III
CONTROL DE CALIDAD

III.- CONTROL DE CALIDAD.

III.1.- ESPECIFICACIONES.

En cuanto a las especificaciones de las bandas de p.v.c para el proyecto de Aguamilpa, se consiguieron los siguientes datos a través de memorándums de diseño de la presa de Salvajina en Colombia y que a su vez están basados en los resultados y la experiencia del uso de estos sellos en la presa de Golillas, en el proyecto de Chingaza. Estas coinciden con las especificaciones con las que se trabaja y que se solicitan en Estados Unidos de Norte América. Las mencionadas a continuación son las solicitadas para dos sellos de p.v.c., los cuales, como se mencionó en el capítulo uno de este trabajo y como se mencionará más a fondo en el cinco, estarán colocados, uno en el plinto y el segundo en las juntas de las losas que conforman la cara de concreto.

Las características geométricas exigidas para los sellos de p.v.c. son las siguientes:

Sello 1.

Banda de p.v.c. con bulbo central de 30.00 ± 1.00 cm de ancho, con un espesor de 0.95 a 1.27 cm, y un mínimo de tres estrías en cada uno de los lados del bulbo central en ambas caras de la banda.

Sello 2.

Banda de p.v.c. con bulbo central de 22.00 ± 1.00 cm de ancho, con un espesor de 0.95 a 1.27 cm, y un mínimo de tres estrías en cada uno de los lados del bulbo central en ambas caras de la banda.

El ancho de cada uno de los sellos debe de ser constante, dentro de las tolerancias de fabricación mencionadas, y se usará el mismo para toda la obra.

Con respecto al material se exige que sea cloruro de polivinilo plastificado; contando solo con plastificante, estabilizador y pigmento necesarios; la composición del material deberá contener solo plastificantes de resistencia conocida a la hidrólisis y al ataque bacterial. El sello debe de ser fabricado por un proceso de extrusión, el material estruido debe de ser denso, homogéneo, de superficie lisa y sin ningún defecto que pudiera afectar el buen funcionamiento ó durabilidad del sello.

Se deberá entregar por parte del proveedor una descripción completa de todos los ingredientes del material con porcentaje en peso. Dibujos con las secciones transversales y sus dimensiones.

Las propiedades químicas y mecánicas deben de ser evaluadas por ensayos practicados a las bandas, cumplir las especificaciones que para cada prueba existen. Para llevar a cabo las pruebas se tomarán muestras de la siguiente manera; Una muestra de 3.00 m de longitud de cada uno de los sellos y otra del material de los sellos en forma de lámina de un tamaño mínimo de 1.00 cm², sin dimensión menor de 15.00 cm² y un espesor uniforme de 3.00 mm.

Las pruebas a que se someten las bandas de p.v.c. son las siguientes (mencionando la especificación que debe de cumplir para ser aceptada, la descripción de las pruebas se dará en este mismo capítulo pero en su subdivisión III).

Características a la tensión.- Conforme a la norma ASTM D 638, la resistencia a la tensión del punto cedente ("Tensile stress at yield") será un mínimo de 17.00 Kg/cm² y

el alargamiento a la rotura ("Elongación at break") un mínimo del 300.00 %.

Resistencia a la rasgadura.- Conforme a la norma ASTM D 624, la resistencia a la rasgadura ("Tear resistance") será de un mínimo de 60.00 Kg/cm².

Dureza.- Conforme a la norma ASTM d 2240, utilizando como instrumento al durómetro, la dureza a indentación será de un mínimo de 70.00 unidades del durómetro (dureza shore a).

Extracción Acelerada.- Cinco especímenes deberán ser sometidos con forme a la norma ASTM D 638 al tratamiento de extracción acelerada, para posteriormente someterlos a ensayos de tensión conforme a la norma ASTM D 638. La resistencia a la tensión a punto cedente ("Tension Stress at Yield") será de un mínimo de 150.00 Kg/cm² y el alargamiento a la rotura ("Elongation at Break") de un mínimo del 260.00%.

Absorción de Agua y Materia Soluble en Agua.- Ensayado conforme a la norma ASTM D 750, el material tendrá una absorción de agua de 0.50 % máximo y el material soluble en agua no deberá de exceder del 0.10 %.

Efecto de Alkali.- Los especímenes a probar y después de acondicionados conforma a la norma ASTM D 618, procedimiento B, para posteriormente ser ensayados conforme a la norma ASTM D 2240 (Prueba de dureza shore a), después serán pesados, en cuyos resultados no deberán de exceder las siguientes variaciones:

A los 7 días:	Cambio en peso	+0.25% - 0.10%
	Cambio en dureza	± 5
A los 28 días:	Cambio en peso	+0.40% - 0.30%

Flexión a Baja Temperatura.- Esta prueba tiene como especificación, que, los especímenes no deberán presentar ningún agrietamiento al momento de ser flexionados, de otra manera se considerarán no utilizables.

Resistencia al Ataque de Bacterias y Hongos.- El material de los sellos no favorecerá el crecimiento de bacterias y hongos ni será afectado por enzimas u otros productos.

III.2.- PROCEDIMIENTO DE LIBERACION

El procedimiento de liberación de bandas de p.v.c., consiste en una serie de pasos que se deben de realizar conjuntamente ó por lo menos en constante comunicación entre el proveedor y el personal de la Gerencia de Ingeniería Experimental y Control (G.I.E.C.), el liberar la banda ó mejor dicho el liberar un lote de fabricación de junta de dilatación (banda de p.v.c.) involucra una serie de pruebas, que culminan en un certificado de control de calidad, el cual, hace constar que el mencionado lote de producto se sometió a las pruebas necesarias y realizadas por parte de C.F.E. a través de su organismo G.I.E.C., y que por su parte encontraron que ese lote en especial cumple con las normas especificadas para su uso. Enseguida se enumerarán los pasos a seguir para la liberación de lotes de banda de p.v.c..

- 1.- El proveedor contará con un pedido de la obra para la cual se solicita la banda y deberá entregar una copia a G.I.E.C..
- 2.- El proveedor deberá mandar a fabricar la cantidad de banda solicitada por la obra.

- 3.- El fabricante pone el producto a disposición del personal de laboratorio de G.I.E.C. y del proveedor, avisando a ambos para señalar una fecha de muestreo.
- 4.- De las bodegas del fabricante el personal de G.I.E.C. tomará muestras de los lotes producidos (entendiéndose por lote, la producción de 300.00 m de banda de p.v.c.). De estas muestras se sacarán las probetas necesarias para realizar las pruebas de tensión, elongación, envejecimiento, extracción acelerada, etc. Todas las pruebas serán realizadas en el laboratorio del fabricante y verificadas por el personal de G.I.E.C..
- 5.- El fabricante avisará al personal de G.I.E.C. cuando puede pasar a su laboratorio, para observar y calificar las pruebas de envejecimiento y extracción acelerada (elongación, tensión y cambio de peso) a la edad de 15 días como mínimo.
- 6.- Si los resultados son aceptables, se libera el pedido del producto, para entregar carta de comprobación de calidad al proveedor al día siguiente y copias de la misma al fabricante.
- 7.- El fabricante enviará los formatos de resultados a la dirección de la Gerencia de Ingeniería Experimental y Control para que se formule el informe que se mandará a la obra.
- 8.- Los resultados obtenidos por el laboratorio del fabricante se compararán con los resultados de las muestras que se enviarán a LAPEM. En caso de que no exista concordancia, se realizará una supervisión más enérgica al fabricante.

III.3.- PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

En cuanto a pruebas de control de calidad se puede mencionar que son de una gran importancia, tanto para el consumidor como para el fabricante, sobre todo en el tipo de obras como Aguamilpa. Esto se basa en que, al consumidor le interesa que los productos utilizados en su obra le den la seguridad de que ésta no presentará problema alguno. Por su parte al fabricante no le interesa desprestigiarse ante el consumidor, ya que perdería clientes muy importantes que en un momento dado son los que más posibilidades tienen de solicitar volúmenes grandes de material.



PRUEBA DE TENSION

En el caso de los sellos de p.v.c. que se están viendo en el presente trabajo deben de ser sometidos a pruebas específicas para determinar las propiedades a la tensión, elongación y absorción de las bandas de p.v.c..

RESUMEN DEL METODO.

Las probetas que se obtienen de las muestras representativas de los lotes de entrega, se prueban a la tensión en la máquina adecuada hasta su ruptura y por medio de un extensómetro se mide la elongación en el transcurso de la prueba, para posteriormente comparar la última medida del extensómetro con la especificación.

Otras de las probetas se tratan con solución de hidróxido de sodio (NaOH) por tiempos especificados. Las probetas perfectamente enjuagadas con agua destilada se secan superficialmente y se les practican pruebas de tensión. Los resultados de estas pruebas deberán de ser el promedio de por lo mínimo 3 probetas.

APARATOS Y EQUIPO.

Máquina de tensión que permita medir la magnitud del esfuerzo de tensión en cada instante durante la prueba, esta máquina deberá contar con dos mordazas para sujetar el espécimen de prueba por sus extremos.

Un extensómetro de precisión que permita determinar los alargamientos con una aproximación de 0.10 mm.

Baño de agua con control de temperatura.

Balanza analítica.

Material común de laboratorio químico.

Materiales reactivos: Hidróxido de Sodio en grado reactivo. Agua destilada desmineralizada. Solución al 10.00 % de Hidróxido de Sodio en agua.

Para obtener el último material reactivo, se ponen 500.00 cm³ de agua en un vaso de 2.00 litros y se agregan lentamente 100.00 g de NaOH agitando constantemente y procurando que la solución no se caliente demasiado. Se deja enfriar a temperatura ambiente y se completa el volumen con otros 500.00 cm³ de agua. Esta solución debe guardarse en frasco de vidrio con tapon de corcho (no usar tapon de vidrio esmerilado).

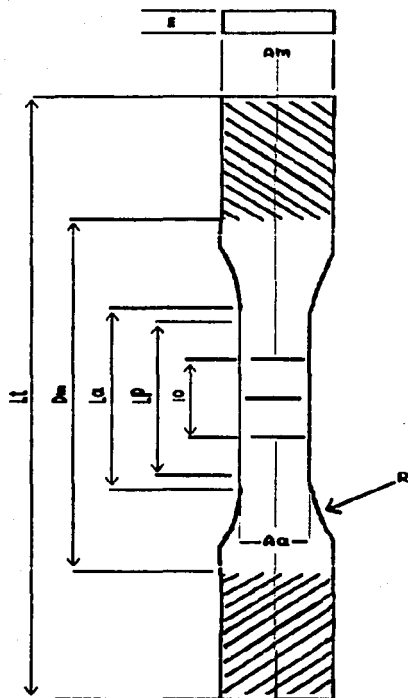
MUESTREO.

Las muestras deben tomarse de el lote de entrega en cantidad suficiente para que sean representativas. El muestreo puede hacerse de común acuerdo entre fabricante y consumidor.

Las probetas se obtienen de las muestras seleccionadas empleando para el efecto una suajadora, ó cualquier otro mecanismo que permita obtener probetas planas de acuerdo con la forma y dimensiones señaladas a continuación.

Dimensiones en mm de las probetas

Aa	Ancho de la seccion angosta	13.00 ± 0.50
La	Longitud de la sección angosta	57.00 ± 0.50
Am	Ancho mayor	
Lt	Largo total	165.00 Máximo
Lp	Longitud de la probeta	50.00 ± 0.25
Dm	Distancia entre las mordazas	115.00 ± 5.00
R	Radio de ensanchamiento	76.00 ± 1.00



SECCION DE LAS PROBETAS ESPECIFICADO

ACONDICIONAMIENTO DE LAS PROBETAS.

Las probetas deben acondicionarse a una temperatura de 296.00 ± 2.00 °K (23.00 ± 2.00 °C) durante 24.00 Hrs. en el baño de agua.

Posteriormente se trazan dos líneas paralelas en la parte media de la probeta distanciadas 1.00 cm una de la otra.

En el caso de que la falla de la probeta no ocurriese dentro de las dos líneas mencionadas en el párrafo anterior, se deberá realizar nuevamente la prueba.

PROCEDIMIENTO.

Las determinaciones de las propiedades a la tensión deben llevarse a cabo por triplicado en la atmósfera ordinaria de el laboratorio, teniendo la precaución de que el tiempo máximo transcurrido entre la extracción del espécimen de prueba del baño de agua y la iniciación de la prueba sea de 5.00 min.

Se mide el ancho y el espesor de cada espécimen en la zona intermedia con una aproximación de 0.10 mm.

Se sujeta la probeta de sus partes más anchas en las mordazas de la máquina de tensión de tal manera que la distancia entre éstas sea de 1.15 a 1.20 cm, quedando fuera de cada mordaza una zona de 5.00 a 8.00 mm de la parte más ancha del espécimen, de tal forma que quede perfectamente alineada para evitar que se le aplique un esfuerzo de torsión.

Se aplica la fuerza de tensión en forma progresiva a una velocidad de la máquina de 50.00 a 60.00 mm/min, y se continua su aplicación hasta que se produzca la ruptura.

Al momento de la ruptura se lee la carga G aplicada y en el extensómetro la distancia entre las dos líneas originales de la probeta.

La resistencia a la tensión, será calculada con la siguiente formula:

$$f = \frac{G}{A}$$

En donde :

f = Resistencia a la tensión.

G = Fuerza de tensión en la ruptura en N ó en Kgf.

A = Sección transversal original del espécimen, exp. en cm².

El cálculo de la elongación se realiza con la siguiente formula:

$$E = \frac{l}{L} \times 100$$

En la cual.

E = Elongación de espécimen en %

l = Longitud entre las dos marcas en la ruptura.

L = Longitud original entre las dos marcas (10.00 mm)

Prueba de extracción acelerada.- Se toman cinco muestras que serán sometidas al siguiente proceso: Después de registrar el peso de cada uno de los especímenes, éstos se sumergirán totalmente en una solución de 5.00 gramos de hidróxido de sodio químicamente puro y 5.00 de hidróxido de potasio también químicamente puro, disueltos en un litro de agua destilada. La temperatura de la solución será aireada constantemente por una burbuja cada segundo, ésta última inyectada por un tubo de vidrio de 6.00 milímetros de diámetro con la abertura colocada a 1.00 cm sobre el fondo del recipiente. La solución será cambiada cada 24.00 horas por una nueva, calentada a 65°C antes del remplazo. Los especímenes serán sacados diariamente, enjuagados, secados con un paño y 10.00 minutos después de haber sido secados

serán pesados en grupo y recolocados en la nueva solución. Este tratamiento deberá seguirse continuamente hasta que el peso de los especímenes quede constante, esto se realizará por un periodo mínimo de 14 días y máximo de 90 días. El peso constante será asumido si el cambio en tres días consecutivos no excede en 0.05% del peso original.



MEDICION DE LA ELONGACION

Tal y como se mencionó en este mismo capítulo en la subdivisión de especificaciones, después de haber sido tratados así, los especímenes serán sometidos nuevamente a ensayos de tensión conforme a la norma ASTM D 638 y se deberá llegar al resultado especificado.

Con el fin de ilustrar y ejemplificar cuales y como son los reportes ó certificados entregados por el departamento de aseguramiento de calidad de el fabricante, se presenta a continuación un juego de ellos, tratándose en este caso de las pruebas realizadas a una banda de producción nacional, la cual cuenta con las características que a continuación se enlistan.

Descrip.	Banda c. bulbo cent.	Material	p.v.c. plastificado
Color	Rojo	Largo	12.00 in = 30.60 cm
Esp. central	0.50 cm	Esp. extremo	0.50 cm
Diámetro int. de bulbo			1.90 cm
Diámetro ext. de bulbo			2.80 cm
Norma de referencia			CDR-C-572-71

CERTIFICADO DE CALIDAD			
Para	Proveedor/Cliente		
Artículo	Banda de p.v.c. 12-5		
Norma Referencia	CDR-C-572-71		
Fecha	DD/MM/AA		
CONCEPTO	ESPECIFICACION		
RESULTADO			
ANTES DE EXTRACCION ACELERADA			
Resist. a la tensión	MPa	12.20 mín.	15.45
Elongación	%	280.00	366.00
Dureza Shore a	UNI.	75-85	83-84
DESPUES DE EXTRACCION ACELERADA			
Cambio de peso	%	+0.25/-0.10	0.17
Dureza respecto orig.	UNI.	± 5.00	-2.00
Resist. a la tensión	MPa	10.30 mín.	16.27
Elongación	%	300.00 mín.	348.00

**DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
 REPORTE DE PRUEBAS EN BANDAS DE P.V.C.**

(TENSION Y ELONGACION ANTES DE EXTRACCION ACELERADA)

BANDA DE P.V.C. COLOR ROLO

MEDIDA 12" (30/5)

NORMA CDER-C-572-71

FECHA DE PRUEBA DD/MM/AA

PROB.	CONDICIONES PRUEBA			DIMENSIONES REALES			ESPECIF. Y RES		
	No	VELOC. 2 in/ min	TEMP. 23°C ±2	HUM. 55% ±5	ANCHO mm	ESPESES. mm	AREA cm ²	ELONG 280% mín.	TENS 12.2 MPa
1	2	23	55	6.1	4.60	0.281	392	16.4	O.K
2	2	23	55	6.1	4.70	0.287	388	15.9	O.K
3	2	23	55	6.1	4.70	0.287	388	16.0	O.K
4	2	23	55	6.1	5.00	0.305	396	15.7	O.K
5	2	23	55	6.1	4.70	0.287	388	16.2	O.K
6	2	23	55	6.1	4.10	0.250	350	15.1	O.K
7	2	23	55	6.1	4.20	0.256	350	15.3	O.K
8	2	23	55	6.1	4.20	0.256	340	14.3	O.K
9	2	23	55	6.1	4.20	0.256	340	14.9	O.K

DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
 REPORTE DE PRUEBAS EN BANDAS DE P.V.C.

(TENSION Y ELONGACION DESPUES DE EXTRACCION ACELERADA)

BANDA DE P.V.C. COLOR ROLO

MEDIDA 12" (30/5)

NORMA CDER-C-572-71

FECHA DE PRUEBA DD/MM/AA

PROB.	CONDICIONES PRUEBA			DIMENSIONES REALES			ESPECIF. Y RES		
	No	VELOC. 2 in/ min	TEMP. 23°C ±2	HUM. 55% ±5	ANCHO mm	ESPES. mm	AREA cm ²	ELONG 300% mín.	TENS 10.3 MPa
1	2	23	55	6.1	4.40	0.268	340	16.2	O.K
2	2	23	55	6.1	4.40	0.268	340	16.6	O.K
3	2	23	55	6.1	4.35	0.265	350	16.4	O.K
4	2	23	55	6.1	4.35	0.265	350	16.8	O.K
5	2	23	55	6.1	4.35	0.265	340	16.4	O.K
6	2	23	55	6.1	4.30	0.262	340	16.2	O.K
7	2	23	55	6.1	4.25	0.259	350	16.7	O.K
8	2	23	55	6.1	4.30	0.262	360	16.7	O.K
9	2	23	55	6.1	4.20	0.256	360	16.7	O.K
10	2	23	55	6.1	4.30	0.262	350	16.1	O.K
11	2	23	55	6.1	4.40	0.268	350	16.7	O.K
12	2	23	55	6.1	4.40	0.268	350	15.1	O.K
13	2	23	55	6.1	4.40	0.268	360	15.3	O.K
14	2	23	55	6.1	4.35	0.265	350	16.1	O.K
15	2	23	55	6.1	4.40	0.268	340	16.3	O.K

DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
 REPORTE DE PRUEBAS EN BANDAS DE P.V.C.
 (CAMBIO DE PESO DESPUES DE EXTRACCION ACELERADA)

BANDA DE P.V.C. COLOR ROLO

MEDIDA 12" (30/5)

NORMA CDER-C-572-71

FECHA DE PRUEBA DD/MM/AA

PROBETA NUM.	MASA		CONDICION D PRUEBA			ESPECIF. Y RESULT	
	INICIO g	FIN g	SOL'N	TEMP. °C	TIEMPO h	CAMBIO MASA +0.25-0.10%	OBS.
1	8.9603	8.9763	ALCAL	60	168	0.1785	O.K.
2	8.8511	8.8691	ALCAL	60	168	0.2033	O.K.
3	8.8914	8.9031	ALCAL	60	168	0.1315	O.K.

DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
 REPORTE DE PRUEBAS EN BANDAS DE P.V.C.
 (CAMBIO DE DUREZA SHORE A)

BANDA DE P.V.C. COLOR ROLO

MEDIDA 12" (30/5)

NORMA CDER-C-572-71

FECHA DE PRUEBA DD/MM/AA

PROBETA NUM.	D. INI		CONDICION D PRUEBA			ESPECIF. Y RESULT	
	ESPEC. 75-85	ESPEC. ± 5	SOL'N	TEMP. °C	TIEMPO h	CAMB. DUREZA ± 5 U. vs IN	OBS
1	83-84	81-82	ALCAL	60	168	-2	O.K.
2	83-84	81-82	ALCAL	60	168	-2	O.K.
3	83-84	81-82	ALCAL	60	168	-2	O.K.

CAPITULO IV

MODELO PARA PRUEBAS

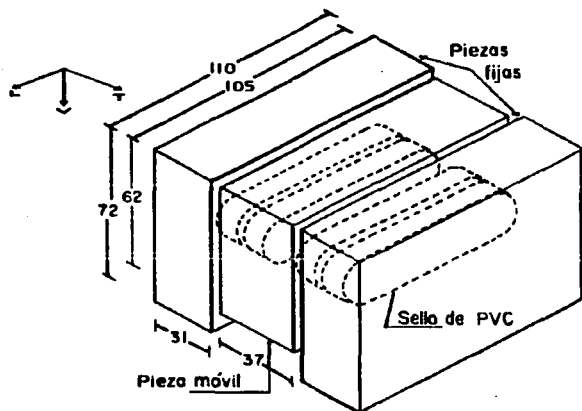
IV.- MODELO PARA PRUEBAS

IV.1.- DESCRIPCION DEL MODELO

Con objeto de determinar la resistencia a la ruptura de los sellos de p.v.c. que se instalarán en las juntas entre losas de la cara de concreto y en la junta perimetral de la presa de Aguamilpa, la Gerencia de Ingeniería Experimental y Control (G.I.E.C.), construyó un equipo con el cual se pueden aplicar desplazamientos en tres direcciones a cada sello mediante sistemas mecánicos (tornillos de tensión), semejando con esto los desplazamientos que ocurren en las juntas de la cara de concreto de la cortina (normal y paralelo a la junta, y normal a la cara), al tiempo que el sello ó banda se encuentra sometido a una presión hidrostática.

El modelo consiste básicamente en tres piezas de concreto unidas entre sí mediante dos bandas de p.v.c., que son precisamente las que se pretende probar. Las piezas de concreto exteriores son fijas, en tanto que la pieza central es móvil.

Las piezas exteriores de concreto incluyen cada una un alero de banda (longitud de banda desde el extremo del bulbo hasta el borde de la misma), la pieza central contiene el alero restante de cada una de las bandas, de manera que las distancias libres entre el cuerpo central y los cuerpos laterales son iguales a los diámetros exteriores de los bulbos de las bandas colocadas en el modelo. En la pieza central quedan ahogadas las barras para aplicar los desplazamientos longitudinales y transversales. Estas barras forman parte de dos sistemas mecánicos independientes para aplicar movimientos al bloque central, los cuales están diseñados para operar aún con movimientos en las otras dos direcciones ortogonales.



MODELO DE PRUEBAS

Cada sello ó banda está colocado formando una elipse, para lograr esto, las bandas se encuentran unidas en sus extremos mediante vulcanización, envolviendo a dos láminas de acero paralelas para adquirir la forma y dimensiones requeridas. La cámara que queda delimitada por las láminas y el bulbo de la banda, durante las pruebas se encuentra llena de agua con el fin de aplicarle presión interna a la banda. Mediante la aplicación simultánea de presiones diferentes a cada banda, se produce el movimiento de la pieza central en el sentido perpendicular a las caras de las piezas de los extremos.

El equipo de prueba se completa con dos marcos formados con barras de acero que abrazan a las piezas exteriores de concreto y que lo contienen al aplicar las presiones hidrostáticas.

Como equipo anexo al modelo, no teniendo que ver directamente con el, pero formando parte importante de las pruebas, se cuenta con: gatos hidráulicos, deformímetros, tanques de agua y de aire, manómetros y equipo menor. Los instrumentos anteriormente mencionados, como se puede intuir, son de gran importancia, ya que los gatos hidráulicos nos permiten hacer ó provocar dos de los movimientos necesarios (sentido longitudinal de el modelo y perpendicular a la base de éste). Los deformímetros permiten determinar cual fue el desplazamiento de las piezas al darse la falla de las bandas. Los tanques de aire y de agua comprimidos, nos permiten suministrar la presión hidráulica al modelo. Los manómetros nos darán las lecturas a las cuales las bandas presentaron su colapso ó falla.

Con este equipo de prueba se pueden producir los siguientes desplazamientos máximos:

Transversal	Dt = 35.00 mm
Longitudinal	Dl = 50.00 mm
Vertical	Dv = 75.00 mm

La presión hidráulica máxima aplicable es de 25.00 kg/cm²

El modelo ó equipo de pruebas anteriormente descrito, tiene como última finalidad, el determinar si las bandas de p.v.c. propuestas para la colocación en las juntas del proyecto de Aguamilpa, cumplen con los requerimientos de la obra. Es por lo anterior que el modelo trata de simular el comportamiento de la obra, Tratando de conjuntar todos los posibles movimientos ó desplazamientos que podrian sufrir las losas de concreto, e intrínsecamente a los que estaría sujeta la banda de p.v.c.. También trata de simular a través de la aplicación de presión hidráulica, la columna ó tirante de agua que produciría una carga ó presión hidrostática similar a la que actuaría al llenarse el vaso de la presa.

El modelo de pruebas fue diseñado por el M. en Ing. Raúl J. Marsal, este modelo sufrió algunos cambios en cuanto a resistencias del concreto y características del armado con forme se dió el paso del tiempo y en base a ensayos realizados a bandas de p.v.c., en este modelo, estas pruebas ó ensayos determinaron las modificaciones necesarias para su correcto desempeño. Las características del armado, concreto, cambios, así como sus causas se mencionarán en el siguiente subcapítulo.

IV.2.- ENSAYE DE BANDAS EN EL MODELO

En esta división del capítulo se describirá tanto el proceso de construcción, los resultados de los ensayos de las bandas de p.v.c., como las modificaciones y sus causas que sufrió el modelo, así como las características de las bandas probadas. Aclarando que se realizaron varios ensayos y por lo tanto varios modelos, así pues, solo se describirán los ensayos uno y dos, por ser éstos, en los que se dieron las principales modificaciones. De los ensayos subsecuentes solo se mencionarán algunos datos y resultados, para posteriormente describir a detalle el quinto y último modelo como también su ensayo, ya que es el modelo que cuenta con todas las modificaciones y ajustes realizados a través de el tiempo de estudio y fue el que arrojó los datos definitivos sobre los sellos de p.v.c..

Con el fin de evitar un gran tamaño ó una considerable cantidad de hojas de este trabajo, que solo contribuirían a una complicación para distinguir el modelo definitivo con sus antecesores, solo se presentarán las fotografías de el último modelo de pruebas.

El método ó procedimiento para realizar los ensayos de las bandas en cada uno de los modelos probados, es el mismo y está basado en los reportes de comportamiento de otras presas, por lo que se recomienda que la secuencia de las deformaciones de las juntas sea de la siguiente manera:

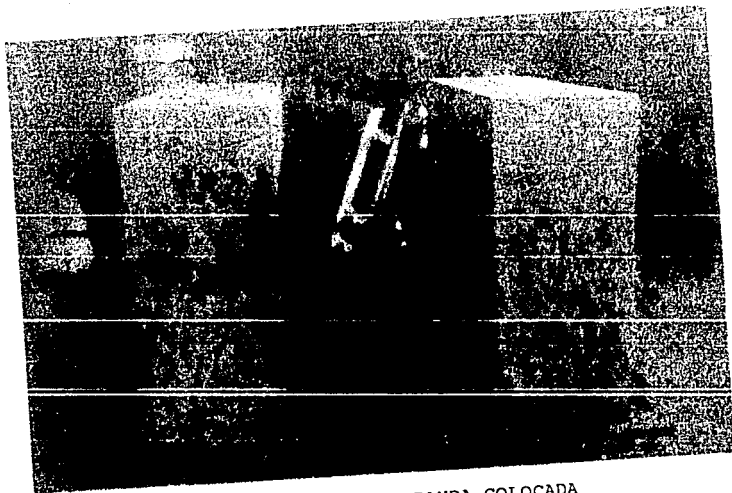
Primero - Bajar el bloque central. La causa por la cual se propone este movimiento, es, por que al estar en construcción la obra y al incrementarse las dimensiones y el peso de esta, es lógico que se de un asentamiento y una consolidación del terreno.

Segundo - Mover longitudinalmente el bloque central. La razón por la que se sugiere que se de esta modificación a la posición del bloque central, es por que así se simula la tendencia que sufre la losa al recibir el empuje del agua.

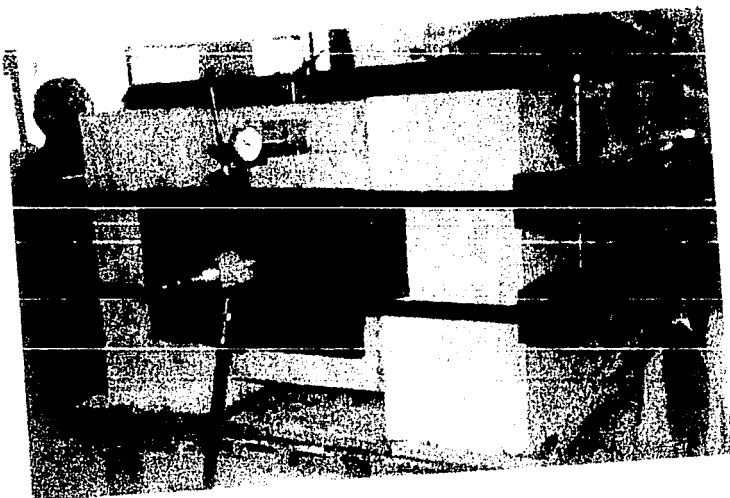
Tercero - Deslizar lateralmente el bloque central. Lo que se sugiere en este tercer movimiento, viene a razón de querer darle al modelo, los movimientos que se tendrían en la obra, tenemos así que este desplazamiento del bloque mencionado simula la relajación relativa que sufre la cara de concreto al terminar de llenarse el vaso de almacenamiento.

Cuarto - Suministro de presión. Este paso se propone al final de la prueba, ya que con ésto se llega a tener semejanza con la obra. La banda al soportar la presión hidrostática del modelo dá la idea de que el vaso de la presa se encuentra lleno y por lo tanto, la banda sujeta a un empuje provocado por el tirante de agua almacenada.

En cuanto a los movimientos y el orden antes mencionados se puede comentar que, el primer movimiento puede ser simultáneo con el segundo, y lo mismo sucede con los movimientos tres y cuatro.



PIEZAS FIJAS CON BANDA COLOCADA



EQUIPO ADICIONAL AL MODELO

A continuación se presentan las características de las bandas ensayadas en el modelo de pruebas. Se hace la observación de que se seleccionaron dos bandas de características similares de entre las existentes en el mercado nacional, esta selección se realizó tomando en cuenta la calidad, presentación e información técnica proporcionada por los proveedores. Las bandas seleccionadas son de proveedores diferentes y solo con el fin de distinción entre una banda y otra y no de un proveedor y otro se proporcionan los colores de ellas.

<u>Características</u>	<u>Banda Roja</u>	<u>Banda Azul</u>
Ancho	22.9 cm (9")	22.9 cm (9")
Espesor	3.0 mm	3.0 mm
Diámetro del bulbo	18.0 mm	36.0 mm
No estrías longitudinales	10 total	10 total
Alargamiento	280 %	280 %
Resistencia última a tensión	122 Kg/cm ²	122 Kg/cm ²

ENSAYE DEL PRIMER MODELO DE PRUEBAS.

Los días 26 y 27 de septiembre de 1989 se llevó a cabo el ensaye de 2 bandas de p.v.c.. La fabricación del modelo experimental se realizó como se describe a continuación:

Los cubos del modelo experimental se colaron con un concreto de dosificación como la siguiente:

Material	Cant./m³	Cantidad usada
Cemento puzolánico	350.00 Kg/m ³	15.75 Kg
Arena integral	758.00 Kg/m ³	35.30 Kg
Grava integral	1044.00 Kg/m ³	46.84 Kg
Agua	160.00 Kg/m ³	6.14 lt
Aditivo reductor agua	10.00 cm ³ /Kg cem.	158.00 cm ³

Con lo cual se llegó a una resistencia a compresión a la edad de 5 días de 278.00 Kg/cm^2 , los cubos extremos fueron colados el día 19 de septiembre y el central dos días después. En los tres elementos la forma de colado fue idéntica, se colocó la primera capa de concreto hasta $1/3$ de la altura de los cubos, con lo cual se cubrió la parte inferior de los especímenes de p.v.c., la segunda capa cubrió la parte central de los elementos con otra tercera parte de la altura del modelo, y por último con el $1/3$ restante del colado, se cubrió totalmente las bandas de p.v.c..

En cada una de las etapas de colado se utilizó un vibrador eléctrico de $1.00''$ de diámetro, para la compactación del concreto. Al finalizar el colado se procedió a curar el concreto cubriéndolo con polietileno húmedo.

El día 25 de septiembre se colocó la placa con los tres cubos en la mesa de ensaye. Una vez colocados se notó un error en la orientación de los cubos, que por la posición que tenían, el movimiento en el sentido transversal de los cubos quedó restringido a 12.00 mm en lugar de 38.00 mm , que era lo especificado originalmente, por tal motivo se decidió realizar únicamente el ensaye hidrostático, con movimientos vertical y longitudinal.

Para iniciar los ensayos se procedió a purgar los ductos de agua y verificar la presión de aire y agua de los depósitos. En una primera etapa se dió presión hidrostática sin desplazamientos en donde al llegar a una presión aproximada de 4.50 Kg/cm^2 se presentaron fugas de agua en el concreto del block central y la unión de la banda azul, ya detectada la deficiencia en el colado del concreto, se mantuvo la presión hidrostática esperando un posible sellado de las fisuras por el mismo modelo, pero ésto fue inútil, se bajó la presión hidrostática y tomando nota de lo acontecido,

se procedió a ejecutar un ensaye con presión y tracción vertical, al retirar la presión hidrostática, el modelo se recuperó en un 80.00 % de sus deformaciones. En una tercera etapa de carga se transmitieron al modelo carga hidrostática y tracción longitudinal. Para esta etapa se llevó al modelo a una presión de 3.00 Kg/cm², la tracción longitudinal se proporcionó logrando desplazamientos de 1.00 mm/min hasta llegar a 10.00 mm. En esta etapa del ensaye se midió el gasto (Q) de las fugas de agua, los resultados se presentan a continuación:

Presión Kg/cm ²	0.0	2.0	3.0	3.0	4.0
Desplazamientos mm	14.4	14.4	14.0	13.6	0.0
Fugas l/s	0.0	0.0	0.007	0.008	0.013

Al final de esta prueba se intentó llevar el modelo a una presión hidrostática de 10.00 Kg/cm², lo cual no se logró por presentarse fallas en el concreto del block central, en 4.00 Kg/cm², la parte inferior tuvo un agrietamiento tal, que no permitió llegar a una presión mayor.

Al hacer la auscultación abriendo las partes donde se presentaron las grietas, se encontró que el concreto presentaba una porosidad aparente, la posición original de las bandas se afectó en el momento de la compactación del concreto, la parte inferior del anillo de las bandas se inclinó hacia el extremo inferior del cubo, la superficie de contacto de la banda se encontró húmeda, y en el contacto inferior de la banda con el concreto no fué posible extraer el aire completamente, encontrándose grandes burbujas en esta parte del concreto.

Para un segundo modelo a experimentar el prof. Raúl J. Marsal planteó se modificara la mesa de ensaye en cuanto a sus dimensiones transversales en 4.00" por lado, para permitir que el block central de concreto aumentara en 10.00 cm, y así tener mayor espacio entre los elementos de refuerzo longitudinal, con lo cual se podrá efectuar una mejor compactación del concreto y superar sus deficiencias.

Resultados generales de la primera prueba:

Edad y resistencia del concreto:	4 días	$f'c = 278 \text{ Kg/cm}^2$
Presión máxima proporcionada	:	$Ch = 4.00 \text{ Kg/cm}^2$
Desplazamientos	:	$Dx = 57.75 \text{ mm}$
		$Dy = 49.80 \text{ mm}$
		$Dz = 16.60 \text{ mm}$

ENSAYE DEL SEGUNDO MODELO DE PRUEBAS.

El día 16 de octubre de 1989 en el laboratorio de concreto de la G.I.E.C., se procedió a efectuar el ensaye del "segundo modelo experimental de sellos de p.v.c.".

Atendiendo a las modificaciones planteadas por el prof. Raúl J. Marsal, se cambió el modelo en los siguientes conceptos:

- 1.- Aumentar la sección transversal del block central de 30.00 cm a 40.00 cm.
- 2.- Aumentar la sección transversal de la placa de ensaye.
- 3.- Aumentar el espacio de las láminas centrales que se ubican en la parte interna de los modelos de banda de p.v.c., con lo cual se permitirá un mejor acomodo de los bulbos, logrando con ésto evitar errores en la colocación especificada para las bandas de p.v.c. dentro de los blocks de concreto.

Se construyó el modelo de ensaye teniendo mayor facilidad para el acomodo de las bandas, mejor acabado de la superficie de los blocks y facilidad para el vaciado del concreto. El procedimiento de colocación del concreto se efectuó en forma similar a la del primer modelo. La dosificación del concreto se modificó para lograr mayor resistencia a la compresión a la edad de 3 días (330 Kg/cm²) quedando como se muestra a continuación.

Material	Cant./m ³	Cantidad usada
Cemento puzolánico	380.00 Kg/m ³	17.10 Kg
Arena integral	709.00 Kg/m ³	33.02 Kg
Grava integral	976.00 Kg/m ³	43.80 Kg
Agua	165.00 Kg/m ³	6.45 lt
Aditivo reductor agua	12.00 cm ³ /Kg cem.	205.00 cm ³

En este ensaye se partió con el objetivo de realizar tres precargas hidrostáticas al modelo, llevando a unos esfuerzos de 10.00 Kg/cm², con unos incrementos de presión de Dch = 2.00 Kg/cm² y con intervalos de tiempo de Dt = 10.00 min, esto con la finalidad de observar el comportamiento del modelo y en especial de el concreto.

En la primera etapa de carga a una presión de 1.00 Kg/cm² se observó que en los tubos de presión hidráulica se iniciaron unas fugas de agua, al aumentar a 2.00 Kg/cm² se presentaron pequeñas fugas en la parte inferior del block derecho, dichas anomalías al pasar aproximadamente 2.00 min, disminuyeron notoriamente. Se continuó con el incremento de presión hidrostática a un valor de 4.00 Kg/cm² donde no hubo cambios notables en el comportamiento del modelo, al llevar la presión hidrostática a 6.00 Kg/cm² se presentó la falla de el block derecho.

Los blocks central e izquierdo permanecieron sin problemas, tomando nota del comportamiento del modelo, se bajó la carga hidrostática a cero y se determinó dar nuevamente carga hidrostática adicionando desplazamientos al block central, los datos de carga y desplazamientos tanto de la primera etapa como de la segunda se muestran a continuación:

DATOS DE LA PRIMERA ETAPA:

PRESION Kg/cm ²	DESP. TRANSV. mm	DESP. LONG. mm	DESP. VERT. mm
0.00	90.30	15.10	9.60
2.00	91.10	14.10	10.30
4.00	91.50	14.50	9.70

DATOS DE LA SEGUNDA ETAPA:

PRESION Kg/cm ²	DESP. TRANSV. mm	DESP. LONG. mm	DESP. VERT. mm
0.00	9.4	16.9	21.2
2.00	94.2	-.-	-.-

Concluida la segunda etapa se determinó dar carga sin desplazamientos, y observar si se producía falla en la banda 6 en los blocks de concreto, el modelo se sometió hasta una carga hidrostática de $Ch = 16.00 \text{ Kg/cm}^2$, sin presentarse cambios importantes en el marco de el agrietamiento y fugas que se habían presentado con esfuerzos menores.

Examinando el comportamiento de este segundo modelo experimental, sus materiales y su construcción, se juzgó necesario realizar ajustes tanto al armado como a las dimensiones de los blocks.

Resultados generales de la segunda prueba:

Edad y resistencia del concreto: 3 días $f'c = 330 \text{ Kg/cm}^2$
Presión máxima proporcionada : $Ch = 16.00 \text{ Kg/cm}^2$
Desplazamientos : $Dx = 20.00 \text{ mm}$
 $Dy = 25.00 \text{ mm}$
 $Dz = 50.00 \text{ mm}$

ENSAYE DEL TERCER MODELO DE PRUEBAS.

Como se mencionó anteriormente para este ensaye se modificaron nuevamente las dimensiones de las piezas de concreto y su armado, en el actual modelo ya no se presentaron fallas estructurales, achacables directamente a la configuración del modelo. El procedimiento de ensaye consistió en aumentar paulatinamente la presión hidrostática hasta 10.00 Kg/cm^2 y después provocar los desplazamientos de la pieza central en las tres direcciones. Al inicio de la prueba, cuando la presión hidrostática era de 0.50 Kg/cm^2 , se presentó una fuga de agua a través de una de las bandas pero el defecto fué vulcanizado lográndose la restauración del sello. Con el fin de evitar problemas similares al que se presentó en esta prueba, se realizó un estudio para determinar la causa de la falla presentada al inicio del ensaye, llegando a la conclusión, de que: la banda fué cortada por los filos de concreto del modelo, así pues se recomendó tomar las medidas necesarias para evitar este tipo de problemas en los ensayes subsecuentes.

A continuación se presenta lo ocurrido durante esta tercera prueba:

Presión Kg/cm ²	Movimiento En Sentido	Desplazamientos Acumulados En (mm)		
		Transversal	Longitudinal	Vertic.
2.00	- - -	0.00	0.00	0.00
4.00	- - -	-0.30	0.50	-0.30
6.00	- - -	-0.90	0.40	-0.70
8.00	- - -	-1.10	0.10	-0.70
10.00	- - -	-1.70	-0.10	-0.60
10.00	L,T,V	1.30	- -	3.30
10.00	L,T	2.10	5.00	9.30
10.00	L,T,V	7.50	8.20	15.60

ENSAYE DEL CUARTO MODELO DE PRUEBAS.

Como se mencionó en lo anterior, en este ensaye se tomaron precauciones para evitar el contacto brusco de las bandas con los filos de los bloques que forman al modelo, logrando con ésto que no se presentaran fallas por perforación de las bandas, sino buscar que las bandas fallen debido a la presión y deformaciones ó desplazamientos inducidos.

En el cuarto ensaye de bandas, no se presentaron fallas estructurales ni fallas provocadas por factores externos, la prueba se realizó en condiciones deseadas hasta llegar a la falla de las bandas.

El colapso de la primera banda (Azul) ocurrió con una lectura de presión hidrostática de 10.00 Kg/cm², después de registrarse la falla mencionada, se prosedió a descargar de presión a la pieza central, una vez realizado ésto y habiendo quitado los tornillos de tensión, se incrementó la presión interna a la banda en buenas condiciones (Roja) y ésta fallo

a una presión de 11.00 Kg/cm², los datos obtenidos en esta prueba se citan a continuación.

Presión Kg/cm ² Vertical	Movimiento En Sentido	Desplazamientos Acumulados En (mm)		
		Transversal	Longitudinal	
2.00	- - -	0.00	0.00	0.00
2.00	L,V	1.80	2.30	5.50
5.00	L,V	2.30	5.90	11.30
5.00	T	10.50	3.70	11.50
10.00	L,V,T	5.50	23.60	23.00
11.00	-	- -	- -	- -

ENSAYE DEL QUINTO MODELO DE PRUEBAS.

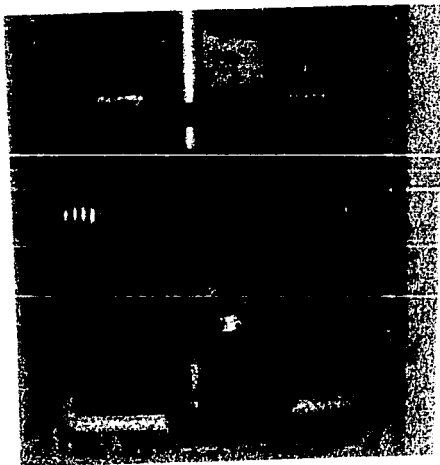
Las dimensiones y características del modelo no sufrieron alteración ni variación por considerarse que con sus cualidades y atributos actuales, se permite en una gran magnitud, la simulación de los movimientos y acciones a que estarán sujetas las bandas en la obra.

Al igual que en los ensayos anteriores, en este modelo se trataron de llevar a cabo los mismos pasos en condiciones similares, solo que, en esta prueba se utilizaron únicamente bandas de sección similar a la que se utilizará en el proyecto; para lograr lo anterior se solicitó a un proveedor nacional la fabricación de una banda de p.v.c. con las dimensiones siguientes:

Largo	23.00 cm
Diámetro de bulbo	3.80 cm
Espesor	1.20 cm



COLADO DE LA PIEZA CENTRAL



ARMADO Y COLOCACION DE INSTRUMENTOS EN PIEZA CENTRAL MOVIL

También se importó una muestra de una banda estadounidense, tratando de que ésta fuera lo suficientemente grande para colocarla en el modelo y poderla probar, los resultados obtenidos fueron satisfactorios tanto para la banda importada como para la banda nacional, ésta última con un resultado menor a la primera, pero tomando en consideración que la sección de banda solicitada no se encuentra en el mercado nacional y que la banda fué fabricada sin tener los moldes adecuados y de manera un tanto improvisada, se cree que arrojó un resultado alentador y muy prometedor.

Los datos siguientes, son los resultados obtenidos a través de la prueba número cinco, en la cual se sometieron a la prueba a las bandas mencionadas con anterioridad.

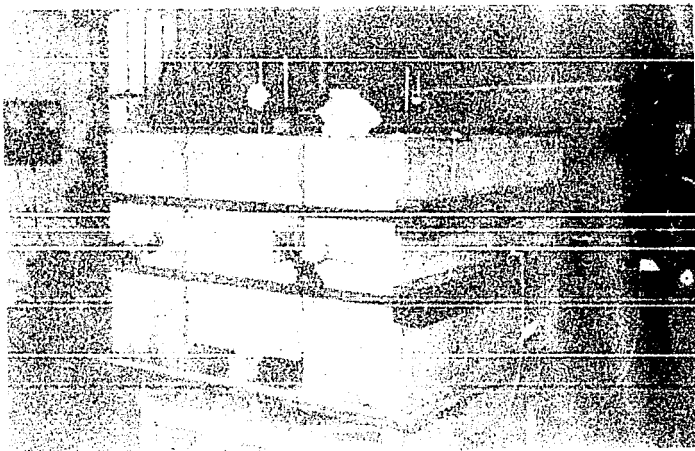
Presión Kg/cm ² Vertical	Movimiento En Sentido	Desplazamientos Acumulados En (mm)		
		Transversal	Longitudinal	
2.00	- - -	0.00	0.00	0.00
4.00	- - -	0.10	0.30	-2.00
4.00	L,V	-0.60	9.50	13.50
5.00	T	7.00	10.70	12.80
7.00	T	1.60	9.80	13.00
7.00	L,V	0.00	19.50	24.90
8.20	T	6.30	19.50	24.60
10.00	L,T	2.00	19.50	25.00
16.20	L,T,V	13.40	24.20	41.60
20.00	L,T,V	13.80	13.50	34.10

TABLA DE RESULTADOS DE EL QUINTO ENSAYE

Se hace mención a que la banda nacional falló al llegar la presión hidrostática a un valor de 16.20 Kg/cm² con los

desplazamientos mencionados al frente de éste valor en la tabla de resultados de el quinto ensaye. El resultado de el sometimiento de la banda importada a ésta prueba es el que se menciona en el último renglon de la tabla de resultados anterior.

Dentro de el procedimiento ó como característica del metodo, se aclara que como ya se save el modelo tiene ahogados dos sellos de p.v.c. y que la falla de ellos no se produce simultaneamente, por lo que al darse la primera falla se continua con la prueba descargando el lado colapsado y recargando hidraulicamente el lado integro, tal y como se mencionó en el cuarto ensaye.



MODELO DE PRUEBAS DEFINITIVO

IV.3.- INTERPRETACION DE RESULTADOS

Como se puede observar en la tabla de resultados de el quinto ensaye, los desplazamientos observados son mucho mayores en el sello que sufrió la falla inicial, lo anterior es causa de que el bloque central de el modelo se desplaza en tres sentidos fijos y dando por ende una sola dirección, ocasionando que el bloque se separe de uno de los dos bloques restantes y se junte con el otro. Lógicamente una de las bandas estará sometida a compresión y obviamente resistirá un poco más que la otra banda que se encuentra sometida a esfuerzos de tensión y que sufre un alargamiento en su longitud y una disminución en su espesor, por lo que la banda sometida a compresión deberá su falla en gran parte si no es que en su totalidad, a la carga hidrostática proporcionada, mientras que la banda que se encuentra en tensión, deberá absorber desplazamientos y carga hidrostática por lo que es natural pensar que una de las bandas de el modelo tiene desventaja con respecto a la otra.

Por lo anteriormente descrito se apoya el estado de optimismo sobre las bandas de producción nacional, ya que como se podrá concluir la banda sometida a esfuerzos de tensión en el quinto ensaye de el modelo fué precisamente el sello de p.v.c. nacional.

En el capítulo II se hace mención a la relación de las secciones de las bandas con el tirante hidráulico a que estará sometido con el fin de definir que tipo de sello es el óptimo; se mencionó también que las secciones de ellas están sobrevaluadas, ésto se puede sacar por conclusión observando los resultados de los diferentes ensayes del modelo y comparando la presión hidrostática soportada en el ensaye con

el tirante mencionado en una sección de banda similar a la utilizada ó probada.

Como una de las principales conjeturas de los resultados obtenidos; es que las bandas de p.v.c. nacionales con sus pocas secciones, formas y tipos: son capaces de resolver casi todas las necesidades de nuestro país, ya que como se puede observar, éstas soportaron en su valor desfavorable un presión hidrostática de 10.00 Kg/cm^2 que corresponde a un tirante hidraulico de 100.00 m; que es un valor relativamente grande.

Otra de las conclusiones importantes que se puede mencionar, es que: por el momento no es conveniente instalar en las zonas que cuentan con un tirante mayor a los 150.00 m la banda de producción nacional, por lo menos hasta que los fabricantes logren contar con un método de fabricación confiable que garantice su instalación en lugares con cargas hidrostáticas mayores a la correspondiente al tirante mencionado. A manera de aclaración cabe decir que en el proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa se instaló banda de p.v.c. importada en las zonas de carga hidrostática mayores a la mencionada.

Por lo que respecta a los desplazamientos máximos obtenidos en los ensayos, se interpreta que son de gran aceptación y dentro de las normas internacionales.

CAPITULO V
APLICACION EN EL PROYECTO HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA

V.- APLICACION EN EL PROYECTO HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA

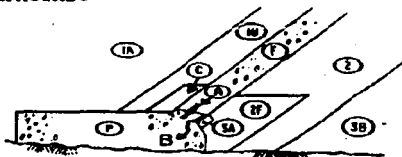
V.1.- CORTINA DE ENROCAMIENTO Y CARA DE CONCRETO.

Tal como se mencionó en el capítulo número uno de este trabajo, el proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa tiene una cortina de enrocamiento con cara de concreto en el talud de aguas arriba, el tipo de cortina a pesar de ser de materiales graduados no tiene corazón impermeable de arcilla que comunmente tienen las cortinas de este tipo. Este corazón es reemplazado por la cara de concreto, que es la que evita el paso del agua a través del cuerpo de la cortina y la tubificación de ésta. Es natural pensar que esta pared no es continua ó de una sola pieza, pues es imposible tanto por las dimensiones de ésta, por el comportamiento de los materiales, disponibilidad de los mismos, como por la dificultad constructiva y por los movimientos de contracción y dilatación provocados por los cambios de temperatura, además de los cambios de posición de la losa, propiciados por las variaciones de presión hidrostática que se producen al variar el tirante de agua ó el volumen de ésta en el vaso de almacenamiento. Lo anterior motiva ó induce a que se cuente con juntas de construcción y obligadamente, juntas de dilatación, formando con ésto pequeñas losas que en conjunto dan lugar a la estructura descrita.

La cortina u obra de contención contará con la chapa de concreto, que es de tipo armado, el material del que está hecha la cortina representa un volumen de 75,000.00 m³. Los taludes son de: 1.50 a 1.00 para la cara de aguas arriba, y en el enrocamiento de aguas abajo: 1.40 a 1.00. Cuenta con un parapeto de 5.00 m de altura y una calzada para dar acceso a ambas márgenes del río.

Las losas de la cortina se desplantan en una base conocida como plinto, éste último tiene a su vez como sostén a un tapete de inyecciones semiperimetrales, que forman por consolidación una pantalla impermeable. El plinto es una especie de margen de concreto armado, cuenta con un metro de espesor y ancho variable, tiene la característica de ser perimetral y de recibir las dovelas ó losas que se encuentran al margen de la boquilla y que serán el apoyo para las centrales, estas losas son de 16.00 m de ancho por 16.00 m de largo, su espesor es variable según la localización de cada una de ellas, esto se realiza tomando como parámetro la posición vertical de las mismas. Es así como las de abajo, reciben una mayor presión y soportan a las subsecuentes, tienen un espesor mayor, que es de 86.00 cm y su variación es lineal hasta llegar a las losas superiores, las cuales tendrán un espesor de 30.00 cm que es el mínimo.

3A CAMA DE ARENA ASFALTICA
 2F FILTRO FINO
 1B ARENA FINA LIMOSA
 F CARA DE CONCRETO
 2 FILTRO
 3B ALUVION COMPACTADO



1A MATERIAL ALEATORIO
 P PLINTO
 C CENIZA VOLANTE
 B SELLO DE COBRE
 A SELLO DE P.V.C.

SECCION DEL PLINTO

En las juntas de construcción mencionadas se cuenta con un sistema de sellos que impiden las filtraciones del agua, al mismo tiempo, le permite a las losas hacer pequeños desplazamientos y algunos acomodos de éstas a causa de la dilatación, presión hidrostática, asentamientos, etc.

Los sellos a que se hace mención en el párrafo anterior, son cuatro, el primero es de cobre y está soportado sobre una segunda y pequeña banda de neopreno que a su vez se encuentra arriba de una tercera banda de p.v.c. del tipo plana, el cuarto y último sello es de p.v.c. con bulbo central.

El primero de los sellos es ahogado en el concreto, a lo largo de todas y cada una de las juntas, desde el plinto hasta la corona de la cortina, el sello es de cobre y será soldado aproximadamente a cada 20.00 m, ya que las hojas son de la longitud mencionada. Para evitar la falla de la soldadura, ésta se verifica, practicándole pruebas de calidad con rayos "X" y en ocasiones algunos ensayos destructivos, así como también, la calificación y examinación de los soldadores. En la soldadura de los sellos de cobre se deja un traslape entre 6.00 y 10.00 cm para garantizar su mejor funcionamiento.

La banda de neopreno se coloca en una hendidura con la que cuenta el anterior en su parte inferior, esta pequeña banda, sirve como apoyo y al mismo tiempo como riel para el primer sello, así como también para ayudar a tapar las juntas de construcción, en conjunción con ceniza volcánica, la cual se piensa que con la presión se introducirá en los espacios reducidos que pudieran quedar entre las juntas.

La banda plana que se encuentra por debajo de las anteriores, es un refuerzo y una protección extra para las juntas, ya que éstas son, las que de cierta manera están más

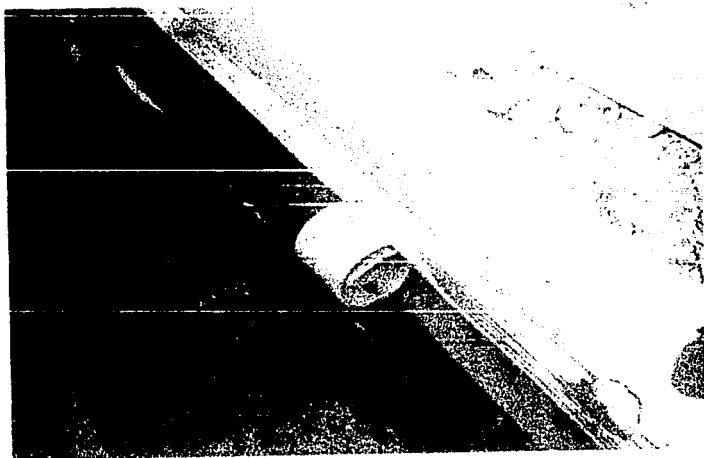
endebles y susceptibles a la acción de la presión hidrostática.

En el caso de el cuarto sello (banda de p.v.c. con bulbo central) la mitad de este, se ahoga en el concreto de el plinto, tal y como lo muestra la segunda fotografía de la página 77; para después soldarle a la mitad expuesta en la zona que coincide con las juntas verticales, otro sello del mismo tipo pero de diferentes dimensiones, esta última banda de p.v.c. también será ahogada en concreto, solo que en esta ocasión en el de las losas de la cara de aguas arriba, esto es solo a lo largo de las juntas de construcción y en una longitud con valor de 10.00 m en dirección vertical. En la horizontal se realizarán soldaduras entre bandas de iguales dimensiones, es decir, que a la banda que corre en sentido vertical se le soldarán bandas en sentido perpendicular con el fin de sellar las juntas horizontales de la cara de concreto, a estas bandas se les dará el mismo tratamiento que a las demás.

En las juntas verticales al término de la longitud de 10.00 m, que se mencionó en el párrafo anterior, la banda con bulbo central, se incrustará ó unirá con el sello de cobre, mediante una ramificación de éste último, la derivación a que se hace mención, consiste en dos placas de cobre, simulando lo más parecido posible la geometría exterior de la banda con bulbo central, estas dos placas se soldarán en su parte inferior al sello de cobre, para después recibir al sello de p.v.c., que será introducido entre las dos placas mencionadas y posteriormente éstas serán remachadas de lado a lado, dejando con esto unificadas a la banda mencionada con las placas y mediante la soldadura descrita anteriormente, unificar las placas con el sello.



EJEMPLO DE COLOCACION



COLOCACION Y SOLDADURA DE BANDAS EN LA ZONA DE EL PLINTO

El procedimiento para la colocación de la losa de concreto sobre el talud de aguas arriba de la cortina será el siguiente: A medida que se va colocando el material en la cortina, se colocarán anclas a cada 6.00 m de altura sobre el relleno, estas anclas serán de 7.00 m de largo y con un muerto de concreto en un extremo y el otro extremo quedará expuesto en el talud de aguas arriba, desde donde se apoyará la pista de la cimbra deslizante. Que será colocada y alineada con las líneas de referencia de las juntas de construcción. También durante este proceso se realizará la instrumentación de la misma, donde destacan por su importancia los deformímetros que permitirán con sus registros conocer las deformaciones y cuando éstas sean las adecuadas se podrá iniciar la colocación del concreto de la losa.

Por otra parte, se propone estabilizar los taludes de contacto sobre el concreto de la cara y la cortina con gunita ó un riego de liga, el objetivo de ésto es evitar en todo momento la erosión de dichos taludes.

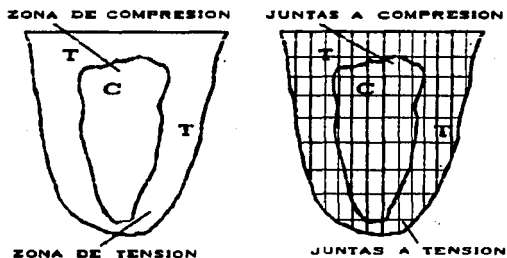
El procedimiento para la colocación de los sellos será el siguiente: Al estar colando la losa perimetral (plinto) se deberá de acomodar, sujetar y asegurar la banda de p.v.c. al armado existente, con el fin de garantizar su localización y funcionamiento, esta banda tiene una sección de 12" de ancho, y las aletas variarán desde 1/2" en el centro a 3/8" en la parte exterior, contando con un bulbo de 5/8" de diámetro interior y 1 1/8" de exterior, posteriormente una vez decimbrado el plinto será necesario soldarle una banda de sección menor, la cual es de 9" de ancho con aletas cuyos espesores son iguales a la banda anterior y con un bulbo central de 1/2" de diámetro interior y 1" de exterior, esta banda de sección menor deberá ser colocada y sujeta al armado de las losas que forman la cara de concreto, este paso

se deberá de hacer en cada una de las juntas de donde dé comienzo alguna losa apoyada ó desplantada en el plinto. La banda de p.v.c. de sección pequeña correrá paralelamente a la banda ó sello de cobre, al cumplir el desarrollo de los 10.00 m mencionados la banda de p.v.c. se inclinará hacia la banda de cobre incrustándose en ésta mediante el sistema descrito con anterioridad.

V.2.- JUNTAS TIPO.

El proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa en su cara de concreto se tendrán los tipos de junta que a continuación se enlistan:

- Verticales en zona de compresión (jvc).
- Verticales en zona de extensión (jve).
- Perimetrales (jp).
- Horizontales (jh).



CARA DE LA CORTINA AGUAS ARRIBA



BANDA DE P.V.C. EN JUNTAS VERTICALES



REMATE DE LA BANDA DE P.V.C. EN LAS LOSAS VERTICALES

Por lo que respecta al por qué, de este tipo de juntas, se puede mencionar que dadas las características de la obra y su utilización, se determina que, por la acción de el agua en la cortina ó mejor dicho sobre la cara de concreto se producen los siguientes fenómenos:

La cara de concreto al soportar una presión hidrostática, sufre un empuje tendiente a desplazarla hacia atrás ó a aguas abajo, ésto se entiende ó se puede catalogar como una zona de compresión, así mismo, se produce una deformación ó movimientos diferenciales en las posiciones de las losas, pero al estar unidas al plinto y éste a la boquilla de la cortina, se produce una fuerza que trata de impedir el desplazamiento hacia aguas abajo. A la zona donde se genera ésto se le conoce como zona de extensión, ocasionando que las bandas colocadas en las juntas sufran un alargamiento. La zona de margen ó en la unión de el plinto con la configuración natural del terreno se le llama zona perimetral, siendo ésta la causa de que a las juntas que se encuentran en la región mencionada se les adicione este calificativo. Es obvio el por que de el nombre de las juntas horizontales.

En las juntas perimetrales y a causa de su localización, es natural que estén sometidas a una mayor presión y a unos desplazamientos más fuertes, es por esto que la banda de p.v.c. que se utiliza en este tipo de juntas sea de una dimensión mayor que las demás.

La banda de p.v.c. con bulbo central de menores dimensiones es utilizada en las juntas verticales en zona de compresión y de extensión así como en las horizontales, ya que los esfuerzos son menores que en las perimetrales, a parte de que las losas de concreto que forman la cara ó chapa

impermeable contribuyen a una mayor resistencia. Lo anterior se podría justificar mencionando que si se colocara la banda de dimensiones superiores quedaría sobrada, ya que para que ésta llegará a trabajar óptimamente, se tendrían que dar desplazamientos de las losas muy grandes, los cuales ocasionarían la falla de las losas y no de las bandas.

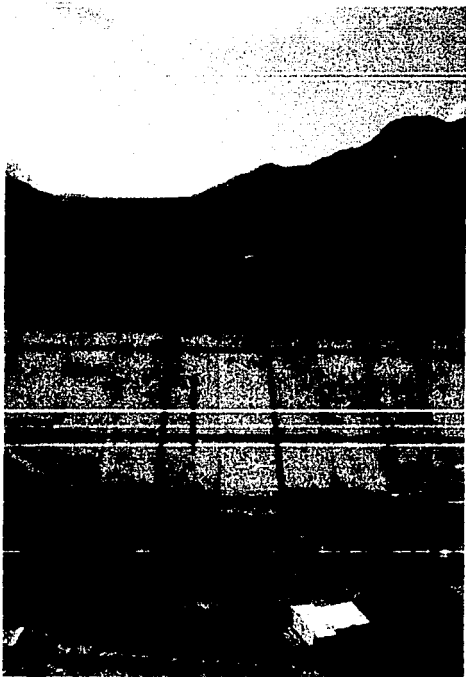
En todas y cada una de las juntas mencionadas, las bandas están sujetas a presión hidrostática, pero a diferentes desplazamientos y por ende a diferentes esfuerzos, es por esto que se realiza la catalogación de cada una de las juntas, con el fin de determinar las pruebas a que deben de someterse las bandas.

La zona de juntas verticales a compresión está comprendida en la parte central de la cara de concreto de la cortina, ya que ésta es la que recibe un empuje directo del agua y la que tiende a sufrir mayores desplazamientos en el sentido del río.

En el caso de las de extensión se delimita entre la region central y la zona de margen ó de boquilla, ésta resiente directamente los movimientos que se llevan a cabo en la de compresión, dado que sus losas están conectadas directamente a través de sus bandas.

Las juntas horizontales no se catalogan con el mismo criterio que las anteriores, ya que éstas trabajan directamente y en proporción al nivel de agua en el vaso de almacenamiento, en unas ocasiones a tensión y en otras a compresión ya que si el nivel de agua es alto, las juntas centrales están en compresión, pero si el nivel es bajo, la zona central también se desplaza hacia abajo, dejando en tensión a las losas que trabajan en compresión.

Las juntas que cuentan con la banda de p.v.c. se encuentran localizadas en una región comprendida de lado a lado de la cortina en el sentido horizontal y una distancia de 10.00 m en sentido vertical, siendo la excepción las juntas perimetrales (plinto-losa) que cuentan con ellas en su totalidad.



CARA DE CONCRETO DE LA CORTINA

V.3.- PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA APLICACION.

Por observaciones directas en campo, el personal de diferentes dependencias, encargado del control de calidad, han coincidido y observado que en las obras donde se utilizan las bandas de p.v.c. existe un gran descuido y poca precaución en el manejo de estas.

En lo que se refiere a los posibles problemas que se podrian presentar en la colocación de el producto en el proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa, podemos mencionar los que a continuación se hacen referencia, no sin antes aclarar el por que se utiliza la palabra "posibles", ya que los problemas que mencionaremos, no son obligados ó mejor dicho no son problemas fijos ó intrínsecos que se den a causa de el uso ó aplicación de el producto en cuestión, sino que al ser un producto que tiene relativamente muy poco movimiento y utilización, puede darse el caso de que no se sepa como utilizar ó aplicar correctamente. Aclarado el punto de sintaxis anterior con la tendente explicación proporcionada en los renglones anteriores, se procede a tratar el tema a que hace referencia el titulo de este subcapítulo.

En gran parte de las obras visitadas, se observó que los rollos de banda no son estibados, sino que son tirados en forma descuidada y dejandolos expuestos a los rayos ultravioleta que emite el sol, lo anterior es grave ya que los rayos mencionados afectan las características de las bandas manifestándose en una disminución de sus cualidades.

En muchas ocasiones, para fijar la banda en la posición deseada, se utilizan artefactos rudimentarios con el fin de crear una perforación y lograr así tener por donde meter alambre recocido y sujetarla, con este problema se debe de tener mucho cuidado por que en ocasiones, la perforación

realizada se encuentra cerca de la región del bulbo central, que es la más importante y al realizar una modificación en su configuración las cualidades de ésta se ven mermadas. Otra consecuencia de la perforación de la banda es que, al existir un hueco se podría favorecer el desgarramiento prematuro de la banda de p.v.c..

En el caso de fijación de la banda al armado de el elemento, no se tiene cuidado en como queda colocada la banda y la trayectoria que sigue, lo anterior trae como consecuencia un colado difícil de realizar e imposibilitando la correcta compactación de concreto ocasionandole porosidad que en un momento dado podría traer consigo grandes problemas y complicaciones e incluso provocar la falla del elemento y probablemente de la estructura.

En los casos en que los elementos de la obra son muy grandes y por lo tanto se requieren longitudes muy grandes de banda, se presenta el problema de que la longitud de los rollos de el producto es de 50.00 m como máximo. Lo anterior trae los mayores problemas dentro de las obras ya que se presentan las siguientes deficiencias:

Se realizan uniones entre rollos con traslapes clavados, cosa que de ninguna manera es recomendable.

Se hacen uniones de bandas por fusión con la ayuda de un machete caliente, esta actividad dá como resultado una unión de mucho mejor calidad que la anterior pero aun así la integración de las bandas es deficiente.

En los casos de uniones entre bandas, se ha observado que, sea cualquiera de los métodos de soldadura utilizado, no se hacen pruebas de aseguramiento de impermeabilidad, la cual es la cualidad primordial. Esto trae como consecuencia una

unión dudosa, que en obras de gran tamaño es un riesgo muy importante el que se toma.

El problema de la longitud de rollos de banda de p.v.c. se presenta en poca proporción en el proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa, Este problema solo está presente en las juntas perimetrales (plinto-losa), ya que el plinto tiene una longitud igual a la suma de las dimensiones de los dos lados de la cortina y la de la base. Por lo que respecta a las juntas verticales entre las losas que integran la cara de concreto, no existe el problema de longitud de rollos, ya que como se aclaró, las bandas solo se colocan en una longitud de 10.00 m en el sentido vertical y solo se soldará la banda en la unión de la primera losa inferior con la banda de el plinto. En el sentido horizontal sí se sobrepasa la longitud de 50.00 m del rollo pero como las losas forman una retícula, solo se utilizarán en una dimensión igual al ancho de la losa, obligando a realizar uniones entre las bandas que corren verticalmente y las dos bandas horizontales coincidentes con cada una de ellas.

V.4.- RECOMENDACIONES Y SOLUCIONES.

Ante el surgimiento de la posibilidad de incurrir en alguno de los problemas más comunes como los que se mencionaron en el subcapítulo anterior, se plantean en esta subdivisión algunas medidas, mediante las cuales se piensa que podrían dar solución a cada uno de los problemas explicados con anterioridad, tratando de que sean de la manera más sencilla y en espera de que en la forma correcta

En cuanto a la problemática observada en las obras de no tener cuidado en lo que respecta al almacenaje de las bandas de p.v.c., se plantea una solución simple, la cual es la más obvia, ésta es que se procure en lo más posible evitar la

exposición de las bandas a los rayos solares mediante su colocación en bodegas, estibando no más de cuatro camas y de preferencia una en sentido perpendicular a la siguiente. Otra posible solución para evitar la degradación de el p.v.c. de las bandas por la exposición a los rayos solares, es la de cubrir los rollos con una lona color negro, de preferencia polietileno en el color mencionado, ya que éste evita que los rayos ultravioleta deterioren la resistencia de el producto.

En el caso de el problema de la perforación de bandas para lograr su sujeción, se recomienda nunca realizar huecos en las bandas y mucho menos cerca de el bulbo central de ellas, por que ésta es la zona de más importancia impermeablemente hablando. A manera de sugerencia se propone el uso de grapas para sujeción de las bandas de p.v.c., este tipo de solución se piensa que es la más adecuada por su sencillez y economía. Otra solución es utilizar el tipo de banda con ojillos, la cual cuenta con una aleta extra a la banda normal, en esta aleta la banda cuenta con una serie de ojillos por medio de los cuales se puede realizar el fijado de la banda al acero de refuerzo mediante alambre recocado.



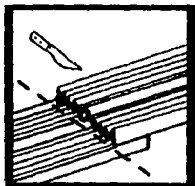
BANDA CON GRAPA PARA SUJECION

El problema de sujeción y colocación de la banda, que es semejante al problema anterior solo que con la diferencia de que la banda al ser sujeta al acero de refuerzo por medio de alambre recocado y no tener cuidado en la configuración y

acomodo del producto, dá como resultado un sellado de juntas deficiente. En este caso también se recomienda la misma solución que la dada al problema anterior, solo que la banda con ojillos limita su utilización al espaciamiento que hay entre cada uno de los ojillos, complicando su uso y por ende no se considera como la mejor opción. Por lo que la alternativa de utilizar la grapa de fijación para la banda, es la que se cree que sea la óptima, ya que la grapa puede ser deslizada a través de el extremo de la banda hasta llegar a colocarla en la posición deseada y facilitar con esto su colocación y sujeción adecuada.

Por ser el problema que cuenta con un alto índice de incursiones, deficiencias y que es el de mayor gravedad, la problemática de las uniones ó soldaduras entre bandas de p.v.c., se abundará lo más posible sobre las posibles soluciones y alternativas existentes para contribuir a erradicar el problema. También se plantearán algunas recomendaciones que en un momento dado se cree pueden llegar a ser de utilidad.

En las uniones de banda de p.v.c. se recomienda se hagan a través de vulcanización ó fusión de el material con un sistema de placas calientes, eléctricas ó con el de pistola de aire caliente. Los sistemas de soldadura mencionados se describen a continuación.

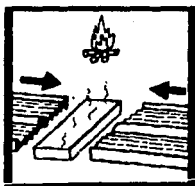


CORTE DE BANDAS

SISTEMA CON PLACA CALIENTE.

El sistema de placa caliente consiste en primer término, en sobreponer los dos extremos de banda y cortar con un utensilio bien afilado para que el seccionamiento sea lo más parejo posible, esto es con el fin de que los extremos al ser unidos embonen perfectamente.

Como segundo paso, se requiere calentar la placa metálica (sección uniforme) a una temperatura aproximada de 221° C, presionar los extremos de cada banda al mismo tiempo contra la placa caliente hasta que el material del sello se derrita haciéndose suave y pegajoso.



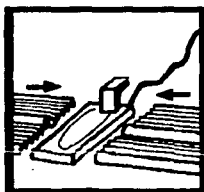
METODO DE PLACA CALIENTE

Como último paso se debe retirar la placa caliente rápidamente y presionar los extremos derretidos. No se debe de jalar ó mover esta junta por un lapso de 1.00 min.; para enfriar el material se puede utilizar agua fría.

SISTEMA CON PLACA ELECTRICA.

El procedimiento es igual solo que ya no es necesario calentar la placa con medios externos, pues la placa eléctrica cuenta con la cualidad de controlar su temperatura con un termostato integrado, la temperatura proporcionada es suficiente para derretir el p.v.c. con relativa facilidad. Es

conveniente aclarar que la placa eléctrica debe usarse cerca de la fuente de electricidad pues si es mucha la distancia entre ellas se puede afectar el poder de calentamiento de la placa.



METODO DE PLACA ELECTRICA

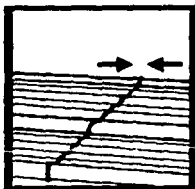
SISTEMA CON PISTOLA DE AIRE CALIENTE.

El procedimiento para realizar las juntas ó uniones de bandas con este sistema es exactamente igual a los dos anteriores pero con la variación de que el elemento que proporciona la temperatura para derretir el material de las bandas es una pistola de aire caliente. Los dos extremos de banda que se quieren unir son expuestos hasta que se derrita el material, se recomienda tratar de que el aire pegue en partes iguales a cada uno de los extremos para lograr una mejor unión.



METODO CON PISTOLA DE AIRE

En la figura siguiente se ejemplifica gráficamente el último paso que se debe de realizar en la soldadura de bandas siendo cualquiera de los tres metodos mencionados con anterioridad



UNION DE BANDAS

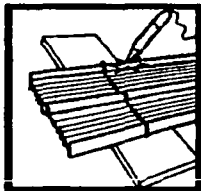
Tratando de dar una recomendación lo más benéfica posible en cuanto a las uniones ó soldaduras de las bandas, se sugiere hacer pruebas a las juntas realizadas, para este fin se propone utilizar un aparato conocido como "probador de chispa". El funcionamiento de este artefacto es relativamente sencillo, ya que al ser conectado el aparato a la corriente eléctrica y al girar la perilla con la que cuenta, se obtiene en la punta del probador una chispa, la cual permanecerá en su lugar hasta que exista algún hueco en la unión de las bandas que le permita a la chispa brincar hasta una placa metálica puesta abajo de las bandas, si en algún lugar de la soldadura llegase a existir un orificio ó defecto en la unión, la chispa tendrá contacto con la placa metálica dando como resultado la generación de calor, el cual derretirá el p.v.c. facilitando la detección de la falla.

Para realizar las pruebas con el dicho aparato se cuenta con un método ó con una serie de pasos a seguir, éstos son los que a continuación se enlistan.

- Colocar una placa metálica debajo de la junta realizada.

- Conectar el aparato (probador de chispa) a una salida de 110.00 V.
- Girar la perilla en el sentido de las manecillas del reloj, hasta que aparezca una chispa en el extremo de el probador (mientras más se gire la perilla, mayor será la fuerza de la chispa).
- Mover despacio el probador de chispa sobre la junta ó unión realizada.

Otras recomendaciones para el uso de las bandas de p.v.c, su colocación, su unión con otras bandas, la corrección de las juntas hechas por fusión y la protección de el personal, se relacionan a continuación.



PROBADOR DE CHISPA

Para la reparación de fallas en uniones de bandas, se recomienda fundir una pequeña pieza de p.v.c. sobre la unión tratando de que el material fundido rellene los huecos existentes en la unión.

Otra inspección que se cree conveniente realizar a las uniones por fusión es verificar que todo el espesor de los extremos de las bandas quede bien fundido.

Una vez realizada la reparación, es aconsejable se realice nuevamente la prueba con el probador de chispa.

En lo que concierne al probador de chispa se aconseja para obtener un mejor servicio, rendimiento y durabilidad de éste, no utilizarlo más de 15.00 min por cada vez.

Se recomienda el uso de guantes de goma ó piel cuando se maneje el probador de chispa, la placa eléctrica, la pistola de aire caliente y la placa metálica caliente, ya que todos éstos pueden llegar a causar quemaduras en la piel y que por las condiciones generales de las obras podrian ser de consecuencias considerables.

CAPITULO VI CONCLUSIONES

VI.- CONCLUSIONES

A manera de conclusión de este trabajo, se tratará de mencionar las cualidades y ventajas de las bandas ó sellos de p.v.c.; con el fin de tratar de difundir e inducir a personas que se dedican a la construcción de obras civiles a utilizar nuevos tipos de productos. También con el fin de que el consumidor esté un poco más enterado de cómo y en dónde se pueden utilizar.

Las bandas ó sellos de p.v.c. constituyen una buena opción para poder evitar y/ó contrarrestar problemas de permeabilidad aumentando así el rendimiento y producción de las empresas constructoras, ya que al evitar realizar colados con formas rebuscadas y concretos mucho más ricos en todos sus componentes, se pueden utilizar el tipo de sellos que se han venido estudiando, aumentando en lo posible estas características tan importantes dentro de la ingeniería civil.

Se llega también a la conclusión de que las bandas nacionales son de una calidad muy aceptable y que apesar de que no se cuentan con todos los tipos, geometrias y características, si se cuenta con bandas que se podrian considerar como comodines ó universales, ya que solucionan gran parte de los problemas y se pueden colocar con gran funcionalidad en cualquier tipo de juntas, evitándose así el tener que importar los productos. La importación de la banda especificada para el proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa fué de cierta manera obligada por el gran tamaño de la presa y por la gran presión hidrostática actuante, pero como es lógico, este tipo de obras se realizan muy rara vez, así que las secciones con las que se cuenta actualmente en el país son suficientemente aptas para el mercado actual.

Otra de las conclusiones, es que; las bandas están especificadas de cierta manera superlativamente ya que en cuanto a las deformaciones que deben de soportar se cree que están algo exageradas, para basar lo anterior en algo más tangible se mencionará lo siguiente: En una de las especificaciones se solicita que la banda pueda sufrir una elongación con un valor de el 300.00% con lo que se concluye que; si las alas de la banda quedan ahogadas en el concreto, el bulbo es el que tiene contacto directo con el agua y si éste sufre la elongación mencionada quiere decir que se tendrán desplazamientos de tres veces el diámetro del bulbo. Si en alguna aplicación se utiliza la banda con diámetro de bulbo más pequeño, sería de 1.5 cm con lo que el desplazamiento necesario para que la banda llegue a fallar será de 4.50 cm y como se conoce; el concreto tiene poca resistencia a la tensión y para que sufra deformaciones de la magnitud calculada es casi imposible. De este ejemplo se dice que; cuando la banda de p.v.c. alcance una elongación del 300.00 %, el concreto de los elementos constitutivos de la obra ya debe de haber fallado con mucha anticipación.

Por lo que respecta a conclusión de factibilidad y viabilidad económica de el proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa se observó una buena y gran decisión al determinar el tipo de cortina a construir, ya que de no realizarla, el proyecto de Aguamilpa sería de un costo muy alto, por los grandes volúmenes de movimiento de tierras que se tendrían que realizar y que ya es sabido que es de los conceptos que tienen mayor influencia y repercusión en lo económico.

También cabe mencionar que las bandas de p.v.c. son de una utilización muy amplia y que no está restringido su uso a presas de gran tamaño sino también a obras pequeñas como lo son: las ya mencionadas cisternas, albercas, tanques de almacenamiento, túneles, canales, cimentaciones, etc.

En lo que al modelo de pruebas respecta, se piensa que es un medio muy aceptable para probar las cualidades de los sellos de p.v.c. y que simula dentro de lo posible el comportamiento real de la obra. Lo anterior no indica que el modelo sea igual al comportamiento en obra, ya que se podrían simular mejor las condiciones naturales, sin embargo es un modelo que cumple con las necesidades de evaluar a los sellos ó bandas con una inversión pequeña en comparación con la que se debería de hacer para obtener una mejor simulación.

Como una mera forma de inconformidad y orgullo, se comenta que; El ingeniero nacional puede y debe de plantear, crear y llevar adelante sus propias pruebas de control de calidad y no estar supeditados a la tecnología y organismos de otras naciones. El esfuerzo que se debe de hacer es duro y en forma conjunta, pero es factible su realización, así como el crear tecnología en nuestro país.

Como última conclusión y un poco fuera de tema, se plantea el problema que sufre la ingeniería actual y que en nosotros está el resolverlo, el problema es; el descuido y falta de preocupación por conocer productos nuevos que solucionan grandes problemas, los cuales se siguen resolviendo con metodos tradicionales y hortodoxos. Otros productos que resuelven problemas de este género aparte de el que tratamos, lo son; los geotextiles, las geomembranas, las georedes, los concretos poliméricos, los prefabricados, los mureblocks, los epóxicos, etc. También se hace mención a el mal, al parecer endemico de falta de planeación, que trae como consecuencia la deficiencia en el suministro de materiales y el planteamiento de soluciones a última hora ocasionando grandes problemas.

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- CORPS OF ENGINEERS SPECIFICATIONS FOR
POLYVINYLCHLORIDE WATERSTOP
NORMA CRD-C 572-71
U.S.A., SEPT. 1971
- 2.- STATE OF THE ART REPORT ON SEALIG JOINTS
ACI COMMITTEE 504.1R-82
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
U.S.A., 1982
- 3.- COMMISSION INTERNATIONALE DES GRANDS BARRAGES
NELSON L. DE S. PINTO, RUI T. MORI
BRASIL, 1988
- 4.- MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
MEXICO D.F., 1987
- 5.- REPORTES DE RESULTADOS DEL MODELO DE PRUEBAS
G.I.E.C. ; C.F.E.
MEXICO D.F. 1989-1991
- 6.- REGLAMENTACION DE PROVEEDORES
G.I.E.C. ; C.F.E.
MEXICO D.F. 1987
- 7.- INFORMES DE RESULTADOS A PRUEBAS DE BANDAS
BRASIL ; COLOMBIA
- 8.- PROYECTO HIDROELECTRICO AGUAMILPA
HOMENAJE AL PROF. RAUL J. MARSAL
MUSEO TECNOLOGICO DE C.F.E.
MEXICO D.F., MARZO DE 1991
- 9.- CONSTRUCTION PRODUCTS
VINYLEX CORPORATION
KNOXVILLE TENNESSEE
U.S.A. 1989
- 10.- SPECIFICATIONS OF JAMES M. MONTGOMERY
U.S.A. 1988
- 11.- MANUAL DE APLICACION DE BANDAS DE PVC
ADIPEC, S.A. DE C.V.
MEXICO D.F. 1990-1991