



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLAN

C O N S T R U C C I Ó N D E L P U E N T E C H I A P A S

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
ALEJANDRA YAZMÍN ALARID VILLA

ASESOR DE TESIS: ING. RAFAEL ABURTO VALDÉS



ACATLAN, ESTADO DE MÉXICO, FEBRERO 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A Jesús por ser siempre mi guía, luz, fuerza y esperanza, mi ánimo en los días malos y quietud en los buenos.

A David, mi esposo, por darme la oportunidad más grande de la vida.

A mi madre por sus desvelos, grandeza, amor y comprensión en todo momento.

A la memoria de mis abuelos.

A todas aquellas personas que creyeron en mí, aún cuando las cosas no parecían estar bien.

A mi Alma Mater y profesores quienes me enseñaron la nobleza de ésta profesión.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Antecedentes..... | 1 |
| Tipos de Puentes..... | 3 |
| CAPITULO I. ESTUDIOS Y PROYECTOS NECESARIOS..... | 8 |
| I.1 Estudios Topográficos..... | 8 |
| I.2 Estudios Hidrológicos..... | 10 |
| I.3 Mecánica De Suelos..... | 15 |
| I.4 Estudios De Impacto Ambiental..... | 19 |
| I.5 Estudios De Factibilidad..... | 21 |
| CAPITULO II. TIPOS DE CIMENTACIÓN PARA PUENTES..... | 26 |
| II.1 Pilotes..... | 26 |
| II.2 Pilas..... | 30 |
| II.3 Otros..... | 33 |
| CAPITULO III. ELECCIÓN DE CIMENTACIÓN, SUBESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA.. | 36 |
| III.1 Por Costo..... | 36 |
| III.2 Por Proceso Constructivo..... | 37 |
| CAPITULO IV. CIMBRA DESLIZANTE..... | 46 |
| IV.1 Aspectos Generales..... | 46 |
| CAPITULO V. MAQUINARIA Y EQUIPO PARA EXCAVACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES..... | 53 |
| CAPITULO VI. PUENTES LANZADOS..... | 57 |
| VI.1 Aspectos Generales..... | 57 |
| CAPITULO VII. PUENTE CHIAPAS..... | 66 |
| VII.1 Localización..... | 66 |
| VII.2 Descripción General Del Puente..... | 66 |
| VII.3 Razones Técnicas Del Diseño..... | 67 |
| VII.4 Proceso Constructivo..... | 68 |
| VII.5 Programación Y Control..... | 75 |
| VII.6 Controles Electrónicos..... | 76 |
| CAPITULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 84 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 86 |



INTRODUCCIÓN

I.1 ANTECEDENTES

Los caminos fueron desde los albores de la humanidad de gran importancia así nos lo muestra la historia de la antigua Roma, en donde todas las provincias tenían un sistema de carreteras. Las vías romanas eran una gran obra de ingeniería, se cavaban trincheras para llenarlas de grava gruesa con el objeto de asegurar una buena filtración, después se esparcía en la parte superior una grava más fina como pavimento para las piedras o adoquines.

En las más diversas culturas existen vestigios de caminos, por ejemplo en México existían las calzadas de los aztecas que cruzaban lagos en la antigua Tenochtitlán, quedan por otra parte, en Yucatán, vestigios de los caminos de la gran cultura Maya.

El arte de construir puentes tiene su origen en la misma prehistoria. Puede decirse que nace cuando un buen día se le ocurrió al hombre prehistórico derribar un árbol en forma que, al caer, enlazara las dos riberas de una corriente sobre la que deseaba establecer un vado. La genial ocurrencia le eximía de esperar a que la caída casual de un árbol le proporcionara un puente fortuito. También utilizó el hombre primitivo losas de piedra para salvar las corrientes de pequeña anchura cuando no había árboles a mano. En cuanto a la ciencia de erigir puentes, no se remonta más allá de un siglo y nace precisamente al establecerse los principios que permitían conformar cada componente a las fatigas a que le sometieran las cargas.

Construir puentes no experimentó cambios sustanciales durante más de 2000 años. La piedra y la madera eran utilizadas en tiempos napoleónicos de manera similar a como lo fueron en época de Julio Cesar e incluso mucho tiempo antes. Hasta finales del siglo XVIII no se pudo obtener hierro colado y forjado a precios que hicieran de él un material estructural asequible y hubo que esperar casi otro siglo a que pudiera emplearse el acero en condiciones económicas.

Al igual que ocurre en la mayoría de los casos, la construcción de puentes ha evolucionado paralelamente a la necesidad que de ellos se sentía. Recibió su primer gran impulso en los tiempos en que Roma dominaba la mayor parte del mundo conocido. A medida que sus legiones conquistaban nuevos países, iban levantando en su camino puentes de madera más o menos permanentes; cuando construyeron sus calzadas pavimentadas, alzaron puentes de piedra labrada. La red de comunicaciones del Imperio Romano llegó a sumar 90000 Km. de excelentes carreteras.

A la caída del Imperio sufrió el arte un grave retroceso, que duró más de seis siglos. Si los romanos tendieron puentes para salvar obstáculos a su expansión, el hombre medieval ve en los ríos una defensa natural contra las invasiones. El puente era, por tanto, un punto débil en el sistema defensivo feudal. Por tal motivo muchos puentes fueron desmantelados y los pocos construidos estaban defendidos por fortificaciones. A fines de la baja Edad Media renació la actividad constructiva, principalmente merced a la



labor de los Hermanos del Puente, rama benedictina. El progreso continuó ininterrumpidamente hasta comienzos del siglo XIX.

La locomotora de vapor inició una nueva era al demostrar su superioridad sobre los animales de tiro. La rápida expansión de las redes ferroviarias obligó a un ritmo paralelo en la construcción de puentes sólidos y resistentes. Por último, el automóvil creó una demanda de puentes jamás conocida. Los impuestos sobre la gasolina y los derechos de portazgo suministraron los medios económicos necesarios para su financiación y en sólo unas décadas se construyeron más obras notables de esta clase que en cualquier siglo anterior.

El gran número de accidentes ocasionados por los cruces y pasos a nivel estimule la creación de diferencias de nivel, que tanto en los pasos elevados como en los inferiores requerían el empleo de puentes. En una autopista moderna todos los cruces de carreteras y pasos a nivel son salvados por este procedimiento.

El puente es una estructura de madera, piedra, ladrillo, concreto simple, concreto armado o fierro estructural que se utiliza para que una vía de comunicación pueda salvar un río, una depresión de terreno u otra vía de comunicación.

La gran irregularidad topográfica del país, y el rápido desarrollo de los centros urbanos han determinado que las vías de comunicación requieran con gran frecuencia de la construcción de puentes.



Debido al avance en el mundo de la ciencia y la técnica los medios de transporte se han multiplicado por aire, mar y tierra.



TIPOS DE PUENTES

Puente: Es la obra destinada a franquear fácilmente un curso de agua, alguna depresión en el terreno, otra vía de comunicación.

Los puentes sirven en forma específica, segura y económica, su diseño debe ser estético de modo que armonice y enriquezca la belleza del paisaje en donde se encuentra ubicado.

Tradicionalmente en el mundo se han diseñado y construido puentes de mampostería de madera, de concreto armado, presforzado, de acero, de estructura mixta. Los claros que se pueden vencer son cada día mayores debido al uso de nuevas tecnologías.

CLASIFICACIÓN DE PUENTES

SEGÚN LA ESTRUCTURA

PUENTES FIJOS

- Puentes de vigas
- Puentes de arcos
- Puentes de armaduras
- Puentes suspendidos
- Puentes atirantados
- Puentes de pontones

SEGÚN LOS MATERIALES

- Puentes de madera
- Puentes de acero
- Puentes de concreto armado
- Puentes de concreto preforsado
- Puentes mixtos

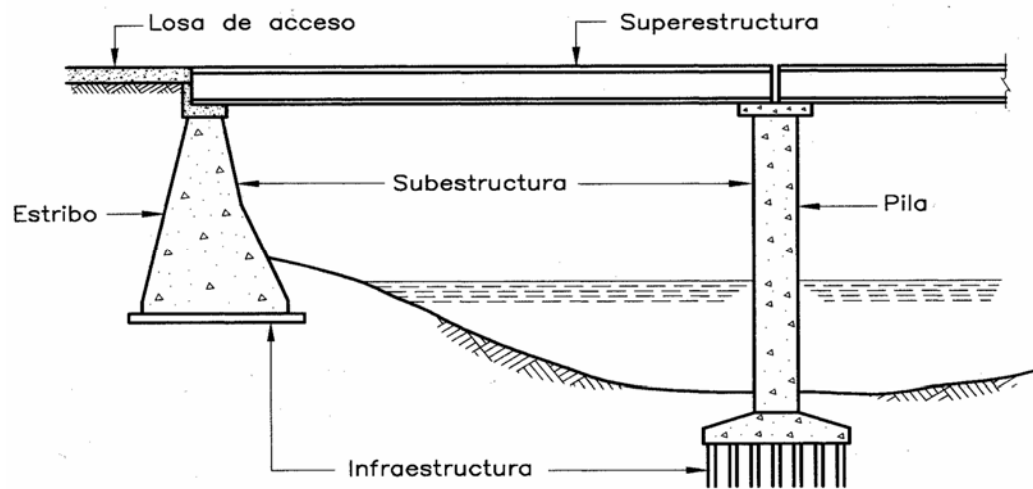
PUENTES MÓVILES

- Basculantes
- Giratorios
- Deslizantes
- Elevación vertical
- Transbordadores

La estructura de un puente está formada por la superestructura, la subestructura y la cimentación. Así pues la superestructura puede estar formada de diferentes maneras, por ejemplo, de piso de madera sobre largueros de madera, losa de concreto armado sobre trabes de acero estructural, losa de concreto armado con nervaduras de acero estructural, arcos de mampostería o de concreto, arcos metálicos, armaduras de acero, colgantes, levadizos, basculantes, giratorios, etc. La subestructura puede ser de caballetes de madera, caballetes de concreto armado, pilas y estribos de mampostería, torres metálicas



sobre pedestales de concreto, pilas y estribos de concreto ciclópeo o simple y pilas y estribos de concreto armado. La cimentación puede estar constituida de pedestales de mampostería o de concreto, pilotes y pilas etc. Así mismo los puentes por su uso pueden estar divididos en puentes para carretera, ferrocarriles, mixtos, canales y para peatones.



Estructura de un puente

PUENTES DE CONCRETO REFORZADO

Los puentes de concreto reforzado, han tenido éxito en el mundo con largos hasta 25 m. Largos superiores son generalmente inconvenientes para este tipo de puentes por el incremento desmedido de su peso y por ello su costo. La gran experiencia que se tiene con el manejo del concreto reforzado, que se traduce en mano de obra y dirección técnica calificadas, y también en disponibilidad de los materiales, ha permitido su construcción en todas las regiones del país.





El principal problema constructivo constituyen las cimbras que, en su configuración tradicional, solamente pueden ser utilizados en cauces de ríos poco profundos y poco caudalosos. En ríos de cauces profundos se suele construir una cimbra tipo arco para no provocar un incremento excesivo de costos de construcción (se construye un puente provisional de madera que sirve de cimbra para el puente definitivo de concreto).

PUNTES DE CONCRETO PREENFORZADO

La tecnología del concreto preesforzado (pretensado y postensado) permitió superar parcialmente las limitaciones de los puentes de concreto reforzado, llegándose a implementar soluciones viables en puentes largos. Generalmente se han utilizado dos variantes constructivas de esta tecnología consistentes en el colado y tensado in situ, o el colado y tensado previo, y la colocación posterior de las vigas.

La reducción en el peso de la estructura es el efecto más importante en los puentes de concreto preesforzado. Una viga de puente de 20 m. de longitud (con 4 vigas para 2 carriles), que en concreto reforzado requeriría una altura aproximada de 2.00 m. y un ancho de 0.50 m., en concreto postensado podría tener 1.40 m. de altura, y un ancho variable entre 0.50 m. y 0.20 m., reduciéndose su peso aproximadamente a la mitad.





PUENTES DE ACERO

Los puentes de acero con vigas han permitido alcanzar claros importantes, sin embargo existen muy pocos de su tipo. Los puentes en armaduras han alcanzado claros mayores y con puentes metálicos en arco se alcanzan claros mucho mas grandes que en los dos anteriores.



Los puentes metálicos tienen dos tipos de limitantes: su costo y la necesidad de un mantenimiento considerable.





PUENTES DE GRAN LONGITUD

Los diseños modernos de carreteras y autopistas imponen condiciones muy exigentes de pendiente, curvatura, y altura sobre los cauces, lo que unido a las condiciones topográficas y fluviales del país define la necesidad de diseñar y construir puentes de gran longitud.

En otras ocasiones este tipo de solución puede traer grandes complicaciones, como la necesidad de construir muchas pilas esbeltas con longitudes del orden de los 100 m o más, o la construcción de pilas en sitios donde los ríos tienen un comportamiento impredecible.

La construcción de pilas de gran altura no es en sí el problema más importante, pero un número exagerado de las mismas volvería poco práctico, desde el punto de vista técnico-económico, un proyecto de puente.

En muchos casos no es posible evitar el diseño y construcción de puentes con grandes claros por lo que la única alternativa consiste en buscar otros métodos de diseño y construcción, como los puentes colgantes, los puentes atirantados mediante cables, o los puentes lanzados



En puentes de gran longitud, la relación entre el diseño y la construcción es muy cercana. En la construcción deben tomarse en consideración los parámetros de diseño, y el diseño debe partir de la selección de las metodologías de construcción.



I. ESTUDIOS Y PROYECTOS NECESARIOS

I.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

En el estudio, elaboración y ejecución de cualquier proyecto de Ingeniería de obras que tengan como asiento la superficie de la tierra, es necesario el uso de la Topografía, estos estudios sirven para la ubicación y la determinación de forma, dimensiones y especificaciones de construcción de todos los elementos de un puente. Son una serie de trabajos que pueden dividirse principalmente en dos grupos: trabajo de campo y de gabinete. Se realizan principalmente con el objeto de conocer la sección transversal, longitudinal y planta general de la zona de cruce, elementos que serán útiles principalmente para el estudio hidráulico del río, y para el proyecto del puente.

TRABAJOS DE CAMPO

- a) Trazo del eje del camino: Consiste en identificar las referencias del trazo de camino original, y establecer unas señales que permitan localizar el eje del camino en la zona de cruce, sin ninguna dificultad.
- b) Nivelación: Una vez localizado el trazo del camino se procede a la nivelación de éste en la zona de cruce, lo que permitirá conocer el perfil de construcción. La distancia por nivelar hacia delante y hacia atrás del centro del cruce sobre el eje del camino, dependerá de la magnitud del puente y de las características topográficas a ambos lados del mismo.
- c) Poligonal de apoyo, trazo y nivelación: La poligonal de apoyo sirve principalmente para obtener la configuración topográfica en la zona del cruce.
- d) Trazo y nivelación de la pendiente del fondo: El conocimiento de la forma y pendiente del fondo del cauce en la zona de cruce, tiene aplicación en los estudios hidráulicos correspondientes, como son pendiente hidráulica, huellas de arrastre

TRABAJOS DE GABINETE

- a) Cálculos en las libretas: Consiste en calcular, a partir de los datos anotados en campo, las cotas del perfil del eje del camino, el eje de la poligonal de apoyo, la pendiente del cauce, las secciones hidráulicas y los bancos de arranque.
- b) Dibujo de la sección trasversal en el eje del camino: Se representa el terreno sobre el trazo eje del camino, en este dibujo se indican datos de curvas verticales, longitudes de tangente, así como la elevación de los niveles de agua en el cauce.
- c) Dibujo de la planta general y detallada: La planta general es el resultado del levantamiento elaborado en el campo con ayuda de la poligonal de apoyo, en esta planta se dibujan las curvas



de nivel, cada metro indicando claramente el trazo con cadenamiento a cada 20 m con los puntos principales, también se anotan las referencias necesarias como son rumbo magnético, la dirección del flujo y destinos del camino en estudio.

Los procedimientos para realizar estos estudios dentro y fuera del gabinete va siendo cada vez más sofisticada, por ejemplo con el uso de GPS, o Sistema Posicionador Global, el cual sirve para realizar levantamientos de gran precisión creados a través de sus receptores y señales provenientes de satélites de navegación.

La tecnología de posicionamiento describe genéricamente sistemas de posicionamiento global (GPS.) hoy, como las computadoras, con equipo portátil. Las pequeñas unidades, con gráficas de mapa móviles apoyadas en una “constelación” de satélites, proporcionan información continua 24 horas en cualquier parte alrededor del globo.

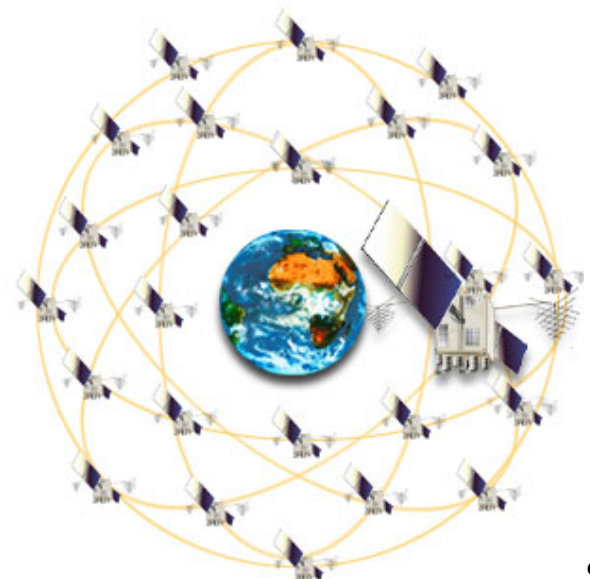
Para levantamientos GPS en tiempo real se requieren como mínimo la conexión a cinco de los 24 satélites, el alcance depende por una parte del radio - modem y por otro, de la distancia. En combinaciones normales el sistema puede alcanzar hasta 10 kms.

La precisión depende del número de satélites, la geometría de su constelación, los efectos del camino, la ionosfera, la distancia, la resolución de ambigüedades.

Estos sistemas tienen un soporte completo de software para procesar toda la información en computadoras PC.

El sistema de posicionamiento global (GPS) para la navegación satelital, control de tiempo y medición de distancias (NAVSTAR) está compuesto por tres segmentos:

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Segmento especial: | 24 satélites |
| Segmento de control: | 5 estaciones de control |
| Segmento de usuario: | sectores civiles y militares |





I.2 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

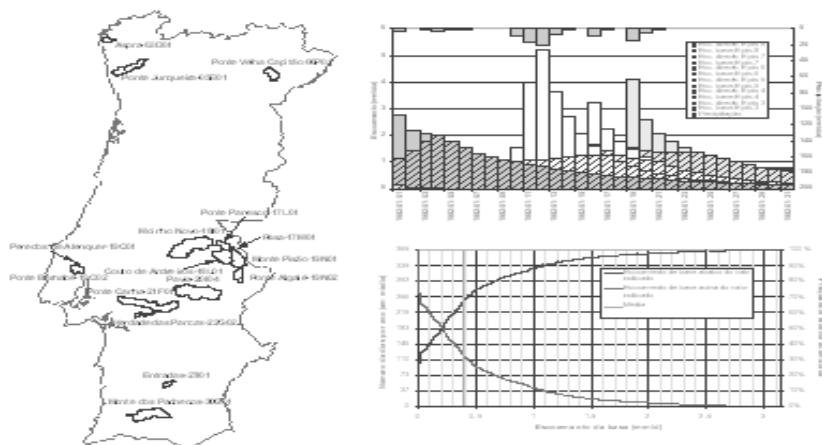
Hidrología.- Es la parte de la ingeniería que trata del estudio de las condiciones en que se presentan las aguas superficiales o subterráneas en una cierta área. Sin duda es una de las ramas más importantes de la hidráulica y de su estudio y medición, nos aporta las bases que rigen el comportamiento aproximado de las corrientes pluviales, sobre los ríos y canales de sus volúmenes en un lapso determinado, de las velocidades del agua en las avenidas, la frecuencia de éstas, la duración, el nivel que alcanzan sobre el sitio estudiado, las zonas de inundación, el diámetro de los cuerpos máximos arrastrados por la corriente, etc.

Dentro de los estudios hidrológicos hay que recalcar el tema de la climatología, que es el estudio del clima de la región en donde se localiza la obra y de la zona comprendida del área de su cuenca hidrológica, o sea el área de captación de toda el agua de lluvia que forma el gasto que en un momento dado pasa por el lugar de cruce del puente. De este estudio del clima, se derivan, los siguientes datos: precipitación, infiltración, evaporación, velocidad del viento, etc.

Uno de los datos fundamentales con que se debe contar para proyectar cualquier obra en puentes, es el gasto de la corriente en avenidas máximas extraordinarias, asociadas a cierto período de retorno, mismo que se determina en función de la vida útil de proyecto de los daños que ocasionaría en caso de fallar, y del costo de la reparación ó reconstrucción.

Los datos a reportar son: intensidad de la precipitación pluvial y sus consecuencias, indicando si es zona de ciclones periódicos e intensidad de los mismos, funcionamiento hidráulico de las zonas con respecto al cauce que se intenta cruzar, donde estarán incluidos las principales aportaciones que tiene el río en estudio, indicando si es corriente principal o secundaria, tal como sus drenes y en que consisten (si los hay); si existen llanuras de inundación en las márgenes, su extensión y tirantes aproximados; el carácter del río (torrencial o de aguas permanentes) si la corriente lleva materiales de arrastre, su calidad y cantidad, si su tendencia es de socavar o depositar, la velocidad aproximada, si el cruce se encuentra en las proximidades del mar, indicar si las mareas tienen influencia en el funcionamiento hidráulico del río, como por ejemplo, elevando el tirante en pleamar o si se puede invertir el sentido de la corriente.

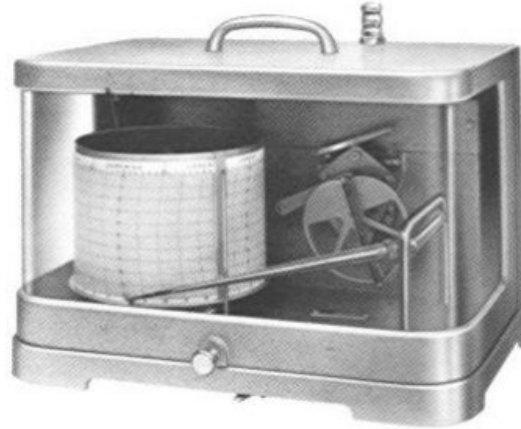
Para ello se llevan a cabo diversos análisis con los que se pueda valer el ingeniero para realizar el proyecto, dentro de estos análisis encontramos:





ANÁLISIS DE LOS REGISTROS DE LLUVIA EN UN PUNTO

A partir de los registros de los pluviógrafos se puede obtener la curva masa de la tormenta correspondiente, se le llama curva masa a la representación gráfica de la variación de la altura de lluvia con respecto al tiempo.



Pluviógrafo

PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE UNA ZONA

Para muchos problemas hidrológicos es necesario conocer la altura de precipitación media en una zona, ya sea durante una tormenta, o una época del año, o un periodo determinado y para realizarlo se toman tres criterios:

- **Promedio Aritmético:** Consiste en calcular la altura de precipitación media en una zona con base en el promedio aritmético; es decir, se suma la altura de lluvia registrada en un intervalo de tiempo dado y se divide en el número total de ellas.

$$P_m = \frac{\sum P_i}{n}$$

Donde:

P_m = Promedio Aritmético

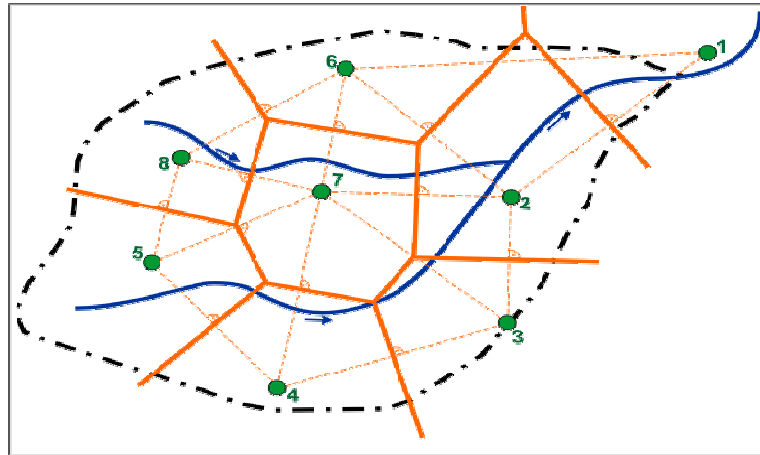
P_i = La altura de las lluvias en un periodo de tiempo dada

n = número total de lluvias

- **Método de Thiessen:** En este método es necesario conocer la localización de las estaciones dentro de la cuenca o zona a estudiar para delimitar la zona de influencia de c/u dentro del conjunto. Para determinar la zona se trazan triángulos que liga las estaciones más próximas entre si y luego se procede a trazar las mediatrices a los lados de cada triángulo, las cuales forman una serie de

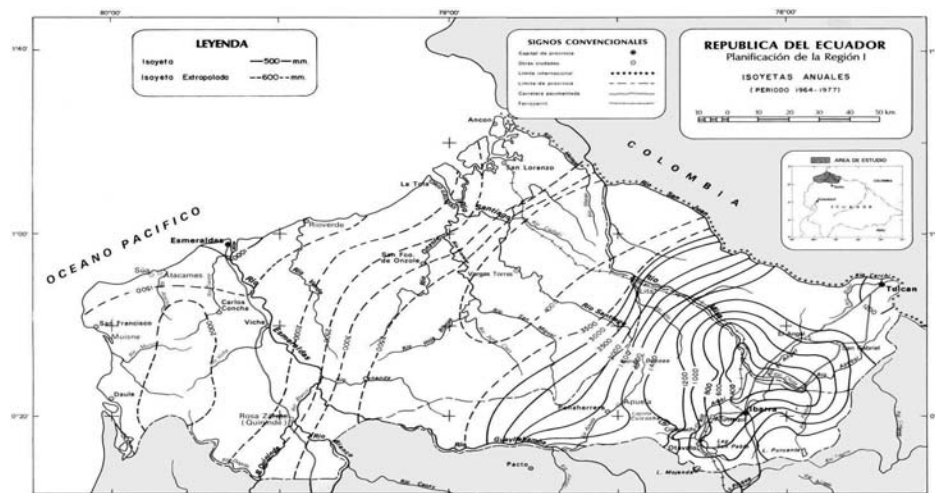


polígonos; cada uno de ellos contiene una estación, y cada polígono corresponde al área tributaria de cada estación.



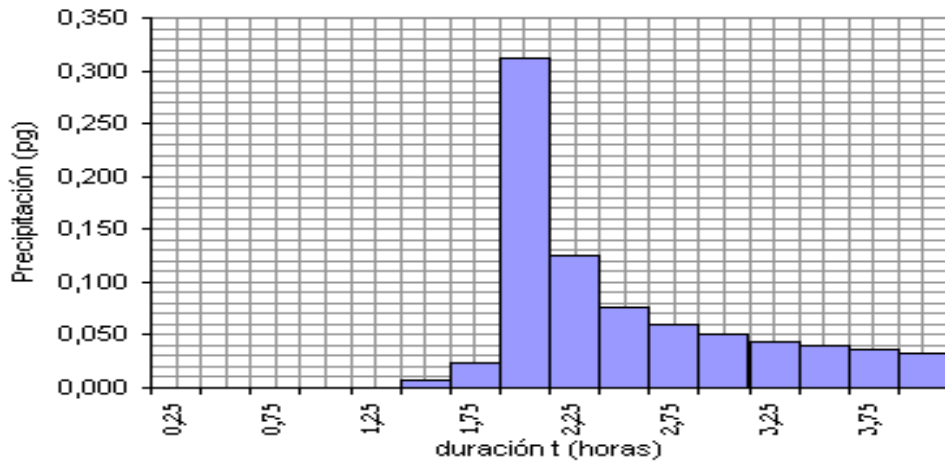
- **Método de Isoyetas:** Para aplicar este criterio se debe contar con un plano de curvas isoyetas de la tormenta en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual valores de lluvia y para trazarlas se requiere un conocimiento general del tipo de tormentas que se producen en las zonas de precipitaciones orográficas. Primeramente, se utilizan los mismos segmentos que unen las estaciones en estudio, según Thiessen; y para cada uno de ellos, en función de los montos de lluvia de dichas estaciones, se van marcando sobre los mismos, los valores de lluvia con el cual se irán formando las isoyetas, de manera proporcional entre la distancia y la diferencia de lluvia de las dos estaciones unidas por cada segmento.

Una vez que las isoyetas se han volcado sobre el plano de la cuenca se procede a planimetrar la superficie encerrada entre curvas, para multiplicarla por la lluvia de esa faja, que es la media entre las dos isoyetas que delimitan la faja, actuando con procedimiento similar al aplicado para curvas de nivel. La sumatoria de tantos términos así calculados como fajas entre isoyetas haya, dividida por el área de la cuenca, nos da el valor de la lluvia media.





Para las variaciones de flujo en una corriente se utiliza una representación gráfica llamada hidrograma, la cual esta compuesta por las ordenadas que son los gastos medidos en m^3/s y en las abscisas el tiempo en hrs.



El hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre lluvia y escorrentía de una cuenca de drenaje particular, dos tipos de hidrogramas son particularmente importantes: el Hidrograma anual y el Hidrograma de tormenta.

MÉTODO PARA EL CALCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS

Existen métodos para determinar las avenidas máximas, y estos se clasifican de la forma siguiente:

- Empíricos
- Semiempíricos
- Estadísticos
- Hidrometeorológicos

Los empíricos se emplean para obtener una idea preliminar sobre el gasto de diseño, o bien cuando no se conocen las características de la precipitación de la cuenca en estudio. En México se usan con frecuencia los métodos de Creager y Lowry que proporcionan el gasto de diseño, en función del área de la cuenca y de un coeficiente que depende de la región hidrológica.

MÉTODO DE CREAGER

Es un método que se basa en la asociación gráfica de gastos máximos por unidad de área, con diferentes periodos de retorno, medidos en cuencas hidrológicas de todo el mundo, los puntos graficados quedan delimitados bajo una curva envolvente, cuya ecuación es la siguiente:



$$Q = 0.503 C(0.386A) \left[\frac{0.894}{(0.386A)^{0.048}} \right] - 1$$

Donde:

Q = gasto unitario, en m³/s

A = área de la cuenca, en Km²

C = parámetro que depende de la región considerada

Sin embargo se tiene una gran probabilidad de que los resultados presente una gran avenida, lo que origina que los valores de gasto sean exagerados para el proyecto de puentes.

MÉTODO DE LOWRY

Utiliza el mismo procedimiento que el de Creager, diferenciándose solo en la ecuación que define la envolvente de los gastos máximos, que es más sencilla.

$$Q = \frac{C}{(A + 256)^{0.8}}$$

Donde:

Q = gasto unitario, en m³/s

A = área de la cuenca, en Km²

C = parámetro que depende de la región considerada

Los métodos Semiempíricos son similares a los empíricos, pero hacen intervenir además la intensidad de la lluvia en la relación funcional que define el gasto de diseño.

Los estadísticos son de gran utilidad en sitio en los que se cuenta con un amplio registro de gastos ocurridos.

Los estudios hidrometeorológicos relacionan el estado del tiempo en el territorio nacional para determinar el potencial hidroenergético y así aprovechar los recursos hídricos, además del apoyo en estudios de impacto ambiental.

Haciendo un resumen tenemos que los principales estudios hidrológicos sobre la construcción de un puente son:

1. Levantamiento de secciones transversales del río en un tramo de alineamiento recto, de pendiente y sección tan uniformes como sea posibles
2. Estimación de coeficiente de rugosidad (n) en cada sección y en cada parte de ellas (cauce principal y llanuras de inundación)
3. Medir el diámetro de los máximos cuerpos arrastrados por las corrientes en avenidas
4. Fijar en cada sección el N.A.M.E. el N.A.M.O y el N.A.MIN
5. Levantamiento del perfil del fondo del tramo en que se encuentra la sección estudiada
6. Observación en el terreno sobre posibles divagaciones o socavaciones del río



7. Investigar la época, duración, la frecuencia de las avenidas máximas extraordinarias y de las máximas ordinarias.
8. Investigar la época de estiaje.

I.3 MECÁNICA DE SUELOS

El conocimiento de la naturaleza del suelo es a menudo decisivo para la elección entre los diversos tipos de puentes. Hay, pues, que iniciar los estudios geotécnicos desde el principio del estudio del proyecto. Los estudios sobre el suelo y los de la obra están íntimamente relacionados entre sí. Por consiguiente, ambos deben avanzar en paralelo y en estrecha coordinación. A cada nivel de desarrollo del proyecto corresponde un nivel de conocimiento del suelo a la inversa. El programa de ensayos tiene que aceptar la posibilidad de ser modificado, en función precisamente de las informaciones que él mismo va obteniendo. En este campo, el riesgo más grave es el de la insuficiencia de los estudios geotécnicos, ligado a menudo a la aceptación de variantes en el posicionamiento de las pilas. Esto puede conducir a modificaciones y refuerzos onerosos cuando se descubre, demasiado tarde, que el subsuelo es diferente de lo que se esperaba.

En general, cuando los estudios geotécnicos han sido demasiado someros, es preciso aumentar los márgenes de seguridad, de lo que se sigue un aumento del precio de la obra.

Pero, por otra parte, hay que tratar de evitar también un exceso de estudios geotécnicos que son costosos y que pueden suministrar, si no se los limita, una masa de informes inútiles.

Corresponde a la administración de la obra definir, en cada caso, el nivel de ensayos adecuado, y ello a medida que se desarrolla el proyecto.

Las primeras incertidumbres se refieren a los emplazamientos de los ensayos a realizar, salvo en aquellos casos en que las posiciones de las pilas están impuestas de antemano de un modo preciso (por ejemplo, cuando hay que cruzar una autopista, cabe suprimir el apoyo en la mediana pero no modificar su posición).

En otros casos, hay que tratar de situar los primeros ensayos en los emplazamientos más probables de los apoyos, lo que supone una primera idea de tipo de puente y, por consiguiente, de sus cimentaciones.

En este estado inicial, se pueden utilizar los informes cualitativos suministrados por los mapas geológicos de la región, ayudándose, en todo caso, por los consejos de expertos geólogos, así como por los diseños de las cimentaciones de obras antiguas y los resultados de los sondeos que se hayan podido realizar en las proximidades de las obras, recogidas en oficinas administrativas competentes.

Cuando la obra se sitúa en un nuevo itinerario, se dispone, además de los resultados, del reconocimiento geológico general del trazado.

A partir de tales informes, se establecen varios esquemas correspondientes a diversas posibilidades para la distribución de los claros, lo que permite proceder a un informe previo relativo al suelo.



Su objeto es, tan sólo, obtener indicaciones cualitativas sobre naturaleza y el espesor de las diferentes capas, por medio, sobre todo, de sondeos de identificación geológica o, eventualmente, geotécnica.

Sus resultados permiten confirmar -o modificar-- y precisar las primeras hipótesis, lo que permite continuar los estudios del proyecto.

Una segunda fuente de incertidumbre surge entonces, al menos para cierto tipo de obras: los informes que se precisan dependen de la disposición de las cimentaciones, las que, a su vez, dependen de las características del suelo que se desea conocer.

De este modo, los ensayos a realizar no son los mismos según que la cimentación sea superficial o profunda.

La cimentación profunda tiene como principio los estudios geotécnicos y estructurales. Una adecuada interpretación de los estudios de mecánica de suelo nos lleva a:

- Seleccionar el equipo adecuado
- Elegir las herramientas idóneas
- Efectuar buenos programas de obra y
- Evaluar el rendimiento de los equipos adecuados a la realidad.

El estudio del subsuelo proporciona, aquellos que interesan al problema sobre:

- Elevación del nivel freático
- Resistencia a la penetración estándar
- Sucesión estratigráfica y propiedades físico - mecánicas de los estratos.

ELEVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

El conocimiento del nivel de aguas freáticas limita de manera contundente los procedimientos en la excavación, modifica la posibilidad de ademar las perforaciones realizadas y prevé si existen problemas de bombeo durante la perforación y construcción.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ESTÁNDAR

El sondeo de penetración estándar es un procedimiento exploratorio preliminar, que consiste en hincar a través de golpes un penetrómetro en el suelo con determinado número de golpes, en un lapso de tiempo dado.

En suelos puramente friccionantes la prueba permite conocer la compacidad de los mantos que es la característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico. En suelos plásticos la prueba permite adquirir una idea, si bien tosca, de la resistencia a la compresión simple. Además el método lleva implícito un muestreo, que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio.



El equipo necesario para aplicar el procedimiento consta de un muestreador especial de dimensiones establecidas, es común que el penetrómetro sea de media caña, para facilitar la extracción de la muestra. La utilidad e importancia mayor de la prueba de penetración estándar radica en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio en diversos suelos, sobre todo arenas, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo de fricción interna en arenas y el valor de la resistencia a la compresión simple en arcillas, con el número de golpes necesarios en ese suelo para que el penetrómetro estándar logre entrar los 30 cm. especificados.

Para la prueba se usa un muestreador llamado "penetrómetro estándar" que tiene sus especificaciones y que al tener forma de medio cilindro permite la extracción de la muestra. La prueba consiste en hacerlo penetrar a golpes de martinete de 140 lbs (63.5 Kg.) que cae desde 30 pulgadas (76 cm.) y se cuenta el número de golpes mecánicos para hacerlo penetrar 1 pie (30 cm.) retirándolo de la perforación cada 2 pies (60 cm.) para extraer la muestra.

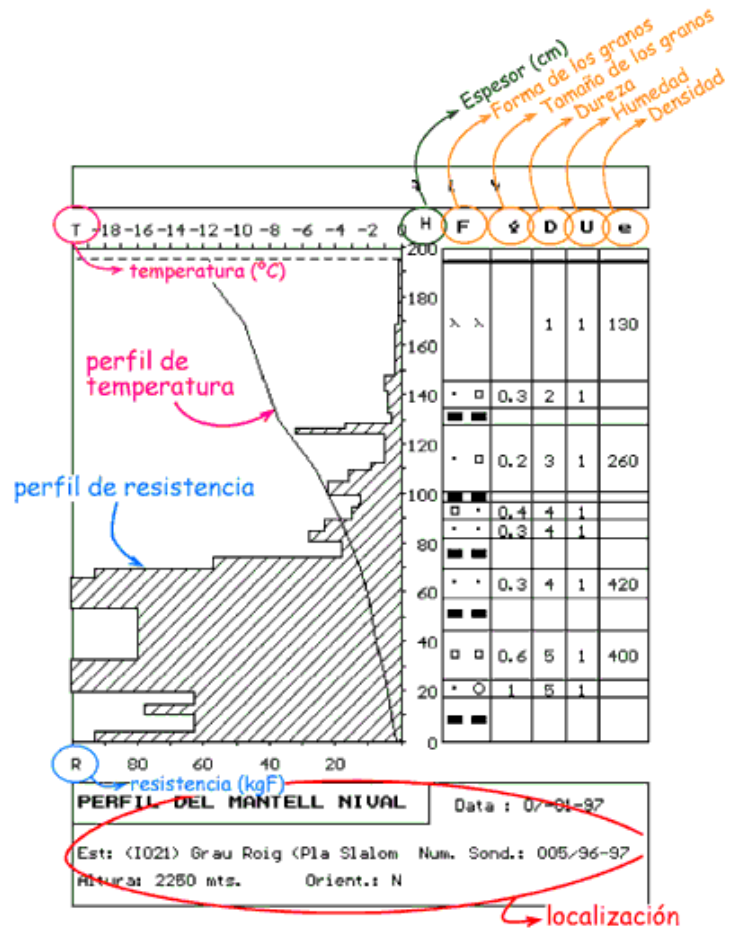
SUCESIÓN ESTRATIGRÁFICA

Para confirmar los resultados del sondeo de penetración estándar, y debido a la heterogeneidad de la formación de los suelos, es conveniente contar con el corte estratigráfico. Para el piloteador es importante este dato para decidir sobre el equipo para las perforaciones.

Para poder determinar en el laboratorio de mecánica de suelos los datos definitivos del proyecto en cuanto a los valores de deformaciones y resistencia de las diversas capas que van a ser atravesadas, es necesario obtener muestras para realizar las pruebas, por ello debe manejarse un programa adecuado de sondeos para su obtención definitiva.

Una cimentación es superficial si es posible tener acceso a ella y construirla directamente en una excavación a cielo abierto, aun cuando el nivel de desplante se encuentre más abajo.

En terrenos resistentes que permiten apoyar la zapata a profundidades someras, el nivel de desplante suele quedar determinado para proteger el elemento estructural del intemperismo y evitar erosiones.





La construcción de zapatas aisladas o corridas se inicia con el abatimiento del nivel freático, el posicionamiento del equipo de excavación y el tratamiento del terreno, por ejemplo, en depósitos aluviales y suelos blandos solo debe mantenerse abierta la excavación el menor tiempo posible para evitar las expansiones del fondo.

El colado de los dados y zapatas de cimentación, podrá hacerse por etapas siempre que se evite dejar juntas frías de construcción que puedan provocar agrietamientos. Después de construido el elemento se deberá rellenar los costados con material adecuado y compactado de acuerdo con el proyecto.



Se precisa pues, una coordinación muy estrecha y continuada entre el autor del proyecto y el responsable del reconocimiento geotécnico, de modo que exista una dirección de operaciones que permita reajustar el programa previsto, llegando incluso, si es necesario, a cambiar por completo el tipo de ensayos en función de las primeras informaciones obtenidas.

Se debe prestar un cuidado particular a la homogeneidad del subsuelo. Si aparecen o se sospechan discontinuidades (fallas, zonas cársticas, etc.) el reconocimiento debe ser ampliado, completándose de modo que se eviten sorpresas, muy graves en la ejecución o con la obra en servicio.

Los datos correspondientes a los estudios geológicos serán:

1. Caracteres generales de los materiales que forman el fondo y las márgenes de las corrientes
2. Corte geológico indicando los materiales del subsuelo y el nivel de aguas freáticas, enviando muestras inalteradas y alteradas.
3. Carga admisible aproximada que puede soportar cada estrato del sub-suelo.

I.4 ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

El objeto del procedimiento de evaluación de impacto ambiental es la preservación de los recursos naturales y la defensa del medio ambiente. Este procedimiento introduce la variable ambiental en la toma



de decisiones sobre los proyectos cuya incidencia sobre el medio ambiente es relevante, teniéndose en cuenta las diferentes alternativas que se puedan llevar a cabo del mencionado proyecto.

Para conocer si el proyecto que se tiene previsto realizar deberá o no ser sometido al siguiente procedimiento:

Se requiere la siguiente documentación, información del proyecto y del Estudio de Impacto Ambiental.

Los contenidos mínimos que deberá tener el Estudio de Impacto Ambiental son los siguientes:

1. Localización y descripción del proyecto, sus instalaciones y sus alternativas.
2. Examen de alternativas estudiadas, de las técnicamente viables y justificación de la solución adoptada.
3. Relación de materiales a utilizar.
4. Descripción de los tipos, cantidades y composición de los residuos generados, efluentes líquidos vertidos y emisiones de contaminantes a la atmósfera o cualquier otro elemento molesto o nocivo derivado de la actuación, tanto si es de carácter temporal, durante la construcción de la obra como si es permanente por corresponder a la fase de operación o funcionamiento.
5. Inventario ambiental general y factores medioambientales afectados por las acciones derivadas del proyecto.
6. Relación de las acciones inherentes a la actuación de que se trate, susceptibles de producir un impacto sobre el medio ambiente, mediante un examen tanto de la fase de construcción como de la de funcionamiento.
7. Identificación de los efectos directos o primarios y de los indirectos o inducidos por el proyecto sobre el medio geobiofísico y sobre el socioeconómico y cultural.
8. Evaluación de las principales interacciones ecológicas y ambientales.
9. Valoración de los impactos ambientales más significativos.
10. Estudio y propuesta de medidas correctoras, si procede, para la minimización de impactos e indicación de los impactos residuales.
11. Programa de vigilancia ambiental.
12. Documento de síntesis.

Existen dos tipos de evaluación de impacto ambiental: ordinaria y simplificada; como su propio nombre indica, el procedimiento que sigue esta última, es más sencillo, siendo el organismo competente para resolver, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos naturales (SEMARNAT).

Es importante diferenciar que la Evaluación de Impacto Ambiental puede ser por razones de actividad o de localización. Las razones de actividad se establecen en función del tipo de actividad que se pretenda realizar; las razones de localización se corresponden con la existencia de zonas de sensibilidad ecológica, en las que los proyectos puedan tener mayores influencias.



En algunos lugares sólo pueden redactar estudios de impacto ambiental equipos homologados, siendo necesario que al menos uno de los miembros del equipo posea titulación relacionada con el órgano sustantivo del proyecto, y otro ha de tener titulación sobre los factores del medio afectados por el proyecto.

El titular de la explotación puede invocar motivadamente el carácter confidencial de parte de la información contenida en el Estudio de Impacto Ambiental.

Las cuantías de las sanciones son variables en función de la gravedad y los agravantes o atenuantes existentes. La imposición de sanciones por infracciones graves o muy graves conllevará la pérdida del derecho a obtener subvenciones

Es destacable el hecho de que en ningún caso la infracción urbanística puede suponer un beneficio económico para el responsable, puesto que cuando la suma de la sanción impuesta y el costo de las medidas de restauración de la legalidad sean inferiores al importe del beneficio, se incrementará la cuantía de la multa hasta alcanzar dicho importe.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental han emitido oficialmente la guía básica para la elaboración de manifestaciones de impacto ambiental en su modalidad regional, para proyectos de vías generales de comunicación.

1.5 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

Factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados, la factibilidad se apoya en 3 aspectos básicos:

1. Operativo.
2. Técnico.
3. Económico.

El éxito de un proyecto está determinado por el grado de factibilidad que se presente en cada una de los tres aspectos anteriores.

DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.

La investigación de factibilidad en un proyecto que consiste en descubrir cuáles son los objetivos del proyecto para luego determinar si el proyecto es útil para que la sociedad o comunidad logre sus



objetivos. La búsqueda de estos objetivos debe contemplar los recursos disponibles o aquellos que el lugar pueda proporcionar, nunca deben definirse con recursos que el lugar no es capaz de dar a menos de que puedan proceder de otro sitio, cosa que comúnmente sucede.

Para la sociedad se cuenta con una serie de objetivos que determinan la posibilidad de factibilidad de un proyecto sin ser limitativos. Estos objetivos son los siguientes:

- Reducción de errores y mayor precisión en los procesos.
- Reducción de costos mediante la optimización o eliminación de recursos no necesarios.
- Integración de todas las áreas y subsistemas de la empresa.
- Actualización y mejoramiento de los servicios a clientes o usuarios.
- Aceleración en la recopilación de datos.
- Reducción en el tiempo de procesamiento y ejecución de tareas.
- Automatización óptima de procedimientos manuales.

FACTIBILIDAD OPERATIVA.

Se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos), y depende de los recursos humanos que participen durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo.

FACTIBILIDAD TÉCNICA.

Se refiere a los recursos necesarios como expertos, maquinarias, herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente nos referimos a elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse.

FACTIBILIDAD ECONÓMICA.

Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse y son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos.

Generalmente la factibilidad económica es el elemento mas importante ya que a través de el se solventan las demás carencias de otros recursos; es lo mas difícil de conseguir y requiere de actividades adicionales cuando no se tiene.

Un estudio de factibilidad requiere ser presentado con todas la posibles ventajas para la empresa u organización, pero sin descuidar ninguno de los elementos necesarios para que el proyecto funcione.



Para esto dentro de los estudios de factibilidad se complementan dos pasos en la presentación del estudio:

- Requisitos Óptimos.
- Requisitos Mínimos.

El primer paso se refiere a presentar un estudio con los requisitos óptimos que el proyecto requiera, estos elementos deberán ser los necesarios para que las actividades y resultados del proyecto sean obtenidos con la máxima eficacia.

El segundo paso consiste en un estudio de requisitos mínimos, el cual cubre los requisitos mínimos necesarios que el proyecto debe ocupar para obtener las metas y objetivos, este paso trata de hacer uso de los recursos disponibles de la empresa para minimizar cualquier gasto o adquisición adicional.

Un estudio de factibilidad debe representar gráficamente los gastos y los beneficios que acarreará la puesta en marcha del sistema, para tal efecto se hace uso de la curva costo-beneficio.

TOMA DE DECISIONES

Las tomas de decisiones pueden tener gran impacto económico en el entorno que se desarrollan, por ejemplo sus decisiones pueden crear o propiciar la pérdida de cientos de empleos, o bien causar o detener un desastre ecológico, en resumen determinan la supervivencia de una empresa.

Un tomador de decisiones, requiere de cuatro aspectos básicos:

- Información: No contar con este recurso es como buscar la salida de uno sin brújula y sin mapa.
- Conocimiento: El conocimiento en un tomador de decisiones permite relacionar las variables que se encuentra en la empresa y en su entorno.
- Experiencia. Logra vivencias que nos permiten contar con elementos para relacionarlos con nuestro conocimiento.
- Liderazgo. Es lograr que las cosas se den.

LA FUNCIÓN FINANCIERA

Dentro del concepto de proyecto en ejecución la función financiera ocupa un lugar estratégico, cuyo objetivo principal es utilizar toda su capacidad operativa y analítica para atender eficientemente a sus "clientes internos", es decir, su respaldo oportuno y eficaz a las áreas de producción, recursos humanos, procedimientos administrativos y compras.

Por tal motivo la razón del financiero es relacionar la institución con los mercados financieros; los bancos son un intermediario de los mercados financieros, ellos captan dinero a una tasa de interés pasiva (i_p) y lo prestan a una tasa de interés activa (i_a), donde el interés activo es mayor al interés pasivo $i_a > i_p$. De esa forma vemos que la principal labor del financiero es analizar y encontrar en los mercados financieros a los



posibles donantes de recurso necesarios para los proyectos de inversión, y evaluara para cada posible donante variables como son tasa de interés, plazo, riesgo, condiciones y garantías solicitadas.

Las inversiones de la organización pueden ser en activos fijos, inventarios, crédito a los clientes, investigación y capacitación principalmente; detrás de cada una de las opciones de inversión existe un estudio de mercado, producción y recursos humanos, el financiero evalúa monetariamente cada una de las opciones de inversión y determina el beneficio neto que representan para el organismo.

Finalizada la inversión, el financiero debe cuidar los beneficios que se obtengan, debiendo para ello optar por dos caminos, devolver los beneficios a los mercados financieros a manera de pagos de intereses o reinvertir esos beneficios manteniéndolos en la organización.

INGENIERÍA FINANCIERA.

La ingeniería financiera surge en la gestión tradicional de la tesorería de las instituciones, debido principalmente a que existían condiciones de cambio en las tasas de intereses y/o plazo y los responsables de esta área comenzaban a hacer las operaciones necesarias para continuar con una estabilidad económica dentro del proyecto, realizando así operaciones de ingeniería financiera. De la misma forma la banca ha realizado operaciones que pueden ser consideradas dentro de lo que hoy se denomina ingeniería financiera, la sindicalización de créditos o el aseguramiento y colocación de una emisión de títulos son un ejemplo de lo anterior.

La ingeniería financiera presenta cinco características básicas:

- La existencia de un objetivo
- La combinación de instrumentos
- La conjunción de operaciones
- Operaciones a la medida
- Internacionalización de las operaciones

Las operaciones de la ingeniería financiera se instrumentan con base en cuatro instrumentos financieros básicos, ellos son:

1. Contratos, adelantos
2. Futuros
3. Opciones
4. Permutas financieras

RAZONES FINANCIERAS

Para poder realizar un análisis financiero adecuado y eficaz existe un conjunto de herramientas llamadas Razones financieras. Estas presentan una perspectiva amplia de la situación financiera, ya que puede precisar el grado de liquidez, de rentabilidad, el apalancamiento financiero, la cobertura y todo lo que



tenga que ver con su actividad, con toda esta información puede compararse con la competencia y llevar al análisis y reflexión el funcionamiento de las empresas frente a sus rivales.

Las razones financieras tienen ciertas características:

- No tienen unidad de medidas. Esto permite comprar información de diferentes países
- Rompen con problemas de tamaño. Esto permite comparar información de instituciones de distinto tamaño.
- Eliminan el problema de valor del dinero en el tiempo. Esto permite comparar información de varios años sin actualizarla.

Las Razones financieras se clasifican:

- Razones de liquidez. Analizar la capacidad de cumplir con sus compromisos de pago a corto plazo.
- Razones apalancamiento o solvencia. Analizar la estructura financiera y su capacidad de paga a largo plazo
- Razones de rendimiento o rentabilidad. Medir la capacidad para generar utilidades.
- Razones de actividad. Analizar la eficiencia de la operación.
- Razones de mercado. Analizar el sobre o subvaluación del precio de la acción.

Para obtener las razones de liquidez parten del activo circulante y del pasivo circulante. Las razones que ayudan a medir la liquidez son las siguientes: Circulante, Activo y del efectivo.

Las razones financieras de apalancamiento o solvencia son aquellas razones que tienen que ver con el pasivo y con la capacidad de darle servicio (pagar intereses) a esta deuda. Las razones financieras específicas más comunes ayudan a medir el apalancamiento o solvencia son las siguientes:

- Apalancamiento
- Endeudamiento
- Cobertura
- Corto plazo
- Capitalización
- Riesgo en moneda extranjera

Las razones de rentabilidad o rendimiento se dividen en utilidad con las ventas y utilidad con los recursos financieros.

Las razones financieras que ayudan a medir la rentabilidad o rendimiento respecto a las ventas son las siguientes: Margen de brutos de ventas, Margen operativos de ventas y margen neto de ventas.



Las razones financieras específicas ayudan a medir la rentabilidad o rendimiento respecto a los recursos financieros son los siguientes: Retorno sobre la inversión y Retorno sobre capital.

Las razones financieras de actividad consideran lo relacionado con la inversión en el activo: cuentas por cobrar, inventario, activo fijo y activo total.

Las razones específicas que ayudan analizar la actividad son las siguientes: rotación de cartera, días de cartera, rotación de inventario, días de inventario, rotación de cuentas por pagar, días de cuentas por pagar, rotación de activo total y rotación de activo fijo.

El objeto de obtener razones financieras es poder llevar a cabo un análisis que permita definir acciones concretas, tomando en cuenta dos puntos importantes: contar con razones financieras de varios periodos, los cuales permitirán hacer un marco de comparación y la evolución de los indicadores; la otra es contar con información del sector al que se pertenece o datos de los principales competidores.



II. TIPOS DE CIMENTACIÓN PARA PUENTES

Prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil, edificios, puentes, carreteras, túneles, muros, torres, canales o presas, deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella. Para que una estructura se comporte adecuadamente debe poseer una cimentación adecuada.

La cimentación es la parte estructural del proyecto, encargada de transmitir las cargas al terreno, el cual es el único elemento que no siempre podemos elegir, por lo que la cimentación la realizaremos en función de las características del mismo. Además éste no se encuentra todo a la misma profundidad por lo que será otro motivo de estudio, de los que influye en la decisión de la elección de la cimentación adecuada.

La finalidad de la cimentación es sustentar estructuras garantizando la estabilidad y evitando daños a los materiales estructurales y no estructurales y esta es la base sobre la que descansa todo tipo de estructura o construcción. Lo más común es que tengan que construirse bajo tierra. La profundidad y la anchura de los mismos se determinan por cálculo, de acuerdo con las características del terreno, el material de que se construyen y la carga que han de sostener. Tomando en cuenta lo siguiente:

- Estudio realizado en el laboratorio de mecánica de suelos.
- Cálculos con el material que forma el terreno en que se construirá.

Esta elección deberá de cumplir con la función de una cimentación, capaz de recibir la carga de la construcción y transmitir al terreno por medio de su base, la base sobre la que descansará toda la estructura.

Las cimentaciones se pueden clasificar en superficiales, profundas y especiales. Dentro de esta clasificación se encuentran los elementos estructurales llamados pilotes y pilas que corresponde a cimentaciones profundas. Las cimentaciones profundas se encargan de transmitir las cargas que reciben de una construcción a mantos resistentes más profundos.

II.1 PILOTES

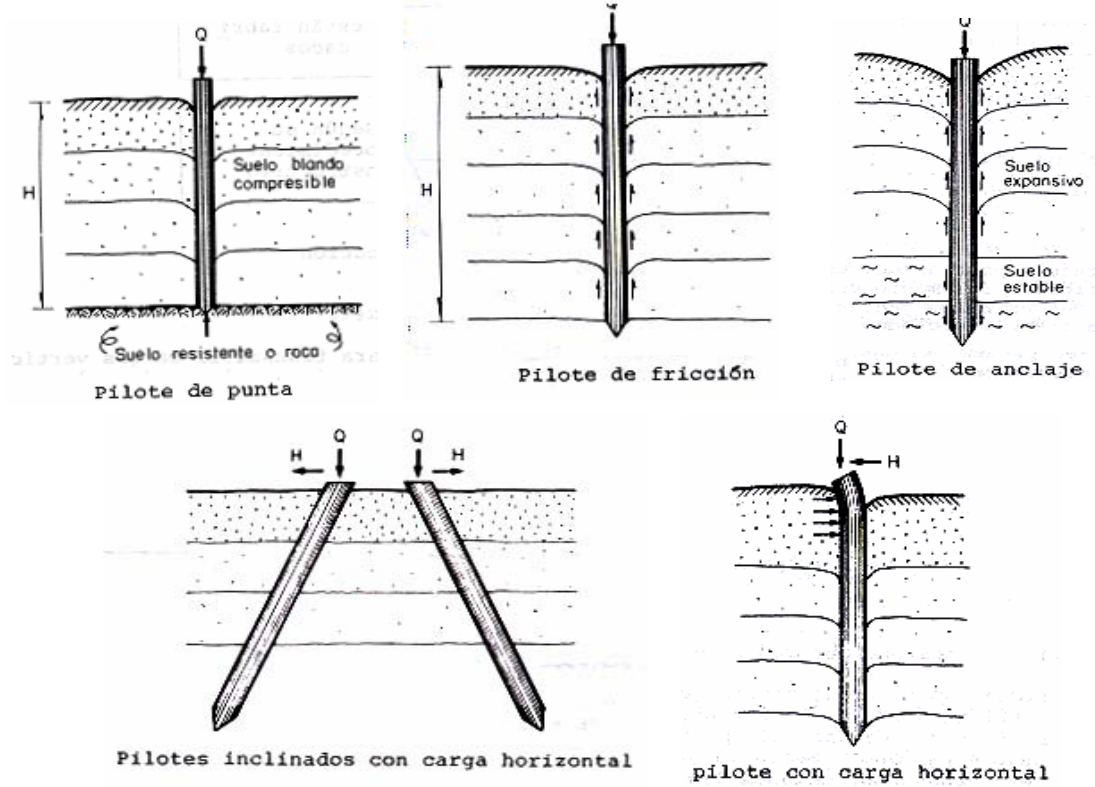
Los pilotes son elementos estructurales más esbeltos que las pilas, los cuales pueden alcanzar grandes profundidades.

Son construidos de diferentes formas, tamaños y materiales (madera, concreto y acero). Se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Según la forma como transmiten las cargas al suelo
 - a) Pilotes de punta

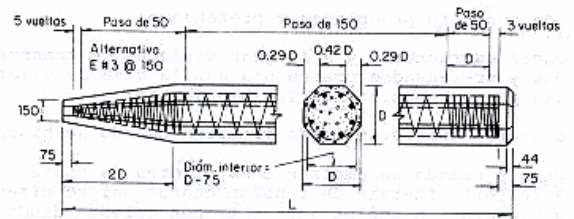
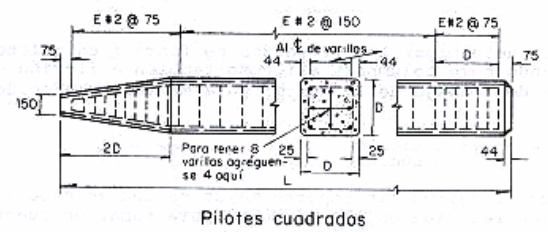


- b) Pilotes de punta con empotramiento
- c) Pilotes de fricción
- d) Pilotes verticales con carga horizontal
- e) Pilotes inclinados bajo cargas horizontales



2. Según el material con que se están fabricando

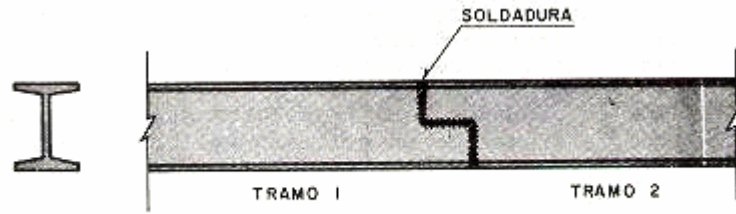
- a) Concreto
 - f) Prefabricado
 - g) Colado en el lugar
- b) Acero
- c) Concreto y acero



| Zunchado | | |
|----------|----|----|
| D, cm | 40 | 50 |
| Var. No. | 5 | 4 |

Pilotes de concreto

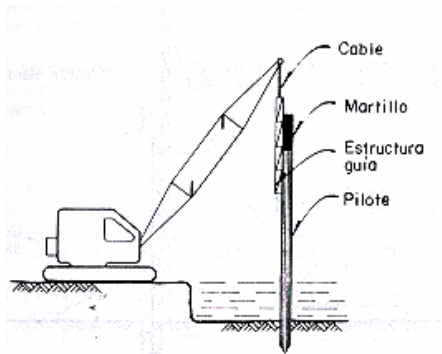
Acotaciones en mm



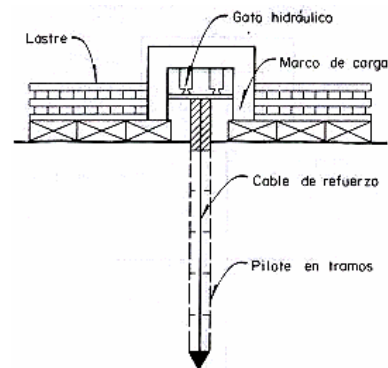
pilote formado por un perfil estructural

3. Según el procedimiento constructivo

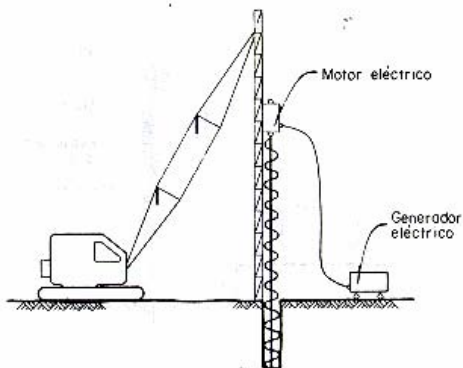
- h) Con desplazamiento
 - i. Hincados a percusión
 - ii. Hincados a presión
- i) Con poco desplazamiento
 - i. Hincado en una perforación previa
 - ii. Hincado con chiflón
- j) Sin desplazamiento
 - i. De concreto colado en el lugar



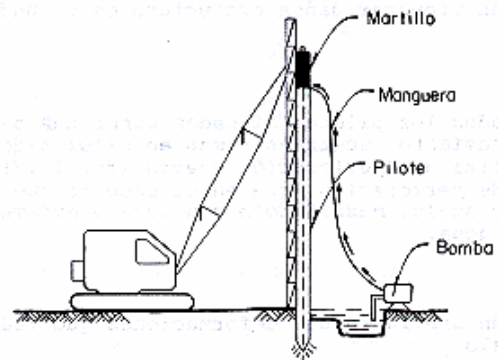
Pilote hincado con guía colgante



Pilote hincado a presión



Perforación previa al hincado



Pilote hincado con chiflón



PILOTES DE PUNTA

Son aquéllos que se diseñan de tal forma que puedan transmitir la carga a una capa resistente donde se apoyarán. Trabajan como columna corta y su máxima capacidad de trabajo a la compresión se desarrolla en la punta.

PILOTES DE FRICCIÓN

Estos desarrollan su trabajo por la adherencia o fricción con el suelo que los rodea; su capacidad de carga en la punta es prácticamente nula. Se utilizan donde los estratos resistentes están a profundidad es relativamente grandes.

PILOTES MIXTOS

El trabajo de estos pilotes es doble o sea por adherencia y apoyo y se recomiendan en los suelos poco comprensibles en donde el estrato de apoyo es de poca resistencia.

COLOCACIÓN

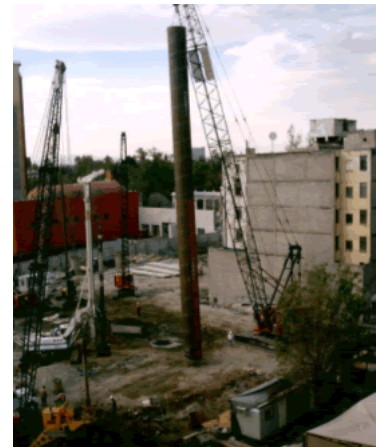
El sistema de pilotes colocados con máquinas piloteadoras sigue siendo el método tradicional. En él, un peso aproximadamente igual al peso del pilote se levanta a una distancia considerable en la guía de la máquina y se suelta para que golpee la cabeza.

La operación se realiza utilizando un conjunto de elementos mecánicos integrados al equipo que permiten mantener el pilote en posición, detenerlo y soportarlo durante el hincado y proporcionar una guía donde pueda desplazarse el martillo.

El equipo está montado generalmente en el chasis de una grúa. Para guiar el pilote debe existir un equilibrio permitiendo alguna libertad del pilote entre las guías, particularmente en la base del cuadro.

Normalmente pueden ocurrir cambios por movimientos de giro o laterales durante el hincado, cuya prevención requiere de gran experiencia para no permitir que se produzcan esfuerzos indeseables de torsión que no son apreciables en la superficie.

El peso del martillo varía generalmente entre 0.5 y 2 veces el peso del pilote. En virtud de que el esfuerzo máximo en la cabeza del pilote se puede incrementar de manera importante si el martillo golpea en forma excéntrica, es preferible utilizar martillos largos y angostos para conseguir que el golpe sea axial. Debe considerarse que el uso de martillos muy ligeros provoca mayores destrozos en la cabeza de los pilotes por ser necesario un mayor número de golpes.

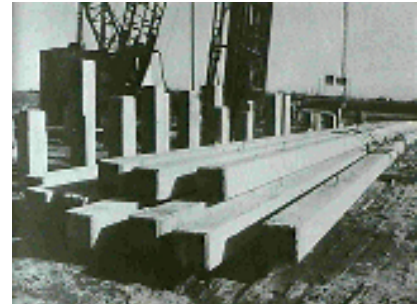




Es conveniente el uso de un casquillo de acero protector para la cabeza del pilote además de ayudar a que se produzca una carga concentrada con el impacto. El martillo en general no debe pesar menos que el pilote y debe ser suficiente para asegurar una penetración de cuando menos 2.5 mm por golpe.



Cabezal de un pilote colado in-situ



Pilotes Prefabricados

II.2 PILAS

Se puede decir que las pilas son los pilotes colados in situ, pero debido a que se pueden hacer de diferentes maneras, tamaños y que pueden alcanzar una mayor profundidad que los pilotes, se les clasifica en otra categoría. Las pilas son aquellos elementos estructurales que sirven de apoyo intermedio en la construcción de los puentes de dos o más tramos.





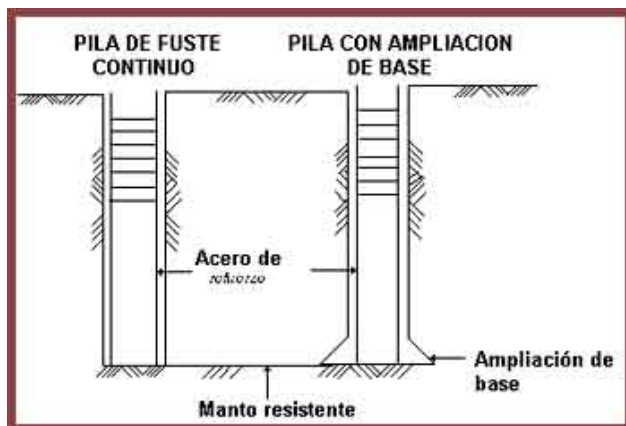
La construcción de las Pilas, consta de tres etapas principales:

- Perforación
- Colocación de acero de refuerzo
- Colado de concreto

PERFORACIÓN

Este proceso inicial consiste en la apertura de un agujero en el subsuelo, en donde se colocarán los materiales que formarán la pila.

Las secciones transversales de las pilas son circulares, aunque, cuando se trata de estructuras de gran peso o de condiciones especiales de carga pueden ser rectangulares, y aunque generalmente son continuas, es común hacer ampliaciones en la base conocidas como “campanas” para aumentar el área de apoyo e incrementar así la capacidad de carga.



ADEMES

Debido a que algunas veces las condiciones de suelo, no son las más favorables, la construcción de las pilas se complica, por lo que se hace necesario el uso de ademados, básicamente existen dos tipos:

Ademes rígidos: Consisten en piezas metálicas de un diámetro similar al de la perforación y que pueden ser o no recuperables.

Ademes a base de lodos: Llamados también "lodos bentoníticos" son mezclas que se forman a partir de agua y bentonita (mica arcillosa) formándose una sustancia con un peso específico alto y largo tiempo de sedimentación y con ello una película plástica impermeable en las paredes de la perforación que ayuda a equilibrar las presiones hidrostática e impiden el flujo de agua, factores importantes de inestabilidad del suelo. Éstos se colocan en un barreno como soporte temporal durante la perforación y logra por la presión hidrostática hacia las paredes y el nivel del lodo siempre debe mantenerse arriba del nivel de



aguas superficiales encontrado en el suelo y este soporte puede ser proporcionado por agua, lodo bentonítico, un polímero o el mismo suelo.

El fluido de polímeros es una solución de una cadena larga de moléculas de peso molecular bajo diluida en agua con estructura tipo red, donde las moléculas son capaces de mantener en suspensión las partículas pequeñas y presentar propiedades similares a las suspensiones bentoníticas.

Los polímeros podrán ser usados como fluidos de excavación, en algunas circunstancias con adición de bentonita, en función de:

- Experiencias anteriores en suelos parecidos o en condiciones geotécnicas peores.
- Ejecución de ensayos a escala natural en la propia obra.
- Adelantos técnicos futuros en estos materiales.



COLOCACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

La introducción del acero de refuerzo deberá hacerse con la mayor rapidez, instalando separadores que aseguren su correcta colocación dentro de la perforación, así como el uso de una grúa con la altura suficiente que permita la introducción vertical de todo el armado, evitando en lo posible el contacto con las paredes.





COLADO DE CONCRETO

El vaciado del concreto dentro de la perforación es también una operación delicada y se debe tener cuidado en lo siguiente:

- Rapidez en la ejecución
- Evitar la segregación
- Evitar la contaminación

Para la rapidez en la ejecución, se recomienda el uso de concreto premezclado que permita que la maniobra de colado se haga rápidamente.

La segregación del concreto se evita con el uso de una manguera o tubería con un diámetro máximo de 12 veces mayor que el tamaño máximo del agregado.

Para evitar la contaminación del concreto, es fundamental hacer el colado continuo de toda la pila. Cuando el colado es bajo agua o en presencia de lodos bentoníticos se usa el sistema TREMIE que se hace introduciendo el concreto por medio de una tubería de acero hasta el fondo de la perforación, de forma que fluya de abajo hacia arriba para que sólo la parte superior del concreto tenga contacto con el agua o lodos. La tubería debe permanecer ahogada en el concreto durante todo el proceso de colado.



II. 3 OTROS (TABLESTACAS)

El diseño de soportes temporales para los lados de excavaciones está regido por las condiciones del suelo y del agua subterránea, así como por la profundidad y el ancho del área excavada. En arenas y limos con cargas de agua, se requiere un soporte continuo para la cara mediante protecciones para zanjas, de acero o tablestacas. Es necesario llevar el soporte de la cara antes que la excavación. Las arcillas de firmes a rígidas, las gravas secas compactas o arcillosas, las arenas compactadas o



cementadas, las pizarras o las rocas estratificadas pueden permanecer sin soporte durante periodos variables. Por lo tanto, en estos tipos de suelo solo es necesario colocar un soporte en un espacio abierto lo suficientemente ancho para soportar el aflojamiento hacia adentro de la masa de suelo detrás de la cara, y para evitar el riesgo de colapso de los lados debido, por ejemplo, a la abertura de fisuras en una arcilla rígida o al debilitamiento, a lo largo de los planos de estratificación, de un estrato de roca incrustada. Las excavaciones anchas, requieren fuertes tirantes en los marcos de largueros y puntales no así las zanjas angostas o los pozos angostos y, en el caso de excavaciones muy anchas, si será necesario apoyar la cara por medio de puntales inclinados o sujetarla con anclas de tierra.

El diseño de los esquemas de protección con anterioridad a la construcción, así como el ordenamiento de únicamente el material necesario, permitirá seguridad en la construcción y evitará el desperdicio y cortes excesivos.

También se debe hacer notar que un buen diseño de esquema de soporte es aquel que permita un fácil golpeteo. Cualquier diseño que requiera el corte o desintegración de mucho material valioso en largueros y puntales pesados para poder removerlos tras la terminación del trabajo temporal significa una gran cantidad de desperdicio.

Cualquier estructura construida bajo la superficie del terreno está sometida a las fuerzas que ejerce el suelo en contacto con la misma. El proyecto y construcción de estructuras enterradas o de sostenimiento constituye una faceta importante de la ingeniería civil.

La determinación de las fuerzas que actúan sobre una estructura enterrada no se puede hacer en forma correcta, considerando por separado la estructura o el terreno circundante, ya que el comportamiento de aquella dependerá del comportamiento de éste. Por tanto, el ingeniero debe tener conocimientos sobre la interacción suelo - estructura para proyectar adecuadamente las estructuras sometidas a cargas importantes.

Un tipo que se puede usar como estructura de retención es el tablestacado anclado. El tablestacado es una sucesión continua de elementos estructurales de acero unidos en forma machimbrada, y son elementos de retención del suelo, usados generalmente en fronteras con agua. Las tablestacas de acero hincadas con martinete o martillo de doble acción permiten colocaciones mucho más profundas. La utilización de la tablestaca también proporciona un espaciamiento mucho mas ancho para marcos contraventeados o apuntalados. Sin embargo el hundimiento de tablestacas puede ocasionar ruido y vibración, que en áreas pobladas, ocasiona molestias y puede dañar otras propiedades.





De vez en cuando surgen dificultades al hundir tablestacados en arcillas rígidas a cierta profundidad bajo en nivel de las excavaciones, ya sea por obtener soporte en resistencia pasiva o para eliminar el agua. Al extraer las tablestacas, la arcilla acuñada en los “pequeños estratos duros” es también sacada dejando grandes huecos bajo el nivel de la excavación y dañando el trabajo permanente.

Los pasos a que debe ajustarse un método de diseño de tablestacas ancladas son los siguientes:

1. Valuación de las fuerzas actuantes en la superficie interior.
2. Determinación de la profundidad de penetración.
3. Cálculo máximo de momento flexionante.
4. Valuación de la fuerza de tensión en el anclaje.
5. Determinación de los esfuerzos admisibles en los distintos elementos de acuerdo con las incertidumbres que se hayan tenido en la valuación de las fuerzas actuantes.





III. ELECCIÓN DE CIMENTACIÓN, SUBESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA

Durante la etapa de planeación de una obra de ingeniería, en este caso un puente, es muy importante en el proceso de elección del tipo por utilizar, en dicho proceso se define en forma general el material, el tipo estructural, la forma y dimensiones, costo aproximado del proyecto y el procedimiento de ejecución.

Algunas características básicas para la elección del tipo de puente como son:

1. Identificación de las necesidades existentes.
2. Acumulación de la información de los estudios de campo.
3. Formulación de las alternativas posibles.
4. Análisis de estas alternativas: valuación física y económica.
5. Selección de alternativa mas conveniente

Para la elección de un tipo de estructura para un puente debemos siempre tener en cuenta ciertas limitantes, que harán que nos inclinemos por alguna u otra estructura que cumpla con nuestros requerimientos, como los son:

1. Finalidad utilitaria
2. Función Estructural (en la que se incluye proceso constructivo)
3. Limitación económica
4. Exigencia estética

III. 1 POR COSTO

El costo total de una obra de ingeniería puede incluir todos los puntos siguientes, de los cuales se hará una evaluación para determinar cual es el costo que mas influye dentro del proyecto, para poder saber cual es el puente o proyecto que mas nos conviene:

1. Terreno, derecho de vía y servidumbres.
2. Ingeniería de Proyecto
3. Costos de construcción.
4. Financiamiento durante la construcción.
5. Contingencias o imprevistos.

Terreno, derecho de vía y servidumbres. Cuando es necesario comprar u obtener los derechos para usar un terreno al construir un proyecto de ingeniería, se requerirán los fondos para pagar este costo. Si



el proyecto incluye la construcción de líneas de tubería, de corriente eléctrica, de teléfonos, zanjas de drenaje, etc., el proceso para usar el terreno es obtenido a través de un derecho de vía o servidumbre, que se le concede al dueño del proyecto por el propietario del terreno, generalmente mediante el pago correspondiente.

Ingeniería de Proyecto. Cuando se decide la ejecución de un proyecto, se contrata a personal técnico calificado para que haga los levantamientos necesarios, prepare los planos y las especificaciones, y supervise el proyecto durante su construcción. El cobro por este servicio esta basado en un porcentaje convenido del costo de la construcción, que variarán dependiendo del tamaño y del tipo de proyecto.

Costos de construcción. El costo de construcción de un proyecto es una estimación hecha por adelantado. Es la cantidad que se cree que el propietario del proyecto deberá pagar por la construcción. La estimación o presupuesto de este costo, esta dividido usualmente entre las diferentes partes de la construcción, que muestran la cantidad, precio unitario y costo total por separado. Los precios unitarios deberán estar basados en las cantidades que usará el contratista al someter su proposición.

Financiamiento durante la construcción. La mayoría de los contratos de construcción hacen una previsión de que el propietario pagará al contratista en ciertas fechas durante el periodo de construcción, conforme al avance del proyecto, así, el propietario tendrá considerables fondos invertidos en el proyecto durante el tiempo de construcción, aumentando la cantidad a medida que progresa la construcción.

Contingencias o imprevistos. En general no se conoce por adelantado el costo exacto del proyecto, por lo que es aconsejable proporcionar fondos adicionales para cubrir los costos imprevistos. Estos costos variarán con el tipo de proyecto, con la precisión con la que se preparó el presupuesto, y con la estabilidad de los costos de construcción.

III. 2 POR PROCESO CONSTRUCTIVO

Hay un gran número de métodos y procedimientos de construcción para realizar las obras de ingeniería, pero la solución más acertada de todas las que sean posibles será la que reúna más ventajas sobre las demás y sea la más económica.

Es bien sabida la importancia que tienen en cualquier construcción los métodos que se sigan para su realización, tanto por la calidad y correcta ejecución de acuerdo a las especificaciones, como por la economía obtenida al evitar gastos superfluos, escogiendo los procedimientos mas adecuados a las condiciones especiales que rigen en cada proyecto.



Debido a los diferentes tipos de puentes que existen, se explica solamente el proceso constructivo de puentes de concreto reforzado, puentes de concreto presforzado y puentes colgantes.

Como hay una gran cantidad de procedimientos constructivos para puentes, tomaremos la clasificación estructural del puente y de ahí partiremos:

- Subestructuras
- Superestructuras

Explicaremos en general el procedimiento constructivo de las subestructuras y en particular el de las superestructuras.

SUBESTRUCTURAS

Existen dos tipos principales de subestructuras: pilas y pilotes.

PILAS

La construcción de pilas según lo especifique el proyecto se realiza en sitio, debido a que pueden tener diferentes diámetros. Para la construcción de las pilas mencionadas, existen procedimientos que aseguran la calidad de los elementos, tomando en cuenta entre otras variables, el diámetro y la longitud de las pilas y la existencia de agua.

En caso de que, aún siendo época de estiaje exista flujo de agua donde quedarán construidas las pilas, se procederá a hacer ataguías, bombeando posteriormente el agua que quede dentro de ellas. Si existen filtraciones se extraerá el agua mediante unos drenes construidos en el fondo de la excavación los cuales tendrán una cierta pendiente para llevar el agua a un cárcamo previamente construido y de ahí bombearla hacia afuera. El desplante se hará hasta la profundidad indicada en los planos, limpiando el sitio de desplante. Si éste nivel de desplante llegase a presentar grietas, éstas se rellenarán con mortero o lechada de cemento. Cuando el caso lo requiera, como en un terreno arenoso, de grava, etc., se colocará al fondo una plantilla de concreto pobre.

El procedimiento constructivo para la fabricación de las pilas consiste básicamente en la colocación de un brocal metálico de cierta longitud para no perder el trazo vertical y horizontal para evitar caídos de la parte superior de la perforación; posteriormente se procede con la excavación del subsuelo hasta alcanzar la primera capa resistente estabilizando la perforación con lodo bentonítico; después de atravesar este estrato, se introduce un ademe tubular metálico con la longitud y el diámetro de acuerdo a las especificación, el cual se instala con un vibrohincador para lograr su empotramiento en el subsuelo, equipo que genera vibración reduciendo la fricción del subsuelo con el ademe metálico.

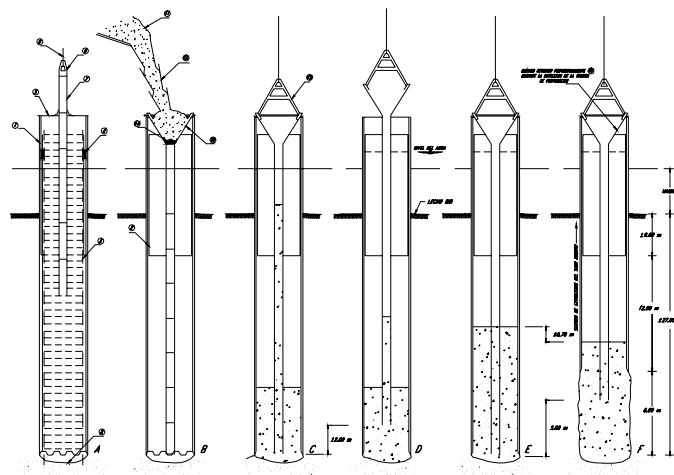


Una vez instalado el ademe tubular, se recupera el brocal inicialmente colocado y se continúa hasta terminar la perforación, continuando su estabilización con lodo bentonítico hasta alcanzar el estrato considerado como apoyo localizado a la profundidad adecuada.

Terminada la perforación se introduce a continuación el acero de refuerzo previamente habilitado de acuerdo con las especificaciones, siendo su longitud igual a la del fuste de la pila; posteriormente se deposita concreto con un revenimiento alto, condición necesaria para evitar oquedades ya que no es posible vibrarlo adecuadamente dentro de la perforación; el concreto será conducido hasta el desplante de la pila a través de la tubería especial, sistema que tiene como propósito el evitar que se disgregue durante el colado y que éste no se contamine al fluir desde el fondo de la perforación, desplazando en forma ascendente el lodo bentonítico el cual se recupera para su reutilización, concluyendo así la fabricación de la pila en sitio.

El ademe metálico en ocasiones se considera como parte estructural de la pila.

El procedimiento constructivo descrito se aplica en la fabricación de cada una de las pilas, verificándose constantemente su verticalidad, estabilidad de las perforaciones, características de los diferentes estratos, volúmenes de materiales, y especificaciones de proyecto.





PILOTES

Estos elementos se utilizan para soportar los estribos de los puentes que no llevan pilas. La construcción de los pilotes se lleva a cabo en fábricas especializadas o en un patio de colados cercano al lugar donde se hincarán. Se construirán moldes los cuales se utilizarán varias veces.

Se procederá al armado de los pilotes el cual llevará unido en sus extremos una placa de acero que desempeñara la función de empalmar un pilote con el siguiente por medio de soldadura entre ambas placas. Una vez hecha las pruebas de calidad necesarias se procederá al hincado de los mismos mediante equipos especiales.

Durante el proceso de izaje y colocación del pilote en su ubicación se debe de tener precaución con el manejo del pilote, porque corre el riesgo de fracturarse o romperse.

Los pilotes se hincarán a la longitud requerida más la longitud necesaria, con objeto de romper el concreto en su parte superior y descubrir las varillas que estarán ahogadas en el cabezal para unirlos a los elementos de la superestructura.





SUPERESTRUCTURAS

CONCRETO REFORZADO

Anticipadamente a la terminación del colado de las coronas de pilas o pilotes, se deberá construir la cimbra con los moldes necesarios para dar la forma del proyecto a la losa y trabes así como la obra falsa que servirá para transmitir la carga hasta el terreno; los moldes deberán resistir la presión del concreto sin que se produzcan deformaciones y se deberá apuntalar debidamente para evitar la posibilidad de que se abran.

Después se procederá a la colocación del acero de refuerzo, de las nervaduras, losa y/o diafragmas para todo el tramo pues se colará en una sola operación sin dejar, de preferencia, ninguna junta de construcción.

El concreto para la superestructura se dosificará según proyecto; este se podrá fabricar en sitio o en su caso pueda ser suministrado por una concretera. Es conveniente considerar el uso de cementos de resistencia rápida, o en último caso, el empleo de acelerantes que permitan descimbrar lo más rápido posible, porque se requiere emplear la cimbra para los otros tramos y reducir costos.

Las superestructuras de concreto reforzado presenta desventajas como son el agrietamiento bajo cargas de servicio; el cimbrado, ya que puede complicarse debido a la forma de la estructura (arcos), pero puede ser también benéfico cuando tenemos puentes con vida útil corto u obras provisionales o se presentan problemas de acceso para equipos pesados y para piezas prefabricadas.



Existen también superestructuras hechas con elementos prefabricados los cuales presentan la ventaja de reducir el peso total, costos de construcción y programa de ejecución del mismo, mejorando la calidad, limpieza y estética.



CONCRETO PREENFORZADO

El ACI propone la siguiente definición:

Concreto Preenforzado: Concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes debido a cargas externas son contrarrestados a un grado deseado. En elementos de concreto reforzado el preesfuerzo es introducido comúnmente tensando el acero de refuerzo.

Dos conceptos o características diferentes pueden ser aplicados para explicar y analizar el comportamiento básico del concreto preesforzado. Es importante que el diseñador entienda los dos conceptos para que pueda proporcionar y diseñar estructuras de concreto preesforzado con inteligencia y eficacia.

- **Primer concepto:** Preenforzar para mejorar el comportamiento elástico del concreto. Este concepto trata al concreto como un material elástico y probablemente es todavía el criterio de diseño más común entre ingenieros.

El concreto es comprimido (generalmente por medio de acero con tensión elevada) de tal forma que sea capaz de resistir los esfuerzos de tensión.

Desde este punto de vista el concreto está sujeto a dos sistemas de fuerzas: preesfuerzo interno y carga externa, con los esfuerzos de tensión debido a la carga externa contrarrestados por los esfuerzos de compresión debido al preesfuerzo. Similarmente, el agrietamiento del concreto debido a la carga es contrarrestado por la precompresión producida por los tendones. Mientras que no haya grietas, los esfuerzos, deformaciones y deflexiones del concreto debido a los dos sistemas de fuerzas pueden ser considerados por separado y superpuestos si es necesario.

- **Segundo Concepto:** preesforzar para aumentar la resistencia última del elemento. Este concepto es considerar al concreto preesforzado como una combinación de acero y concreto, similar al concreto reforzado, con acero tomando tensión y concreto tomando compresión de



tal manera que los dos materiales formen un par resistente contra el momento externo. Esto es generalmente un concepto fácil para ingenieros familiarizados con concreto reforzado.

En el concreto preesforzado se usa acero de alta resistencia que tendrá que fluir (siempre y cuando la viga sea dúctil) antes de que su resistencia sea completamente alcanzada. Si el acero de alta resistencia es simplemente embebido en el concreto, como en el refuerzo ordinario de concreto, el concreto alrededor tendrá que agrietarse antes de que la resistencia total del acero se desarrolle.

De aquí que es necesario pre-estirar o preesforzar al acero. Presforzando y anclando al acero contra el concreto, se producen esfuerzos deseables. Estos esfuerzos permiten la utilización segura y económica de los dos materiales para claros grandes lo cual no puede lograrse en el concreto simplemente reforzado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONCRETO PRESFORZADO

Ventajas:

- Se tiene una mejoría del comportamiento bajo la carga de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión.
- Permite la utilización de materiales de alta resistencia
- Elementos más eficientes y esbeltos, menos material
- Mayor control de calidad en elementos preetensados (producción en serie). Siempre se tendrá un control de calidad mayor en una planta ya que se trabaja con más orden y los trabajadores están más controlados
- Mayor rapidez en elementos preetensados. El fabricar muchos elementos con las mismas dimensiones permite tener mayor rapidez en la construcción de los mismos.
- Planeación cuidadosa del proceso constructivo, sobre todo en etapas de montaje.

Desventajas:

- Se puede requerir transporte y montaje para elementos preetensados. Esto puede ser desfavorable según la distancia a la que se encuentre la obra de la planta
- Mayor inversión inicial
- Diseño más complejo y especializado (juntas, conexiones, uniones, etc.)

ESTADOS DE CARGA

Una de las consideraciones peculiares en el concreto presforzado es la diversidad de los estados de carga a los cuales el miembro o estructura se sujeta. Para estructuras coladas en sitio, el concreto presforzado tiene que diseñarse por lo menos para dos estados de carga: el estado inicial durante el presforzado y el estado final bajo las cargas externas. Para elementos prefabricados, debe revisarse un



tercer estado por transporte. Durante cada uno de estos estados, hay diferentes etapas en las cuales la estructura puede estar bajo diferentes condiciones.

Estado inicial: El elemento está bajo preesfuerzo pero no está sujeto a ninguna carga externa superpuesta. Este estado puede dividirse en los siguientes periodos:

Durante El Tensado: esta es una prueba crítica para la resistencia de los tendones. Generalmente, el máximo esfuerzo al cual los tendones estarán sujetos a través de su vida ocurre en éste periodo. Para el concreto, las operaciones de presforzado imponen varias pruebas en la producción de la resistencia en los anclajes. Debido a que el concreto no tiene la resistencia especificada en el momento en el que el presfuerzo es máximo, es posible la trituración del concreto en los anclajes si su resistencia no es adecuada. Para elementos pretensados, la transferencia del presfuerzo se hace en una operación y en un periodo muy corto.

Estado Intermedio: este es el estado durante la transportación y montaje. Ocurre sólo para elementos prefabricados cuando son transportados al sitio y montados es su lugar. Es muy importante asegurar que los miembros sean manejados y soportados apropiadamente en todo momento. Por ejemplo, una viga simple diseñada para ser soportada en sus esquinas se romperá fácilmente si se levanta por el centro. No sólo debe ponerse atención durante el montaje del elemento, sino también cuando se le agreguen las cargas muertas superpuestas.

Estado Final: como para otros tipos de estructuras, el diseñador debe considerar varias combinaciones de cargas vivas en diferentes partes de la estructura con cargas laterales tales como fuerzas de viento y sismo, y cargas por esfuerzos tal como aquellas producidas por asentamientos de apoyos y efectos de temperatura. Para estructuras presforzadas de concreto, especialmente los tipos no convencionales, es usualmente necesario investigar sus cargas últimas y de agrietamiento, su comportamiento bajo sus cargas reales de soporte en adición a la carga de trabajo. Esto es como sigue:

Cargas permanentes. La curvatura o deflexión de un elemento presforzado bajo cargas permanentes generalmente es un factor que puede controlarse en el diseño, debido a que el efecto de la flexión aumentará su valor. De aquí que es deseable limitar la curvatura o deflexión bajo estas cargas.

Carga de trabajo. Para diseñar la carga de trabajo hay una revisión en los esfuerzos y las deformaciones excesivas.

Carga de agrietamiento. El agrietamiento en un elemento de concreto presforzado significa un cambio repentino en los esfuerzos de cortante y unión. A veces es una medida de la resistencia a la fatiga.

Carga última. Las estructuras diseñadas bajo la base de esfuerzos de trabajo pueden no siempre tener un margen suficiente para sobrecargas. Esto es verdad, por ejemplo, para elementos de concreto presforzado bajo cargas directas de tensión. Debido a que es deseable que una estructura posea una capacidad mínima de sobrecarga, es necesario determinar su resistencia última que está definida como la carga máxima que soporta antes del colapso.



PROCESO CONSTRUCTIVO

Al igual que los pilotes, las traveses se pueden construir en un patio de colados cercano o en una fabrica especializada.

Se habilitará el acero de refuerzo y se trazaran las trayectorias de los cables de preesfuerzo colocando tuberías de polietileno para ser colocados posteriormente dentro de la trabe, una vez armada esta y colocados los cables de preesfuerzo, se colaran las traveses con el concreto especificado.

Cuando el concreto haya adquirido la resistencia a la ruptura indicada, se llevará acabo la primera etapa de tensado de cables. La tensión inducida en dichos cables será la especificada en los planos.

Una vez tensados los cables se colocarán las cabezas de los cables las cuales tienen el objeto de anclarlos y se inyectará lechada de cemento en los ductos que encierran este acero de preesfuerzo.

A continuación se procederá al montaje de las traveses a su posición definitiva sobre sus apoyos. Ya colocadas las traveses, se procederá a unir los ductos de preesfuerzo transversal. Una vez armadas las losas entre traveses y con los cables de preesfuerzo colocados se procederá al colado de las mismas así como el de los diafragmas de la misma forma que ya se explico. Cuando el concreto de las traveses haya alcanzado su resistencia nominal se tensarán los cables. A continuación se colocarán las juntas de dilatación y se procederá al colado de guarniciones, parapetos y superficie de rodamiento.





IV. CIMBRA DESLIZANTE

IV.1 ASPECTOS GENERALES

Cimbra: Es la estructura o soporte provisional que puede ser de diferentes materiales (madera-metálica) y que se utiliza como molde para vaciar concreto, la cimbra es un conjunto de obra falsa y moldes temporales que sirven para soportar y moldear la construcción de elementos de concreto.

Molde: Parte de la cimbra que sirve para confinar y amoldar el concreto fresco de acuerdo a las líneas y niveles especificados por el proyecto, durante el tiempo que éste alcance su resistencia prefijada.

Obra falsa: Parte de la cimbra que sostiene establemente a los moldes en su lugar.

EL PROCESO DE CIMBRAR

Se hace aquí un repaso general de los procesos en cualquier sistema de cimbrado y que deben ser considerados tanto por el proyectista como por el constructor.

MONTAJE.

Cada obra es diferente y tiene sus problemas particulares, sin embargo, las siguientes observaciones pueden ser de ayuda para evitarlos:

- Aunque la cimbra es una estructura temporal, fácilmente desmontable y transportable, debe estar diseñada para soportar las presiones y cargas probables que vayan a ocurrir durante el colado.
- Se debe revisar que todos los dispositivos, herrajes y seguros estén en la posición correcta y se mantengan firmes y rígidos durante el colado.
- Cada tablero debe estar claramente numerado y utilizarse en la posición correcta
- Verificar que los puntales, madrinas, apoyos, cierres y amarres de muros tengan el espaciamiento requerido.
- Los puntales y soporte deben estar bien contra-venteados y tener un apoyo firme.
- Es preciso apretar bien todas las tuercas de los pernos o amarres de muros y quitar las piezas separadoras temporales. Se debe verificar que no hayan caído objetos extraños dentro de la cimbra.
- En colados elevados es necesario verificar que el borde inferior del tablero quede bien apoyado contra el concreto endurecido del colado anterior. Para concreto aparente es necesario utilizar tiras de espuma plástica en las juntas, topes de tableros y juntas de construcción para evitar escurrimientos de lechada.
- Cualquier pieza de relleno o tablero de cierre debe coincidir con la cimbra principal y deben distribuirse de manera que los tableros principales no sufran daños al fijarse o descimbrarse.



- Los agujeros que se hagan en las cimbras en obras deben ser nítidos para facilitar el remiendo o relleno. Las cimbras de madera se barrenan por la cara para evitar astilladuras en la superficie.
- Todas las tablas y cierres se deben clavar ligeramente para que permanezcan en el concreto al descimbrar.
- Los insertos y cajas que puedan colocarse en posición antes del colado general deben estar sujetos firmemente.
- Se deberán dar instrucciones claras respecto a cualquier pieza que deba colocarse durante el colado.
- Se debe eliminar la suciedad, las rebabas, los cortes de alambre y los clavos de la cimbra ya que manchan el concreto.
- Se verificará que haya acceso adecuado y que las plataformas de trabajo estén en su sitio con sus barandales de protección.
- Las cimbras en pendientes y las de tapa horizontal están sujetas a las presiones ascendentes del concreto fresco y es necesario sujetarlas firmemente.
- Las secciones prefabricadas de cimbra deben marcarse con su respectivo peso y antes de montarlas verificar la capacidad del equipo. Normalmente las secciones están provistas de puntos de izaje; cuando sea necesario pueden utilizarse vigas de extensión o de izaje para evitar distorsiones.
- Cuando se emplean sistemas patentados deben interpretarse bien las instrucciones del fabricante y contar con las herramientas especiales necesarias.



Pero en la actualidad los sistemas y la tecnología que se utilizan en el cimbrado se están innovando constantemente, y algunos de los sistemas nuevos son el de andamiaje galvanizado con vigas de



aluminio, el de cimbrado monolítico, la cimbra de apuntalamiento para colar contra talud, las cimbras trepantes, la cimbra para entubamiento de ríos y toda clase de cimbras especiales sobre diseño.



CIMBRA DESLIZANTE

Dentro de los modernos tipos de cimbra, está el sistema conocido como deslizante, con el que se ha desarrollado un cimbrado que permite realizar con gran facilidad, rapidez y seguridad, este proceso.

Este método consiste en colocar el concreto en cimbras móviles para colar elementos verticales de gran altura, como son torres, chimeneas, pilas de puentes, silos, plataformas petroleras, tanques de agua, revestimientos de lumbreras, recipientes contenedores de reactores nucleares, etc.

El sistema de cimbra deslizante se creó con la finalidad de abatir el costo del cimbrado de una estructura de sección francamente continua, evitando el armado de una cimbra total.

Su estructura consta principalmente de dos elementos.

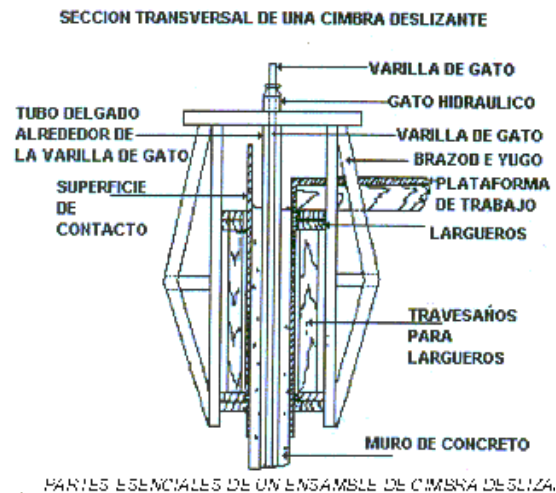
1. Cimbra de contacto.
2. Sistema accionador.

La cimbra de contacto está integrada en general por dos elementos, uno de los cuales es el marco, compuesto por largueros y calculado para soportar tanto la presión que origina el concreto como el peso propio incluyendo las instalaciones necesarias y el personal que habilitará el acero, el concreto y su



vibrado; el otro elemento es el forro que dará forma al molde. Ambos elementos podrán ser de madera, metálicos o mixtos.

El sistema accionador está formado principalmente por un equipo de bombeo que transmite presión por medio de aceite a un conjunto de gatos, que suben por unas barras de acero, empotradas en la cimentación o superficie de desplante de la estructura y quedan unidos a la cimbra por medio de puentes convencionalmente colocados y de esta forma, la cimbra es arrastrada por el movimiento ascendente.



Las recomendaciones para realizar un buen colado indican que no debe interrumpirse hasta la terminación de la estructura, lo cual no significa que el sistema no pueda detenerse, debiéndose tomar las precauciones adecuadas para su reinicio.

El método de cimbrado consiste en el habilitado de un juego de cimbras para todo el perímetro de la estructura a construir; los moldes tienen una altura que varía de 1.00 a 1.50 m lográndose una cimbra de construcción sumamente rígida, exacta y no apoyada al piso por lo que su sistema de apuntalamiento es mínimo.

Este sistema se puede considerar como un proceso de extrusión, ya que al ir deslizándose el molde, el concreto que es vertido por la parte superior, una vez que ha fraguado, aparece por la parte inferior con la suficiente dureza para soportar tanto su propio peso como el de las capas superiores que se encuentran aún en el molde.

El inicio del colado con cimbra deslizante se origina vertiendo el concreto en la totalidad de la altura del molde que al ir deslizando, permite verter capas sucesivas de 15 a 20 cm. de espesor de manera uniforme.

Las siguientes condiciones determinan la velocidad de deslizamiento de los moldes:

- Tipo de cemento.
- Proporcionamiento de la mezcla.
- Espesor de la pared de concreto.
- Cantidad de acero de refuerzo.



- Temperatura del medio ambiente.
- Empleo de aditivos, especialmente acelerantes o retardantes de fraguado.
- Revenimiento de la mezcla.
- Altura del molde deslizante.

Las velocidades usuales para el deslizamiento de la cimbra oscilan entre 10 y 40 cm. por hora.

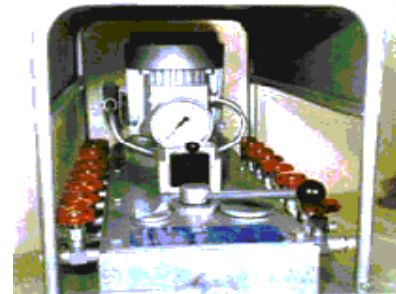
El acero de refuerzo o los cables de preesfuerzo se van fijando de manera continua conforme la forma va subiendo. La superficie de concreto que aparece debajo de la cimbra es tratada normalmente puliéndola y cepillándola antes de fraguar.

Las ventajas económicas del procedimiento radican en que el proceso es muy rápido y que el costo de las formas no es elevado, lo que resulta más notable mientras mas alta es la estructura.

El sistema de los gatos hidráulicos para las formas es bastante confiable y estos se controlan en forma individual y se manejan con sensores y niveles, fabricándose con capacidades de 3, 6 y 12 toneladas y las piezas de agarre a la barra son patentadas y la carrera para cada levantamiento puede ser ajustada individualmente, haciendo con ello posible lograr ajustes muy cuidadosos en la operación.



Gatos hidráulicos 12 Ton.



Gato de 3.6 Ton y Bomba Hidráulica

Los gatos de 3 toneladas se usan normalmente para estructuras de sección constante y cuando la carga es normal. Los gatos hidráulicos de 6 toneladas se usan para estructuras de gran altura y sección variable cuando la carga por elevar es pesada.

Con el sistema de cimbra deslizante, pueden conseguirse muchas ventajas entre las que se pueden mencionar:

- Se tiene una amplia gama en el manejo de espesores de la pared de concreto
- Esta pared puede ser de tipo inclinado y cambiar su grado de inclinación con facilidad
- Una sección circular queda asegurada en su forma sin variaciones
- Los sistemas para operar el equipo y verificarlo se manejan de forma central, operándose todos los tornillos en forma hidráulica



Un problema que se presenta con cierta frecuencia es el de precisar la especificación de un concreto que puede o no colocarse en una cimbra deslizante.

El fraguado del concreto estrictamente hablando, el trabajo que se hace con la cimbra deslizante no es una operación continua, ya que el movimiento ascendente de los módulos se da en pasos de 25 o 50 mm a una velocidad total del movimiento variable, que oscila generalmente entre los 0.15 y 0.4 m por hora.

Los factores importantes que impactan la velocidad, son la necesidad de colocar el refuerzo (que puede ser más o menos complejo y abundante) y la necesidad de moldear los marcos. Es de suponerse que las variaciones en la velocidad de subida imponen demandas en la tasa del fraguado del concreto.

Sin embargo, es esencial que la primera capa permanezca en estado plástico el tiempo suficiente para que no haya una “junta fría” o un plano de debilidad entre las capas.

Por otra parte, el concreto que está en el nivel más bajo de la cimbra debe estar lo suficientemente rígido y haber logrado una resistencia adecuada para que cuando la cimbra sea removida con un movimiento ascendente, el concreto no se pandee.

El fraguado del concreto, en este caso, no se puede medir por ningún método estandarizado, como lo es la aguja Proctor, debido a que además de que casi siempre se trabaja en espacios congestionados de mucha actividad, también se requiere la remoción de los agregados gruesos. Por eso, también es preferible utilizar el término “tiempo de rigidización” en vez de “tiempo de fraguado”.

Claramente, mientras más rápida es la velocidad de ascenso de la cimbra deslizante, más corto es el tiempo de rigidización.

Para propósitos prácticos, el tiempo de rigidización se calcula sumando el lapso que transcurre desde que el concreto es descargado en la mezcladora, el tiempo de ascenso, el tiempo que transcurre en su colado y el necesario para su colocación y compactación. Así pues, mucho depende de las circunstancias reales, pero un promedio del tiempo probable de maniobra son dos horas, y el de rigidización requerido estaría entre 3.5 y 6 horas. El concreto desmoldado de la cimbra tendría entre cinco y 10 horas de edad.

Por otra parte, no se debe descartar que se puedan presentar problemas ocasionales con el equipo, o si la sección transversal del elemento que se está colando cambia, se deben hacer los ajustes necesarios a la cimbra, y esto también toma tiempo.

También hay que recordar que el tiempo de rigidización de una mezcla se afecta con los cambios en la temperatura y que el trabajo con cimbra deslizante es una operación continua de 24 horas durante las que se presentarán cambios de temperaturas aun cuando no haya cambios en el clima.

TRABAJABILIDAD Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.

El concreto adecuado para trabajar con una cimbra deslizante requiere por lo general un revenimiento de aproximadamente 15 a 20 cm., aunque éste depende en mucho de la densidad del refuerzo, como también sucede en el caso del concreto moldeado con cimbres comunes.

Para que el concreto fresco sea adecuado para la cimbra deslizante, debe poseer, además de trabajabilidad o “movilidad”, una cohesión adecuada y una baja resistencia de fricción al movimiento de la



cimbra; de otro modo, a pesar del desplome hacia afuera en la parte inferior de la cimbra, el resultado puede ser una cimbra rayada.

La necesidad de un alto revenimiento significa que la mezcla debe tener un alto contenido de agua, a menos que se use un superfluidificador adecuado, y posiblemente también un aditivo reductor de agua. Un alto contenido de agua puede tener implicaciones para el contenido total del material cementante, cuando se necesita una baja relación agua-cemento por condiciones de resistencia o durabilidad.

Por otro lado, un alto contenido de material cementante puede tener efectos adversos sobre la temperatura máxima en el interior del elemento de concreto y en los gradientes de temperatura en el concreto.

Los problemas térmicos en el concreto pueden aliviarse reduciendo la temperatura del concreto fresco, para lo cual se dispone de técnicas estándar. En el caso de las cimbras deslizantes, tal disminución de la temperatura tiene la ventaja adicional de mejorar la trabajabilidad y, de este modo, retrasar la pérdida de revenimiento.

CURADO

El curado húmedo de las superficies hechas con las cimbras deslizantes no es fácil, pero es necesario y para ello se recomienda un circuito de aspersión de neblina suspendido desde el marco del andamio que cuelga por debajo de la cimbra real, así como también hojas plásticas de protección.

Tal sistema requiere una provisión continua de agua, y por lo tanto de bombas, y esto puede parecer que complica el proceso de construcción.



V. MAQUINARIA Y EQUIPO PARA EXCAVACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES

La excavación y/o perforación comprende: aflojar el suelo, removerlo y colocar el soporte temporal para evitar derrumbes, dependiendo del tipo de suelo que se va a perforar, la geometría de la perforación, así como las condiciones topográficas y ambientales en el sitio de la obra.

Las perforadoras permiten excavar, en forma de barreno cilíndrico, al subsuelo hasta la profundidad requerida, el barreno se estabiliza con un ademe fluido o con un ademe metálico hasta el nivel de desplante requerido

La perforación con equipos de rotación transmite una fuerza hacia una mesa rotatoria, que a su vez la transmite a una barra de perforación que maneja el par de torsión y la fuerza vertical descendente a través del peso propio, con el uso de malacates o gatos hidráulicos.

En el proceso de perforación, las herramientas más comunes las brocas de hélice y los botes. Para materiales duros o roca se utilizan dientes carburo de tungsteno que trituran el suelo en trozos pequeños durante la rotación de la herramienta de perforación. Los equipos modernos de perforación manejan pares de torsión y grandes capacidades de empuje vertical y dientes de punta de bala extremadamente fuerte para perforar rocas con resistencias muy elevadas. Los dientes se montan en brocas y botes de perforación en diferentes combinaciones.





PERFORADORAS

Las perforadoras son equipos que excavan por medio de una barra en cuyo extremo inferior se coloca una herramienta de ataque (que puede ser una broca o un bote cortador accionados mediante rotación o también, un trépano accionado por percusión). Las brocas espirales, formadas por una hélice de acero, pueden ser cilíndricas o cónicas, provistas de dientes de acero de alta resistencia o de carburo de tungsteno, para cortar el terreno. Las brocas cilíndricas se utilizan en suelos cohesivos sin agua y las brocas cónicas en suelos con boleos o como guías en terrenos duros. Los botes cortadores (constituidos por cilindros de acero con tapa articulada en la base -donde se encuentran las cuchillas y trampas que permiten la entrada del material e impiden su salida), se utilizan en suelos cohesivos (aún bajo tirantes de agua). Los botes corona son cilindros abiertos con dientes en el borde inferior (del mismo material ya indicado), propios para excavación en suelos duros y en rocas relativamente suaves; así permiten extraer el material con un aditamento cónico en su interior, los botes ampliadores lo permiten con un dispositivo formado por uno o dos alerones que se abren y sobresalen del cuerpo a medida que se corta el material.





PILOTEADORAS

Es la maquina usada para el hincado de los pilotes, provista de una pluma con guías tipo canal. Estas guías son canales de acero unidos entre si por medio de separadores en U y arriostradas por diagonales. Estos canales sirven de guía al martillo o maza que tienen unas aletas que le permiten resbalar entre los canales de la guía. Las guías están aseguradas a la grúa por un tirante, lo cual permite el hincado de pilotes inclinados. El pilote se coloca entre las guías y debajo del martillo.

La característica de un equipo para hincado es guiar el pilote exactamente. Debe ser fuerte y rígido para mantener pilote y martillo en su posición y con la inclinación fijada, a pesar del viento, las obstrucciones bajo el terreno y el movimiento del martillo.

Para determinar la capacidad del martillo deberán tomarse en cuenta las características del subsuelo y el peso del pilote. El Golpe del martillo debe darse con energía suficiente para vencer la resistencia del hincado, pero con peso suficiente para reducir la energía que podría convertirse en trabajo destructivo.

El martillo de vapor de efecto simple que ya se usa poco, se compone de la maza, un pistón y un cilindro, y para su funcionamiento se introduce vapor o aire comprimido en el cilindro para levantar la maza 60 a 90 cm., para que caiga sobre la cabeza del pilote. Estos martillos son simples y fuertes y golpean a baja velocidad, con energía relativamente constante.

En los martillos de doble efecto se emplean el vapor o el aire comprimido para levantar la maza y para acelerar su caída, con lo cual se reduce el tiempo necesario para la hinca del pilote. La energía en cada golpe varía grandemente con la presión del vapor o del aire.

El martillo Diesel, de mayor uso en la actualidad, se compone de un cilindro de fondo macizo y una maza-pistón encerrada en el mismo, al comenzar la hinca la maza se levanta mecánicamente y luego se deja caer, su combustible se inyecta dentro del cilindro cuando cae la maza, produciéndose la ignición por el calor del aire comprimido. El impacto y la explosión fuerzan al cilindro hacia abajo contra el pilote y a la maza hacia arriba, para repetir el ciclo automáticamente. Las ventajas del martillo Diesel son: que lleva su propia fuente de energía, es económico y se opera fácilmente.

Un martillo de doble efecto movido por presión hidráulica es rápido y ligero, porque la presión con que funciona es mucho mayor. Su sistema compacto de la bomba hidráulica es más fácil de trasladar. El martillo ligero de doble efecto, producirá la misma energía en kilogramos metros que un martillo pesado de vapor simple efecto cayendo de 0.75 a 0.90 m de altura. Sin embargo los dos golpes son diferentes, debido a la gran diferencia de velocidades que tienen las mazas en el instante del golpe.

Es necesario usar sombreretes en los pilotes, para distribuir la fuerza del golpe del martillo en la cabeza. El sombrerete se hace de acero fundido y contiene en su interior un bloque renovable de madera, fibra o un metal laminado y goma o un cojín plástico y contra él golpea el martillo. Los sombreretes se colocan en la cabeza del pilote.

Las piloteadoras sobre orugas son semejantes a las Dragas que maniobran en toda clase de terreno.



GUÍAS

Las guías para el hincado de pilotes ofrecen libertad de movimiento al martillo, se fijan por medio de tirantes o puntales aseguran el soporte del pilote durante el hincado.



COMPORTAMIENTO DEL PILOTE DURANTE EL HINCADO

En suelos muy blandos los primeros golpes del martillo pueden hincar el pilote varios metros; el pilote puede introducirse en el terreno bajo el peso del martillo solamente; en los suelos duros cada golpe del martillo esta acompañado por una deformación del pilote y la consiguiente pérdida de energía. El golpe del martillo produce un movimiento del pilote hacia abajo, pero el rebote representa la compresión elástica temporal del pilote y del suelo que lo circunda.

Cuando el pilote es largo su comportamiento es más complejo, En el momento del impacto la parte superior del pilote se mueve hacia abajo; la parte inmediatamente debajo se comprime elásticamente y la punta del pilote permanece momentáneamente fija.



VI. Puentes Lanzados

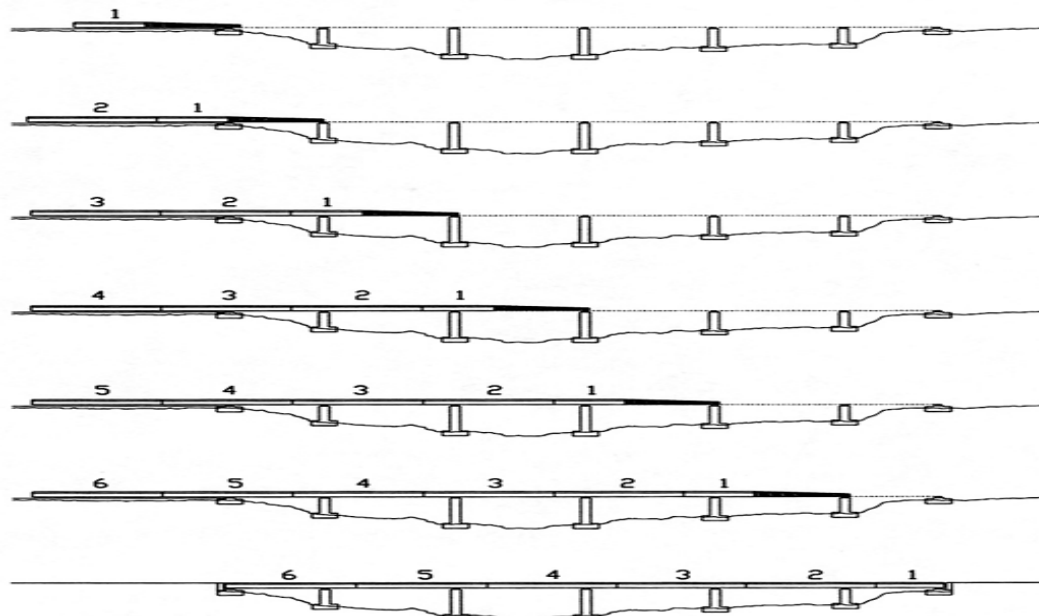
VI.1 Aspectos Generales

A pesar de la denominación común de puentes lanzados existen, principalmente cuatro variedades de colocación del puente en su posición final que corresponden a las siguientes técnicas:

1. Lanzamiento por segmentos: El puente es fabricado en segmentos y cuando el concreto alcanza la resistencia suficiente se lanza el puente una distancia igual al segmento recién construido.
2. Lanzamiento completo: El puente es fabricado totalmente en un extremo; o más habitualmente se fabrican sendas mitades del puente desde los dos extremos y tras ello se lanzan hasta la ubicación definitiva.
3. Giro del puente completo: Una vez fabricado todo el puente, o las dos mitades en las porciones opuestas, se giran hasta la posición final.
4. Traslación transversal: La translación transversal consiste en fabricar el puente en una porción paralela a la deseada y trasladarlo con un movimiento transversal hasta dicha ubicación.

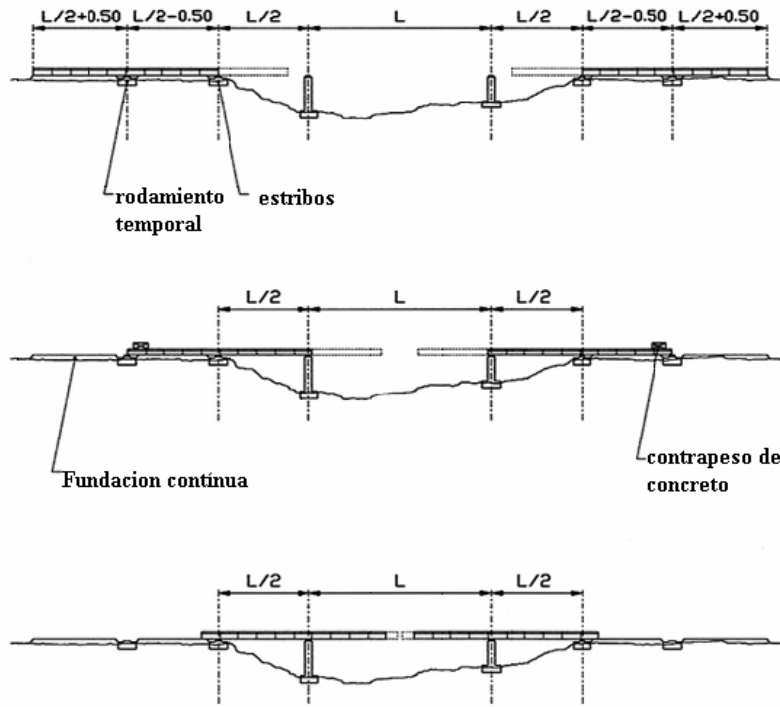
Trataremos en esta tesis en detalle, solamente las dos primeras que son las más utilizadas

LANZAMIENTO POR SEGMENTOS

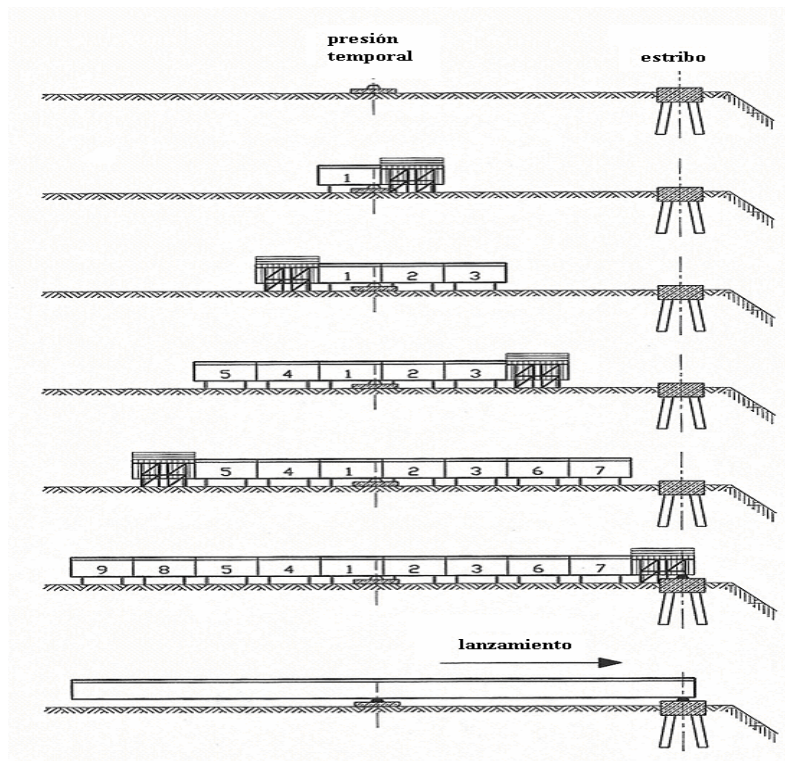




LANZAMIENTO COMPLETO. (Esquema general)



LANZAMIENTO COMPLETO. (Detalle de la fabricación)

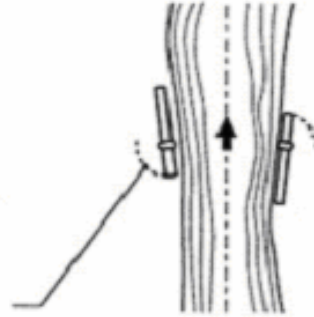




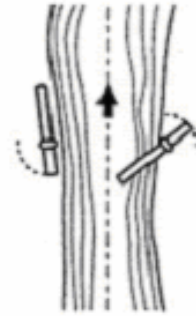
GIRO COMPLETO

**Construcción de los dos
segmentos a lo largo de
cada orilla**

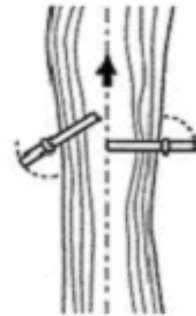
Vía



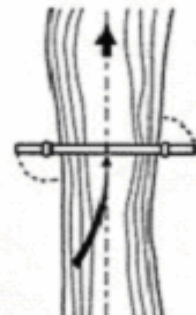
**Rotación del primer
segmento**



**Rotación del segundo
segmento**

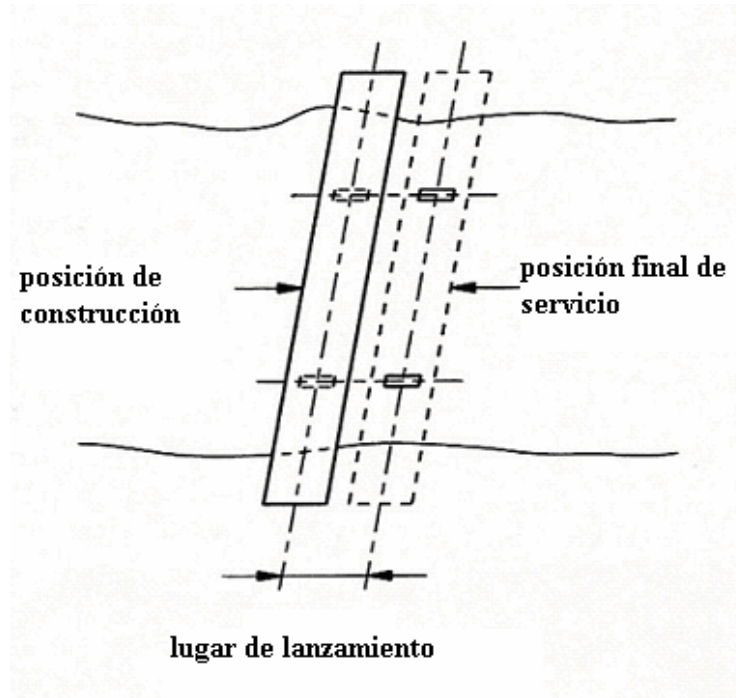


**Construcción de continuidad
del segmento de medio paso**





TRASLACIÓN TRANSVERSAL



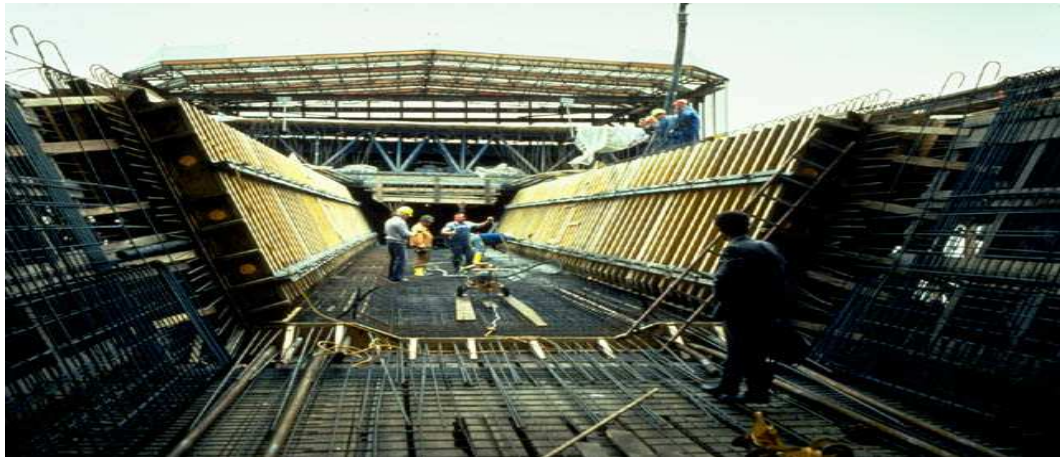
MÉTODO DE LANZAMIENTO POR SEGMENTOS

La fabricación de puentes de concreto mediante este procedimiento requiere de los componentes siguientes:

1. Planta de fabricación del tablero: Consta fundamentalmente del taller de estructura, cimbra y planta de concreto. Suele estar protegido de la intemperie.
2. Pico de lanzamiento: Su misión es disminuir el peso de cada claro del puente en el proceso de lanzamiento. Es una estructura metálica, con un peso por metro menor a la trabe definitiva, conectada a la sección transversal frontal del puente y sirve mediante un sistema tipo grúa, el cual es creado por un mástil, este sirve para levantar la nariz, que lleva una deformación por el peso propio, para colocarla al nivel correcto en su apoyo.
3. Pilas auxiliares: Si resulta necesario, y en general para claros superiores a los 40 ó 50 m., se disponen unas pilas provisionales a fin de acortar los claros de mayor longitud.
4. Apoyos de neopreno-teflón: Facilitan el proceso de lanzamiento debido a su reducido coeficiente de rozamiento.
5. Dispositivos de lanzamiento: Proporcionan la fuerza de arrastre o de empuje para mover el puente en cada fase de lanzamiento.

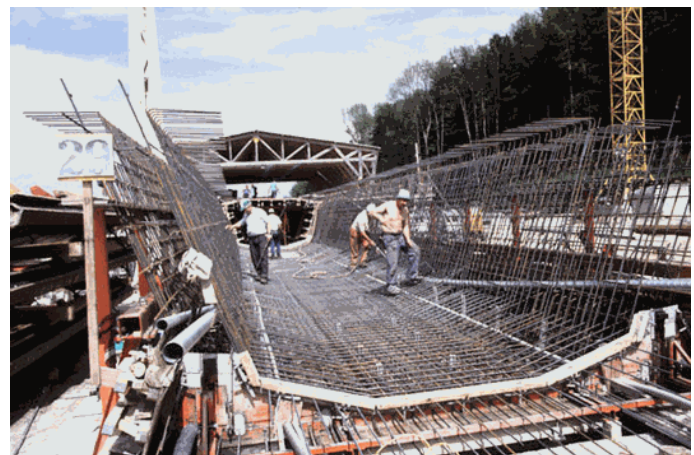


PLANTA DE FABRICACIÓN DEL TABLERO



FABRICACIÓN DEL TABLERO

Preparación del armado: La armadura pasiva se prepara con antelación habitualmente en talleres de doblado en elementos de la misma longitud que el segmento de puente que se va a colar.





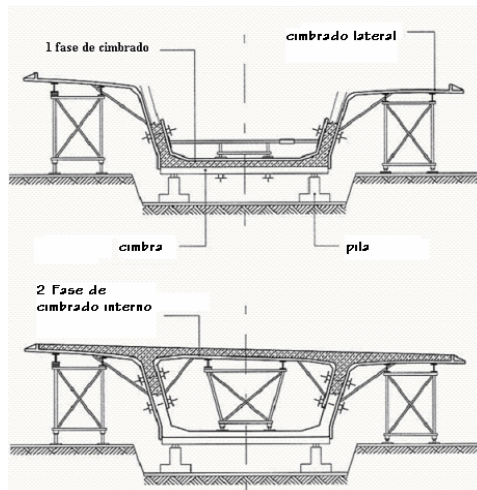
PICO DE LANZAMIENTO



DISPOSITIVOS DE LANZAMIENTO

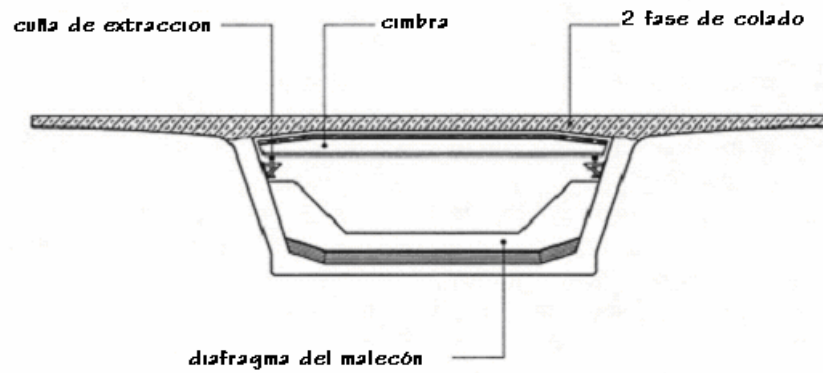


Sistemas de cimbrado: El cimbrado suele ser metálico y está soportado exteriormente e interiormente por estructuras auxiliares que deben permitir el proceso de separación de los moldes en la etapa de descimbrado. El colado se realiza habitualmente en dos fases con una junta en la losa inferior, en el centro de las caras laterales o en la losa superior. Las juntas suelen estar situadas al lado de la zona de diafragmas y en ellos el cimbrado interior es diferente que en el resto del tablero.



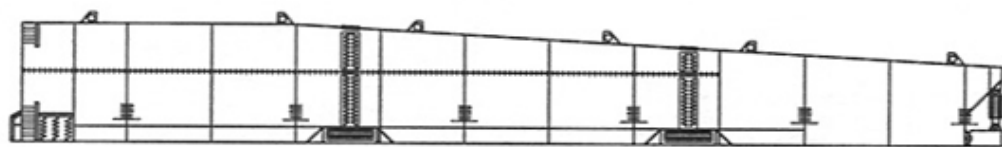
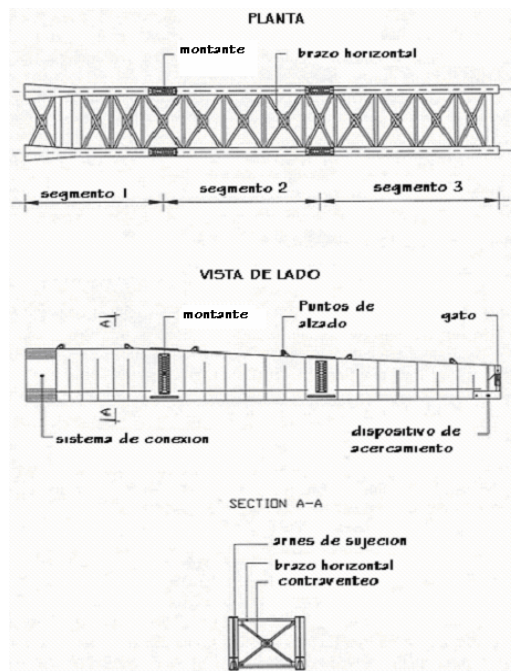


Cimbrado en la zona de diafragma.



Separación de moldes: En el cimbrado exterior se lleva a cabo por separación hacia fuera de los cimbras o por giro desde unas articulaciones situadas en las esquinas inferiores. Las cimbras interiores se separan retirando los perfiles metálicos de apoyo.

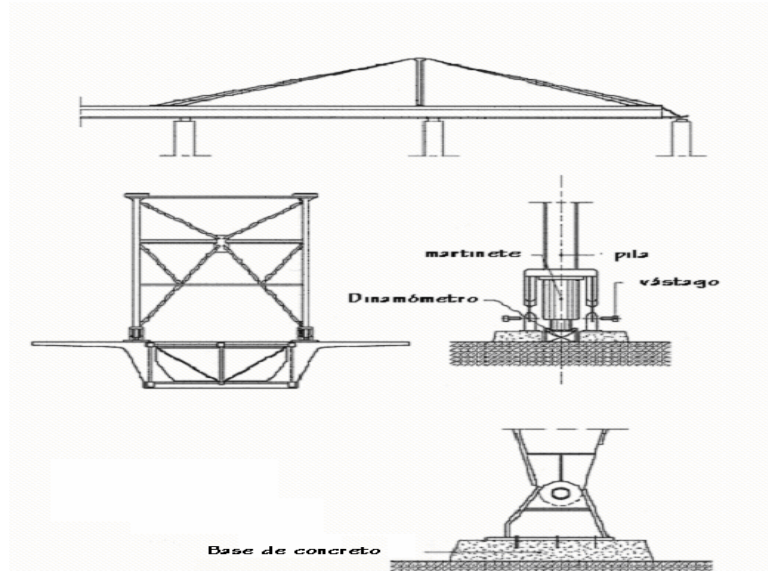
PICO DE LANZAMIENTO (Planta y alzados.)





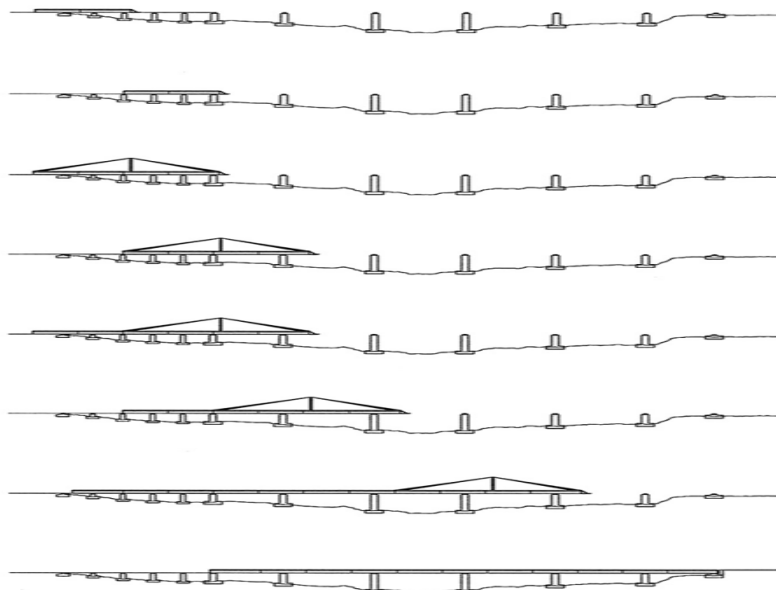
LANZAMIENTO RIGIDIZADO CON TIRANTES

Esquema del atirantamiento temporal, que sirve para levantar la trabe que trae una deformación por peso propio y colocarla en el nivel adecuado del apoyo



LANZAMIENTO RIGIDIZADO CON TIRANTES

Fases del proceso de construcción.





EJEMPLOS PRÁCTICOS

Puente sobre el valle de Restel (Italia).

Anchura tablero: 9 m.

Longitud total: 320 m (10 claros de 32 m).

Canto de la sección transversal: 2.5 m.



Puente de Neckarburg.

Anchura del tablero: 31 m.

Longitud de vano = 30 ~ 33 m.

Canto de la sección transversal: 2.3

m.

Puente Stoney Trail, Calgary (Canadá).

Anchura del tablero: 21 m.

Anchura total: 476 m.

Longitud del vano mayor: 102 m.

Vista general.





VII. PUENTE CHIAPAS

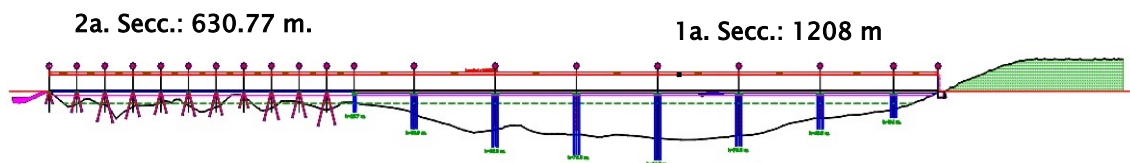
VII.1 LOCALIZACIÓN

Este puente se encuentra ubicado en el embalse de la presa Netzahualcóyotl, conocida también como Malpaso, en el estado de Chiapas y forma parte del tramo Raudales - Ocozocoautla, de la autopista Las Choapas – Raudales - Ocozocoautla.



VII.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE

El puente Chiapas tiene una longitud de 1,838.77 m, esta constituido primordialmente por dos secciones, la primera sección tiene un desarrollo de 1,208.00 m. y descansa sobre Pilas de acero o "Jackets". La segunda sección tiene una distancia de 630.77 m. y se apoya sobre pilotes inclinados de acero y rellenos con concreto armado. El puente consta de un ancho de calzada de 10 m, y para su construcción se requirieron aproximadamente 18,000 ton de acero, 19,850 m³ y mas de 150 Km. de soldadura. La primera sección esta formada por 102 dovelas metálicas las cuales tienen 6 m de ancho por 5.50 m de alto.





La subestructura es a base de un estribo 7 jackets y un apoyo común tipo caballete. Las 7 pilas tienen alturas variables de 24 a 87 m. Se unen entre si por contraventeos horizontales y verticales; formados por tubos de 30" de diámetro y espesores variables. La pila más alta (Nº 5) tiene un peso aprox. de 1,150 ton. El peso total de la subestructura es de 5,700 ton.



VII.3 RAZONES TÉCNICAS DEL DISEÑO

En este capítulo se tratará de describir brevemente las razones técnicas por las cuales se decidió la construcción del Puente Chiapas. Debido a la compleja topografía de la zona sur-oeste del país, el estado de Chiapas era un estado que estaba alejado del centro económicamente, por la falta de infraestructura carretera que hiciera más rápido el movimiento de los productos generados en el estado así como el ingreso de recursos o productos al mismo.

Por lo tanto se decidió construir una carretera para comunicar en forma directa al estado de Chiapas con el resto del país, mediante la Red de Autopistas y Carreteras Federales libres de cuota, con una ruta que atraviesa la accidentada orografía chiapaneca. Se tenía la necesidad de que dicha carretera fuera lo más recta posible para abatir principalmente tiempos de recorrido.

Una vez hecho todos los estudios de campo, se formularon alternativas posibles las cuales se valoraron física y económicamente. De la valuación física resultó que para hacer más recta la carretera había la necesidad de construir un puente que cruzara el vaso de la presa Malpaso, de aquí surgió la valuación económica ya que implicaba un gasto mayor en infraestructura anexa al proyecto, porque se tenía que llevar la carretera hasta el inicio del puente y ese recorrido se tenía que hacer prácticamente nuevo, pero el proyecto cumplía con las expectativas de hacer lo más recto el trayecto.

Cuando se decidió la construcción del puente, se tenía el problema de que tipo de puente escoger. Aquí se tenían varias alternativas de acuerdo a las experiencias que había en el pasado, como lo eran Puentes Colgantes y Puentes Atirantados. Se hicieron las valuaciones de dichos puentes junto con



Puente Empujado, se llegó a la conclusión por costo y no tanto por estructura o estética, que lo más viable para construir era el Puente Empujado.

VII.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

La técnica para la construcción de grandes estructuras tubulares flotantes, llamadas comúnmente “jackets” tuvo que ser adoptada para el puente Chiapas debido a la profundidad de desplante de la cimentación, contando para esto con experiencia al trabajar en plataformas petroleras, las cuales se desplantan hasta los 250 mts. de profundidad sin problemas.

BOTADO DE LOS JACKETS.

La pila en el plano horizontal de los tubos de acero es desplazada por medio de gatos hidráulicos (120 Ton. de capacidad.) de empuje en ciclos de 25 cm. En el plano inclinado de los tubos de acero, descende sostenida con los gatos Tragatorón, de 800 ton, de capacidad seguirá hasta que la estructura flote por si misma.



TRANSPORTE DE LAS PILAS O “JACKETS”

Para remolcar las pilas al eje del puente después del botado, se utilizó un remolcador de 600 Caballos de fuerza. Se realizó una batimetría en el embalse para definir el canal de navegación, el cual sigue el cauce probable del antiguo Río Grijalva. Se colocaron boyas para marcar el canal de navegación. El tiempo de traslado fue de 4 horas.



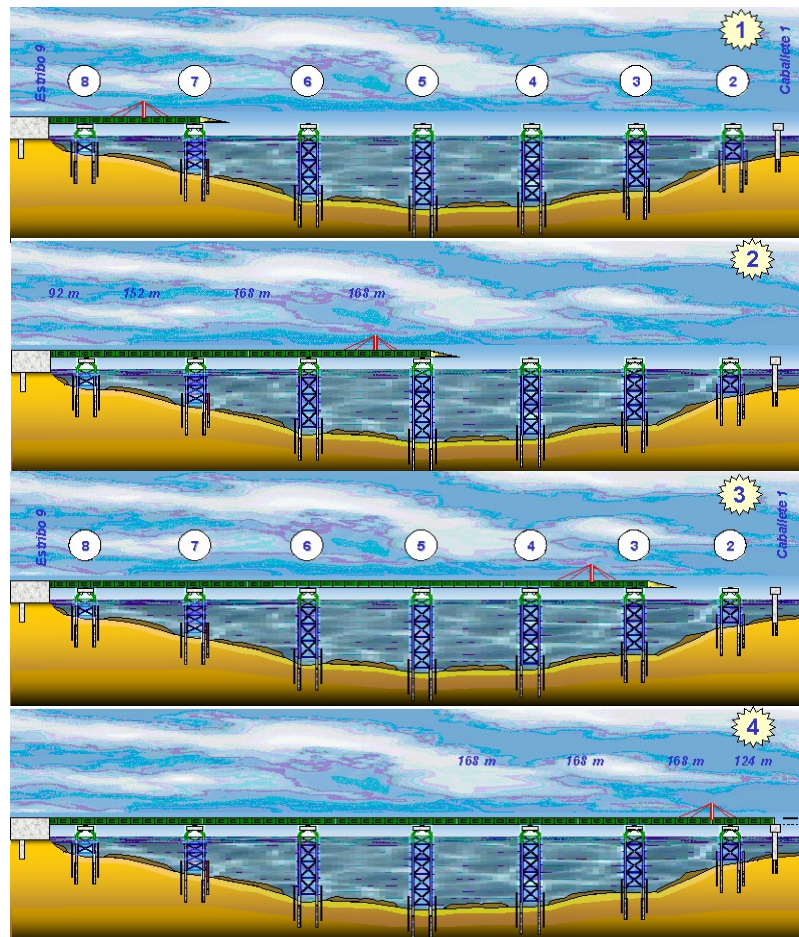


SUPERESTRUCTURA: PATIO DE FABRICACIÓN

Se excavó debajo de la rasante del camino para construir un cajón con paredes y piso de concreto, con 375 m de longitud, 6 m de profundidad y 10 m de ancho. En la losa de fondo del cajón, se desplantaron dos traveses de concreto presforzado que servirán de apoyo para la superestructura durante su armado. Las dos vigas constituyen el apoyo del dispositivo denominado mordazas, en las que se fijan los gatos de empuje que desplazarán el tren de dovelas, con carrera de 50 cm.



PROCESO DE EMPUJADO





PATIO DE FABRICACIÓN

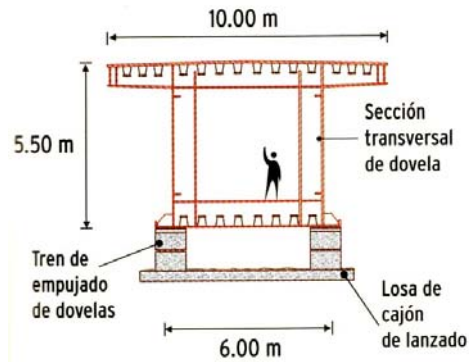
La superestructura del puente será empujada desde este cajón de concreto reforzado de 375 m de largo de 6 m de profundidad y 10.0 m. de ancho



La superestructura esta compuesta por 102 dovelas de acero estructural A-50.



Corte transversal superestructura

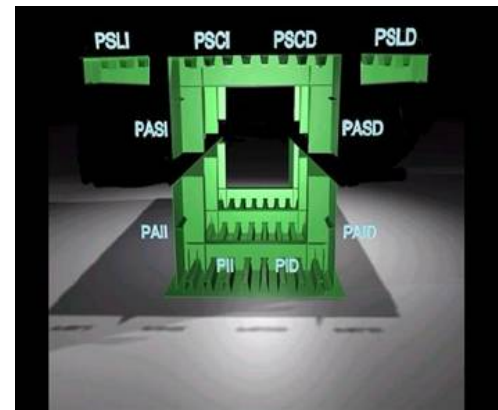
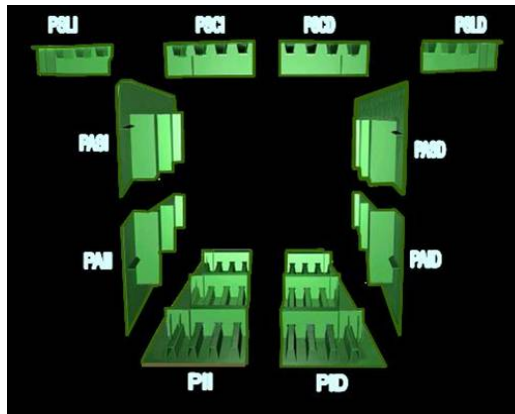




FABRICACIÓN DE DOVELA

Procedimiento de armado de dovelas original (desde concurso), consistente en fraccionar la dovela en 10 piezas.

Adecuación al procedimiento de armado de dovelas en campo (En 4 secciones; dos en "U" y 2 conforme al procedimiento original).



SISTEMA DE EMPUJADO

El empuje del tablero metálico del puente se realizó en seis eventos diferentes, con dos empujados de claros dobles y 4 de uno solo claro, con una velocidad promedio de 2.5 m/h, esta estructura se empujó a partir del estribo No. 9, equipando el puente para este proceso con una nariz de lanzamiento y un mástil provisional de 44 metros de altura, con cuatro pares de tirantes, el peso total de la estructura empujada fue de 9,500 toneladas, una vez terminado el empujado se cambiaron los apoyos provisionales por definitivos y se bajó a su posición de proyecto el tablero.

El empujado se realizó mediante un sistema constituido de 4 mordazas, sobre las que actúan 4 gatos hidráulicos con capacidad de 800 toneladas cada uno, que se conectan al tablero por medio de dos vigas de empuje y dos ménsulas, cada mordaza se aprieta mediante sus gatos hidráulicos en una viga de concreto pretensado, colocada atrás del estribo 9, dentro del cajón de fabricación de dovelas y empujado. Estas vigas son fijadas al estribo 9 mediante cables de preesfuerzo.

Los dispositivos de empuje (mordazas traseras, gatos de empuje, mordazas delanteras y vigas de empuje) están conectados en la parte trasera del tren de dovelas mediante un dispositivo metálico denominado ménsula, fijado al patín inferior de la dovela con barras de preesfuerzo. Los gatos se apoyaban y estaban conectados contra las dos mordazas (delantera y trasera) para empujar el tablero.

En las pilas y el estribo No. 9 se implementaron apoyos provisionales deslizantes con carreras de 4 metros de longitud correspondiendo a la separación de los diagramas del tablero, donde se apoyaban los



gatos de levantamiento que permitía la recuperación de carrera de los apoyos provisionales. Durante el empujado todo el tablero se guió mediante dispositivos mecánicos diseñados para este trabajo.



Apoyo móvil deslizante, utilizado en los cabezales de pilas.



Apoyo móvil deslizante, utilizado en los cabezales de pilas.

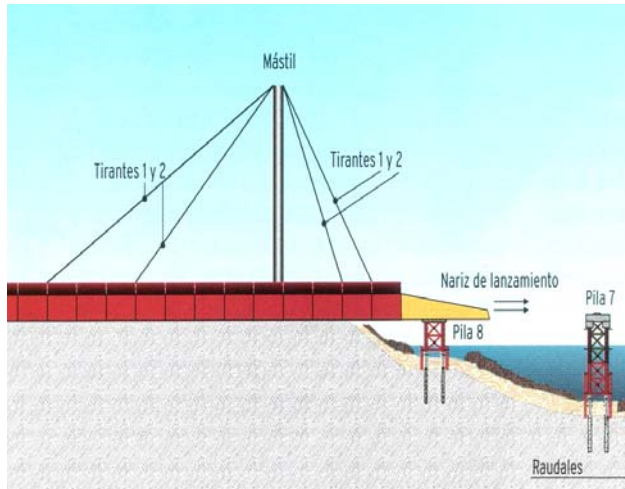


Dispositivo móvil denominado "roller", utilizado en el parque de fabricación.

Debido al peso propio, cambios de temperatura, la parte en voladizo del tablero durante el proceso de empuje sufrió deformaciones importantes por lo que la cota de la punta de la nariz llegó por debajo de los apoyos provisionales deslizantes colocados sobre las pilas. Se tuvo que implementar un sistema de



recuperación de flecha para llevar la punta del tablero hasta en nivel de empuje. Este dispositivo se fijo en la punta de la nariz y consistió en elevar el tablero mediante dos vigas metálicas equipadas con gatos hidráulicos sujetas a la nariz que se descansaban en apoyos provisionales fijos en el cabezal de cada pila, la flecha máxima que se recuperó con el dispositivo, fue de 2.5 m por debajo del nivel de empuje, con una reacción máxima sobre el dispositivo de 100 t.



La deformación horizontal del tablero se recuperó mediante la acción de barras de preesfuerzo en sentido contrario a la deformación y con gatos huecos apoyados sobre topes de concreto.

Durante el empujado de cada tren de dovelas se verificó la verticalidad del mástil, la tensión de los tirantes, reacciones en los gatos de levantamiento, deformaciones verticales y horizontales de la nariz contra los datos del proyecto.

Una vez colocado todo el tablero, se colocaron los apoyos definitivos con una capacidad de 1,300 toneladas de fuerza vertical, 350 toneladas de fuerza horizontal, así como un desplazamiento longitudinal de +1 m., en todas las pilas.



SECUENCIA DE EMPUJADO DE LA SUPERESTRUCTURA





VII.6 CONTROLES ELECTRÓNICOS

Durante el proceso de construcción del Puente Chiapas, y debido a su tipo se tuvieron diferentes dispositivos o controles electrónicos en los cuales se median las deformaciones en la nariz durante el empujado del puente, las cuales se transforman en esfuerzos que se deben medir, algunos de esos dispositivos son los siguientes:

TRANSDUCTORES

Los transductores o sensores son parte fundamental de un sistema de captura de datos ya que son aquellos instrumentos con los que se miden las variables de interés. Se utilizan para medir diferentes fenómenos físicos, como son temperaturas, desplazamiento, deformación, presión, velocidad, entre otros. Los transductores trabajan bajo diferentes principios de operación y se eligen de acuerdo a las necesidades de medición. Dentro de los más comunes se encuentran los del tipo capacitivo, electromagnéticos, inductivos, piezoeléctricos y resistivos.

En las pruebas realizadas a estructuras, las variables de mayor interés son la aceleración, el desplazamiento, la deformación y la fuerza. Aunque la medición de estas variables se puede hacer con transductores de diferentes tipos, se debe cuidar que las características del transductor cubran los requerimientos de la prueba, como son intervalo de respuesta, frecuencias, máxima y mínima resolución entre los principales. Para medir la deformación de los materiales se utilizan diferentes tipos de deformímetros eléctricos del tipo resistivo según las características del modelo.



Transductores

ULTRASONIDO INDUSTRIAL

La examinación por Ultrasonido Industrial (UT) se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material.



El perfeccionamiento del instrumento de inspección por ultrasonido se debe principalmente a los investigadores alemanes Josef y Herbert Krautkramer, quienes desde 1948 se han dedicado a desarrollar y mejorar el equipo de inspección ultrasónica.

Los equipos de ultrasonido que empleamos actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un ámbito de 0.25 hasta 25 MHz.

Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico dentro del palpador; este elemento, que llamaremos transductor, tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitado eléctricamente, y por el efecto piezoeléctrico, el transductor vibra a altas frecuencias (lo que genera ultrasonido); estas vibraciones son transmitidas al material que se desea inspeccionar. Durante el trayecto en el material, la intensidad de la energía sónica sufre una atenuación, que es proporcional a la distancia del recorrido. Cuando el haz sónico alcanza la frontera del material, dicho haz es reflejado. Los ecos o reflexiones del sonido son recibidos por otro (o por el mismo) elemento piezoeléctrico y su señal es filtrada e incrementada para ser enviada a un osciloscopio de rayos catódicos, en donde la trayectoria del haz es indicada por las señales de la pantalla; también puede ser transmitida a un sistema de graficado, donde se obtiene un perfil acústico de la pieza a una pantalla digital, donde se leerá un valor o a una computadora, para el análisis matemático de la información lograda.

VENTAJAS DEL ULTRASONIDO INDUSTRIAL.

- Se detectan discontinuidades superficiales y subsuperficiales.
- Puede delinarse claramente el tamaño de la discontinuidad, su localización y su orientación.
- Sólo se requiere acceso por un lado del material a inspeccionar.

Tiene alta capacidad de penetración y los resultados de prueba son conocidos inmediatamente.

LIMITACIONES DEL ULTRASONIDO INDUSTRIAL.

Está limitado por la geometría, estructura interna, espesor y acabado superficial de los materiales sujetos a inspección. Localiza mejor aquellas discontinuidades que son perpendiculares al haz de sonido. Las partes pequeñas o delgadas son difíciles de inspeccionar por este método. El equipo puede tener un costo elevado, que depende del nivel de sensibilidad y de sofisticación



requerido.

El personal debe estar calificado y generalmente requiere de mucho mayor entrenamiento y experiencia para este método que para cualquier otro de los métodos de inspección. La interpretación de las indicaciones requiere de mucho entrenamiento y experiencia de parte del operador. Requiere de patrones de referencia y generalmente no proporciona un registro permanente

RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL

El caso de la Radiografía Industrial, como prueba no destructiva, es muy interesante; pues permite asegurar la integridad y confiabilidad de un producto; además, proporciona información para el desarrollo de mejores técnicas de producción y para el perfeccionamiento de un producto en particular.

La inspección por RT se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material.

Al aplicar Radiografía industrial, normalmente se obtiene una imagen de la estructura interna de una pieza o componente, debido a que este método emplea radiación de alta energía, que es capaz de penetrar materiales sólidos, por lo que el propósito principal de este tipo de inspección es la obtención de registros permanentes para el estudio y evaluación de discontinuidades presentes en dicho material. Por lo anterior, esta prueba es utilizada para detectar discontinuidades internas en una amplia variedad de materiales.

Durante la exposición radiográfica, la energía de los rayos X o gamma es absorbida o atenuada al atravesar un material. Esta atenuación es proporcional a la densidad, espesor y configuración del material inspeccionado.

La radiación que logra traspasar el objeto puede ser registrada por medio de la impresión en una placa o papel fotosensible, que posteriormente se somete a un proceso de revelado para obtener la imagen del área inspeccionada; o bien, por medio de una pantalla fluorescente o un tubo de video, para después analizar su imagen en una pantalla de televisión o grabarla en una cinta de video.

En la actualidad, dentro del campo de la industria existen dos técnicas comúnmente empleadas para la inspección radiográfica:

- ☞ Radiografía con rayos X.
- ☞ Radiografía con rayos gamma.



La principal diferencia entre estas dos técnicas es el origen de la radiación electromagnética; ya que, mientras los rayos X son generados por un alto potencial eléctrico, los rayos gamma se producen por desintegración atómica espontánea de un radioisótopo.

Los rayos X son generados por dispositivos electrónicos y los rayos gamma por fuentes radioactivas naturales o por isótopos radioactivos artificiales producidos para fines específicos de Radiografía Industrial, tales como: iridio 192, cobalto 60, cesio 137 y tulio 170.

La fuente de rayos X es el ánodo en un tubo eléctrico de alto voltaje. Cuando se prende, el haz de electrones generado en el cátodo impacta sobre el ánodo y esto provoca la emisión de los rayos X en todas direcciones; la capa de blindaje alrededor del tubo absorbe los rayos X, excepto aquellos que escapan a través de un orificio o ventana que existe para tal fin. Los rayos que pasan se emplean para producir la radiografía. Cuando se apaga la máquina de rayos X, la radiación cesa y la pieza inspeccionada no conserva radioactividad.

REQUISITOS Y SECUENCIA DE LA INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL.

El procedimiento que normalmente se sigue para obtener una radiografía se describe de la siguiente forma:

Inicialmente, deben conocerse algunas características del material que se va a examinar, como son: tipo del metal, su configuración, el espesor de la pared a ser radiografiada, etc. Todo ello con el fin de seleccionar el radioisótopo o el kilovoltaje más adecuados. Una vez establecida la fuente de radiación, se deben calcular las distancias entre ésta, el objeto y la película, para así poder obtener la nitidez deseada. Igualmente, se selecciona la película con ciertas características que permitan una exposición en un tiempo razonable y una calidad de imagen óptima. Esta se coloca dentro de un porta película que sirve como protección para evitar que la luz dañe la emulsión fotográfica, y que además contiene las pantallas intensificadoras que sirven para reducir el tiempo de exposición, mejorando con esto la calidad de la imagen. Este último proceso se efectúa en el laboratorio.

Una vez realizado lo anterior, se procede a poner en práctica las medidas de seguridad radiológica en la zona en la que se va a efectuar la radiografía con el fin de evitar una sobredosis al personal que pueda estar laborando cerca de la zona de inspección.



A continuación, se hace el arreglo para colocar la fuente a la distancia calculada con respecto al objeto y se coloca la película radiográfica del otro lado de éste para registrar la radiación que logre atravesar al material sujeto a inspección. La exposición se realiza, bien sea sacando la cápsula que contiene al radioisótopo o encendiendo al aparato de rayos X; esto se lleva a cabo durante el tiempo previamente calculado para realizar la exposición. Una vez terminada la exposición, se recupera la cápsula o se apaga el instrumento de rayos X y la película se lleva a revelar.

Si se comprueba que la imagen es satisfactoria, entonces se interpreta para conocer qué tipo de indicaciones están presentes; las cuales posteriormente serán evaluadas para conocer su nivel de severidad y su posible efecto en el material que se inspecciona.

VENTAJAS DE LA RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL.

- Es un excelente medio de registro de inspección.
- Su uso se extiende a diversos materiales.
- Se obtiene una imagen visual del interior del material.
- Se obtiene un registro permanente de la inspección.

Descubre los errores de fabricación y ayuda a establecer las acciones correctivas.

LIMITACIONES DE LA RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL.

- No es recomendable utilizarla en piezas de geometría complicada.
- No debe emplearse cuando la orientación de la radiación sobre el objeto sea inoperante, ya que no es posible obtener una definición correcta.
- La pieza de inspección debe tener acceso al menos por dos lados.
- Su empleo requiere el cumplimiento de estrictas medidas de seguridad.
- Requiere personal altamente capacitado, calificado y con experiencia.
- Requiere de instalaciones especiales como son: el área de exposición, equipo de seguridad y un cuarto oscuro para el proceso de revelado.



Las discontinuidades de tipo laminar no pueden ser detectadas por este método.



PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

La inspección por Partículas Magnéticas permite detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos.

El principio del método es la formación de distorsiones del campo magnético o de polos cuando se genera o se induce un campo magnético en un material ferromagnético; es decir, cuando la pieza presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético, éste se deforma o produce polos. Las distorsiones o polos atraen a las partículas magnéticas, que fueron aplicadas en forma de polvo o suspensión en la superficie sujeta a inspección y que por acumulación producen las indicaciones que se observan visualmente de manera directa o bajo luz ultravioleta.



REQUISITOS DE LA INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.

Antes de iniciar la inspección por Partículas Magnéticas, es conveniente tomar en cuenta los siguientes datos:

1. La planificación de este tipo de inspecciones se inicia al conocer cuál es la condición de la superficie del material y el tipo de discontinuidad a detectar. Así mismo deben conocerse las características metalúrgicas y magnéticas del material a inspeccionar; ya que de esto dependerá el tipo de corriente, las partículas a emplear y, en caso necesario, el medio de eliminar el magnetismo residual que quede en la pieza.
2. Si se trabaja bajo normas internacionales (Código ASME, API, AWS) o de compañías (Bell, Pratt & Whitney o GE), las partículas a emplear deben ser de los proveedores de las listas de proveedores aprobados o confiables publicados por ellas. En caso necesario, se solicita al proveedor una lista de qué normas, códigos o especificaciones de compañías satisfacen sus productos.



SECUENCIA DE LA INSPECCIÓN.

Es importante destacar que con este método sólo pueden detectarse las discontinuidades perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético. De acuerdo al tipo de magnetización, los campos inducidos son longitudinales o circulares. Además, la magnetización se genera o se induce, dependiendo de si la corriente atraviesa la pieza inspeccionada, o si ésta es colocada dentro del campo generado por un conductor adyacente.

Corriente de magnetización.

Se seleccionará en función de la localización probable de las discontinuidades; si se desea detectar sólo discontinuidades superficiales, debe emplearse la corriente alterna, ya que ésta proporciona una mayor densidad de flujo en la superficie y por lo tanto mayor sensibilidad para la detección de discontinuidades superficiales; pero es ineficiente para la detección de discontinuidades subsuperficiales.

Si lo que se espera es encontrar defectos superficiales y subsuperficiales, es necesario emplear la corriente rectificadora de media onda; ya que ésta presenta una mayor penetración de flujo en la pieza, permitiendo la detección de discontinuidades por debajo de la superficie. Sin embargo, es probable que se susciten dificultades para desmagnetizar las piezas.

Cualquiera que sea la técnica seleccionada, siempre se debe procurar que la inspección se realice con dos magnetizaciones aproximadamente perpendiculares entre sí; por ello, en la práctica es común combinar dos o más métodos.

Aplicación de las Partículas

Tipo de partículas. - Por término general, se prefieren las partículas secas cuando se requiere detectar discontinuidades relativamente grandes. Las partículas en suspensión se emplean preferentemente para detectar discontinuidades muy pequeñas y cerradas.

Las partículas se aplican conforme se realiza la inspección, para lo que existen dos prácticas comunes que son:

- Si se emplean partículas secas, primero se hace pasar la corriente de magnetización y al mismo tiempo se rocían las partículas.
- Si se emplean partículas en suspensión, primero se aplica la solución sobre la superficie a inspeccionar e inmediatamente se aplica la corriente de magnetización.



Generalmente se recomienda que la corriente de magnetización se mantenga durante el tiempo de aplicación de las partículas, ya que es cuando el campo magnético es más intenso y permite que las partículas sean atraídas hacia cualquier distorsión o fuga de campo, para así indicar la presencia de una posible discontinuidad.

VENTAJAS DE LA PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.

Con respecto a la inspección por líquidos penetrantes, este método tiene las siguientes ventajas:

- Requiere de un menor grado de limpieza.
- Generalmente es un método más rápido y económico.
- Puede revelar discontinuidades que no afloran a la superficie.

Tiene una mayor cantidad de alternativas.

LIMITACIONES DE LAS PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.

- Son aplicables sólo en materiales ferromagnéticos.
- No tienen gran capacidad de penetración.
- El manejo del equipo en campo puede ser caro y lento.
- Generalmente requieren del empleo de energía eléctrica.

Sólo detectan discontinuidades perpendiculares al campo.



VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los puentes, han sido de gran importancia para el desarrollo de la humanidad. Al ser elementos indispensables dentro de la infraestructura de un país, para que la economía, el turismo, el transporte, etc., no se vean obstaculizados y sean el detonante para el desarrollo económico de una región.

Han existido diferentes puentes con materiales diversos, desde los construidos con técnicas simples, como son los puentes de cuerda y lianas hasta los de la última generación, construidos con estructuras de preesfuerzo prefabricados, cada uno teniendo sus particularidades como son: objetivos, costos, funcionamiento, proceso constructivo, impacto económico e impacto ambiental es por ello que durante la evolución de los puentes se han buscado formas innovadoras para aprovechar al máximo su beneficio, empleando varias ramas de la ingeniería e inclusive no solo de esta sino de otras disciplinas socio-económicas que son indispensables para el desarrollo de un proyecto de tal magnitud.

Dentro de todas las estructuras útiles en un país las obras civiles son una de las más importantes y que efectúan el grueso de la población. Los puentes no solamente son esenciales si no también son una parte importante del patrimonio de infraestructura de un país.

Los puentes dentro de la infraestructura de nuestro país, son puntos medulares de gran importancia además de que generan un impacto considerable si estos cubren la necesidad en su totalidad satisfaciendo el transporte en general.

Como partes importantes no solo de un puente sino de cualquier estructura llámese desde una casa hasta una presa; es la cimentación, la subestructura y la superestructura. Existen factores que determinan cuáles serán las características de nuestro puente de tal manera que sea la más adecuada para satisfacer los requerimientos técnicos y sociales, los cuales pueden ser: estabilidad de la estructura, que en nuestro caso es un puente, eligiendo la cimentación adecuada dependiendo de las características geológicas del terreno y el tipo de puente que se pretende construir; función estructural tanto de la superestructura como de la subestructura, cabe señalar y es importante que lo mencionemos que el proceso constructivo y el costo de un puente van estrechamente relacionados, ya que una mala decisión en la construcción de un puente repercute invariablemente en los costos de construcción y mantenimiento, es por eso que se debe tener la información necesaria y suficiente para poder determinar la opción más viable tanto constructiva como económica para que el beneficio de la región sea más alto. Existe otro factor no menos importante y consiste en que el puente vaya acorde con el entorno, esto es más una función estética que invariablemente debe combinarse con la función estructural del puente, ya que este tipo de obras llegan a tener un impacto visual que hay que buscar la forma de no violentar el medio que lo rodea.

Como un antecedente del “Puente Chiapas” y como proceso constructivo que se utilizó, podemos decir que México tiene la capacidad técnica, para resolver cualquier tipo de problema y diseño de puentes,



como ya se ha demostrado con los puentes atirantados “Coatzacoalcos”, “Tampico”, “Solidaridad” y ahora este, en el que se resolvió además de los problemas normales, el diseño de las pilas con características especiales.

Cabe mencionar el proceso constructivo del Puente Chiapas, como caso particular, es una obra única en su género que no tiene paralelo, ni precedentes, ya que fue adaptada la tecnología de plataformas marinas a la construcción de este puente.

La falta de infraestructura adecuada limita las posibilidades del desarrollo económico.

Durante décadas, el estado de Chiapas permaneció prácticamente olvidado por el resto del país. Sabemos muy bien que esto trajo como consecuencia graves problemas sociales y económicos. A pesar de que aún tiene rezagos muy importantes, se puede decir que ese estado del sureste mexicano ha comenzado "a despegar" lentamente.

Gracias al Puente Chiapas, la distancia que separa a Chiapas del Distrito Federal se redujo a 861 kilómetros. Esto supone cinco horas menos de viaje entre ambas entidades. Ahora que ya está en funcionamiento, el Puente Chiapas da entrada a unos 2 mil 800 vehículos al día. Sin duda, esta gran obra de ingeniería civil contribuirá al desarrollo tanto económico como turístico del área.

Es sumamente importante tener conciencia de la importancia que tiene un puente dentro de la sociedad, para crear medios humanos y técnicos suficientes que permitan tener un conocimiento completo y actualizado de su estado, que permita definir el volumen de recursos necesarios para su conservación, y así garantizar el empleo óptimo de los recursos.



BIBLIOGRAFÍA

- Construcción de Puentes de Concreto Presforzado
Jacques Mathivat
Edit. John Wiley and Sons
Nueva York, USA, 1983
- Construcción de puentes de México
SCT
Edición 1895
- Obras de ingeniería civil
Federic S. meritt
Tomo 111
MC. Graw Hill
- Puentes de México, Arte e Historia
Páramo Enrique
Edit. Taleres de Offset Setenta S.A de C.V.
México 1988
- Puentes de Hormigon Armado y Pretensado
Fernandez Casados Carlos
Edit Passat
Madrid, 1965
- Evolución de las Cimentaciones de Puentes Construidos en México
Varios Autores
ICA, México
- Nuevos Puentes
Roig Joan
Edit G. Gili SA
Barcelona, 1996
- Conservación de Puentes Carreteros
Jesús Flores Sánchez
Artículos de la Pagina Construaprende www.construaprende.com