

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE

TEMA: LA INFLUENCIA DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES EN LA
CONSTRUCCION DE LAS TORRES DE UN PUENTE

AUTOR: Vintimilla Corral José Bernardo

Ambato Ecuador 2012

APROBACIÓN DEL TUTOR

Cumpliendo con lo que estipula la Tutoría, CERTIFICO: que el informe final del trabajo de investigación sobre el tema: “: LA INFLUENCIA DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES EN LA CONSTRUCCION DE LAS TORRES DE UN PUENTE .” elaborado por el autor: José Bernardo Vintimilla Corral, egresado de esta facultad, Carrera de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo de Pregrado.

Ambato, Enero de 2012

Ing. MSc. Miguel Mora

.....
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “La Influencia de los encofrados deslizantes en la construcción de las torres de un puente.”, como también los contenidos, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad del autor de este trabajo de grado.

Ambato, Enero de 2012

EL AUTOR

.....
José Bernardo Vintimilla Corral

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de esta tesis o parte de ella un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi tesis, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta tesis, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

EL AUTOR

.....
José Bernardo Vintimilla Corral

DEDICATORIA.

“Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi humilde trabajo de grado, plasmado en el presente informe, en primera instancia a Dios y después a mis progenitores, y en especial a todos los que creyeron en mí, a toda la gente que me apoyo y me brindó la mano para salir adelante, a mis amigos y familiares y a esta institución que me ha formado como profesional, como persona y como ciudadano, mis agradecimientos a mis profesores que me instruyeron, y a mi hermano que me brindó su ayuda, su atención y lo más importante su amistad.”

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud, principalmente está dirigida al Dios Todopoderoso por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de la carrera.

Igualmente el autor del presente estudio agradece muy profundamente a todos los organismos y personas naturales que hicieron posible la realización del mismo, a todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Proyecto.

A la casa de estudios por haberme dado la oportunidad de ingresar a la Facultad de Ingeniería Civil y cumplir este gran sueño.

Me gustaría agradecer sinceramente a mi tutor de Tesis, Ing. MSc. Miguel Mora, por los conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como investigador. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con él por todo lo recibido durante el periodo de mi formación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO ACADÉMICO DE INGENIERO CIVIL

LA INFLUENCIA DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES EN LA
CONSTRUCCION DE LAS TORRES DE UN PUENTE

Autor: José Bernardo Vintimilla Corral

Tutor: Ing. Miguel Mora

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo se enfoca en la importancia de los encofrados deslizantes para la construcción de las torres de un puente dando un aporte con conocimientos técnicos y profesionales sobre el tema. El estado actual de desarrollo de la sociedad contemporánea exige construcciones cada vez más numerosas en plazos cada vez menores, esto ha conducido a la introducción de métodos de construcción nuevos, cuyo objeto es transformar la actividad estacional en otra industria de producción continua, caracterizada por una cadena tecnológica de productividad elevada, con una exigencia reducida de materiales e inversiones; es por esta razón que se ha diseñado un sistema deslizante auto-trepante que ayude a reducir estos costos e inversiones en la actualidad.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo diario de nuestro país ha impulsado la construcción de grandes puentes con alturas de pilas considerables y con plazos de construcción relativamente cortos.

En la provincia de los Ríos, en la Ciudad de Quevedo se ve la necesidad de la construcción de un puente para salvar el accidente geográfico, el puente cruzará el río Quevedo, constando así en el plan de desarrollo vial de la ciudad de Quevedo 2012.

Este proyecto será realizado por El Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador mediante una subcontratación; donde los habitantes de la provincia de Los Ríos tendrán mayores privilegios permitiendo cruzar el río Quevedo en corto tiempo.

Realizando una cadena tecnologica compleja, cuyo paso se fija de antemano, el método de los encofrados deslizantes asegura la industrializacion de la ejecucion de obras in situ; permite construir elementos elevados, con un único encofrado, que se eleva por si solo, apoyandose sobre las construcciones ya realizadas, consiguiendo asi notables economias de materiales, sobre todo de madera, de mano de obra y de tiempo, ya que la velocidad de ejecución alcanzada no puede ser obtenida por ningun otro método actual de construcción.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1.- TEMA

La influencia de los encofrados deslizantes en la construcción de las torres de un puente

1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1.- CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

“La palabra encofrado designa la técnica y puesta en forma del hormigón, siendo el hormigón una mezcla de arena, grava y cemento, añadiéndole agua, ésta entra en reacción única con el cemento, reacción llamada fraguado del hormigón; durante el fraguado, el hormigón es plástico y en este estado permanece generalmente durante varias horas, de acuerdo con la temperatura, relación agua cemento, etc.

Es necesario por tanto mantener el hormigón con la forma que se desee hasta el momento en que la cohesión interna el hormigón sea suficiente para asegurarse la forma dada, siendo el momento de quitar el encofrado que contenía el hormigón en estado plástico, además los encofrados nos ayudan a proveer su estabilidad como hormigón fresco, asegurar la protección y la correcta colocación de las

armaduras, proteger al hormigón de golpes, de la influencia de las temperaturas externas y de la pérdida de agua.”

Fuente: Encofrados (Cálculo y aplicaciones en edificaciones y obras civiles)

Por M.J. Ricouard.

“Los encofrados deslizantes es el método más utilizado últimamente ya que se tiene una mayor experiencia en el empleo de éste método. Consiste en un módulo de encofrado de algunos metros de altura que se eleva de forma continua mediante unos gatos hidráulicos o neumáticos que producen unas elevaciones pequeñas y dan un movimiento constante al encofrado. La velocidad de elevación se modera según el tiempo de curado necesario para que la parte inferior pueda ir aguantando el encofrado y de tal manera que el hormigón no se quede completamente seco y evite el deslizamiento del encofrado.”

Fuente: Los encofrados deslizantes (Técnicas y utilización)

Por Tudor – Andrei - Constantin

“El costo de los encofrados rebasa el 30% del costo del hormigón colocado, y no es insólito que alcance el 50%. La importancia de esta partida es tan fuerte que el beneficio que una obra puede reportarle al constructor, depende en gran medida del acierto en la elección del tipo de encofrado, la reutilización de los encofrados y la agilidad en el montaje y desmontaje.”

Fuente: Hormigón armado

Por Alfredo Páez

1.2.2.- ANÁLISIS CRÍTICO

Por la necesidad de tener al hormigón en forma y que tenga un avance sistemático y seguro en la construcción de las torres de gran altura de un puente se ve la necesidad de crear un molde el cual le dé estabilidad, protección y forma al hormigón. El diseño del encofrado se efectúa sobre la base de las presiones ejercidas por el hormigón fresco en los elementos que lo contienen. Al objeto de

determinar dichos empujes, tradicionalmente se ha asumido que el hormigón fresco presentaba un comportamiento similar al de un fluido, con una distribución de presiones hidrostáticas sobre las paredes del encofrado.

Desde una aproximación más acorde con la realidad, el estudio de la interacción existente entre el hormigón fresco y el encofrado debe considerar dos fenómenos: Por un lado, se ha de tener en cuenta el denominado efecto silo, es decir, la aparición de fuerzas tangenciales a lo largo de la pared del encofrado debido al rozamiento de ésta con el hormigón fresco, lo que induce a una reducción de las presiones laterales; Por otro lado, es preciso considerar la evolución del comportamiento y las propiedades mecánicas del hormigón fresco durante los procesos de fraguado y curado. Hay que tener en cuenta que mediante la construcción por éste método no se puede ir variando la sección según se sube por la torre y hay que sincronizar bien los gatos para que no se produzcan desviaciones en la verticalidad de la torre.

1.2.3.- PROGNOSIS

Al no tener un correcto encofrado puede ocasionar un sin número de problemas en obra, entre ellos tenemos que al empezar con el vertido del hormigón puede fracasar el encofrado si no se encuentra bien diseñado ya que el peso del hormigón es muy grande, hay que evitar que el concreto se adhiere al encofrado ya que esto impediría su avance, para evitar el deterioro del encofrado se debe realizar una limpieza si se requiere para la reutilización del mismo; el deslizamiento del encofrado debe ser de avance sistemático y seguro con la ayuda de los gatos hidráulicos pudiendo así evitar daños a la estructura, se debe comprobar el buen estado de los moldes y de todos los elementos auxiliares para el montaje, Al ser el trabajo continuo se ha de disponer de varios turnos de trabajo, exige un control muy cuidadoso del hormigón, ha de haber un control cuidadoso de los suministros de hormigón y de su tipología y hay que evitar paradas en la producción que pueden producir discontinuidades.

1.2.4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo puede influir un encofrado deslizante en la construcción de la torre de un puente?

1.2.5.- INTERROGANTES (SUBPROBLEMAS)

¿Por qué se deben mejorar los encofrados?

¿Se puede llegar a optimizar el tiempo, utilizando encofrados deslizantes?

¿Cuántos encofrados deslizantes serían necesarios para la construcción de las torres de un puente?

¿Se pueden reutilizar los encofrados ya usados?

1.2.6.- DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1.- DELIMITACIÓN DE CONTENIDO

La Ingeniería Civil es la rama de la ingeniería que aplica los conocimientos de física, química y geología a la elaboración de infraestructuras, principalmente en obras de gran tamaño y para uso público, teniendo una rama la ingeniería estructural que se encarga de estimar la resistencia máxima de elementos sometidos a cargas vivas, permanentes y eventuales, procurando un estado de servicio mínimo a un menor costo posible; la influencia de los encofrados deslizantes entra en la construcción de los elementos estructurales del puente que necesita de un molde para dar la forma que se desee dar.

1.2.6.2.- DELIMITACIÓN DE CAMPO GEOGRÁFICO O ESPACIAL

La presente investigación se enfocará en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato ubicada en el cantón Ambato provincia de Tungurahua.

1.2.6.3.- DELIMITACIÓN TEMPORAL

La investigación se realizará en el período Abril del 2010 a Diciembre del 2011, en el transcurso del estudio de investigación.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

La importancia científica del presente proyecto es dar un aporte con conocimientos técnicos y profesionales sobre el tema. El estado actual de desarrollo de la sociedad contemporánea exige construcciones cada vez más numerosas en plazos cada vez menores, esto ha conducido a la introducción de métodos de construcción nuevos, cuyo objeto es transformar la actividad estacional en otra industria de producción continua, caracterizada por una cadena tecnológica de productividad elevada, con una exigencia reducida de materiales e inversiones. Realizando una cadena tecnológica compleja, cuyo paso se fija de antemano, el método de los encofrados deslizantes, asegura la industrialización de la ejecución de obras in situ, permite construir torres elevadas, con un único encofrado de 1-1.50m de altura. Que se eleva por si solo a una velocidad de 3 a 6 m. de altura por un día, apoyándose sobre la construcción ya realizada. Se consigue así notables economías de materiales, de mano de obra y de tiempo, ya que la velocidad de ejecución alcanzada no puede ser obtenida por ningún otro método actual de construcción.

1.4.- OBJETIVOS

1.4.1.- OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia de los encofrados deslizantes en la construcción de la torre de un puente.

1.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el tipo de material a utilizarse en el encofrado.
- Determinar las ventajas del encofrado.
- Describir el método a utilizarse para la construcción de las torres con encofrados deslizantes.
- Preparar las especificaciones técnicas necesarias para el proyecto.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Los accidentes geográficos, han obligado a diseñar distintas formas de atravesarlos; una de las formas es crear puentes atirantados los mismos que a más de brindar una seguridad y confort al conductor o peatón en su uso, permite brindar un atractivo arquitectónico al entorno donde se encuentra el puente.

Para la ciudad de Quevedo se ha visto la necesidad de implementar un puente para descongestionar el tráfico vehicular. Debido a la gran luz del accidente a salvar se ha elegido construir un puente de tipo atirantado, y con ello construir la torre principal que se encuentra en la mitad del accidente geográfico.

Para hacer la construcción de la torre del puente atirantado se ve la necesidad de aplicar un nuevo método de encofrado, para así ganar seguridad y versatilidad frente a la demanda ocasionada. Pero hasta hace unos pocos años, las obras ejecutadas en Ecuador con encofrados deslizantes se reducían a una breve serie de estructuras poco frecuentes (torres de toma de embalses, etc.), cuya importancia justificaba la utilización de un método tan poco usual. Más recientemente, el desarrollo diario de nuestro país ha impulsado la construcción de grandes puentes con alturas de torres considerables en muchos casos y con plazos de construcciones

relativamente cortos. La primera consecuencia de este desarrollo ha sido la introducción, bien justificada por razones de economía y rapidez de ejecución; la segunda ha sido la adquisición por parte de ingenieros de obra de unos conocimientos y experiencia estimables de esta técnica, al menos en sus formas más usuales, como son las estructuras de sección constante.

2.2.- FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El paradigma seleccionado de la investigación tiene aspectos y cualidades del Crítico Positivista, dentro de este orden de ideas la finalidad de la investigación es fundamentalmente la comprensión de las causas y efectos de los encofrados deslizantes, identificando las posibles alteraciones que pueden ocasionar con la ejecución del proyecto y mejorando el proceso de la construcción.

Dentro del ámbito de la visión de la realidad se puede considerar múltiples alternativas de solución para los encofrados deslizantes, con esto se obtiene una visión general de las alteraciones que se producirían al aplicar cualquiera de las alternativas que pueden dar solución al problema.

De esta manera, la metodología se va apropiando al objeto de estudio, la cual es un encofrado deslizante, poniendo énfasis en el análisis con métodos cualitativos, es decir, que no podemos cambiar el procedimiento, además está orientada a la verificación, confirmación, y análisis de resultados.

Finalmente, el diseño de la investigación va hacer participativo para todos los profesionales que se verán involucrados en la construcción, siendo una investigación abierta y flexible.

2.3.- FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El estudio que se realizará se basará al código ACI 318 del año 2005 es decir el Reglamento para el Diseño de Construcciones de Hormigón Armado ACI 318S-05.

Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes del MOP. Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C), Quinta edición, 2002.

Para la elaboración de encofrados se guiará por la norma INEN en la cual hay una guía práctica, diseño y construcción de encofrados, que es de carácter voluntario en la utilización del mismo.

Al igual que los materiales a utilizarse en el diseño según la ASTM A36, catálogo de materiales Dipac.

2.4.- CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

SUPRAORDINACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Encofrados Deslizantes

Dentro de la ingeniería estructural tenemos al hormigón el cual es un material pétreo que se necesita para la construcción de obras de ingeniería civil, pero necesita de la ayuda de encofrados para moldear la forma que se desee y de protección al mismo frente a agentes externos.

VARIABLE DEPENDIENTE:

Construcción de las torres de un puente

Los puentes permiten salvar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico como un río, un cañón, un camino, un curso de agua. Su proyecto y su cálculo pertenecen a la ingeniería estructural, siendo numerosos los tipos de diseños que se han aplicado a lo largo de la historia, las torres del puente son elementos estructurales importantes de un puente el cual es el soporte de la estructura.

INFRAORDINACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Encofrados Deslizantes

Clasificación de los encofrados deslizantes:

I.-Desde el punto de vista de su forma

- encofrados planos
- encofrados curvos
- encofrados mixtos

II.-Desde el punto de vista de los materiales empleados

- encofrados de madera
- encofrados mixtos
- encofrados metálicos

III.-Desde el punto de vista de la composición de las plataformas de trabajo superiores

- encofrados rígidos
- encofrados elásticos

IV.-Desde el punto de vista de la forma de elevación

- encofrados con dispositivos de elevación de accionamiento manual

V.-Desde el punto de vista de la posición relativa de los paneles entre si

Durante el deslizamiento

- encofrados de sección constante
- encofrados de sección variable

VARIABLE DEPENDIENTE:

Construcción de las torres de un puente

Clasificación de las torres de un puente:

I.- Desde el punto de vista de su forma

- Circulares
- Rectangulares
- De sección llena
- De sección hueca
- De forma celular

II- Desde el punto de vista de los materiales empleados

- Metálicos
- Hormigón
- Hormigón Armado
- Mixtos

2.4.1- DEFINICIONES

2.4.1.1- PUENTES

Concepto

“Un puente es una construcción, por lo general artificial, que permite salvar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico como un río, un cañón, un valle, un camino, una vía férrea, un curso de agua, o cualquier obstrucción. El

diseño de cada puente varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que es construido.”

Fuente: <http://es.wikiPEdia.org/wiki/Puente>

Puente Atirantado

“Los elementos fundamentales de la estructura resistente del puente atirantado son los tirantes, que son cables rectos que atirantan el tablero, proporcionándoles una serie de apoyos intermedios más o menos rígidos. Pero no sólo ellos forman la estructura resistente básica del puente atirantado; son necesarias las torres para elevar el anclaje fijo de los tirantes, de forma que introduzcan fuerzas verticales en el tablero para crear los pseudo-apoyos; también el tablero interviene en el esquema resistente, porque los tirantes, al ser inclinados, introducen fuerzas horizontales que se deben equilibrar a través de él. Por todo ello, los tres elementos, tirantes, tablero y torres, constituyen la estructura resistente básica del puente atirantado.

La historia de los puentes atirantados es muy singular y diferente de la de los demás tipos; todos ellos se iniciaron como puentes modernos en el s. XIX, pero en cambio los atirantados se iniciaron en la segunda mitad del s. XX, concretamente en los años 50. Este retraso en su origen se está recuperando a pasos agigantados, porque su evolución ha sido extraordinariamente rápida; el primer puente atirantado moderno es el de Strömsund en Suecia, construido en 1955, con un vano principal de 183 m de luz, el de Normandía en Francia de 856 m, ya terminado, y el de Tatara en Japón de 890 m, actualmente en construcción; en menos de 40 años su luz máxima se va a multiplicar casi por cinco. Este carácter singular de los puentes atirantados les confiere un valor de novedad que los han convertido en el puente privilegiado del momento actual.

El puente atirantado admite variaciones significativas, tanto en su estructura como en su forma; no hay más que pasar revista a una serie de puentes atirantados para ver las diferencias que hay entre ellos:

- a) Longitudinalmente pueden tener dos torres y ser simétricos, o una sola torre desde donde se atiranta todo el vano principal
- b) Pueden tener dos planos de atirantamiento situados en los bordes del tablero, o un solo plano situado en su eje
- c) Pueden tener muchos tirantes muy próximos, o pocos tirantes muy separados
- d) Pueden tener tirantes paralelos, radiales, o divergentes
- e) Las torres se pueden iniciar en los cimientos, o se pueden iniciar a partir del tablero, de forma que el conjunto tablero-torres-tirantes se apoya sobre pilas convencionales
- f) Las torres pueden tener diversas formas; pueden estar formadas por dos pilas, por una sola, pueden tener forma de A, forma de A prolongada verticalmente, etc.”

“**Los tirantes** se pueden organizar de diversas formas dentro de cada uno de los haces, porque caben diferentes posibilidades. En primer lugar, es necesario definir el número de tirantes de cada haz, o lo que es lo mismo, la distancia entre los puntos de anclaje de los tirantes en el tablero. El número de tirantes es una de las cuestiones que más ha evolucionado en los puentes atirantados. Los primeros tenían pocos tirantes, con separación entre anclajes que llegó a pasar de los 50 m; se trataba de crear una serie de apoyos intermedios para convertir un puente de luces grandes en uno de luces medias.”

Fuente: <http://www.geocities.com/jescud2000/lospuentes/pontstirante.htm>



Ilustración 1: Fotografía del Puente Juan León Mera - Ambato

“**Las torres**, en los grandes puentes atirantados con planos de atirantamiento en ambos bordes del tablero, pueden ser análogas a la de los puentes colgantes: dos pilares verticales o ligeramente inclinados, unidos entre sí por vigas horizontales o cruces de San Andrés; se han construido muchos puentes atirantados con torres de este tipo. Con una riostra en cabeza son las del puente de Rande sobre la río de Vigo de 401 m de luz o las del puente Luling sobre el río Mississippi de 372 m de luz; en el primero las torres son de hormigón y en el segundo metálicas. Las torres de los puentes de Zárate-Brazo Largo sobre los dos ramales del río Paraná, de 330 m de luz, son de hormigón con un arriostramiento metálico en cabeza en cruz de San Andrés aplastada.”

Fuente: <http://www.geocities.com/jescud2000/lospuentes/pontstirante>.

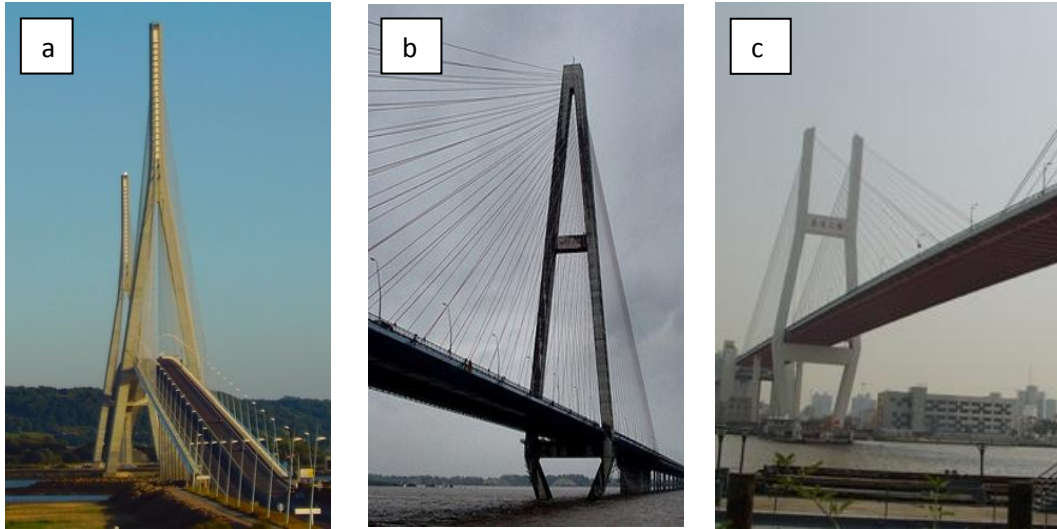


Ilustración 2: Torres Tipo a, b, c.

Si los tirantes están contenidos en planos inclinados, la solución clásica es la torre en forma de A, que se ha utilizado con frecuencia, desde los primeros puentes atirantados hasta los actuales.

A partir de la torre en A caben muchas variantes, que se han utilizado en distintos puentes:

- a) La A prolongada superiormente con un pilar vertical, que es la torre en Y invertida; esta solución se ha utilizado en varios puentes, entre ellos en el de Normandía, de 856 m de luz. (Ilustración 2, a)
- b) La A cerrada bajo el tablero para reducir el ancho total de la base, forma que se ha llamado en diamante y que se puede combinar con la anterior, es decir, un diamante prolongado por un pilar vertical; esta combinación se ha utilizado en el puente de Yangpu, China, de 602 m de luz (Ilustración 2, b)
- c) La A sin cerrar en la parte superior, rematada con una o varias riostras horizontales que unen los pilares inclinados que forman la A (Ilustración 2, c)

En los puentes de luces no muy grandes se han utilizado con frecuencia, sobre todo en algunos de los primeros alemanes, la mínima expresión de las torres que

es la formada por uno o dos pilares independientes sin ningún arriostramiento entre ellos. Si el puente tiene un solo plano de atirantamiento, la torre tendrá un solo pilar en el eje de la calzada, y si tiene doble plano tendrá dos pilares en los bordes.

La inmensa mayoría de las torres de los puentes atirantados son verticales en el plano del alzado del puente, pero algunas veces se han inclinado dentro de ese plano por distintas razones.

El puente del Alamillo en Sevilla, de Santiago Calatrava, tiene torre única y un vano único de 200 m de luz. En él la torre se ha inclinado hacia tierra y se han suprimido los tirantes de compensación; este sistema obliga a compensar las fuerzas en los tirantes con la excentricidad del peso propio de la torre respecto a su base, debida a su inclinación. Su peculiar estructura obligó a construir primero el tablero sobre cimbra, y después a hacer la torre, que se atirantaba a medida que iba subiendo. Se puede decir que el tablero atirantaba a la torre, y no a la inversa. El costo ha sido desmesurado.

“**El tablero** interviene en el esquema resistente básico de la estructura del puente atirantado porque debe resistir las componentes horizontales que le transmiten los tirantes. Estos componentes generalmente se equilibran en el propio tablero porque su resultante, igual que en la torre, debe ser nula.”

Fuente: <http://www.geocities.com/jescud2000/lospuentes/pontstirante.htm>

2.4.2-CALCULO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

Hay que procurar que en el conjunto se establezca un reparto uniforme de las solicitaciones a las cuales están sometidas las diferentes piezas que componen el encofrado, tan uniformemente como sea posible, a cargas centradas, de forma que se evite su vuelco.

Los gatos se distribuirán de tal manera que estén cargados tan uniformemente como sea posible y que en todo caso los esfuerzos axiales no excedan su capacidad de elevación ni las cargas admisibles de las barras.

Para la circulación de hombres y materiales se tendrá en cuenta la disposición de andamios.

Las cargas que actúan sobre los diferentes encofrados y las tensiones que resulten se calcularán de acuerdo con las normas oficiales vigentes.

Las tensiones máximas, coeficientes de seguridad y deformaciones admisibles serán las consideradas para obras definitivas.

2.4.3- TIPO DE MATERIAL A UTILIZARSE EN LOS ENCOFRADOS

Desde el punto de vista de los materiales empleados tenemos:

Encofrados de Madera, cuando el conjunto del encofrado deslizante, comprendidos los paneles, está hecho de madera o derivados de ella; pudiendo estar recubiertos o no.

Encofrados Mixtos, cuando algunas partes son de madera (paneles y plataformas de trabajo) y otras metálicas (por ejemplo, los caballetes, los elementos de suspensión, etc.)

Encofrados Metálicos, cuando todo el conjunto del encofrado es metálico.

2.4.3.1-CLASIFICACION DE LAS CARGAS

Las cargas que actúan sobre el encofrado deslizante pueden ser clasificadas como se indican en el siguiente cuadro:

I. Cargas	A) Permanentes:	Peso propio de la pieza calculada
-----------	-----------------	-----------------------------------

Fundamentales	debida al peso de las piezas	Peso de los elementos soportantes por la pieza calculada
	B) Útiles: debidas a las sollicitaciones exteriores	Empuje del Hormigón
		Rozamiento entre encofrado y hormigón
		Peso de obreros
		Peso de materiales
		Peso de máquinas
		Peso de instalaciones etc.
	C) Accesorias: debidas a la forma de aplicar las cargas	Concentración de obreros en ciertas zonas
		Concentración de materiales en ciertas zonas
		Choques provocados por descarga de materiales, etc.
II. Cargas Accidentales	Presión del Viento	
	Adherencia entre el hormigón y el encofrado	
	Avería de un gato neumático (descenso de un apoyo)	
III. Cargas Extraordinarias	Fallo (rotura) de elementos del encofrado deslizante	
	Avería de dos gatos vecinos	

Tabla 1: Clasificación de las cargas

Para el cálculo de estados límites, las cargas previstas en el cuadro anterior pueden clasificarse como sigue:

Estados Límites	Cuadro 1
Cargas permanentes.....	Cargas Previstas en el punto I,A
Cargas de larga duración.....	Cargas Previstas en el punto I,B
Cargas de corta duración.....	Cargas Previstas en el punto I,C
Cargas accidentales.....	Cargas Previstas en los puntos II y III

Tabla 2: Estados límites

“Los coeficientes de mayoración a considerar serán de 1,4 para las cargas permanentes y de 1,7 para las cargas restantes. Los cálculos se harán de acuerdo con las normas oficiales vigentes, teniendo en cuenta las combinaciones de cargas, que serán tomados en consideración en funciones de las situaciones reales que puedan aparecer durante la ejecución de la obra.”

*Fuente: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural
ACI (318S-05)*

2.4.3.2-CALCULO DE LOS PANELES

Los paneles del encofrado deslizante se calcularán para resistir a la acción combinada de las cargas horizontales y verticales, y se dimensionarán, de tal manera que resistan en todas las secciones a los momentos flectores y esfuerzos axiales y cortantes debidos a las cargas que las soliciten.

Las deformaciones de los paneles bajo la acción de cargas deberán estar dentro de los límites admisibles, de manera que no se modifiquen las dimensiones de los elementos del hormigón proyectados, ni la inclinación prescrita para los paneles, con vistas a asegurar un deslizamiento normal.

Las cargas de cálculo se tomaran de acuerdo con la clasificación precedente. Las que provienen del peso propio de los paneles, del peso de las plataformas de trabajo.

El empuje del hormigón no endurecido sobre el encofrado depende de una serie de factores, los más importantes son:

- El espesor de las capas de hormigón
- La forma de compactar el hormigón (a mano o mecánicamente, por vibración)
- La profundidad a la que el hormigón se despegas del encofrado, la cual depende a su vez de la velocidad de deslizamiento, de la consistencia del hormigón, de la

calidad del cemento, de la temperatura durante la preparación y endurecimiento, etc.

-El espesor de la pared de hormigón, etc.

A causa de la amplitud de los límites de variación entre estos factores para el mismo encofrado deslizante y la misma construcción, durante su ejecución no es posible determinar con precisión el empuje del hormigón, por lo que a continuación se dan varios métodos aproximados de cálculo.

Según Nanning, el empuje del hormigón no endurecido sobre los paneles de dimensiones normales, al principio del deslizamiento, pueden determinarse a partir del diagrama (Ilustración 3)

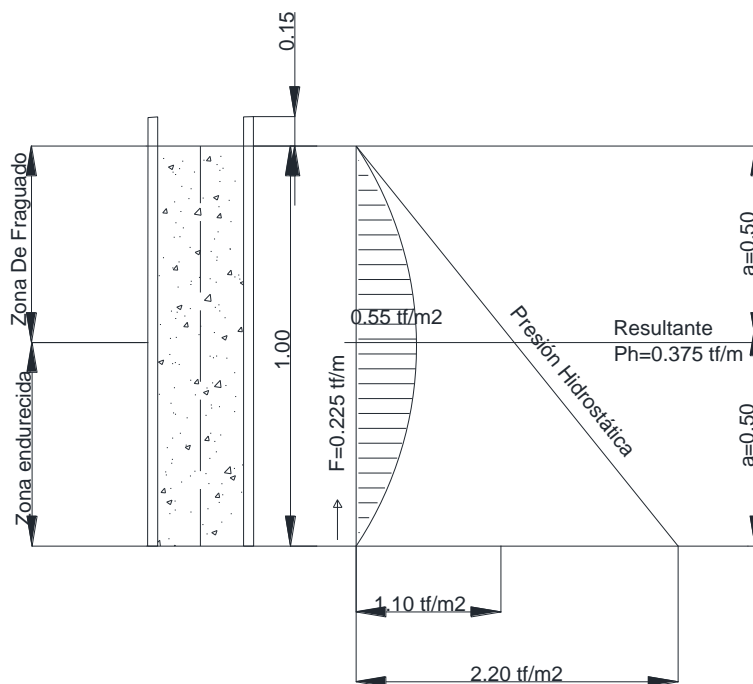


Ilustración 3: Diagrama de empujes del hormigón al principio del deslizamiento, según Nanning.

En el que se considera un reparto parabólico de presiones a lo largo de 1m de altura. Con un valor máximo del empuje unitario de $0,550 \text{ t/m}^2$, de panel, y con un valor de la resultante Ph de $0,375 \text{ t/m}$. de panel, calculado mediante la fórmula:

$$Ph = \frac{2}{3} \gamma a^2$$

En donde $\gamma = 2,200 \text{ t/m}^3$. Es el peso específico del hormigón y $a = Vb \cdot tp$, la altura de la capa de hormigón que está fraguando, que depende del tiempo de fraguado tp y de la velocidad de hormigón Vb .

Considerando un coeficiente de rozamiento entre el encofrado y el hormigón de $f=0,6$, la fuerza de rozamiento del deslizamiento vale $F= 0,6 \times 0,375= 0,225\text{t/m}$. de panel.

El empuje del hormigón endurecido durante el deslizamiento se determina a partir del diagrama (Ilustración 4), en el que el reparto de presiones se extiende sobre una altura de 60cm. Tiene por valor máximo $0,330 \text{ t/m}^2$, lo que da una resultante horizontal de $0,132 \text{ t/m}$. de panel, calculada por medio de la misma fórmula anterior.

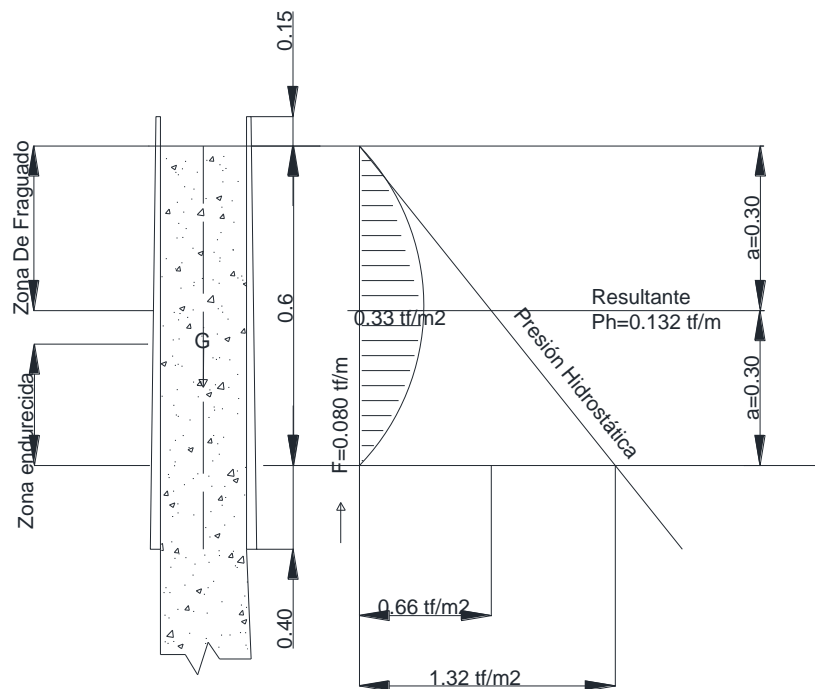


Ilustración 4: Diagrama de empujes del hormigón durante el deslizamiento, según Nanning.

Considerando el mismo coeficiente de rozamiento, la fuerza debida a éste tiene, durante el deslizamiento, un factor $F=0,080$ t/m de panel.

Los diagramas mencionados son válidos, en general, para velocidades de hormigón V_b superiores a $0,10$ m/h., en condiciones de trabajo normales ($t \geq 15^\circ\text{C}.$) y únicamente en la hipótesis de compactación manual de hormigón, Si este es vibrado, las presiones son mayores.

Según T. Dinescu, si el hormigón se compacta por vibración, los empujes varían con la profundidad siguiendo la curva que coincide con las presiones hidrostáticas en su parte superior, en la altura de hormigón fresco, y que tiene un máximo en el tercio inferior. Esta curva puede ser remplazada para determinar el empuje total P_b por un trapecio que tenga aproximadamente la misma superficie (Ilustración 5),

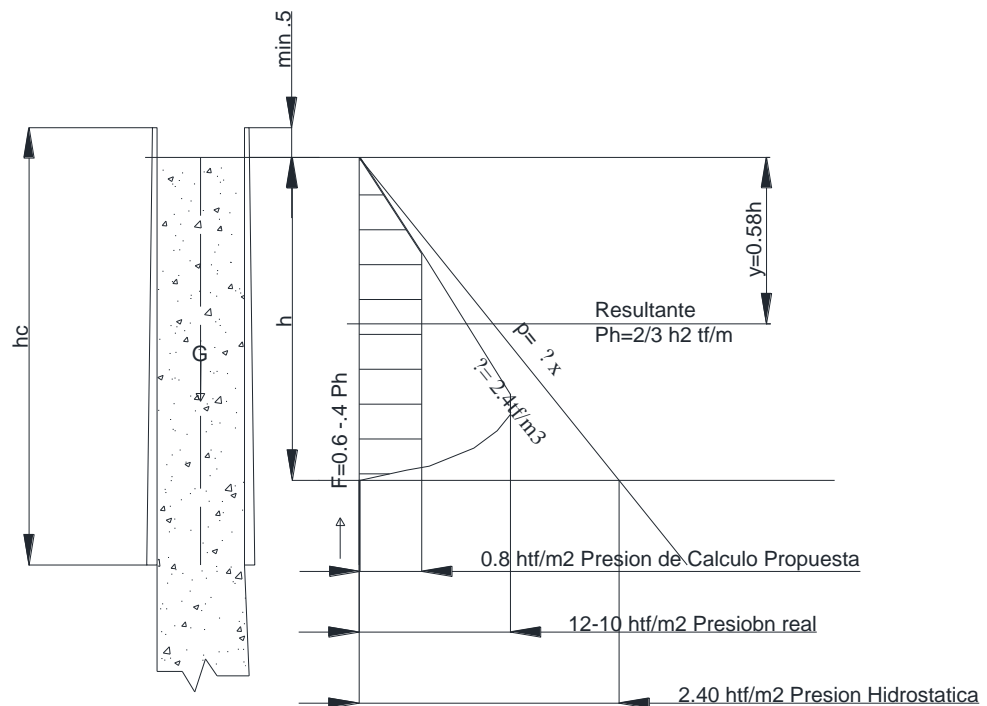


Ilustración 5: Diagrama empuje del hormigón, según T. Dinescu.

Designada por h, en metros, la profundidad bajo el borde superior del encofrado a la cual el hormigón se separa de este, considerando lleno. T. Dinescu ha tomado para la altura del trapecio la presión hidrostática (p_{α}) a la profundidad h/3, y teniendo en cuenta que para los hormigones vibrados $\gamma=2.4 \text{ t/m}^3$, ha llegado a las expresiones siguientes:

- Presión hidrostática a $\frac{h}{3}$: $p_{\alpha} = 0,80 \text{ ht/m}^2$
- Presión máxima: $P_{max} = 1,25 p_{\alpha} = 1,00 \text{ ht/m}^2$
- Resultante de los empujes horizontales: $P_h = \frac{2}{3} \frac{h^2 t}{m} \text{ de encofrado};$
- Profundidad de aplicación de P_h bajo el borde superior del encofrado $y=0,58 \text{ hm.}$
- Rozamiento: $F = f P_h = \frac{2}{3} f h^2 t/m \text{ de encofrado.}$

Se hace notar que la fuerza de rozamiento F depende del coeficiente, que varía 0,3 a 0,8 en función de la regularidad del encofrado, de su impermeabilidad, etc., y que depende también de las características del hormigón, de manera que se admite como valores medios 0,6 para los paneles de superficie permeable (madera) y 0,4 para los paneles de superficie impermeable (metal). Los valores que se obtienen con estas fórmulas son válidos para capas de hormigón de 0,10-0,25m. de espesor, para una velocidad mínima de deslizamiento de 0,10 m/h. a una temperatura $t \geq 15^{\circ}\text{C.}$ y para espesores normales de pared 0,15-0,25m.; puede aumentar de un 15 a 25 % cuando aumenta el espesor de las capas de hormigón o el de las paredes, de manera que puede considerarse que estos aumentos están cubiertos por los coeficientes de seguridad.

Considerando que al llenar el encofrado el hormigón alcanza una altura de 0,90-1,10m, y que al deslizar el despegue tiene lugar a 0,70-0,90m. del borde superior del encofrado, resulta para las expresiones citadas los valores de la tabla 3

	Unidades	Al Llenar el encofrado			Durante el deslizamiento		
		h=0.90m	h=1.10m	Media	h=0.70m	h=0.90m	Media
P_{α}	t/m^2	0.720	0.880	0.800	0.560	0.720	0.640

Pmax	t/m ²	0.900	1.100	1.000	0.700	0.900	0.800
Ph	t/m	0.540	0.810	0.675	0.320	0.549	0.430
y	m	0.520	0.640	0.580	0.400	0.520	0.460
f=0.6	t/m	0.25	0.485	0.405	0.195	0.325	0.260
f=0.4	t/m	0.216	0.324	0.270	0.130	0.216	0.173

Tabla 3

Se recomienda considerar estos valores para el dimensionamiento de los elementos del encofrado deslizante, ya que no hay seguridad de que el hormigón no vaya a ser compactado por vibración.

Los paneles serán dimensiones de manera que la flecha máxima en la dirección de empuje del hormigón no supere 1/1.000 de la luz teórica de cálculo, teniendo en cuenta la continuidad de los cordones.

Según las prescripciones americanas, en el dimensionamiento de los elementos de los encofrados deslizantes, de la presión lateral calculada por la fórmula:

$$p = C1 + \frac{6.000R}{T}$$

En donde p designa la presión lateral del hormigón, en libras por pie cuadrado, C1=100libras por pie cuadrado; R, la altura de hormigón vertido en una hora, en pies/h., y T, la temperatura en grados Fahrenheit.

Expresando la presión lateral en t/m² (p'), la altura del hormigón colocado en una hora en cm/h (R') y la temperatura en grados centígrados (T'), la fórmula anterior se convierte en:

$$p' = 0,488 + \frac{0,962R'}{35 + 1,8T'}, \text{ en } t/m^2$$

Esta fórmula es de un gran interés, ya que liga el empuje lateral del hormigón a dos variables que influyen de una manera decisiva:

La velocidad de elevación, o lo que es lo mismo, la velocidad de hormigón, y la temperatura del hormigón en el encofrado.

En establecimiento de esta fórmula se ha considerado que el espesor de las capas es de 15-25cm., que la compactación es por vibración y que la altura de encofrado es de 1,05-1,35m.

En la Tabla 4 se dan las presiones laterales para distintas velocidades y diferentes temperaturas, calculadas por la expresión anterior.

Temperatura T' °C	Presión en t/m ² para una velocidad de deslizamiento de R' cm/h				
	5	10	15	20	25
5	0.605	0.723	0.81	0.958	-
10	0.584	0.680	0.776	0.872	0.968
15	0.569	0.650	0.732	0.813	0.894
20	0.559	0.630	0.701	0.772	0.843
25	0.550	0.612	0.674	0.736	0.798
30	0.544	0.600	0.656	0.712	0.768

Tabla 4

Examinando este cuadro se comprueba que la presión lateral crece con la velocidad de deslizamiento y decrece cuando la temperatura aumenta.

Según las prescripciones soviéticas, consideran que la presión lateral del hormigón es igual a la hidrostática, pero limitan a 0,50 metros la altura de hormigón que da la presión máxima característica.

$$p = \gamma h = 2,40 \times 0,50 = 1,20 \frac{t}{m^2}$$

$$P = \frac{1}{2}ph = \frac{1}{2} \times 1,20 \times 0,50 = 0,30 \text{ t/m de encofrado}$$

A esta presión lateral hay que añadirle, en caso de compactación por vibración 0,20 t/m., de manera que la presión lateral máxima característica pueda alcanzar 0,50 t/m. de encofrado.

La fuerza de rozamiento característica se considera constante $F = 0,15 \text{ t/m. de encofrado.}$

Las cargas de cálculo se obtienen multiplicando las características por un coeficiente de mayoración de 1,3 para la presión y 2,0 para el rozamiento.

Analizando los cuadros métodos de cálculo expuestos, se comprueba la existencia de una buena concordancia entre el método propuesto de T. Dinescu y las prescripciones americanas, mientras que el método indicado por Nanning, que ha sido adoptado por las prescripciones rumanas, da valores bajos, válidos solamente si el hormigón no es vibrado; las prescripciones soviéticas conducen también a valores aproximados para los hormigones vibrados, pero estos valores no pueden compararse directamente con los restantes, porque se determina para el cálculo en rotura de los encofrados.

Un problema que está muy ligado a la presión y al rozamiento del hormigón sobre el encofrado. Es el del espesor mínimo d en cm., de las paredes de hormigón que pueden construirse con encofrados deslizantes sin que el hormigón sea arrastrado por el encofrado al subir; para esto es necesario que el peso del hormigón fresco, G , sea superior a las fuerzas de rozamiento $2F$ entre el hormigón y el encofrado:

$$G = \gamma dh; F = fh = \frac{1}{2}f\gamma h^2$$

$$\text{Como } G \geq 2F, \text{ resulta } d \geq fh;$$

En donde h es el espesor de la tongada de hormigón fresco, en centímetros.

En la Tabla 5 da el valor mínimo del espesor de pared para diferentes valores de f y de h .

h/cm	f	d_{min} /cm
20	0.60	12
	0.40	8
30	0.60	18
	0.40	12

Tabla 5

Este cuadro muestra la gran importancia del espesor h de las capas de hormigón, así como la del coeficiente de rozamiento f , entre el hormigón y el encofrado, que depende del estado de la superficie del encofrado y de la compactación del hormigón cerca del mismo, para conseguir una capa de mortero junto a él.

En general se admiten para las paredes resistentes un espesor mínimo de 12cm., pero tomando medidas especiales pueden ejecutarse menores.

De la misma forma se pueden calcular las dimensiones mínimas de soportes cuadrados o rectangulares, para los que pueden considerarse 20-25cm (cuadrado) o 15-20 x 30 cm. (rectángulo); se hace notar, sin embargo, que para tales soportes es preciso comprobarlos a pandeo, teniendo en cuenta el estado de endurecimiento del hormigón a la salida del encofrado deslizante.

Fuente: Los encofrados deslizantes (Técnicas y utilización)

Por Tudor – Andrei - Constantin

2.4.3.3-CALCULO DE LOS CABALLETES.

Los elementos de los caballetes y las uniones se calcularan de forma que las deformaciones que se produzcan bajo las cargas debidas a los paneles del encofrado no modifiquen las dimensiones de los elementos de hormigón, ni la inclinación de los paneles.

Las cargas que actúan sobre los caballetes durante el deslizamiento se indican en la (Ilustración 6); en el cálculo hay que tener en cuenta su similitud real.

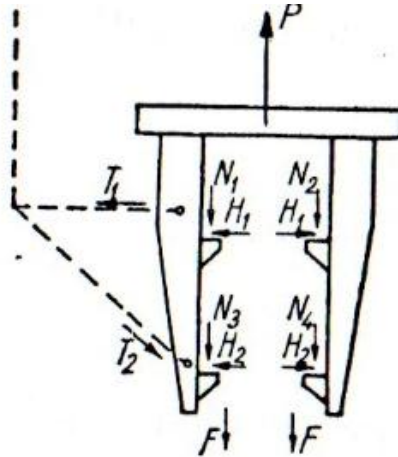


Ilustración 6: Esquema de cargas que actúan sobre los caballetes durante el deslizamiento.

Este sistema no será utilizado para el diseño del encofrado ya que es utilizado para paredes pero cabe mencionar para otro diseño.

Fuente: Encofrados (Cálculo y aplicaciones en edificaciones y obras civiles)

Por M.J. Ricouard

2.4.3.4-CALCULO DE LAS BARRAS DE APOYO

Las Barras de apoyo serán las que estarán sujetas a la estructura de los paneles de los encofrados hacia la pared. Las barras de apoyo se calculan a pandeo bajo la acción de las cargas transmitidas por los gatos, que a su vez las reciben de los caballetes, que deben estar equilibrados de manera que no transmitan momentos que las barras no puedan soportar; para la seguridad de elevación uniforme del encofrado deslizante, las barras deben a su vez estar cargadas tan uniformemente como sea posible; esta condición debe tenerse en cuenta para elegir su emplazamiento.

La *capacidad portante* de las barras de apoyo es función de su diámetro, de la calidad de acero, de la forma de fijarlas en los dispositivos de elevación, de la estabilidad de estos últimos contra el desplazamiento lateral y de la profundidad a

la cual pueden considerarse empotradas en el hormigón de la pared; estos tres últimos factores determinan, de hecho la longitud de pandeo (l_f).

El diámetro de las barras de apoyo varían en general de 25 a 32 mm; las instalaciones actuales utilizadas normalmente trabajan sobre barras de 25mm. De diámetro de acero 50, estirado en frío.

Los dispositivos de elevación existentes, al fijar las barras de apoyo en dos puntos, asegura el empotramiento en su extremo superior, ya que el giro está impedido por la conexión a los caballetes.

La estabilidad de los dispositivos de elevación contra los de desplazamiento lateral se asegura impidiendo estos desplazamientos por la acción de los caballetes y del encofrado; en este caso la longitud de pandeo es la mitad de la longitud libre de la barra (Ilustración 7, a)

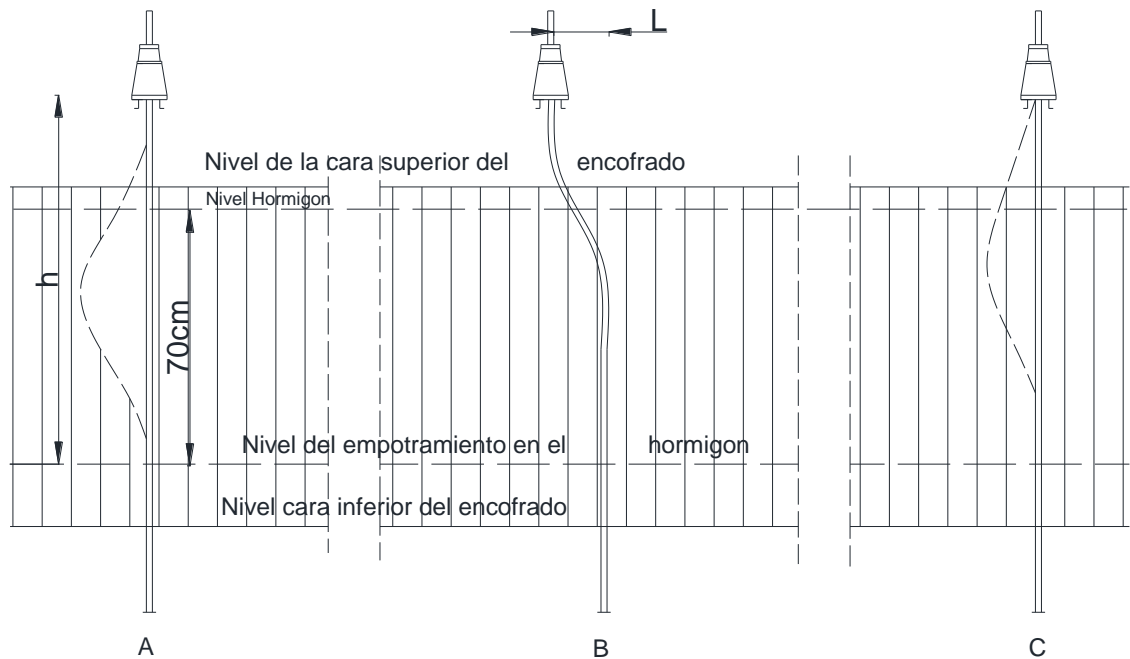


Ilustración 7: Pandeo de las barras de apoyo

Sin embargo, se ha comprobado que en algunos tipos de construcción (células circulares aisladas, sobre todo de pequeños diámetros), la rotación del encofrado

que puede producirse provoca desplazamientos laterales; en este caso la longitud de pandeo de la barra se duplica (Ilustración 7,b) lo que reduce su capacidad portante, respecto de la hipótesis precedente, a la cuarta parte, y puede producirse su pandeo; esto tiene una influencia determinante sobre la estabilidad general del sistema, ya que las cargas que actúan sobre la barra que pandea dan componentes horizontales que acentúan la tendencia de girar del encofrado deslizante y conduce a las demás barras a pandear, lo que obliga a parar el encofrado.

En tales construcciones, hay que tomar medidas especiales para impedir la rotación del mismo y presentar una atención particular a la realización del desplazamiento para evitar la rotación y detenerlas en cuanto aparezcan (cuando no sobrepasen algunos milímetros).

La profundidad a la que el hormigón vertido asegura la fijación de la barra depende de su endurecimiento; teniendo también en cuenta la coacción que ejerce el hormigón que esta endurecido, puede admitirse que la barra esta empotrada en la zona que el hormigón ha adquirido suficiente resistencia como para separarse del encofrado, resultando así una longitud libre de 1-1.5 m. para una velocidad de deslizamiento, 5-25cm/h.

En estas condiciones, considerando también la rigidez del encofrado a los desplazamientos laterales, la capacidad portante de las barras de apoyo varían entre límites muy amplios; para la velocidad corriente de 10-15 cm/h., la carga crítica de pandeo varía de 6.900 a 2.300kg., según los desplazamientos laterales estén impedidos o no.

En la hipótesis, corrientemente admitida para el cálculo de las barras de apoyo, de que están empotrados en el hormigón 70 cm por debajo de la cara superior del encofrado deslizante y articulado en la inserción en el dispositivo de elevación (Ilustración 7, c), la carga máxima admisible es de 2.700 kg. para la barra de 25 mm. de diámetro. Dadas las sobre cargas que aparecen durante el trabajo, su reparto no uniforme y la no simultaneidad de elevación de los gatos, la carga

máxima (comprendidas las útiles: hormigón, materiales, obreros. etc.) que actúan sobre un grupo de gatos no debe sobrepasar los 2000 kg./gato (media obtenida repartiendo las cargas máximas entre los grupos de los gatos). En las células circulares aisladas, cuando no haya certeza absoluta de que las medidas tomadas impedirán por completo la tendencia de girar del encofrado, se recomienda reducir las cargas citadas anteriormente (máximas y medias) en un 20-25 por 100.

2.4.3.5-CALCULO DE LAS PLATAFORMAS Y BARANDILLAS.

Las plataformas y barandillas es el lugar de trabajo de los obreros donde ellos podrán controlar el deslizamiento del encofrado constantemente. Las cargas sobre las plataformas de trabajo se consideran de acuerdo con el esquema de clasificación de cargas citado más arriba, adaptándolo a la función de estos elementos.

La plataforma superior se calculara para su peso propio, el peso de los hombres e instalaciones que soporte, y para la carga producida por la descarga de una cuba de hormigón de 0,4 o 0,8 m³, repartida sobre un circulo de 1,5 o 2,20 m. de diámetro, respectivamente, con una altura de caída de 0,3.m.

La plataforma inferior se calculará por su peso propio, el peso de los hombres (200 kg/m²) y para otras cargas especiales (artesas de mortero u otros materiales). Las barandillas se calcularán para una fuerza horizontal de 50 kg/m. aplicada a una altura de 1m. sobre su base.

2.4.4-EL ESTUDIO DE UN ENCOFRADO DESLIZANTE PARA LA CONSTRUCCION.

Lleva consigo, además del dimensionamiento de cada elemento, la confección de los planos generales y detalle que deben comprender.

- Plano de planta de los caballetes y gatos y de la distribución y designación de los paneles, incluyendo la lista de caballetes, ménsulas, barras y paneles por tipos.
- Plano de plataformas de trabajo superiores inferiores, que comprenda la distribución de las vigas, tirantes, escaleras de acceso, etc., así como una recapitulación de todos los elementos.
- Secciones transversales y longitudinales, con los detalles necesarios para el montaje.
- Plano de instalación de elevación e instalaciones de señalización, con la lista de bombas, gatos, tubos flexibles, conductores, etc., necesarios;
- Plano de instalación para el control horizontal del encofrado y de la verticalidad de la construcción, comprendiendo el emplazamiento de los indicadores, el trazado de las redes, etc., e indicando los materiales necesarios.
- Plano de instalación eléctrica de fuerzas de iluminación, indicando el emplazamiento de los cuadros, de los transformadores de los circuitos, y comprendiendo la garantía del suministro de energía eléctrica a partir de dos fuentes distintas, y la lista de materiales.
- Plano de instalación de suministro de agua, incluyendo la bomba de elevación de la presión, la alimentación del encofrado deslizante durante la elevación y la instalación sobre el encofrado, con la lista de materiales.
- Plano de instalación telefónica, que asegure comunicación entre el encofrado deslizante y la dirección de la obra, la estación de hormigón, etc. Con la lista de materiales necesitados.
- Plano de instalación de calefacción durante el invierno que comprende un suministro de calor durante el deslizamiento sobre el encofrado y en toda la construcción, con la indicación de los materiales.
- Plano de organización de la ejecución de los trabajos, establecido de acuerdo con las indicaciones.
- Todos los detalles necesarios para la confección y el montaje de los paneles y de los restantes elementos del encofrado deslizante;
- Todas las indicaciones para ejecutar en obra.”

Fuente: Los encofrados deslizantes (Técnicas y utilización)

Por Tudor – Andrei - Constantin

En conclusión, en proyectos de obras donde se a construir con encofrados deslizantes, se recomienda prestar atención especial y tener en cuenta los principios expuestos.

Un proyecto bien hecho es una condición esencial para la construcción de obras de gran calidad sin dificultades, condición que, por otra parte, debe darse para todo método de construcción.

2.4.5- INSTALACION DE ELEVACION DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

Desde la aparición de los encofrados deslizantes hasta ahora, estos se han elevado con dispositivos que han sido contantemente perfeccionados, de tal forma que hoy se dispone de una gran diversidad de aparatos, cuyos principios de funcionamiento son muy variados.

Los dispositivos de elevación se conocen bajo la denominación general de gatos. Los gatos, sea cual sea su constitución y forma de accionamiento, se acodalan sobre unos elementos portantes (barras de sección llena, tubos, vigas) que transmiten las cargas directamente a los cimientos o al pie de las paredes ya endurecidas, y que arrastran con ellos hacia arriba el encofrado deslizante con todas las instalaciones, materiales y personal.

2.4.5.1-GATOS DE ROSCA, DE MANDO MANUAL

“Estos gatos forman parte de la categoría de los primeros dispositivos de elevación utilizados en las técnicas de los encofrados deslizantes. Los hay de diversos tipos, en cuanto a construcción, pero todos tienen el mismo principio de funcionamiento. Ordinariamente se colocan sobre caballetes de madera.

Un gato rosca, de mando manual, está formado por cuatro partes: tuerca, eje roscado, pieza para imprimir el movimiento de rotación (pieza de torsión) y manguito de fijación de bloqueo) (Ilustración 8).

La tuerca va fija a la traviesa superior del caballete de madera con dos tornillos y está provista de una rosca interior que se corresponde con la del eje de rotación. Cuando gira el eje, la rosca de la tuerca se desliza sobre la del eje.

El eje roscado es hueco para permitir el paso de la barra de apoyo y está en la inferior. Sobre la cabeza cuadrada se introduce la pieza que sirve para imprimir el movimiento de rotación, mientras que la cabeza cilíndrica se apoya durante la rotación del eje.

La pieza que sirve para imprimir el movimiento de rotación tiene en su centro un hueco que se adapta a la cabeza cuadrada del eje roscado, y esta provista de cuatro agujeros horizontales dispuestos en cruz, en donde se introduce una barra corta que hace el panel de palanca, con la cual se maniobra el gato para elevar el encofrado deslizante.

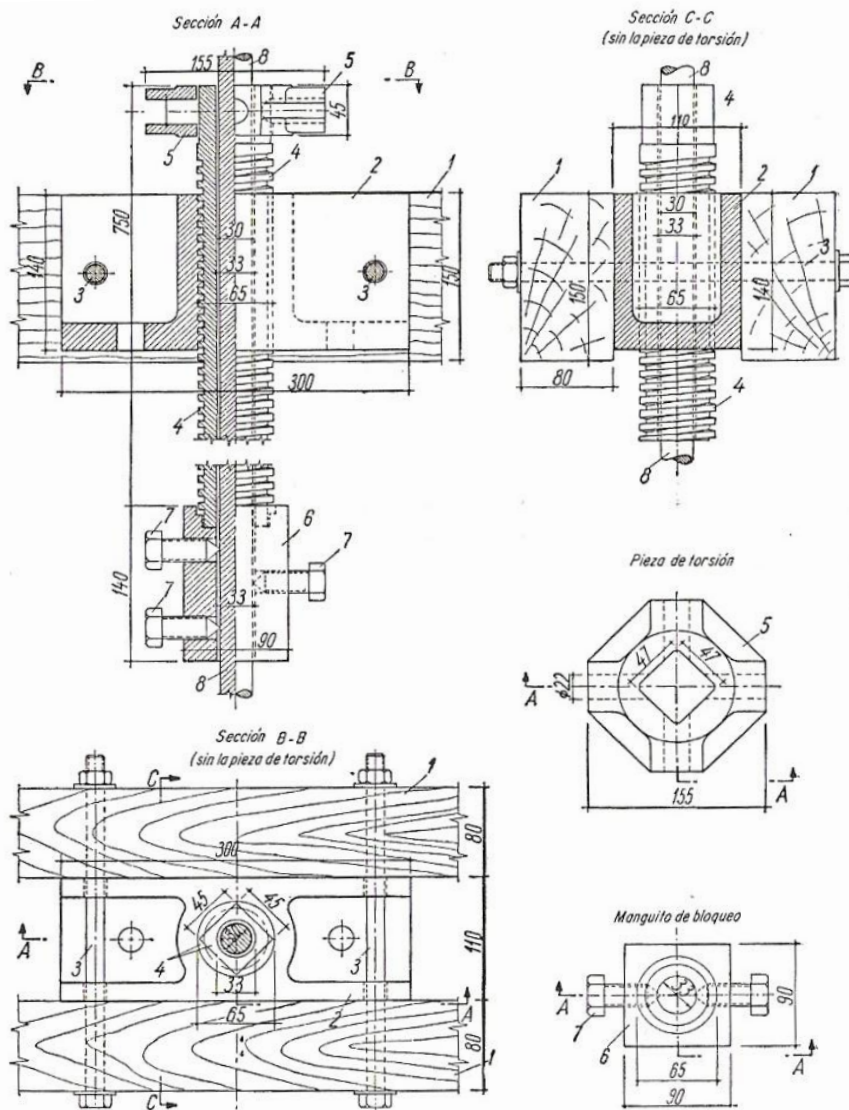


Ilustración 8: Gato de rosca de mando manual

1, travesía superior del caballete; 2, tornillos para fijar la tuerca a la travesía superior del caballete;
 4 eje roscado 5, pieza de torsión, 6 manguito de bloqueo, 7, tornillo para fijar el manguito a la
 barra; 8, barra de apoyo.

El manguito de fijación es un cilindro hueco provisto de tornillos, cuya apretadura fija el manguito sobre la barra en la posición deseada.

Para poner en funcionamiento, se gira a mano la pieza que sirve para imprimir el moviente de rotación, por medio de la palanca introducida para ello en uno de los cuatro agujeros dispuestos en cruz. Cuando gira la pieza, el eje roscado gira también y durante este tiempo la tuerca se levanta y arrastra hacia arriba el

caballete y el encofrado deslizante. Durante su funcionamiento, el gato entero se apoya sobre la barra, a través del manguito de fijación.

Cuando la parte inferior del caballete llega a la altura del manguito de fijación, se eleva el eje roscado girando en sentido inverso, mientras la carga debida al encofrado es soportada por los gatos vecinos. Se suelta a continuación el manguito de fijación, se desplaza hacia arriba hasta que esté en contacto con el eje roscado y se fija en su nueva posición, después de lo cual el gato se encuentra dispuesto para una nueva elevación.

Estos gatos son relativamente baratos, pero exigen un esfuerzo físico bastante grande para accionarlos y necesita mano de obra importante. El aflojamiento de los manguitos para efectuar un nuevo ciclo de fijación no puede hacerse simultáneamente para todos los gatos instalados en el encofrado, sino a lo máximo para un tercio de ellos, para que el peso del encofrado transmita a los dos tercios restantes, que permanecen fijos en las barras mientras tanto. De todo ello resulta que los paneles del encofrado deslizante se apoyan en dos puntos situados a gran distancia, lo que solicita fuertemente el encofrado deslizante y acelera su desgaste y deformación.

Fuente: Los encofrados deslizantes (Técnicas y utilización)

Por Tudor – Andrei - Constantin

2.4.5.2-GATOS DE PALANCA

Estos gatos trabajan en paso de peregrino, sujetándose sobre una barra por movimientos de pequeña amplitud y repetidos, para elevarse en cada 5 mm. y bajar después 3mm. Se afirma que estos movimientos alternativos producen una compactación del hormigón, realizando al mismo tiempo el cierre de las eventuales fisuras aparecidas en él durante la elevación del encofrado; pero además de los golpes violentos que soporta el encofrado en cada descenso de estos 3mm., estas bajadas representan un gasto de energía de un 60 por 100. A

diferencia de los gatos a rosca, el Mac Donald trabaja continuamente y no exige ser preparado para cada nuevo ciclo de funcionamiento. Véase Ilustración 9

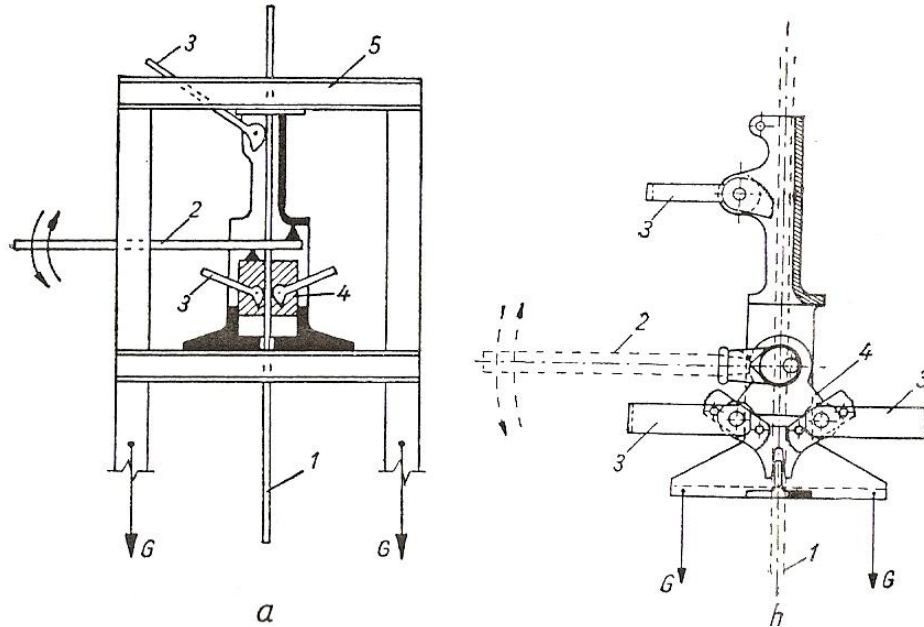


Ilustración 9: Gato de palanca sistema Mac Donald-Klotz

Estos gatos están provistos de un disco móvil excéntrico que trabaja como una palanca que levanta el gato y otra que frena el descenso del mismo, apoyado una agarradera dentada sobre la barra de apoyo. Además, en su parte inferior estos gatos tienen otras dos agarraderas, formadas cada una de ellas por una excéntrica dentada, que tiene también la misión de bloquear el gato sobre la barra. Su manera de funcionar puede estudiarse en la (Ilustración 9).

Fuente: Los encofrados deslizantes (Técnicas y utilización)

Por Tudor – Andrei - Constantin

2.4.5.3-GATOS SISTEMA DYCKERHOFF Y WYDMANN

Este sistema de gatos patente alemana significa un avance con respecto a los dos tipos descritos.

Suben por una barra de la misma forma que un marinero lo hace por un mástil, y por su principio de construcción y funcionamiento, estos gatos son de hecho una transición a los gatos hidráulicos que aparecieron más tarde y que, si bien tienen una constitución completamente diferente utilizan el mismo principio de sujeción.

La carrera de una elevación es de 6cm. El gato tiene una capacidad de elevación de 4,5 toneladas y un peso propio de 105 kilogramos. Es más fácil de manejar que los otros gatos, a condición de que esté muy bien constituido y sobre todo cuando las barras articulares en forma de rombo son perfectamente paralelas dos a dos. Si este no es el caso, trabajan con dificultad y pueden bloquearse durante la elevación. Este sistema, que tiene sus mecanismos expuestos a la intemperie.

El gato se acodala sobre la barra por medio de dos agarraderas, una superior y otra inferior, formada cada una de ellas por dos excéntricas dentadas, provistas de contrapesos que mejoran la capacidad de elevación. Las agarraderas están conectadas entre ellas por barras articuladas que forman un rombo, y se ponen en movimiento mediante un tornillo accionado por un volante de tipo manivela.

El funcionamiento del gato puede estudiarse en la (Ilustración 10).

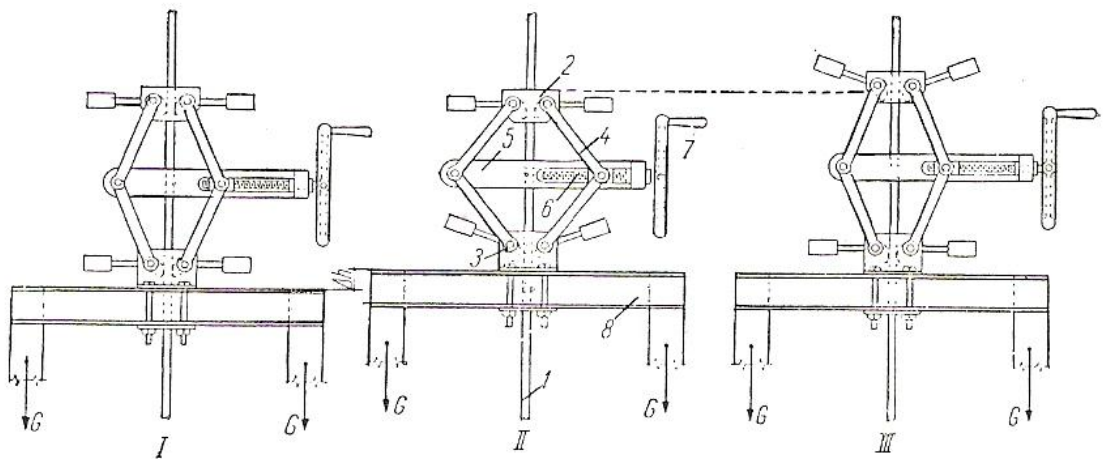


Ilustración 10: Gato Sistema Dyckerhoff y Wydmann

1, barra de apoyo; 2, agarradera superior; 3, agarradera inferior; 4, barras articuladas; 5, pieza de enlace; 6, tornillo; 7, manivela del tornillo; 8, caballete; G, peso del encofrado; Δh , paso de gato; I, II y III tres posiciones sucesivas del gato

En reposo, las dos agarraderas están fijadas sobre la barra. Al girar el tornillo de izquierda a derecha, las articulaciones centrales (sobre el eje del tornillo) tienen tendencia a alejarse y aproximar las dos agarraderas. Como estas sólo pueden moverse hacia arriba (ya que todo intento de movimiento hacia abajo las bloquea en la barra), resulta que la rotación del tornillo de izquierda a derecha fijará la agarradera superior sobre la barra y subirá la agarradera inferior con el caballete y todo el peso del encofrado deslizante (2G). Al final de una elevación, girando el tornillo en sentido inverso (de derecha a izquierda) las articulaciones del centro se aproximan, la agarradera inferior queda bloqueada sobre la barra y recibe el peso del encofrado y la superior se libera y sube libremente, de manera que el gato se prepara para una nueva elevación, traslada una distancia Δh sobre la vertical.

Fuente: Los encofrados deslizantes (Técnicas y utilización)

Por Tudor – Andrei - Constantin

2.4.5.4-GATOS NEUMATICOS

En estos últimos años, en diferentes países se ha complementado con éxito gatos accionados por el aire comprimido suministrado por una moto compresor corriente, a una presión de 5-6 atmósferas. Un aparato de este tipo ha sido puesto a punto por la empresa sueca Constructor-Impez A. B.

De Estocolmo; está construido en aluminio, salvo las agarraderas, que son de acero. Estos gatos se conectan al generador de aire comprimido con tubos rígidos (metálicos) o flexibles (de caucho). Se sujetan barras de acero de 26mm. de diámetro. La carrera normal del pistón es de 12,7 mm (1/2"), pero pueden ajustarse a otros valores, según las necesidades.

Este sistema de gatos ha sido utilizado para ejecutarse diferentes construcciones elevadas, mostrando ser bastante simple, rápido y exacto. En relación con los gatos mencionados hasta ahora, los neumáticos constituyen una importante mejora cualitativa, ya que utilizan energía suministrada por máquinas, pudiendo además actuar simultáneamente según las necesidades. Véase (Ilustración 11).

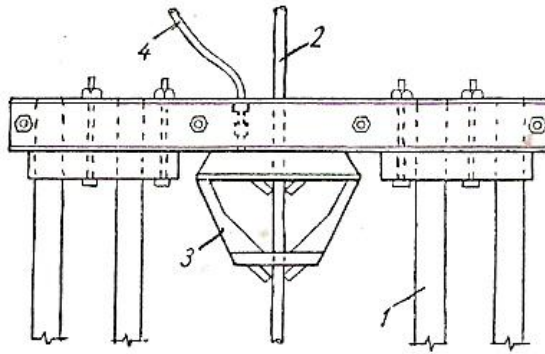


Ilustración 11: Gato Neumático

1, caballete 2, barras de apoyo; 3, gato neumático; 4, conductores de aire

Fuente: Los encofrados deslizantes (Técnicas y utilización)

Por Tudor – Andrei - Constantin

2.4.5.5-GATOS HIDRAULICOS

En las instalaciones de elevación más extendidas en las obras, son las que más se utilizan gatos hidráulicos. Aparte de estos, las instalaciones comprenden los ductos de presión y las bombas de aceite. Las instalaciones hidráulicas de elevación más frecuentemente empleadas son de dos tipos que difieren por su construcción, pero que se basan en el mismo principio de funcionamiento

Gato hidráulico tipo A:

La bomba mandada eléctricamente eleva la presión de aceite, transmitiéndose esta presión por los ductos a los gatos, con lo que estos últimos suben por las barras de apoyo y arrastran con ellos el encofrado deslizante entero. En esta instalación los gatos tienen sus agarraderas de bolas y el paso es ajustable; los conductos que enlazan las bombas a los gatos son flexibles (tubos de caucho armados con un mallazo metálico) y las bombas pueden suministrar el aceite a una presión de 80 a 100 kg/cm². Cuando su número es mayor, se montan varias y se colocan lo más cerca posible del centro de gravedad de los gatos que cada una alimenta. La presión del aceite se distribuye desde la bomba a los gatos por varios circuitos, pudiéndose conectar en serie de 8 a 15 gatos en cada circuito, repartiéndose de

forma que se tenga en cuenta las pérdidas de presiones en los conductos de longitud diferente.

La distribución del aceite de los gatos puede hacerse también mediante un sistema de cinturón en posiciones equidistantes.

Para evitar la interrupción del deslizamiento en caso de avería de la bomba, es conveniente tener siempre montada una bomba de reserva al lado de la que está en servicio, dispuesta a intervenir inmediatamente en caso de necesidad; en las construcciones importantes, que necesitan normalmente dos o más bombas para elevar el encofrado, se montará siempre un circuito suplementario para conectar las bombas entre ellas, de forma que , en caso de necesidad, la que estén funcionando pueda tomar la carga de la bomba averiada.

La instalación de elevación se montará de acuerdo con el proyecto, que debe indicar el emplazamiento de las bombas y su conexión con los gatos.

Un gato de tipo A se compone de un cuerpo de bomba cilíndrico en la parte inferior, al que está sujeto al caballete que soporta el encofrado deslizante, de un pistón hueco por el que pasa la barra de apoyo, y de un poderoso muelle situado entre la base del cuerpo de bomba y cara inferior del pistón. (Ilustración 12)

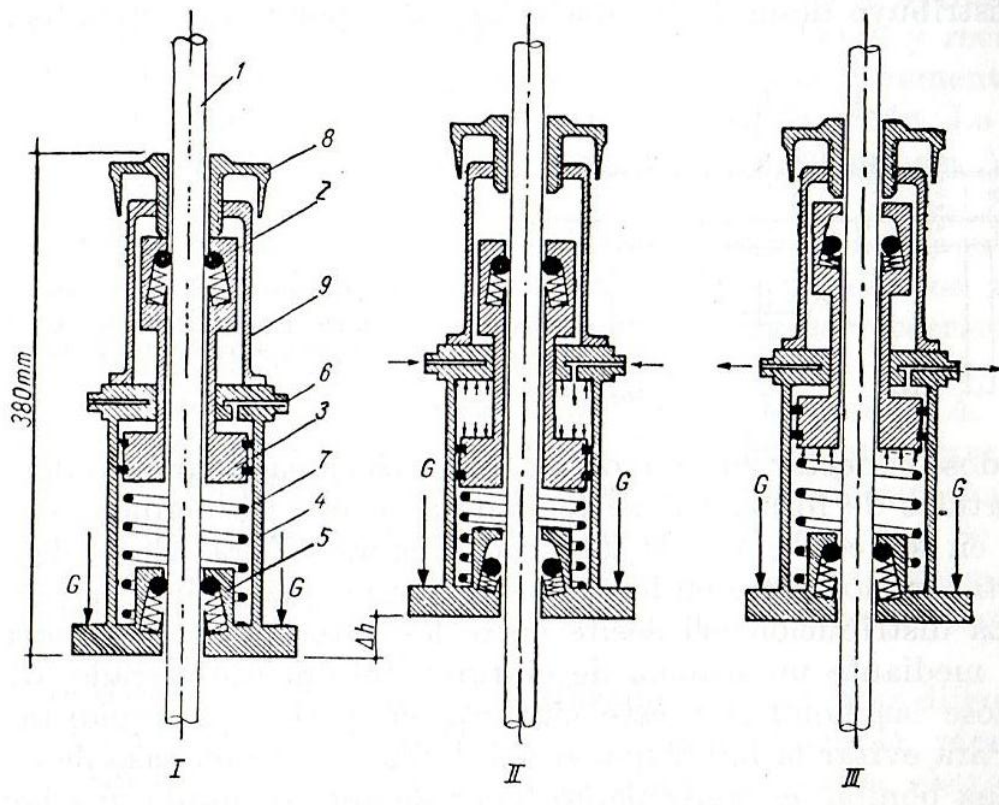


Ilustración 12: Fases funcionamiento de los gatos hidráulicos de bolas Tipo A

1, barra de apoyo 2, agarradera superior 3, pistón 4, cilindro (cuerpo bomba) 5, agarradera inferior 6, conducto para la entrada y salida del aceite 7, resorte para devolver el pistón a su posición inicial 8, tapa para el reglaje del gato 9, cierre superior Δh , paso del gato (10-50mm)

El cilindro en su parte inferior y el pistón en la parte superior, llevan una agarradera de bolas que solo permite el movimiento del gato hacia arriba, bloqueando sobre la barra de apoyo cuando intenta moverse hacia abajo. El cilindro va provisto además en su parte superior de un conducto para la entrada de aceite, al que se conecta tuberías, y válvulas de regulación y vaciado.

Sobre el cuerpo de bomba o cilindro se encuentra una tapa con un tornillo de reglaje que permite ajustar la carrera entre 10 y 50 milímetros.

El funcionamiento de un gato y sus tres posiciones sucesivas pueden verse en la Ilustración 12.

Posición I (antes de la elevación); el gato no está sometido a presión, el resorte está extendido, el pistón levantado, las dos agarraderas en contacto con la barra y el peso del encofrado 2G soportado por la inferior.

Posición II (cerca del final de la carrera de elevación): el gato ha sido puesto en carga por la puesta en marcha de la bomba central; la presión tiene tendencia a desplazar la agarradera superior hacia abajo y fijar cada vez con más fuerza sobre la barra; A medida que la presión crece, la agarradera superior se carga y la inferior se descarga, de manera que cuando la presión del aceite vence a la carga debida al encofrado (2G) y la agarradera superior soporta sola esta carga, la elevación del cilindro comienza y arrastra hacia arriba el caballete con el encofrado deslizante. Durante la elevación del cilindro, desplazándose finalmente el gato hacia arriba una distancia Δh .

Posición III (después de la elevación): la bomba se para, la presión del aceite baja y cuando llega a ser inferior a la correspondiente a la carga debida al encofrado (2G), el cuerpo de la bomba tiene tendencia a descender algunos milímetros, con lo que la agarradera inferior se acodala sobre la barra y la carga del encofrado se transmite a ella; al seguir bajando la presión del aceite, el muelle entra en acción y empuja hacia arriba y la carga del encofrado se transmite a ella, al seguir bajando la presión del aceite, en el muelle entra en acción y empuja hacia arriba a la agarradera superior (que se separa de la barra) y al mismo tiempo el pistón se desplaza también y empuja el aceite a la bomba; durante todo este movimiento el resorte se apoya en la parte inferior del cilindro que no puede descender ya que la agarradera inferior lo impide; después de la salida de aceite y la extensión del muelle, la agarradera superior queda atrapada de nuevo sobre la barra bajo la acción de los pequeños muelles situados bajo las bolas, y el gato esta así separado por un nuevo ciclo de elevación, siendo la posición III idéntica a la I pero desplaza hacia arriba Δh .

Este sistema es simple y robusto, trabaja con seguridad, permite regular el paso al no estar en presión más que en el momento de elevación, permite la sustitución

bastante cómoda de todo gato averiado, y bastan uno a dos mecánicos para vigilar, dirigir y mantener un servicio una instalación entera, cosa que hacen desde un pupitre central de mando situado sobre la bomba de aceite.

La capacidad de elevación máxima es de 3-5 toneladas, pero conviene que la carga máxima de servicio (bajo la acción de cargas fundamentales y accidentales) no pase de 2,7 toneladas, ya que ésta es del mismo orden que la que pueden soportar sin pandear una barra de apoyo de diámetro 25mm, en condiciones de elevación normales; deben señalarse que durante la elevación, algunos gatos están más cargado que otros, con diferencias que pueden llegar hasta 50% de la carga normal, por lo que se aconseja no pasar de 2 toneladas la carga media por gato.

La carrera de un gato puede regularse entre 10 y 50 mm. Pero normalmente la media se sitúa entre 20 y 30 mm. debe tenerse en cuenta que la elevación útil del encofrado es de 3-8mm. inferior a la carrera de los gatos, a causa de la forma en que se fijan las agarraderas sobre las barras de apoyo, que permiten un ligero retorno del encofrado hacia abajo en el momento en que la presión del aceite en los gatos comienza a bajar.

La duración del ciclo de elevación es de 100-150 segundos, y se compone de 30-45 segundos para elevar la presión en la bomba, de 65-90 segundos para el desplazamiento del encofrado y de 5-15 segundos para la vuelta a la presión inicial.

Los ciclos de elevación pueden repetirse en intervalos comprendidos entre 5y30 min, es decir, que se pueden efectuar entre 12 y 2 elevaciones por hora, estando impuesto el máximo por el tiempo mínimo necesario para la maniobra de instalación y el mínimo por la duración de inmovilización máxima que puede permitirse al encofrado deslizante sin que corra peligro de pegarse al hormigón. En general el ritmo de medio normal es de 5-8 elevaciones por hora. Considerando que de media, había cuenta de los diversos tiempos muertos, el encofrado deslizante puede elevarse unos 2,5-3m. En 24 horas de trabajo

continuo, y que en este intervalo se efectúen 120 elecciones, se sigue que la duración en marcha de las bombas es de 15-20% de la duración total de deslizamiento. El peso de un gato, sin aceite, es de unos 15kg. Para las operaciones de elevación especiales existen gatos de 60 toneladas.

Fuente: <http://www.directindustry.es>

Gato hidráulico tipo B:

Se parece mucho al anterior. Difiere de ella en las agarraderas son mandíbulas dentadas, en que los conductos son metálicos y en que las bombas, que trabajan a 100-200 atmosferas, tienen un cuadro central que dirige automáticamente las elevaciones en intervalos fijos previamente determinados. Los gatos de esta instalación no son de paso regulable, pero los que son retrasan durante la elevación pueden ser puestos al nivel de los otros empleando una pequeña bomba manual, y los que se adelantan pueden ser detenidos a un cierto nivel utilizando indicadores fijados sobre las barras. Se fabrican gatos de este tipo para barras de 25mm de diámetro y también para barras de 28 mm., en cuyo caso la fuerza de elevación llega hasta 6 toneladas. (Ilustración 13)

Un gato tipo B se compone de un cilindro en cuya parte inferior se sujeta el caballete que soporta el encofrado deslizante, de un pistón anular situado en la parte superior del cilindro, bajo el que se dispone la agarradera superior (estando ambos empujados hacia arriba por un potente resorte), y de agarradera inferior, situada en la parte de abajo del cuerpo de bomba. Este está también provisto en su parte superior de un conducto para la entrada y salida del aceite, al que se conectan las tuberías de la bomba. Siempre al mismo lado unido a la agarradera superior, se encuentra un limitador de carrera. En la parte inferior se puede fijar al cuerpo de bomba, con tornillos, una vaina que proteja la barra del contacto con el hormigón no endurecido y asegure a pandeo. Por medio de todas estas piezas para la barra de apoyo a la que se agarra el gato. Las agarraderas no permiten el movimiento del gato más que hacia arriba, y se oponen a toda tendencia del mismo a moverse hacia abajo, bloqueándolo sobre la barra.

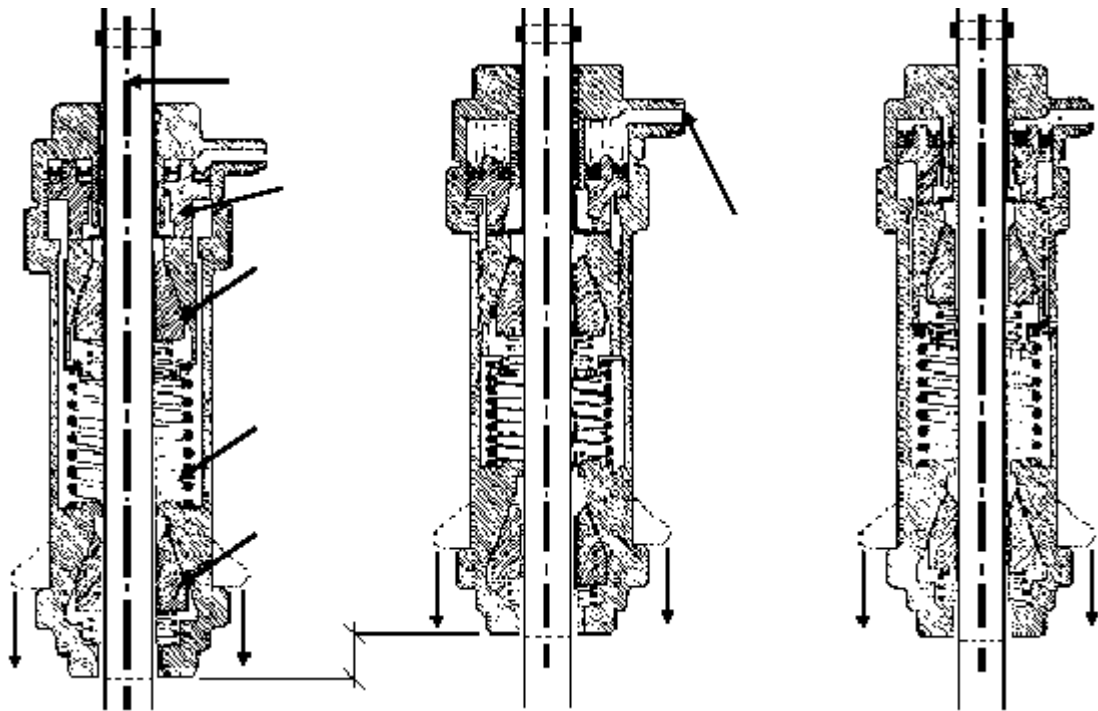


Ilustración 13: Gatos hidráulicos tipo B

I,II,III fases de funcionamiento del gato de mandíbulas de 3 toneladas de capacidad b, gato tipo 604 de 6 toneladas de capacidad 6, gato ascendente tipo 510 de 12-25 toneladas de capacidad trabajando con un paso de 10cm, 1 cuerpo de la bomba 2, pistón anular 3, agarradera superior 4, agarradera inferior, 5 resorte de retorno del pistón a su posición inicial 6, conducto para la entrada y salida de aceite 7, tubo limitador de carrera 8, barra de apoyo G, carga debida al encofrado deslizante; Δh paso del gato.

Las fases de funcionamiento del gato se asemejan a las de tipo A existen también otros tipos de gato ascendente y descendente, de una capacidad de elevación 11 toneladas, que se sujetan en barras cuadradas de 40x40mm. De sección, que puede utilizarse para la elevación del encofrado hasta cierta cota, y que sirven, una vez endurecido el hormigón para bajar el encofrado.

Fuente: <http://www.directindustry.es>

Gato hidráulico tipo C:

Este no difiere mucho a la expuesta anteriormente. Se sujeta sobre barras de 22 mm de diámetro y puede elevar normalmente una carga de 3 toneladas, desplazándose 25mm, en vertical en cada elevación. (Ilustración14). A diferencia de los gatos tipo B este tiene las dos agarraderas dispuestas exteriormente en los dos extremos y, además, su sujeción difiere del de los otros gatos en la agarradera inferior va fija al pistón y la superior al cuerpo de bomba.

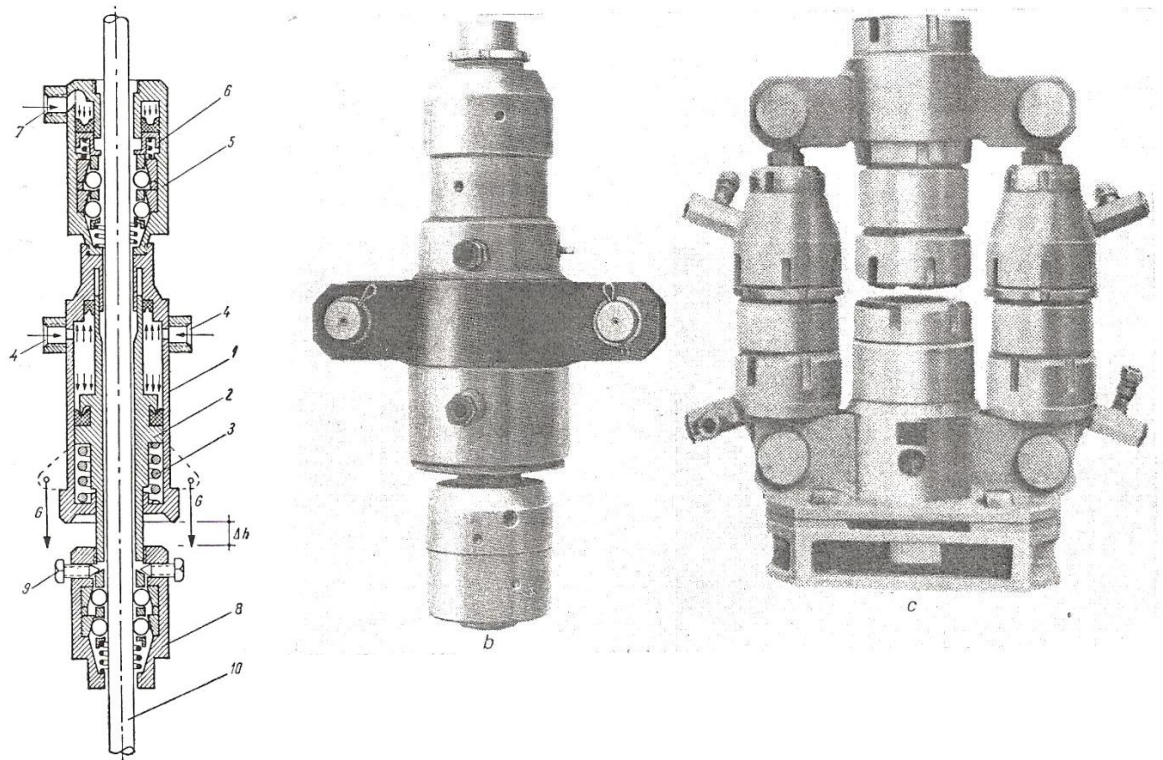


Ilustración 14: a,b,c, Gatos hidráulicos tipo

A, esquema del gato hidráulica b, gato hidráulico 11 toneladas de capacidad c, gato hidráulico ascendente descendente 16 toneladas de capacidad trabaja con un paso de 10cm 1, cuerpo de la bomba 2, pistón 3, resorte de retorno del pistón a su velocidad inicial 4, entrada de aceite en el cuerpo de la bomba y salida de aceite del cuerpo de la bomba 5, agarradera superior 6, pistón de la agarradera superior 7, entrada de aceite de la agarradera superior y salida de aceite de la misma para bloquear y desbloquear 8, agarradera inferior 9, tornillo para desbloquear la agarradera inferior a mano 10, barra de apoyo G, carga debida al encofrado Δh paso del gato.

El sistema de acodamiento de las agarraderas se compone de dos filas de rodillos dispuestos sobre un collar. El elemento nuevo que aporta un perfeccionamiento en la utilización de estos gatos es la posibilidad de separar la barra (desbloquear), por mando, tanto la agarradera superior como la inferior Las agarraderas superiores pueden separarse de la barra simultáneamente en todos los gatos del encofrado desde un pupitre de mando central, por medio de circuitos

especiales de aceite, colocando así fuera de servicio las agarraderas superiores, se pueden conseguir el movimiento del encofrado in situ, por descensos y ascensos cortos, con objeto de impedir que el hormigón se pegue a los paneles cuando hay que aminorar la marcha del hormigonado o interrumpirla. La separación de la agarradera inferior se hace a mano, por separada en cada gato, por medio de dos tornillos que forman 180 °.

La separación de las agarraderas permite en cualquier momento cambiar cómodamente una barra o gato averiado, lo que constituye otra circunstancia ventajosa de este perfeccionamiento de los gatos.

La Ilustración 14 presenta el gato Kg-II A cerca del final de la carrera de elevación separada. Una serie de muelles asegura la vuelta de las diferentes piezas móviles a su posición inicial cuando la presión del aceite o la de los tornillos de desbloqueo manual no actúan.

Conviene precisar que los perfeccionamientos de estos gatos ponen de manifiesto sobre todo cuando trabajan con caballetes abatibles y andamios de arrastramiento de barras.

También de este tipo se fabrican otros gatos 11 toneladas de capacidad de 16-32 toneladas trabajando con un paso de 10cm., para elevaciones especiales (Ilustración 14, b,c)

Los tipos de gatos expuestos hasta aquí están lejos de agotar la gran variedad de gatos hidráulicos existentes, ya que casi todas las grandes empresas tienen su propio tipo. Los gatos trabajan sobre barras de 25-26mm. Perteneciendo a algunos expuesto pero lo que diferencia son en dimensiones, detalles, etc.

Las investigaciones y los esfuerzos actuales se dirigen especialmente hacia el perfeccionamiento de los gatos, con objeto de obtener una elevación uniforme, lo que es muy importante, sobre todo para los gatos de gran capacidad y para la elevación y descenso de grandes cargas, Con este fin se han adoptado sistemas de

nivelación especiales, que aseguran la precisión de la carrera paralela en todos los gatos.

Fuente: <http://www.directindustry.es>

2.4.5.6-BOMBAS DE ACEITE

Las bombas empujan el aceite en la instalación de elevación y suben la presión en toda la red hasta el valor necesario para hacer funcionar los gatos, se dirigen por un mando eléctrico.

Se puede seguir el funcionamiento y la constitución de una bomba de aceite de fabricación rumana en su esquema hidráulico.

Cuando se pone en marcha el motor eléctrico 1, la bomba 2 aspira el aceite del depósito 4, y lo hace pasar a través del filtro 3, enviándole al bloque de mando 5, y de este al distribuidor 7, desde donde, por medio de grifos de distribución 8, se envía a los circuitos de la instalación de elevación.

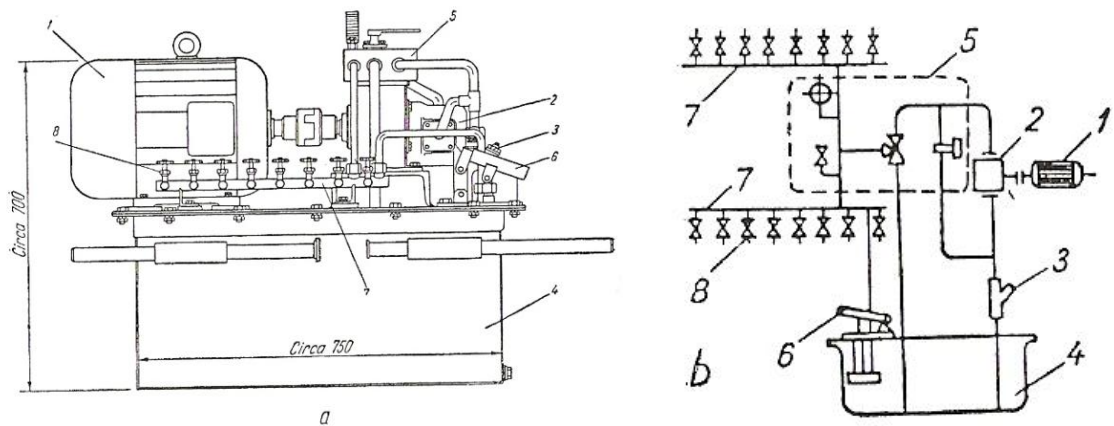


Ilustración 15: a,b,c,d Grupo de bombeo

A, vista lateral de la boba b, esquema de funcionamiento c, bomba tipo concreto prometo d, cuadro de automatización tipo concreto prometo 1, motor 2, bomba 3, filtro 4, deposito 5, bloqueo de mando 6, bomba manual 7 grifo.

Al seguir funcionando el motor, la presión del aceite sube progresivamente. Cuando alcanza unas 20 atmosferas, lo que corresponde aproximadamente a una fuerza de elevación por gato de unos 1000kg, los gatos menos cargados y los más próximos a la bomba comienzan a elevarse, y son progresivamente seguidos por los restantes gatos a medida que aumenta la presión de la red. Una vez que todos los gatos se han elevado, el motor continúa funcionando y la presión sigue subiendo hasta unas 60 atmosferas, momento en que se abre la válvula superior. En este momento, el mecánico, llevando la manecilla de un grifo de tres vías a la posición ((vuelta)) hace por pistones de los gatos accionados por los resortes situados debajo de ellos, que estaban comprimidos durante la elevación.

Si en algunas situaciones es necesario forzar la elevación de un gato más cargado que se ha retrasado, se puede aumentar la presión de 69 a 100 atmosferas, pero solo utilizando la bomba manual 6, montada sobre el depósito de aceite de la bomba; no se permite aumentar la presión con el motor eléctrico y la bomba.

El depósito de cada una de las bombas tiene una capacidad de 35-50 litros. El aceite empleado debe ser absolutamente puro y tener la viscosidad prevista, que puede obtenerse cuando la temperatura exterior baja de +10 °C mezclándolo con 5-20kg, de aceite para transformador, para hacerlo más fluido. Si se trabaja en

tiempo frío, para evitar el espesamiento del aceite pueda montarse en el depósito un calentador eléctrico.

Fuente: Los encofrados deslizantes (Técnicas y utilización)

Por Tudor – Andrei - Constantin

2.4.6-HORMIGON QUE SE UTILIZA CON ENCOFRADOS DESLIZANTES

El material básico en las obras que se construyen con encofrados deslizantes es el hormigón, que debe escogerse de modo que cumpla las condiciones diferentes a las exigidas cuando se utilizan encofrados fijos, lo que requiere un estudio previo, preparación, transporte y puesta en obra que observen estrictamente ciertas reglas y principios. En la exposición que sigue se tratan estas reglas y principios para el hormigón colocado en condiciones de temperatura normales, esto es, superiores a +15 °C, la mismas reglas y principios son válidos cuando la temperatura baja de esta cifra, pero en este caso deben ser completadas con medidas indicadas correspondientemente (ejecución de obras en tiempo frío) aplicando estas reglas y las medidas técnicas y de organización indicadas se garantiza la construcción, en buenas condiciones, de obras con encofrados deslizantes, tanto en el periodo de temperatura normal como durante el invierno, consiguiéndose así la continuidad de la obra.

Cualidades del Hormigón que se coloca en el encofrado deslizante:

El método de los encofrados deslizantes se caracteriza por el encofrado rápido del hormigón que se separa de las paredes del encofrado en los 6 u 8, décimos de altura, 4-8 horas después de su colocación; para que el hormigón se separe más cómodamente de las paredes, estas tienen una ligera inclinación, unas en relación con otras.

En el interior del encofrado deslizante el hormigón se encuentra en diferentes grados de endurecimiento figura 16, que van desde el hormigón fresco a un hormigón cada vez más duro, a medida que se aleja de la cara superior del encofrado deslizante, de manera que el principio del tercio del encofrado se separe de éste, conserve su forma y arriostre las barras de apoyo para evitar que pandeen.

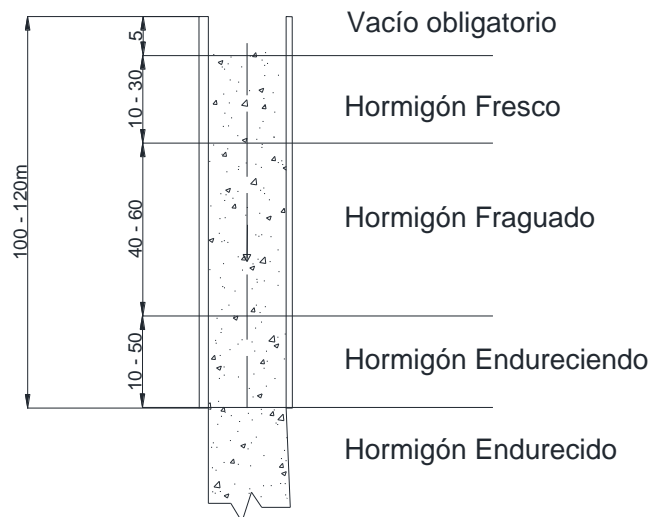


Ilustración 16: Estado del hormigón en el encofrado deslizante

Para cumplir estas condiciones, el hormigón que se coloca en los encofrados deslizantes debe tener una serie de cualidades, de las cuales las más importantes son las que se indican más adelante, acompañadas por los factores que influyen en ellas. De las cualidades del hormigón dependen la velocidad de desplazamiento, la resistencia y el aspecto de la obra, y en general, su calidad, de manera que la realización de un hormigón absolutamente adecuado es una condición esencial para el éxito de la aplicación del método de encofrados deslizantes.

2.4.6.1-ENDURECIMINETO INICIAL

Para que el hormigón se separe del encofrado, mantenga su forma arriostre las barras de apoyo, es preciso que el fraguado comience de 1 a 2 horas y termine de 4 a 6 horas después de la preparación, y que la resistencia aumente rápidamente en

las primeras horas del endurecimiento, para alcanzar unos 1,5-2kg/cm², 4 a 8 horas después de la colocación.

Estas condiciones están influidas por la calidad del cemento, por la naturaleza y forma de los áridos, por la composición granulométrica de la mezcla, por la resistencia final del hormigón, por la relación agua/cemento, por la forma y calidad de compactación y por la temperatura durante la puesta en obra y endurecimiento del hormigón.

La tabla 6 indica la variación de la resistencia durante el primer día de endurecimiento, para un hormigón normal del tipo B200 (la calidad del hormigón indicada, según las prescripciones rumanas, por la letra B seguida de la resistencia a rotura del hormigón a compresión a los veintiocho días, en cubos de 20x20x20cm. Para los cementos.) preparado con cemento portland (PZ400) y cemento de alta resistencia inicial, con la misma dosificación (300kg por m³) y la misma relación agua/cemento (0,69); se comprueba la importante influencia del cemento y sobre todo de la temperatura de conservación en el aumento de resistencia en éste periodo.

Temperatura de conservación °C	Resistencia en kg/cm ² , horas después de preparado							
	4 h		6 h		8 h		10 h	
	PZ400	HRI	PZ400	HRI	PZ400	HRI	PZ400	HRI
+5	0.2	0.4	0.4	0.9	0.6	1.5	1.0	2.2
+10	0.6	0.7	0.8	1.3	1.2	1.9	1.7	2.7
+15	0.8	1.0	1.2	1.8	1.8	2.7	2.5	4.2
+20	1.0	1.2	1.6	2.4	2.4	4.4	3.5	7.3
	12 h		16 h		20 h		24 h	
+5	1.5	3.0	2.5	6.0	4.0	10.0	7.0	16.5
+10	2.3	4.2	3.7	8.0	6.5	13.5	10.0	22.0
+15	3.3	6.5	6.5	12.0	9.0	20.0	16.5	33.0
+20	5.0	11.5	10.0	22.0	16.5	33.0	24.0	45.0

Tabla 6: Variación de la resistencia durante el primer día de endurecimiento

2.4.6.2-RESISTENCIA

Después de que el hormigón se ha separado del encofrado deslizante su resistencia debe crecer más de prisa que la carga. Esto se consigue fácilmente en las condiciones de temperatura normales como se ve en la Ilustración 17

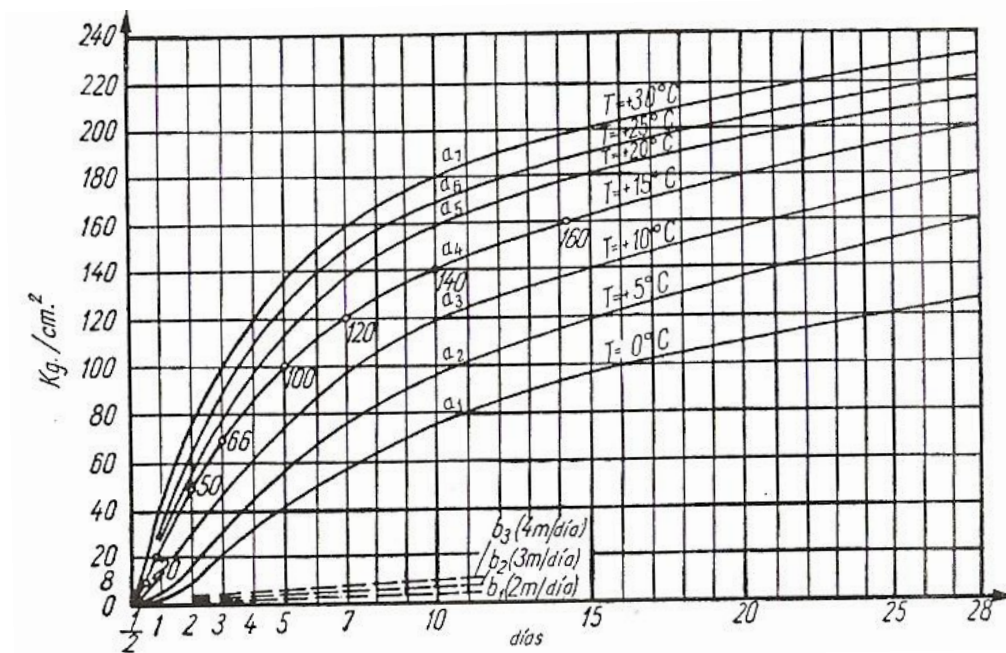


Ilustración 17:

Diagrama de endurecimiento del hormigón tipo B200, en función del tiempo y de la temperatura (curvas $a_1 \dots a_7$), y de la variación de la carga debida al propio peso, en función de la velocidad de deslizamiento (curvas $b_1 \dots b_2$)

El crecimiento de la resistencia del hormigón está influido por los mismos factores que su endurecimiento y además por la forma en que se trata posteriormente; de todos estos factores, la temperatura tiene una muy fuerte influencia, como se ve en la Ilustración 17.

2.4.6.3-CONSISTENCIA

El hormigón debe ser muy dócil, esto es, debe poder ser fácilmente compactado a mano o mecánicamente, envolver y proteger perfectamente la armadura y dar lugar a rozamiento pequeños sobre el encofrado para obtener, por compactación,

una película de mortero que le asegure una superficie lisa y que los áridos no se deterioren y no se peguen al encofrado.

2.4.6.4-CALIDAD CONSTANTE

El hormigón debe ser de calidad constante en el momento de su puesta en obra, entendiéndose por ello que la dosificación, la relación a/c y la consistencia permanecen invariables en toda la duración de la ejecución de la obra; la calidad del hormigón está influida por la de los áridos, por la manera de prepararlo, por la forma de dosificar el agua, el cemento y los áridos, por la temperatura, etc.

2.4.6.5-PUESTA EN OBRA PARA ASEGURAR EL MONOLITISMO DE LA CONSTRUCCION

Para conseguir el monolitismo de la construcción, que constituye una de las principales ventajas del método de los encofrados deslizantes, la puesta en obra del hormigón debe ser diferente que cuando se utiliza encofrados fijos; se hará uso de la posibilidad de verter siempre el hormigón en pequeñas capas en el encofrado, y por tanto, de poder compactarlo y asegurar su unión con la capa precedente, en perfectas condiciones, suprimiendo totalmente las juntas de hormigón. La obtención del monolitismo está influida por la calidad del hormigón, por el espesor de las capas, por el método de compactación, y por el grado de endurecimiento de la tongada precedente.

2.4.6.6-RETRACCIONES DEBILES

Dado el monolitismo de las obras construidas con encofrados deslizantes, las tensiones debidas a la retracción del hormigón pueden alcanzar valores muy importantes cuando las dimensiones de la obra son relativamente grandes, las

paredes son continuas y están impedidas las deformaciones, como ocurre en las zonas próximas a los cimientos forjados.

Para evitar la fisuración de las paredes por retracción, lo que podría en algunos casos hacer peligrar la obra (por ejemplo, en los depósitos), se trata de reducir aquella al mínimo posible, teniendo en cuenta que la retracción crece con la dosificación de cemento y la finura de molido, con la cantidad de agua y con la temperatura durante el endurecimiento, así como por la manera de tratar anteriormente.

2.4.6.7-CONSECUENCIA DE LA ADHERENCIA Y DE LA PROTECCION DE LA ARMADURA

La consecuencia de la adherencia entre el hormigón y la armadura es una condición esencial en las obras de hormigón armado, y su garantía en el caso de utilizar encofrados deslizantes, que por su elevación continua tienen tendencia a arrastrar el hormigón de sus proximidades y a separarlo de la armadura, presenta una importancia primordial.

La adherencia está influida por la calidad del acero de armar (corrugado), por el espesor del hormigón que le recubre, por calidad del hormigón, por su forma de compactación, por la manera de guiar y mantener en su posición la armadura durante el hormigonado, etc. En las obras en que la armadura trabaja a tracción y se cuenta con la resistencia de sus empalmes por solape (células de silos, depósitos, etc.) se utilizará acero corrugado.

La protección de la armadura es también obligatoria y depende de los mismos factores que la adherencia.

2.4.7- DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural sirve para analizar el comportamiento de la estructura cuando se encuentre bajo la acción de una carga. También permite

determinar la carga máxima que soportará la estructura, según el prediseño y cómo va a reaccionar ante las solicitaciones dadas.

El encofrado debe ser un material capaz de resistir la carga muerta del hormigón en el momento de fundición, lo que significa la gran importancia que el elemento tiene, ya que no debe deformarse ni fallar para mantener un acabado adecuado del hormigón. El desencofrado es una parte indispensable para la buena estética del hormigón, pero no es un tema aplicable en esta parte del proyecto.

Para el diseño estructural de un tablero estándar, es importante obtener las características mínimas que deben tener los materiales que conforman el producto. Para este proyecto se realizará el cálculo de solicitación máxima, deflexión máxima (con restricciones del código de la construcción), y modo y resistencia para objetos de ensamblaje.

2.4.7.1- CALCULO DE SOLICITACION MAXIMA

Se realizará un cálculo del tablero suponiendo que se encuentra apoyado en los extremos largos del mismo y se divide en secciones de acuerdo al modo de distribución de las cargas en cada parte de la estructura. Se selecciona el travesaño que es la sección más crítica y se multiplica la carga por presión del hormigón por la distancia que cubre ésta sección, para determinar la carga distribuída que afecta al travesaño, suponiendo el funcionamiento como una viga simplemente apoyada. Se calcula el corte y momento. Luego, para obtener el momento resistente, se divide el momento máximo para el esfuerzo admisible del material y con eso se puede determinar la sección del elemento como estructura del producto.

Después, se supone que el elemento se encuentra apoyado en los extremos del lado corto de la sección y se divide el tablero de acuerdo a la distribución de cargas que soporta la estructura. Se toma como una viga simplemente apoyada y se multiplica la presión del hormigón por la distancia que soporta el

elemento. Se calcula el corte, y el momento resistente para determinar qué sección debe ir en ese lugar de la estructura.

2.4.7.2- CALCULO DE LA DEFLEXION

Se calcula la deflexión máxima de cada elemento del tablero. Esta deflexión representa la flexión del elemento bajo la acción de una carga. Se la determina como d , y es igual a la longitud dividida sobre un parámetro determinado por la importancia de la obra.

Según los límites normados por los códigos de la construcción, la deformación es:

$$d_{max} = \frac{L}{360} ; \frac{L}{180} ; \frac{L}{100}$$

L/360: Pisos que no soportan carga, o fijos a elementos no estructurales que son posibles que sean dañados por grandes deflexiones

L/180: Techos planos que no soportan carga, o fijos a elementos no estructurales que son posibles que sean dañados por grandes deflexiones

Como el encofrado es un aparato de construcción, se toma la deformación máxima como:

$$d_{max} = \frac{L}{360}$$

La deflexión se la analiza mediante 2 casos. El primero es mediante el “análisis de la placa”, en este caso se supone a la placa apoya en los extremos del lado corto y como un tablero rectangular.

La deflexión se calcula con la fórmula:

$$d_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{w L^4}{EI}$$

Donde, w es la carga distribuida en la sección, L la longitud, E el módulo elástico del material e I la inercia de la sección.

Primero se calcula la relación de lados con la fórmula:

$$\gamma = \frac{b}{a}$$

Dónde: b, lado corto y a, lado largo

Luego se ajusta la presión q del hormigón en kg/cm² y se calcula w con la fórmula

$$w = b q$$

Se continúa con el cálculo de la inercia de la sección con la fórmula:

$$I = \frac{b h^3}{12}$$

Así, se tienen las variables necesarias para calcular la deflexión máxima en este caso.

El segundo caso es el “análisis del perímetro”. Se considera al elemento como si estuviera apoyado en todos sus extremos. En la siguiente tabla, se encuentran valores que deben ser multiplicados por formas determinadas para obtener la deformación, momentos flectores, esfuerzos cortantes, y reacciones en los centros de los bordes y en las esquinas. La tabla tiene valores dependiendo de la relación de la sección, en este caso es:

Ws	Mxs	Mys	Txs	Tys	Rxs	Rys	R0
0.0069	0.0116	0.1017	±0.185	±0.465	0.248	0.503	-0.046

Tabla 7 Valores para cálculo de deflexiones, momentos y reacciones.

Para determinar la deformación Ws se multiplica el valor de la tabla por:

$$\frac{w \cdot a^2}{E \cdot h}$$

Las fórmulas para momentos flectores de M_x es el valor por $q \cdot a^2$, M_y es por $q \cdot b^2$.

Los esfuerzos cortantes son los valores de T_x y T_y por $q \cdot a$ y $q \cdot b$ respectivamente.

Para las reacciones R_x y R_y en los extremos se multiplica el valor por $q \cdot a$ y $q \cdot b$ respectivamente, y para la reacción en las esquinas R_o se multiplica el valor $q \cdot a \cdot b$.

Donde w es la carga y q es la presión del hormigón, a es la sección larga y b la sección corta del elemento, E es el módulo de elasticidad y h la altura de la sección.

Con el valor de W_s ya se obtiene la deflexión en este caso, pero se toma los cortantes que afectan al lado largo del producto y se diseña la viga de acero para obtener el momento máximo, bajo nuevas condiciones y determinar el nuevo momento resistente de la sección.

Luego se procede a realizar el “análisis de la estructura de acero”. En este caso se determina la distribución exacta de cargas que va a tener el tablero y cómo se van a encontrar en la estructura de acero. Ya determinadas las cargas, se calcula el corte, el momento y la deflexión. Se puede utilizar el programa Sap2000.

Al finalizar estos cálculos se va a obtener una deflexión aproximada a la real. Si la deflexión no cumple con la máxima permitida por el código de la construcción, entonces se realiza un nuevo proceso, cambiando la sección transversal del elemento de acero y analizando el ejercicio en Sap2000, hasta satisfacer los valores de deflexión necesarios.

Con estos datos se obtienen los materiales que serán aplicados al producto.

Fuente: Tablas para el cálculo de placas y vigas pared.

Por Bareš, Richard.

2.4.8- SELECCIÓN DEL MATERIAL

La evolución de la técnica del encofrado en el país, con el pasar de los años se ha visto obstaculizada, en razón del escaso avance tecnológico interno. Desde hace varios años, con el auge del petróleo nació la industria de la construcción en el Ecuador. Desde entonces se ha mantenido prácticamente el mismo encofrado artesanal que utilizamos hoy en día. Hace más de 35 años el progreso en esta actividad se ha seguido manteniendo un desempeño mínimo en relación al avance de la construcción.

Desde un principio, la madera ha sido el material que predomina en la práctica del encofrado, comenzando por los elementos elaborados con madera de campo, utilizaban duelas de madera con comportamiento ortotrópico de pino o eucalipto. Estos carecían de métodos de protección ante el contacto con el hormigón, perdiendo así su capacidad de reutilización y por lo tanto elevaba el costo de la construcción y el daño ambiental por destrucción de bosques. El método de fabricación en sitio todavía se aplica actualmente aunque en menor cantidad, habiendo sido levemente desplazada por otra técnica que consiste en tableros industrializados triplex, junto con una estructura de soporte formada por tablones de pino, que debido al material la duración es muy corta. Estos encofrados son los más tradicionales y pueden desarrollarse en cualquier carpintería de acuerdo a las necesidades de obra.

Al entrar el Ecuador a la dinámica del intercambio en el comercio exterior, se abrió las puertas al campo del uso de encofrados prefabricados, con tableros de madera y perfiles metálicos de importación. Este material tuvo un mejor progreso debido la calidad que era muy superior al de la anterior, lo que aumentaba su duración. Así mismo, se desarrollaron los tableros metálicos compuestos por una plancha muy delgada y un perfil estructural de soporte. Así variaron las posibilidades en el mercado, ofreciendo un material con menor destrucción por uso o humedad, de mayor durabilidad frente a factores como el maltrato, los

golpes y la mala utilización en campo, cuestiones que siempre van a existir en el medio de la construcción.

La industria nacional se ha estancado al limitarse principalmente a la producción de este tipo de producto, marcando una gran distancia en relación a un nivel de progreso internacional superior. A pesar de ello, conjuntamente con estos métodos se desarrollaron alternativas complementarias, como el uso de aceite quemado (ambientalmente no viable), o desencofrantes para la madera, con el objeto de aumentar la vida útil del material en un pequeño porcentaje y además producir un hormigón estéticamente mejorado.

El encofrado se puede clasificar según algunos factores como: el método, el tiempo, el número de usos, sus materiales y el tipo de hormigón a utilizar. Todos estos factores pueden funcionar en forma conjunta o individual, dependiendo de la calidad del producto o del tipo de proyecto. No obstante, la independencia y falta de articulación de estas clasificaciones, ha dado lugar al estancamiento en el perfeccionamiento de esta tecnología.

Para determinar el problema general se realizará primeramente un estudio detenido de los problemas específicos que lo conciernen, e inmediatamente se procederá a un análisis completo basándose en el método del *“Árbol del Problema”*.

Comenzaremos por reunir los hechos que se relacionan con el problema general, clasificando los elementos existentes en el mercado. Los tipos de encofrados podemos clasificarlos en cuatro principales con sus respectivas derivaciones. Existe el encofrado tradicional de madera, que generalmente se lo hace en la misma construcción, utilizando los tableros provenientes de fábrica. Las estructuras se arman con madera de poca calidad en base a la experiencia. El segundo grupo es de los moldes de madera con perfiles metálicos, estos varían sus características de acuerdo al tipo de madera que se utilice para el tablero. El tercer tipo es un encofrado completamente metálico. Y finalmente tenemos el chorizo de

poliuretano. La problemática de estos encofrados surge de la estructura y de los tableros, dependiendo del material del que se formen:

Encofrado tradicional de madera:

- Generalmente se lo arma en campo, utilizando una estructura de madera.
- La estructura de madera se la pega con clavos y se calcula en base a la experiencia.
- Si los cálculos al ojo fallan, puede crear panzas o soplar el encofrado.
- Los tableros con panzas deben ser reemplazados.
- Si se lo reemplaza, se absorbe un costo adicional de material.
- El mal trato en el campo los rompen y trizan, perdiendo su resistencia y características de calidad.
- La poca reutilización genera gastos innecesarios en mano de obra, tiempo y materiales, pudiendo ser evitados.
- Requiere de mucho tiempo para su instalación.
- Debe tenerse cuidado en el acabado final del hormigón.

Encofrado de perfil metálico y tablero de madera:

- Sufre de pandeos.
- Se resquebraja después de su reutilización.
- Debe tenerse cuidado en el acabado final del hormigón.

Encofrado metálico:

- No se puede modificar su forma ni tamaño.
- Es un producto pesado.

Encofrado de poliuretano:

No funciona como encofrado exterior.

- Su resistencia y rigidez depende de que sea un solo cuerpo.
- No se puede modificar su forma ni tamaño.
- No es posible regularlo a las dimensiones del proyecto.

Los tableros de madera varían de acuerdo a su fabricación, entre los cuales tenemos: de madera de monte, triplex industrial, triplex marino y duratriplex; y, los tableros metálicos que son de acero de 2mm de espesor. De estos tipos de tableros, para encofrado tradicional, se usa madera de monte o triplex industrial (en raros casos triplex marina), para encofrados de estructura metálica se usan triplex marino o duratriplex; y tableros de acero.

Los problemas de los tableros son:

Tablero de madera de eucalipto:

- Se forma de un cortado rústico que contiene muchas líneas.
- La forma de corte genera tablas torcidas en uno o varios sentidos.
- Las torceduras y líneas forman un hormigón visto de mal aspecto de superficie no lisa que se debe resanar y retocar.
- El resanado y retoque genera más mano de obra y mayor tiempo de construcción, además de un incremento en el costo.
- No tiene grandes dimensiones de tablero y se los conoce como tablas.
- Algunas poseen grandes huecos o fallas propias del material, que intensifican a consecuencia de los cortes rústicos empleados en ellas, y consecuentemente con simplemente tocarlos se rompen y resquebrajan.
- Absorben la humedad del hormigón y requieren de mucho cuidado al contacto con el agua porque se pudre.
- Sus formas y tamaños no siempre coinciden. Muchas veces la punta viene redondeada y esto crea dificultades en el trabajo.
- Se astilla y apolilla.

Tablero triplex industrial:

- Tiene orificios que dañan la estética del hormigón.
- Los orificios crean labores extras de remoción de hormigón y corrección de fallas.

- Las correcciones generan más mano de obra y mayor tiempo de construcción.

Se lo puede reutilizar hasta máximo cuatro veces.

- Necesita protección contra el agua, ya que con esta se pudre.
- No tiene buena resistencia al maltrato físico y se desquebraja, triza o rompe con el trato generado en campo.
- Se pega al hormigón y al des encofrar se raja, triza y otros.
- Con la humedad que absorbe del hormigón se pudre después de poco tiempo.
- Se astilla y apolilla.

Tablero triplex marino:

- No tiene buena resistencia al maltrato físico y se resquebraja, triza o rompe al manipularlo en campo.
- Su reutilización puede alcanzar entre 10 a 20 repeticiones.
- Al desencofrar, si no es con cuidado se lastima la madera y se debe reponer.
- Puede tener orificios que dañan la estética del hormigón.
- Se astilla y apolilla

Tablero duratriplex:

- No tiene buena resistencia al maltrato físico y se resquebraja, triza o rompe con el trato generado en campo.
- Dura hasta 120 reutilizaciones si se lo manipula con cuidado.

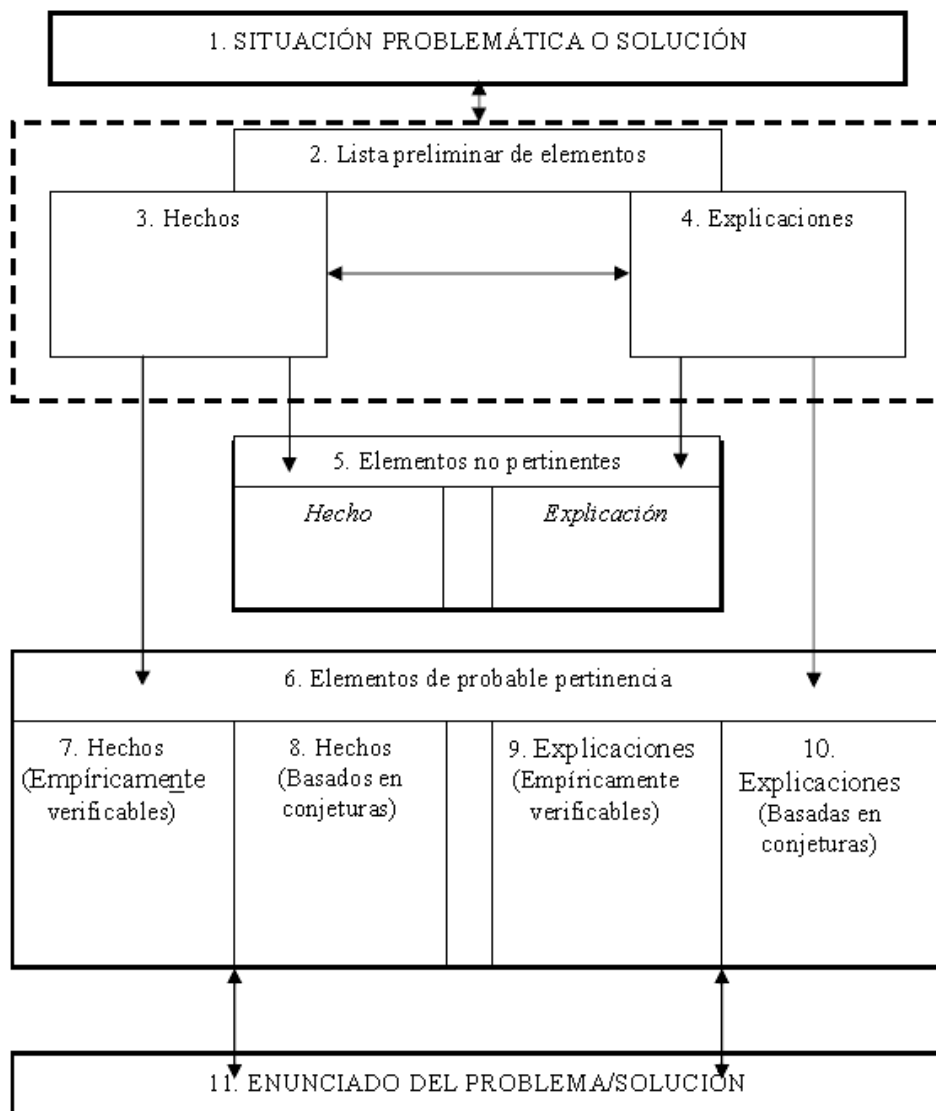
Tablero de acero:

- Se raya.
- Se golpea y se forman pequeños o grandes hundidos
- Se dobla o pandea.
- Todo esto causa una pérdida de la superficie lisa y se debe realizar trabajos de mano de obra adicionales para corregir las fallas del hormigón.

Fuente: <http://www.bricotodo.com/>

2.4.8.1- METODO DEL ARBOL

Para determinar el problema general, nos valemos del método “Árbol del problema”, sirve para determinar, en base a una hipótesis o situación problemática, el inconveniente del producto. Éste es el método de *Deobold Van Dalen* (de su libro: “Manual de técnica de la investigación educacional” -1978,) y funciona de la siguiente forma.



1. Situación problemática.- Se define la hipótesis (base para precisar el problema).

2. Lista preliminar de elementos.- Se divide en dos: hechos y explicaciones.
3. Hechos.- Se enlista los problemas y defectos que presentan los productos actualmente existentes.
4. Explicaciones.- Es la explicación del porqué de cada hecho.
5. Elementos no pertinentes.- Se eligen los elementos de la lista preliminar que no implican un verdadero problema para el producto y se los divide en hechos y explicaciones. Los hechos considerados no pertinentes se colocan en el casillero *Hechos* y sus respectivas explicaciones en la casilla

Explicaciones.

6. Elementos de probable pertinencia.- Se divide en cuatro listas derivadas de los puntos 3 y 4. Consisten en hechos empíricamente verificables basados en conjeturas, y en explicaciones empíricamente verificables, basadas en conjeturas.
7. Hechos (empíricamente verificables).- De la lista 3 se seleccionan los hechos que se pueden demostrar.
8. Hechos (basados en conjeturas).- De la lista 3 se seleccionan los hechos basados en una opinión o una sospecha.
9. Explicaciones (empíricamente verificables).- Son las explicaciones de los hechos que se pueden demostrar.
10. Explicaciones (basados en conjeturas).- Son las explicaciones de los hechos basados en una opinión o una sospecha.
11. Enunciado del problema.- Se determina el problema del producto en virtud de los hechos pertinentes y sus explicaciones.

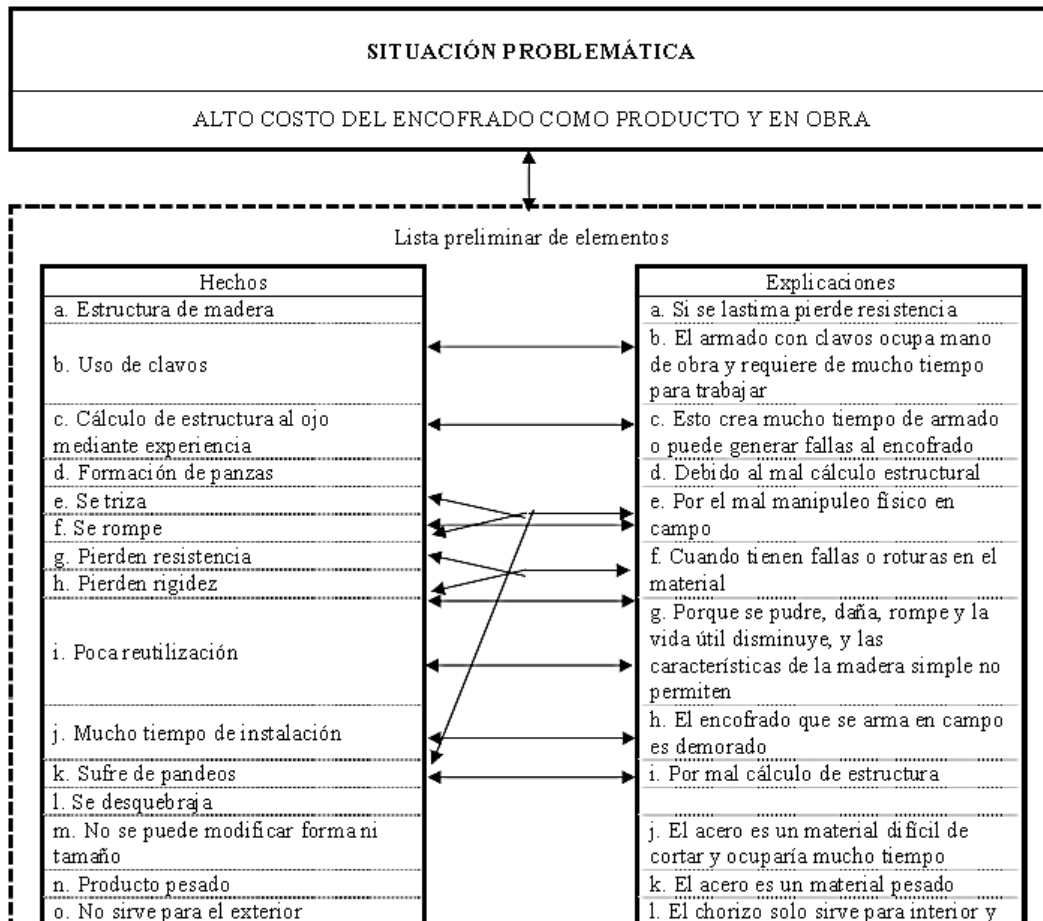
Como resultado se obtiene el enunciado del problema con el cual se procede a buscar la solución a éste. Para ello se realizará un “Árbol de la solución”, empleando el mismo método del “Árbol del problema”, donde los significados de la tabla variarán, debido a que ahora la hipótesis consiste en solucionar el problema descubierto anteriormente.

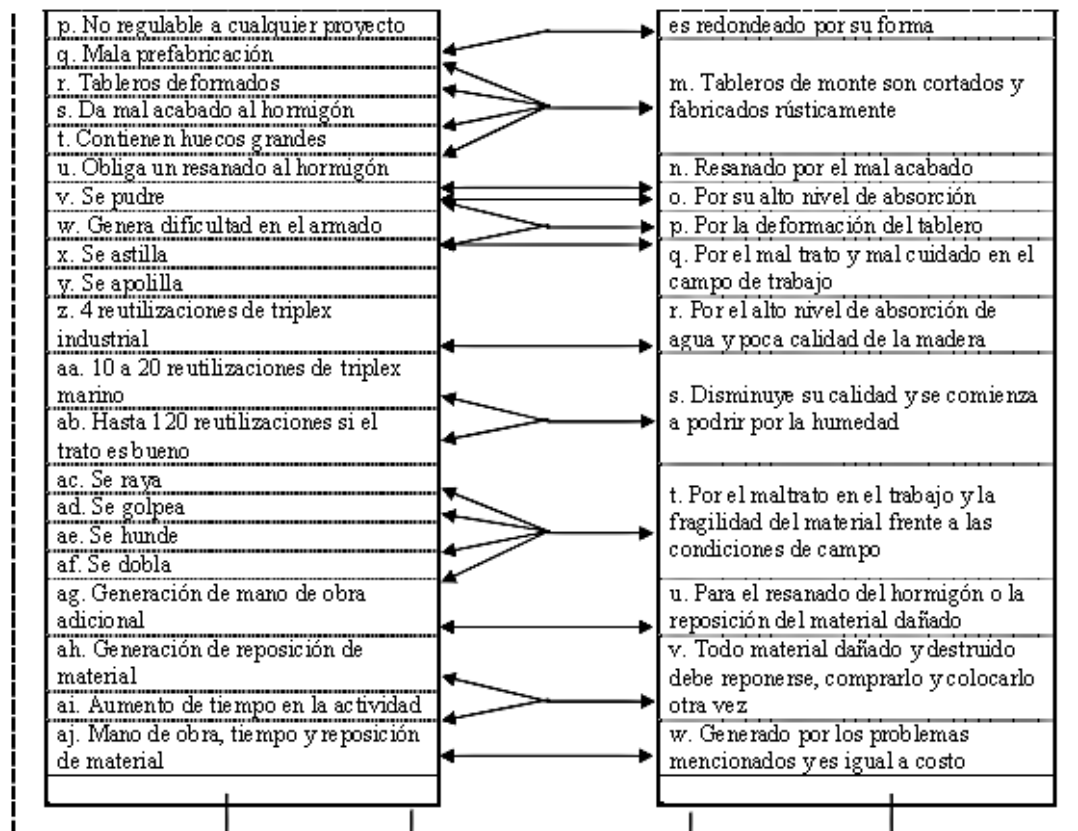
El árbol de la solución se obtuvo de un concepto investigado en Internet ["www.participa.cl/archivos/o%20Proyectos %20de%20Incidencia.pdf"](http://www.participa.cl/archivos/o%20Proyectos%20de%20Incidencia.pdf); pero el concepto adquirido se lo fusionó al método de Van Dalen, para obtener un resultado más completo.

Los puntos de la tabla en la solución significan lo siguiente:

1. Solución.- Se define la hipótesis de la mejor solución ante el problema.
2. Lista preliminar de elementos.- Se divide en dos, hechos y explicaciones.
3. Hechos.- Es una lista sobre las características principales que debe tener el producto de la solución.
4. Explicaciones.- Es la explicación del porqué de cada hecho.
5. Elementos no pertinentes.- Se eligen los elementos que no implican un verdadero cambio en la solución con respecto al problema y se los divide en hechos y explicaciones. (Se los selecciona de la misma forma que en "Árbol del Problema".)
6. Elementos de probable pertinencia.- Se divide en cuatro listas derivadas de los puntos 3 y 4. Se trata de hechos empíricamente verificables, basados en conjeturas, y explicaciones empíricamente verificables, basadas en conjeturas.
7. Hechos (empíricamente verificables).- De la lista 3 se seleccionan los hechos que se pueden demostrar.
8. Hechos (basados en conjeturas).- De la lista 3 se seleccionan los hechos basados en una opinión o sospecha.
9. Explicaciones (empíricamente verificables).- Son las explicaciones de los hechos que se pueden demostrar.
10. Explicaciones (basados en conjeturas).- Son las explicaciones de los hechos basados en una opinión o sospecha.
11. Enunciado de la solución.- Se obtiene la solución en base a los hechos pertinentes y a sus respectivas explicaciones.

Árbol del problema:





Elementos no pertinentes

Hechos	Explic.
a	a
c	c
m	i
o	l
p	l
ab	

Elementos de probable pertinencia

Hechos (Empíricamente verificables)	Hechos (Basados en conjeturas)		Explicaciones (Empíricamente verificables)	Explicaciones (Basados en conjeturas)
b. Uso de clavos	g. Pierden resistencia	↔	b. El armaje con clavos ocupa mano de obra y requiere de mucho tiempo para trabajar	f. Cuando tienen fallas o roturas en el material
d. Formación de panzas	h. Pierden rigidez	↔	d. Debido al mal cálculo estructural	
e. Se triza	k. Sufre de pandeos		e. Por el mal trato físico en campo	i. Por mal cálculo de estructura
f. Se rompe				
l. Se desquebraja				

i. Poca reutilización	u. Obliga un resanado al hormigón	↔	g. Porque se pudre, daña, rompe, la vida útil disminuye y las características de la madera simple no permiten	n. Resanado por el mal acabado
j. Mucho tiempo de instalación	v. Se pudre	↔	h. El encofrado que se arma en campo es demorado	o. Por su alto nivel de absorción
n. Producto pesado	w. Genera dificultad en el armado	↔	k. El acero es un material pesado	p. Por la deformación del tablero
q. Mala prefabricación	x. Se astilla	↔	m. Tableros de monte son cortados y fabricados rústicamente	q. Por el mal trato y mal cuidado en el campo de trabajo
r. Tableros deformados	y. Se apolilla			r. Por el alto nivel de absorción de agua y poca calidad de la madera
s. Da mal acabado al hormigón	z. 4 reutilizaciones de triplex industrial			s. Disminuye su calidad y se comienza a podrir por la humedad
t. Contienen huecos grandes	aa. 10 a 20 reutilizaciones de triplex marino			
ag. Generación de mano de obra adicional	ac. Se raya	↔	u. Para el resanado del hormigón o la reposición del material dañado v. Todo material dañado y destruido debe reponerse, comprarlo y colocarlo otra vez w. Generado por los problemas mencionados y es igual a costo	t. Por el maltrato en el trabajo y la fragilidad del material frente a las condiciones de campo
ah. Generación de reposición de material	ad. Se golpea			
ai. Aumento de tiempo en la actividad	ae. Se hunde			
aj. Mano de obra, tiempo y reposición de material	af. Se dobla			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">↑</div> <div style="text-align: center;">↓</div> </div> <p style="text-align: center;">ENUNCIADO DEL PROBLEMA</p> <p style="text-align: center;">Los diversos tipos de encofrado existentes en el mercado y los desarrollados muchas veces en obra, poseen características de bajo nivel de viabilidad técnica, económica o ambiental.</p>				

Ya determinado el problema, se pasa a la solución, con el ya mencionado método “árbol de la solución”, para llegar a la solución principal al problema general.

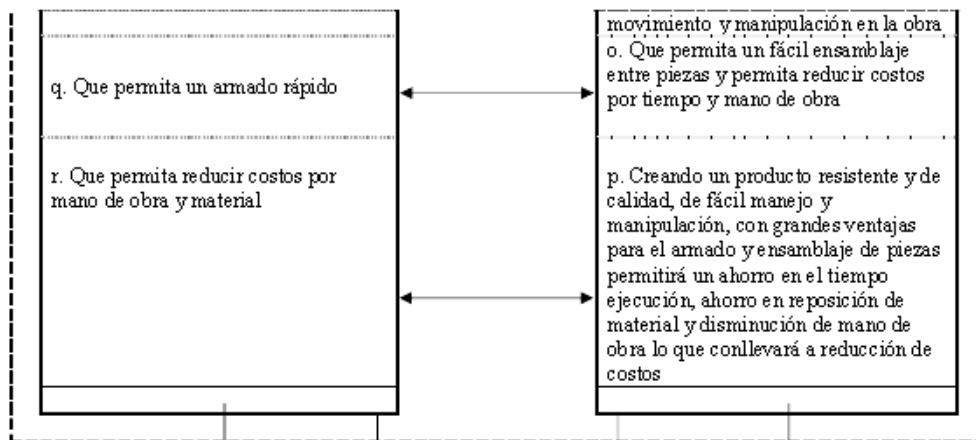
Árbol de la solución:

SOLUCIÓN

ELABORACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO ATENDIENDO REQUERIMIENTOS NORMATIVOS,
DEL CLIENTE Y ATRACTIVOS.

Lista preliminar de elementos

Hechos	Explicaciones
a. Altamente reutilizable	a. Creando un material impermeable y de fácil desprendimiento del hormigón.
b. Altamente resistente al hormigón	b. Formando un producto que conserve sus características físicas y resista la presión del hormigón para que no se creen panzas y no sople.
c. Elemento rígido	c. Para que pueda ser aplicado en cualquier región del país y bajo cualquier condición climática normal sin que se pudra y dañe.
d. Impermeable y de alta resistencia al agua	d. Un producto que permita ser trabajado con cierta agresividad y conserve bien su estructura
e. Resistente a las condiciones del campo de trabajo	e. Cumpliendo con ciertas características, aumentar la reutilización de la madera (si es el caso) y generar estructuras alternativas a esta, permitiendo reducir el uso de la madera en esta actividad creando menos tala de bosques.
f. Ambientalmente viable	f. Que sea económico mediante la reutilización y la resistencia del producto para cualquier campo de la construcción
g. Que tenga bajo costo a corto o largo plazo	g. Con un producto que tenga una superficie lisa y que después de cada desencofrado su superficie se mantenga intacta.
h. Que permita buenos acabados del hormigón	h. Un producto que cumpla con los requisitos de diseño y desarrollo, que su prefabricación entregue una gran calidad, sin diferencias entre sus productos
i. Que sea un producto estandarizado	i. Para conseguir un producto de buena calidad y legalmente aprobado dentro del mercado ecuatoriano e internacional
j. Un producto regido bajo normas nacionales e internacionales	j. Para obtener excelente calidad se utiliza el método de diseño y desarrollo de un producto, siendo muy estricto en los procesos de diseño y de elaboración
k. Que tenga una excelente calidad en fabricación	k. Mediante materiales que lo permitan para obtener un fácil manejo del producto
l. Que sea de alta calidad	l. Un producto que permita un traslado sencillo en obra y con gran movimiento
m. Un producto liviano	m. Para su fácil movilización y traslado
n. Fácil maniobrabilidad	n. Permitir una gran maniobrabilidad,
o. Un producto de fácil transporte	
p. Un producto de fácil manejo	



Elementos no pertinentes	
Hechos	Explic.
e	D
m	K
o	M

Elementos de probable pertinencia				
Hechos (Empíricamente verificables)	Hechos (Basados en conjeturas)		Explicaciones (Empíricamente verificables)	Explicaciones (Basados en conjeturas)
a. Altamente reutilizable	d. Impermeable y de alta resistencia al agua	↔	a. Creando un material impermeable y de fácil desprendimiento del hormigón	c. Para que pueda ser aplicado en cualquier región del país y bajo cualquier condición climática normal sin que se pudra y dañe.
b. Altamente resistente al hormigón	f. Ambientalmente viable		b. Formando un producto que conserve sus características físicas y resista la presión del hormigón para que no se creen panzas y no sople.	e. Cumpliendo con ciertos factores, aumentar la reutilización de la madera y generar productos alternos a ésta, reduciendo el uso de madera en esta actividad creando menos tala de bosques.
c. Elemento rígido	g. Que tenga bajo costo a corto o largo plazo	↔		f. Que sea económico mediante la reutilización y la resistencia del producto para cualquier campo de la construcción
h. Que permita buenos acabados del hormigón	i. Que sea un producto estandarizado		g. Con un producto que tenga una superficie	h. Un producto que cumpla con los

			lisa y que después de cada desencofrado su superficie se mantenga intacta.	requisitos de diseño y desarrollo, que su prefabricación entregue una gran calidad, sin diferencias entre sus productos
q. Que permita un armado rápido	j. Un producto regido bajo normas nacionales e internacionales	↔	o. Que permita un fácil ensamblaje entre piezas y permita reducir costos por tiempo y mano de obra	i. Para conseguir un producto de buena calidad y legalmente aprobado dentro del mercado ecuatoriano e internacional
r. Que permita reducir costos por mano de obra y material	k. Que tenga una excelente calidad en fabricación	↔	p. Creando un producto resistente y de calidad, de fácil manejo y manipulación, con grandes ventajas para el armado y ensamblaje de piezas permitirá un ahorro en el tiempo ejecución, ahorro en reposición de material y disminución de mano de obra lo que conllevará a reducción de costos	j. Para obtener excelente calidad se utiliza el método de diseño y desarrollo de un producto, siendo muy estricto en los procesos de diseño y de elaboración
	l. Que sea de alta calidad			l. Un producto que permita un traslado sencillo en obra y con gran movimiento
	n. Fácil maniobrabilidad			n. Permitir una gran maniobrabilidad, movimiento y manipulación en la obra
	p. Un producto de fácil manejo			
ENUNCIADO DE LA SOLUCIÓN				
Desarrollar un sistema de encofrado de alta eficiencia (<i>que sea altamente reutilizable y tenga un bajo costo</i>), de alta eficacia (<i>que tenga gran facilidad de manipulación y operación</i>), y ambientalmente viable, en base al Modelo de Diseño & Desarrollo de un producto.				

Fuente: [www.participa.cl/archivos/o%20Proyectos %20de%20Incidencia.pdf](http://www.participa.cl/archivos/o%20Proyectos%20de%20Incidencia.pdf)

Justificación

Al encofrado siempre se lo ha visto como algo secundario o accesorio dentro del sector de la industria de la construcción en hormigón, a pesar de que este elemento ha sido el causante de varios inconvenientes, tanto constructivos como económicos. El encofrado es casi tan importante como el hormigón mismo en este tipo de construcciones, pues es el molde el que crea la estabilidad del hormigón fresco, asegura la protección y la correcta colocación de las armaduras, da la

forma necesaria del hormigón; y lo protege contra golpes, temperatura externa y pérdida de agua. No en pocas ocasiones, éste material se convierte en la base estética de este tipo de estructuras. La estética de las estructuras viene a ser un factor tan importante como los otros nombrados anteriormente. Principalmente en edificaciones de hormigón visto, donde el acabado superficial y la textura del hormigón son agentes determinantes.

Por otra parte, los encofrados comúnmente utilizados en el país, cumplen parcialmente con los requisitos de calidad; tanto más, que aproximadamente el 90 % de la demanda de estos elementos se ubica en las edificaciones residenciales unifamiliares, que se ejecutan artesanalmente con madera proveniente de los bosques nacionales. Localmente, en la sierra Ecuatoriana se demanda de forma intensiva la denominada “*madera de monte*” o de encofrado, proveniente de los bosques subtropicales y tropicales del país, así como también las rieles o duelas de eucalipto.

Únicamente el 10 % de la demanda de encofrados se da por parte de las grandes empresas constructoras, las cuales inclusive alquilan encofrados de alto costo, generalmente metálicos, o poseen sus propios encofrados.

Bajo estos aspectos, existen problemas del tipo sectorial de tipo técnico, económico, ambiental y de tipo social; ya que con el enfoque de éste proyecto la disminución de los costos operativos de las edificaciones, podrían pasar a convertirse en ventajas de costo para los usuarios finales.

Debido a la problemática sectorial, la solución al problema abarca los mismos campos que el nuevo producto pretende cubrir.

Con respecto a la problemática técnica, la calidad y durabilidad van de la mano, ya que sin la una no existe la otra. El propósito es llegar a fabricar un producto de alto nivel que pretenda satisfacer a las expectativas de la mayoría de clientes. Las

cualidades dependen mucho de los materiales, del buen estudio y trabajo que se ejecute.

En la parte económica, se requiere un producto que tenga un costo menor al de cualquier otro en el país, esto no significa que comercialmente sea más barato que cualquier otro, sino que a manera de inversión resulte más económico a corto o largo plazo. Con todo se puede llegar a un producto de menor costo en el mercado, fundamentándose en los rubros de la construcción del costo de materiales y mano de obra para su fabricación.

El aspecto ambiental, va ligado con el costo, la calidad y durabilidad del producto. Apoyando en la viabilidad con sustento ambiental, ya que el ahorro en madera sería en grande. El aspecto de impacto ambiental con respecto a la madera es grave en nuestro país, debido a que en la construcción el encofrado genera mucho desperdicio de cantidades grandes de madera (de varias especies y tipos) que acaban como desechos. Por otro lado, si un material es prefabricado, cimentándose en estándares y normas, su uso se vuelve moderado y los desperdicios disminuyen considerablemente.

El proyecto también adquiere importancia, en razón de que pretende plasmar el valor del aporte que debe generar la universidad ecuatoriana en pro de una búsqueda urgente de soluciones a los problemas productivos y sociales, tendientes al mejoramiento de la calidad de vida de los ecuatorianos.

2.5-HIPÓTESIS

TEMA: La influencia de los encofrados deslizantes en la construcción de las torres de un puente

PROBLEMA: Cómo influye un encofrado deslizante para la construcción de la torre de un puente

2.5.1-HIPÓTESIS DE TRABAJO

La principal influencia de un encofrado deslizante para la construcción de la torre de un puente están determinadas por el tipo de material a utilizarse, el método utilizado para el deslizamiento del encofrado; permitiendo así una ejecución rápida, con una productividad elevada y un ahorro de materiales e inversiones.

2.5.2-HIPÓTESIS NULA

La principal influencia de un encofrado deslizante para la construcción de la torre de un puente no está determinada por el tipo de material a utilizarse, ni el método utilizado para el deslizamiento del encofrado; y así no permite una ejecución rápida, ni una productividad elevada y ni un ahorro de materiales e inversiones.

2.6.-SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.6.1-VARIABLE INDEPENDIENTE

Encofrados Deslizantes

2.6.2-VARIABLE DEPENDIENTE

Construcción de las torres de un puente

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1- ENFOQUE

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cualitativo porque primero busca la comprensión de los hechos, sucesos y problemas que causan la influencia de los encofrados en las torres de un puente, además los procesos que se van a utilizar para tener un sistema de encofrados de mejores condiciones, el mismo que debe satisfacer todas las necesidades existentes.

Con respecto a lo cuantitativo privilegia a las técnicas de construcción a emplear así mismo como el tipo de material a utilizar, las dimensiones, longitud total de alcantarillado, profundidad, pendientes, diámetros, velocidades, etc. Se debe tener en cuenta también que hay que cumplir especificaciones técnicas y normas de diseño para la realización

3.2- MODALIDAD BASICA DE LA INVESTIGACION

Debido al objeto de la investigación se toma en consideración por las siguientes modalidades:

POR EL LUGAR.

De acuerdo al tema de estudio se aplicará la investigación de campo porque el desarrollo de la investigación necesitará estar en constante convivencia con el objeto de estudio, pudiendo entrar en contacto con el problema mediante la recolección de la información.

POR EL OBJETIVO

Se considerará la investigación aplicada, la cual se tendrá que tomar en cuenta la investigación para los encofrados deslizantes con el fin de que puedan ser aplicados los resultados a la solución del problema.

POR EL TIEMPO

Se utilizará la investigación descriptiva, porque se deberá realizar un estudio para conocer las especificaciones técnicas del material a utilizarse, los elementos que lo componen, sus características y su comportamiento.

3.3.- NIVEL DE INVESTIGACIÓN

NIVEL EXPLORATORIO

Se ha alcanzado el nivel exploratorio porque se desarrolló nuevos métodos para el diseño de encofrados por la cual también se reconoció las siguientes variables:

Variable independiente: Encofrados deslizantes

Variable dependiente: Construcción de las torres de un puente

NIVEL DESCRIPTIVO

Se ha logrado un nivel descriptivo ya que permitió comparar dos o más hechos, situaciones o estructuras; además de clasificar elementos, modelos de comportamiento según ciertos criterios existentes y paradigmas, además se utilizó un paradigma Crítico Positivista según los aspectos de finalidad de la investigación, visión de la realidad, metodología y diseño de investigación, tomando en cuenta a los profesionales que estarían interesados en el diseño de los encofrados deslizantes, y finalmente se realizó mediante la red de categorías fundamentales de la infraordinación y la supraordinación de las variables dependiente e independiente.

NIVEL ASOCIACIÓN

Se alcanzará un nivel de asociación a través de los métodos que se pretende evaluar las variables en función de las otras variables, medir el grado de relación entre variables en

los mismos sujetos, además determinar tendencias, es decir, aprobar las hipótesis planteadas.

NIVEL EXPLICATIVO

Cuyo objeto es comprobar experimentalmente una hipótesis, describir las causas de un hecho o suceso y poder detectar los factores determinantes de ciertos organismos.

3.4.- POBLACIÓN Y MUESTRA

Las poblaciones identificadas a continuación, fueron analizadas tomando en cuenta el objetivo a alcanzar, el problema; de este modo se obtuvieron los siguientes datos:

Población: 886 Ingenieros Civiles del Colegio de Ingenieros Civiles de Tungurahua

$$n = \frac{z^2(N)(p)(q)}{E^2(N - 1) + Z^2(p)(q)}$$

Dónde:

N	Universo	866
p	Variabilidad positiva	0.5
q	Variabilidad Negativa	0.5
N-1	Margen ERROR	865
z	Nivel de confianza	1.65
E	Error muestra	0.06
n	muestra	155

Tabla 8 Muestra

3.5.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1.- VARIABLE DEPENDIENTE

Construcción de las torres de un puente

CONCEPTO	CATEGORÍA DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
La torre de un puente es un elemento estructural de gran altura que soporta grandes cargas y tensiones permitiendo la estabilidad del puente en sí.	Torres	Mediciones, Información, Datos Observación,	¿Se pueden medir las torres de un puente?	Instrumentos: Flexometro Cintas Técnica: Observación Apuntes Revisión de Archivos
	Cargas	Materiales, Mediciones, Documentación	¿Cómo podemos estimar el peso de una estructura?	

Tabla 9 Variable dependiente

3.5.2.- VARIABLE INDEPENDIENTE

Encofrados deslizantes

CONCEPTO	CATEGORÍA DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
El encofrados deslizantes es una estructura de ejecución rápida para obras de la ingeniería civil, destinado a contener el hormigón hasta su endurecimiento	Encofrado	Partes, Normas, Dimensiones	¿Es importante el estudio de los encofrados?	Instrumento. Máquina Universal Cintas Flexómetros Técnica: Observación Apuntes Revisión de Archivos
	Hormigón	Registros, Ensayos Estudios, Materiales	¿El hormigón es el material más importante de la estructura?	

Tabla 10 Variable Independiente

3.6.- PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	Para estudiar y diseñar un sistema de encofrado deslizante para la torre de un puente
2. ¿De qué personas u objetos?	Información proporcionada, De las Torres del Puente
3. ¿Sobre qué aspectos?	Torres de los puentes, encofrados deslizantes, materiales
4. ¿Quién?	Bernardo Vintimilla
5. ¿Cuándo?	En todo el proceso de diseño
6. ¿Dónde?	En el Puente de Quevedo
7. ¿Cómo?	Observación Participante Activa o Directa: Se recopilará la información de manera Estructurada Sistemática apelando a los instrumentos para la recopilación de datos sobre los hechos abordados como objeto de la investigación.
8. ¿Con qué?	Libros, Mediciones, Apuntes, Revistas

Tabla 11 Plan de Recolección e Información

3.7.- PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.7.1- PROCESAMIENTO

El presente trabajo de investigación deberá tener una revisión crítica de la información utilizando la observación, la entrevista, la encuesta y el fichaje, el mismo que permitirá detectar datos defectuosos.

Se hará la repetición de la recolección de los datos de ser necesario mediante las técnicas antes mencionadas para corregir fallas de contestación.

La tabulación de los datos se lo hará con la ayuda de equipos técnicos mediante el empleo de programas computacionales.

La representación de los datos se lo hará mediante la representación gráfica utilizando el modelo circular y de barras.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

4.1- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1 PREGUNTA 1

1.- ¿Qué tipo de encofrados es el que más utiliza para la construcción?

Tabla 12 Resultados Pregunta N° 1

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Encofrados Rígidos	155	100.00
Encofrados Deslizantes	0	0.00
Encofrados Deslizantes Auto Trepantes	0	0.00
TOTAL	155	100

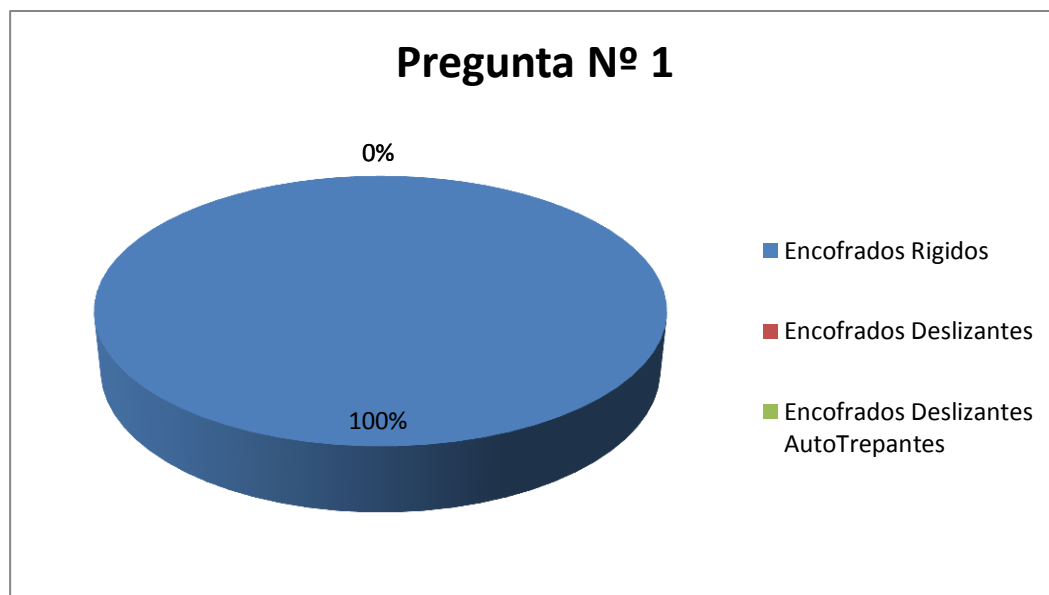


Ilustración 18 Resultados Pregunta N°1

Realizado por: Bernardo Vintimilla

Tipo: Encuesta

4.1.2 PREGUNTA 2

2.- ¿Usted ha utilizado el sistema de encofrados deslizantes?

Tabla 13 Resultados Pregunta N° 2

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	14	9.03
NO	141	90.97
TOTAL	155	100

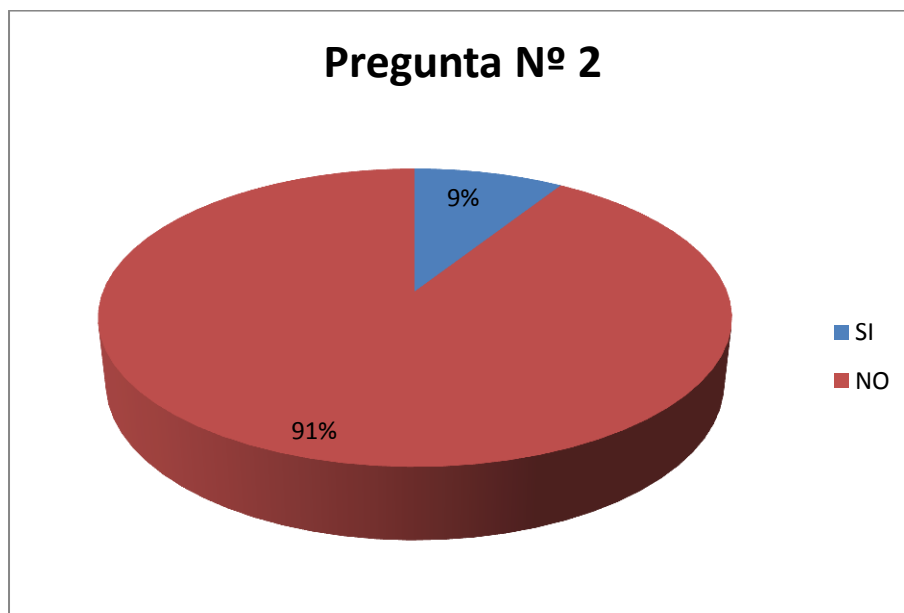


Ilustración 19 Resultados Pregunta N°2

Realizado por: Bernardo Vintimilla

Tipo: Encuesta

4.1.3 PREGUNTA 3

3.- ¿Conoce usted sobre el funcionamiento de los encofrados deslizantes?

Tabla 14 Resultados Pregunta N° 3

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	133	85.81
NO	22	14.19
TOTAL	155	100

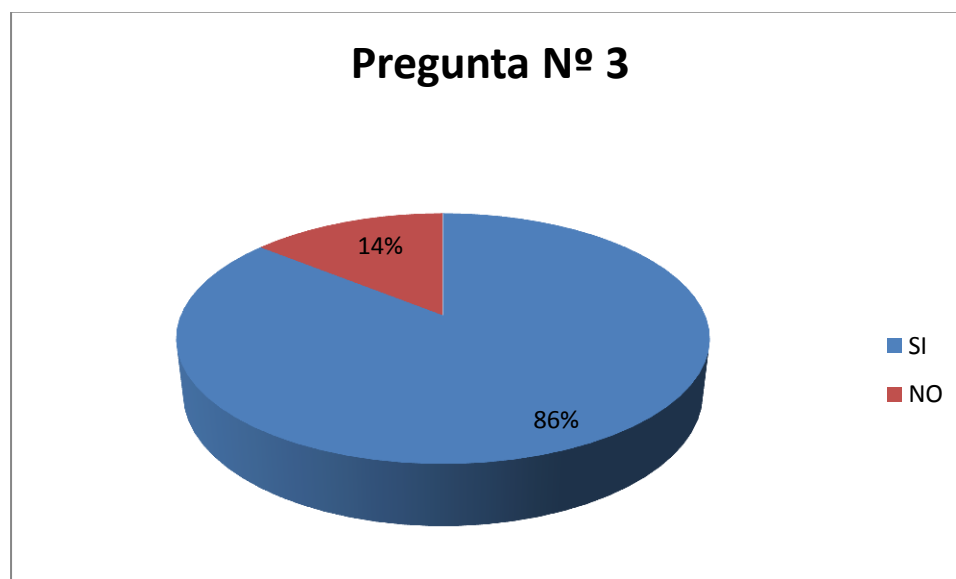


Ilustración 20 Resultados Pregunta N°3

Realizado por: Bernardo Vintimilla

Tipo: Encuesta

4.1.4 PREGUNTA 4

4.- ¿Cuál material cree que es el mejor para realizar el encofrado deslizante?

Tabla 15 Resultados Pregunta N° 4

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Madera	37	23.87
Metálico	103	66.45
Mixtos	15	9.68
TOTAL	155	100.00

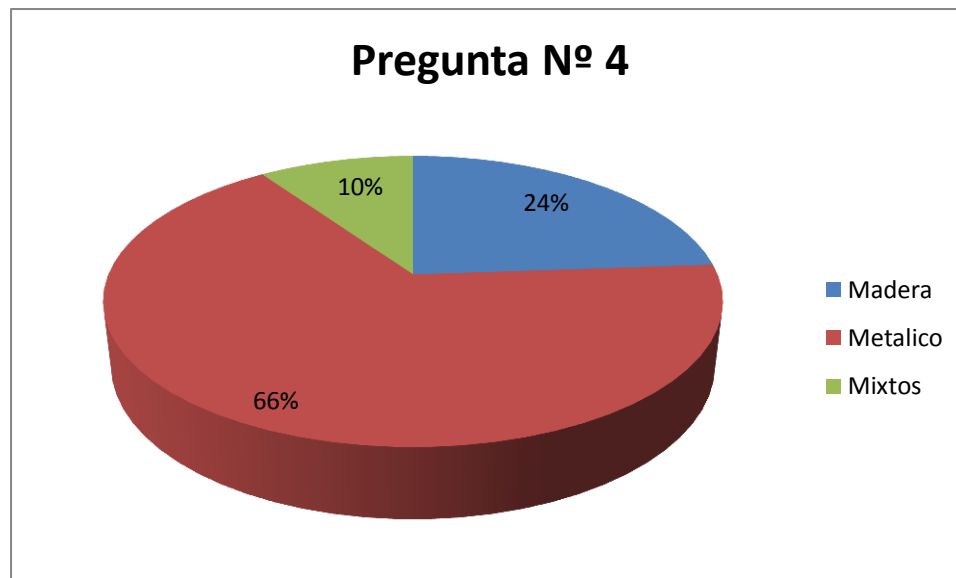


Ilustración 21 Resultados Pregunta N° 4

Realizado por: Bernardo Vintimilla

Tipo: Encuesta

4.1.5 PREGUNTA 5

5.- ¿Al utilizar el encofrado deslizante cree usted que se tiene un ahorro de material, mano de obra, y velocidad de ejecución?

Tabla 16 Resultados Pregunta N° 5

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	143	92.26
NO	12	7.74
TOTAL	155	100

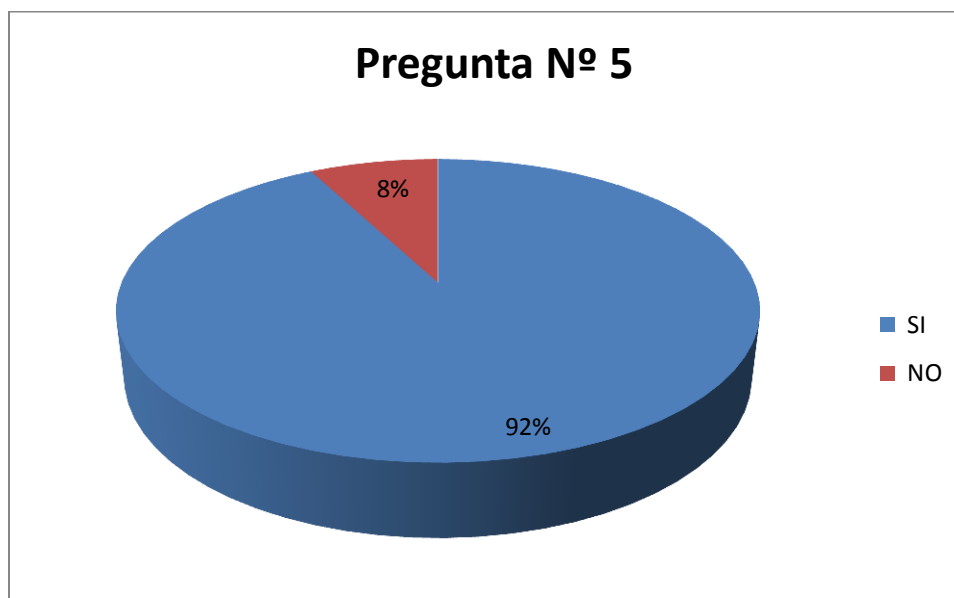


Ilustración 22 Resultados Pregunta N° 5

Realizado por: Bernardo Vintimilla

Tipo: Encuesta

4.1.6 PREGUNTA 6

6.- ¿Cree usted que al construir este sistema de encofrados deslizantes disminuirá la contaminación ambiental en el sector que se realice la obra?

Tabla 17 Resultados Pregunta N° 6

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	146	94.19
NO	9	5.81
TOTAL	155	100

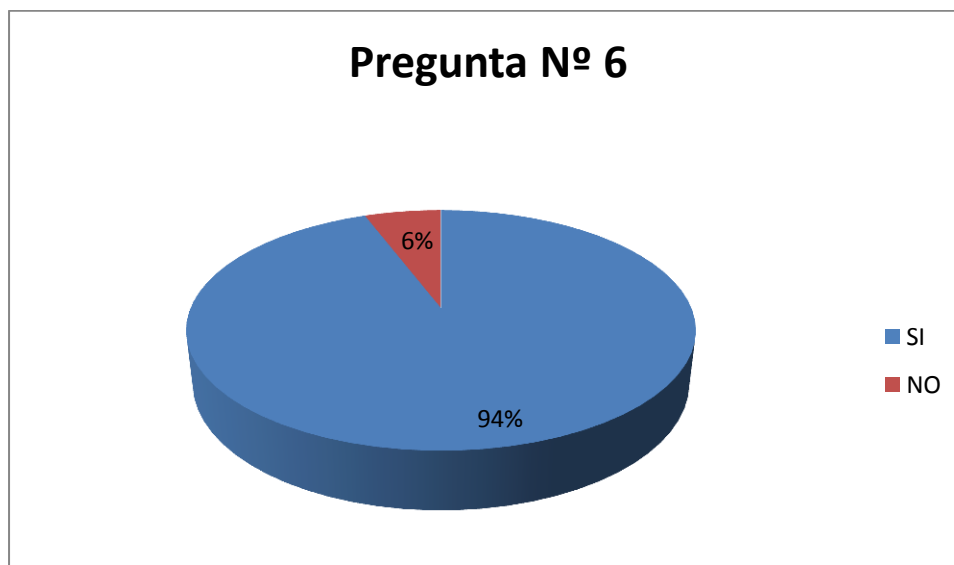


Ilustración 23 Resultados Pregunta N° 6

Realizado por: Bernardo Vintimilla

Tipo: Encuesta

4.1.7 PREGUNTA 7

7.- ¿Cómo conocimiento sobre los encofrados deslizantes usted invertiría en la fabricación del mismo?

Tabla 18 Resultados Pregunta N° 7

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	140	90.32
NO	15	9.68
TOTAL	155	100

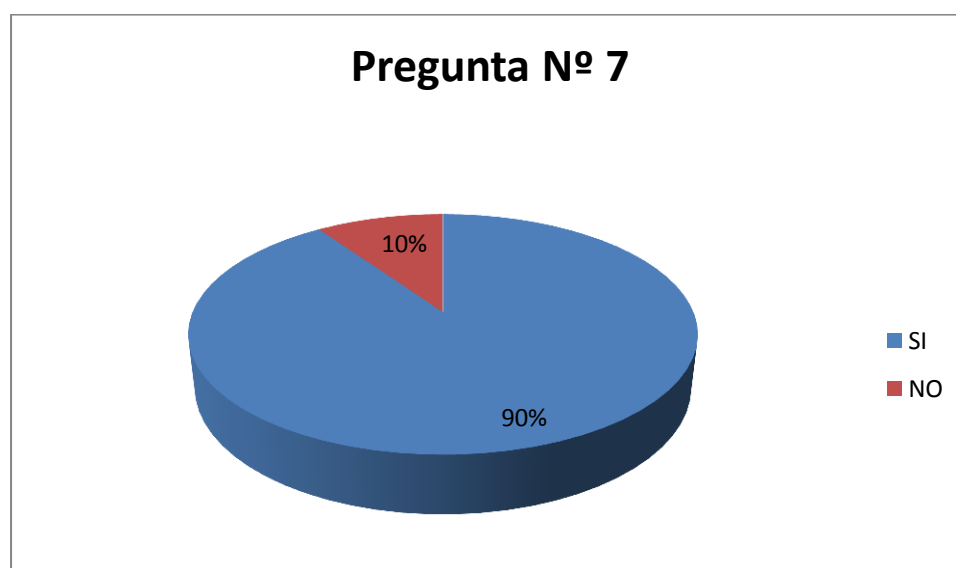


Ilustración 24 Resultados Pregunta N° 7

Realizado por: Bernardo Vintimilla

Tipo: Encuesta

4.1.8 PREGUNTA 8

8.- ¿Cree usted que es conveniente el mejoramiento del sistema de encofrados deslizantes?

Tabla 19 Resultados Pregunta N° 8

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	98	63.23
NO	57	36.77
TOTAL	155	100

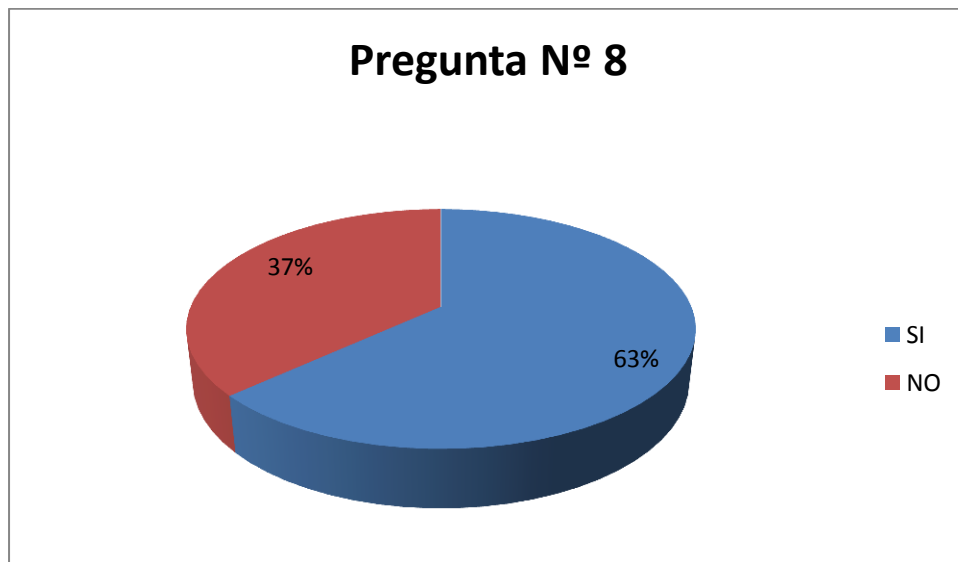


Ilustración 25 Resultados Pregunta N° 8

Realizado por: Bernardo Vintimilla

Tipo: Encuesta

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los resultados de la encuesta determinan lo siguiente:

4.2.1 En la Pregunta N°1 se determina que el 100% de la población utilizan encofrados rígidos para la construcción.

4.2.2 En la Pregunta N°2 se determina que el 90.97% no ha utilizado el sistema de encofrados deslizantes, un 9.03% dice que si a utilizado el sistema de encofrados deslizantes.

4.2.3 En la pregunta N°3 se determina que el 85.81% conoce sobre el funcionamiento de los encofrados deslizantes, mientras que un 14.19% no conoce dicho funcionamiento.

4.2.4 En la pregunta N°4 se determina que el 66.45% que el material para realizar un encofrado deslizante es el metálico, con 23.87% dice que el material para realizar un encofrado deslizante es la madera y un 9.68% considera que el material para realizar un encofrado deslizante es mixto.

4.2.5 En la pregunta N°5 se determina que el 92.26% dice que al realizar un encofrado deslizante si se tiene un ahorro de materia, mano de obra y velocidad de ejecución, y un 4.74% dice que no se tiene un ahorro de material, mano de obra y velocidad de ejecución al realizarse con encofrados deslizantes.

4.2.6 En la pregunta N°6 se determina que el 94.19% dice que si disminuirá la contaminación ambiental en este sector que se realice la obra y el otro 5.81% dice lo contrario que no disminuirá.

4.2.7 En la pregunta N°7 se determina que el 90.32% si invertiría en la fabricación de encofrados deslizantes y con apenas 9.68% no invertiría en la fabricación.

4.2.8 En la pregunta N°8 se determina que 63.23% dice que es conveniente el mejoramiento del sistema de encofrados deslizantes y con 33.77% dice que no es conveniente el mejoramiento del sistema de encofrados deslizantes.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

HIPÓTESIS

Una vez realizado el análisis de los resultados y la respectiva interpretación de los datos obtenidos en la encuesta realizada. Se establece que al utilizar un encofrado deslizante metálico permite una ejecución rápida, a grandes velocidades de ejecución, con una productividad elevada y un ahorro de materiales e inversiones.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- No existe una solución general para elegir cual encofrado es mejor, para cada proyecto en particular debe de realizarse un análisis para determinar que encofrado usar.
- El encofrado deslizante es un sistema que se eleva de forma prácticamente continua todo el conjunto, realizando las labores de puesta en obra de los materiales de forma continua, de tal manera que se realizan capas de hormigón de 20 a 30 cm, con periodos entre capas de 1 a 2 horas con hormigones estudiados para una velocidad de fraguado de entre 4 y 6 horas.
- Desde el punto de vista de la calidad de las terminaciones en hormigón, los encofrados trepantes y auto trepantes destacan sobre el resto, ya que logran generar hormigones que prácticamente no necesitan trabajos de terminaciones.
- Los encofrados tradicionales deben ser apilados en la obra, por lo que el posible maltrato que sufran se ve reflejado en la superficie de su tablero, generando así superficies irregulares de hormigón. En cuanto a los encofrados deslizantes, al ser un proceso continuo, se logra una terminación con posibles huellas generadas por el potencial arrastre del molde, las cuales son posibles de mejorar con un hormigón más fluido.

- Un sistema de encofrado auto trepante siempre es más caro que uno tradicional, hay un punto importante a considerar cuando se va a escoger uno sobre otro si se está evaluando una construcción de gran altura (más de 200 m); esto es: la seguridad. Las consolas de trabajo del encofrado auto trepante poseen plataformas que tienen elementos de seguridad incorporados para poder trabajar en altura. En cambio, si se piensa en un obrero trabajando a grandes alturas con un encofrado tradicional convencional, es evidente que las condiciones de seguridad disminuyen.
- Gracias a la velocidad de construcción, permite disminuir los plazos de la obra completa; reduciendo el costo financiero del proyecto y generando beneficios en forma anticipada.

5.2 RECOMENDACIONES

- Introducir al mercado el sistema de encofrados deslizantes ya que se hace cada vez más competitivo y exigente, teniendo como eje: calidad, seguridad y disminución de los plazos de la construcción.
- Tomar las debidas precauciones al trabajar con encofrados deslizantes en la obra, como equipos de protección individual para las personas: cascos, botas, guantes, ropa de trabajo, etc.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1- DATOS INFORMATIVOS

Título

Diseño de un encofrado deslizante auto trepante para la torre del puente Quevedo

Institución ejecutora

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador

Beneficiarios

Los beneficiarios con la ejecución de la obra son habitantes de la ciudad de Quevedo y del País en general.

Ubicación

Provincia Los Ríos, ciudad Quevedo, ubicada en la calle Séptima y Camilo Arévalo.

Datos del puente

Puente atirantado de 154m de longitud, la torre a analizar consta de dos columnas de sección variable hasta llegar al nivel en donde se arriostran las dos columnas de la torre mediante una viga de gran peralte sobre la cual se apoyará el tablero principal. Desde la viga de soporte del tablero principal hacia arriba se proyectan dos columnas de sección constante hasta llegar a la zona de anclaje de los obenques (se llama obenque a cada uno de los cables que sostiene el tablero desde la torre del puente) en la torre esta zona está compuesta por dos diafragmas uno en cada lado de la torre arriostrados por una vigas de sección octogonal.

6.2-ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Para construir las torres del puente atirantado se ve la necesidad de usar un nuevo método de encofrado, para así, ganar seguridad y versatilidad frente a la demanda ocasionada. Pero hasta hace unos pocos años, las obras ejecutadas en Ecuador con encofrados deslizantes se reducían a una breve serie de estructuras poco frecuentes (torres de toma de embalses, etc.), cuya importancia justificaba la utilización de un método tan poco usual. Más recientemente, el desarrollo diario de nuestro país ha impulsado la construcción de grandes puentes con alturas de torres considerables en muchos casos y con plazos de construcciones relativamente cortos.

La primera consecuencia de este desarrollo ha sido la introducción, justificadísima por razones de economía y rapidez de ejecución; la segunda ha sido la adquisición por parte de ingenieros de obra de unos conocimientos y experiencia estimables de esta técnica, al menos en sus formas más usuales, como son las estructuras de sección constante.

6.3-JUSTIFICACION

La importancia de esta propuesta es dar un aporte con conocimientos técnicos y profesionales sobre el diseño de un encofrado deslizante auto trepante. Realizando una cadena tecnológica compleja, cuyo paso se fija de antemano, el método de los encofrados deslizantes auto trepante asegurando la industrialización de la ejecución de obras in situ; permite construir torres elevadas, con un único encofrado de 1-1.50m, de altura. Que se eleva por si solo a una velocidad de 3 a 6 m. de altura por un día, apoyándose sobre la construcción ya realizada. Se consigue así notables economías de materiales, de mano de obra y de tiempo, ya que la velocidad de ejecución alcanzada o puede ser obtenida por ningún otro método actual de construcción

6.4- OBJETIVOS

6.4.1.- OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un encofrado deslizante auto trepante

6.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el tipo de material a utilizarse en el encofrado.
- Calcular los elementos del encofrado.
- Describir el método a utilizarse para la construcción de las torres con encofrados deslizantes.
- Preparar las especificaciones técnicas necesarias para el proyecto.

6.5- ANALISIS DE FACTIBILIDAD

El proyecto es factible de realizarlo con la ayuda del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador en cuanto a los recursos que se necesiten para la elaboración del proyecto.

El lugar en donde se va a realizar el proyecto no tiene ningún tipo de restricción al acceso de maquinaria pesada o salida de los mismos que se necesitarán para la ejecución de esta Obra.

6.6 FUNDAMENTACIÓN (CÁLCULO)

6.6.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL ENCORFRADO

Para poder definir cuáles pueden ser los posibles materiales para el producto, es muy importante determinar cuáles son las mejores opciones que existen dentro del mercado ecuatoriano, ya que si hay elementos que son bajo importación por pedido, resultan más difíciles de conseguir, aumenta el costo del material y debido a los tramites y cuestiones legales se demora en ingresar al país.

En el mercado ecuatoriano existe una gran cantidad de materiales que pueden ser aplicables a un nuevo producto, ya sea para tablero o estructura. Entre estos podemos nombrar a la madera, como tablonos o contrachapada, acero, como perfiles, tol para recubrimiento o planchas para tablero. Aluminio como estructura o tablero, fibra de vidrio como recubrimiento o incluso como tablero y otros.

Características generales y físicas

a) Madera.-

“La madera en si es un material complejo por su composición y su constitución. *“La madera no es un material homogéneo, está formado por diversos tipos de células especializadas que forman tejidos”* que sirven para realizar funciones como conducir la savia, transformar y almacenar los alimentos, y formar la estructura resistente del árbol. Este elemento está compuesto por celulosa entre 40 y 50%, lignina de 25 a 30%, hidratos de carbono 20 a 25% y resina, tanino y grasas 5 a 15%. El 90% de estos elementos están compuestos de carbono entre 46 a 50%, oxígeno de 38 a 42%, hidrógeno en un 6% y nitrógeno 1%, y el 10% de cuerpos simples como fósforo y azufre, y compuestos como potasio, calcio y sodio.

Entre las maderas la madera blanda presenta fibras largas y gruesas, tiene abiertos que pueden acumular agua en estado libre, es liviana y tiene un tejido muscular flojo. La madera dura tiene fibras cortas y delgadas que al envejecer el árbol se consolidan, formando una madera resistente y compacta.”

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/estudio-de-la-madera-para-la-construccion.html>

Algunas propiedades de la madera se expresan a continuación:

- La dureza es una propiedad que se utiliza para determinar la homogeneidad y la resistencia de la madera, depende del crecimiento, ya que se clasifica la madera como dura la de crecimiento lento y blanda la de crecimiento rápido.

- La humedad es un factor que es muy común en la madera, ya que por constitución contiene gran porcentaje de agua, al que se le aumenta la de saturación que depende mucho del medio ambiente en donde ésta se encuentre. La humedad es el factor más importante para determinar el hinchamiento o contracción de la madera y contribuye a la variación de su densidad y volumen.

- La contracción hace referencia a cambios físicos en forma y volumen debido a la pérdida de agua. Es un comportamiento que se da en la red capilar y se contrae en un

0.8% en dirección de las fibras, del 1 al 7.8% en dirección radial y del 5 al 11.5% en el sentido tangencial. La contracción sucede en menor cantidad en el corazón que en la albura, esto provoca tensiones por desecación formando agrietamientos y torceduras de la madera.

- El hinchamiento es el efecto contrario a la contracción, se produce cuando la madera absorbe humedad y se dilata. Se produce cuando el agua aumenta llegando a un estado de saturación y el volumen de la madera crece entre 20 y 25%. El volumen de la madera no varía, pero su peso puede aumentar hasta un 100% si se la sumerge en agua. El aumento de volumen es mínimo en la dirección de las fibras y de 2.5 a 6% en el sentido perpendicular.

La elasticidad de la madera es la propiedad que permite la resistencia a los choques, mientras más seca se encuentre la madera, menor es la elasticidad del material. En general la madera pesada es más elástica que la liviana.

- Una de las propiedades más importantes y necesarias en la madera es la durabilidad, la que puede ser hasta de miles de años si esta es bien tratada y cuidada. Los agentes más peligrosos son los insectos, como los hongos, que son muy letales y aparecen cuando la madera se encuentra húmeda. Muchos tipos de madera son resistentes a varios tipos de insectos debido a las resinas y los elementos químicos que fabrican sus aromas. Los factores que determinan su vida útil son el medio ambiente y los agentes destructores. Para contrarrestar y mejorar la conservación de la madera se puede dar un lavado y un secado natural o artificial a maderas en ambientes secos. El lavado natural es el acto de sumergir la madera en agua por varios meses para eliminar la savia, que es el alimento de los microorganismos vegetales que destruyen la madera.

El lavado artificial consiste en sumergir la madera en agua caliente o en vapor a presión.

- La resistencia se debe a factores como qué tan seca esté y en la forma en que se ha cortado con respecto a la dirección de las fibras, es mayor si se corta en su misma dirección. La resistencia a la compresión es muy alta, con respecto al peso en algunos casos

puede llegar a ser mayor que el acero. Su resistencia a la tracción es baja y a la cizalladura media.

El secado es muy importante para garantizar la dureza, durabilidad, alivianamiento y otras propiedades de la madera, para ello se puede utilizar un proceso natural o uno artificial.

El secado natural se lo realiza al aire libre. Este es un método irregular ya que depende mucho del medio ambiente. Se apila la madera para evitar su deformación ya que su forma cambia cuando elimina el agua que contiene. Para el secado de maderas blandas tarda aproximadamente un lapso de dos años y para maderas duras depende mucho del espesor de las piezas.

El secado artificial consiste en dejar la madera secar al aire libre por varios meses. Luego se realiza el lavado para limpiar la savia del material con los procesos explicados anteriormente o colocándoles en una corriente de agua, y luego se vuelve a apilar al aire libre por 15 o 20 días más. El siguiente paso es de introducir la madera en los secadores, que son cámaras donde se establece un tiro de aire calentado progresivamente. En estos hornos las temperaturas varían entre 50 a 70° C dependiendo de la madera.

La mayoría de madera tratada utilizada para encofrados es del tipo contrachapado o mejor conocida como triplex. Este tipo de madera está compuesta por varias capas de madera unidas con pegamento o resinas sintéticas de acuerdo al tipo de material que se quiere obtener. La madera triplex necesita que sus capas exteriores sean duras y lisas, mientras que las internas solo deben ser resistentes. Existen tableros donde sólo una de sus caras exteriores contiene estas características de buen acabado.

La colocación de las capas se hace en direcciones opuestas, una capa perpendicular a la siguiente, para obtener una igual resistencia en todo el conjunto. Las fibras se encuentran distribuidas homogéneamente, así no es fuerte en un solo sentido y débil en los otros dos.

Para la fabricación de la madera contrachapada en Ecuador (*empresa Endesa Borrosa*), sigue un proceso con varios pasos:

Cosecha de materia prima.- La cosecha se la realiza durante el 60% del año, lo que permite un abastecimiento continuo de la producción. En esta etapa se agrupan los trozos de madera según su especie y se las mantiene bajo riego para evitar el ataque de insectos y organismos y conservarla en excelentes condiciones.

Macerado.- En esta etapa los trozos de madera son sumergidos en pozos de remojo de agua caliente para ablandar las fibras de la madera.

Descortezado.- En esta fase los trozos de madera son separados por capas y esto ayuda al macerado, ya que se obtienen trozos sin corteza.

Desenrollado.- Esta fase se la realiza con madera corriente. Es un proceso donde se realiza un torneado que desprende y desenrolla las chapas de los trozos para formar los contrachapados.

Laminado.- El laminado es la etapa donde se realiza el corte plano en las maderas y se obtiene chapas finas laminadas. Éste proceso se lo realiza tras la finalización del macerado.

Secado.- En esta etapa utilizando el método del horneado, se realiza el secado de las láminas de madera hasta alcanzar niveles de humedad menores al 12%.

Encolado.- Tras el secado se unen las láminas entre sí, formando un tablero que cumple con las dimensiones especificadas de fabricación y se las pasa por rodillos que impregnan la pega o cola en las láminas con adhesivos.

Armado del tablero.- Las láminas encoladas son alternadas con láminas secas y ubicadas unas perpendiculares a otras, así se forma un paquete de láminas unidas entre sí.

Prensado.- En esta etapa se someten los paquetes de láminas bajo factores como presión, temperatura y tiempo; que permiten la formación del tablero.

Escuadrado.- Aquí el tablero se conforma de acuerdo a las dimensiones estándar, creando una perfecta perpendicularidad entre sus lados y sus caras.

Lijado.- En ella se realiza el proceso de pulido de la superficie o superficies del tablero utilizando una lijadora-calibradora. Este pulido superficial varía de acuerdo a la clasificación del tablero.

Finalmente se clasifican y se alistan para su distribución. Estos contrachapados poseen una característica muy importante:

Maquinabilidad, debido al gran manipuleo al que pueden estar sujetos los tableros, Ya que se lo puede perforar, cortar, atornillar y otros, sin permitir rajaduras.

Los tableros Triplex más utilizados en el área de la construcción para encofrados son:

Triplex corriente.- Tablero fabricado de chapas desenrolladas de especies corrientes unidas entre sí por adhesivos de urea formaldehído. Tiene sus caras exteriores lijadas.

Triplex Industrial.- Es un tablero fabricado con chapas desenrolladas o laminadas de varias especies, sus caras exteriores no son lijadas por lo que pueden tener nudos o defectos abiertos que no afectan su resistencia estructural.

Triplex Marino.- Este es fabricado a partir de chapas de especies corrientes, unidas entre sí utilizando adhesivos de fenol formaldehído. Presenta una gran cualidad de resistencia a la humedad, para encofrados puede reutilizarse desde 10 hasta 20 veces y presenta sus dos superficies lijadas, que pueden ser pintadas o recubiertas para un mejor acabado.

Duratriplex.- Este es un tablero marino de mejor calidad, que presenta un recubrimiento con una película fenólica importada, para ofrecer mayor resistencia a la humedad y ventajas, en especial en el moldeo del hormigón, tales como una impermeabilidad total, alta duración que permite su reutilización hasta 120 veces, mayor

rigidez, resistencia y aislamiento térmico, el cual es muy importante para mantener las condiciones estables de temperatura durante el fraguado del hormigón evitando fisuras. Este producto permite una gran calidad en acabados que por la película fenólica, deja una superficie lisa de gran calidad y así mismo permite un fácil desmoldaje.

En el mercado ecuatoriano también existen tableros aglomerados que no se han utilizado para encofrado. Estos tableros se encuentran formados por multicapas de partículas de madera gruesas que se encuentran en el centro y las más finas en las superficies. Estas partículas se aglomeran con una resina melanina urea formol (MUF) y luego pasan a ser prensadas en condiciones controladas de presión, temperatura y tiempo. Este es un producto fabricado con madera de pino, tiene una gran cohesión interna y resistencia homogénea, gran capacidad de aislamiento y se conforma por una superficie lisa y uniforme. Este tipo de tablero se lo subdivide en una gran variedad, del cual el destinado a la construcción es el Acoplac RH.

Propiedades mecánicas de la Madera

La resistencia de la madera varía de acuerdo no solo al tipo de resistencia bajo la acción a la que se encuentre sino también depende del tipo de madera que se tenga, pero en general la resistencia de la madera se clasifica en:

Resistencia a la Tracción.- Existen dos tipos de resistencia a la tracción, transversal, a las fibras y longitudinal, paralela a las fibras. La resistencia transversal es 10% inferior a la resistencia a tracción longitudinal.

Resistencia a la Compresión.- Esta se divide en resistencia a la compresión transversal, a las fibras y longitudinal; paralela a éstas, la cual es mayor de 5 a 8 veces que la transversal.

Resistencia a la Flexión.- También conocida como resistencia a la rotura, depende de la rigidez del material. Es mayor cuando tiene mayor densidad bruta, es menor cuando la

madera tiene nudos o desviaciones en las fibras y generalmente en tableros delgados o largos, ya que se flejan cuando la carga se encuentra lejos de los apoyos.

Resistencia al Pandeo.- El pandeo es máximo en el tercio central de la longitud del eje y depende de factores como el tipo de madera, la forma de la sección y su humedad.

Resistencia a la Torsión.- Esta es cuanto el material permite el giro alrededor de su eje longitudinal a la fibra. Depende de la clase de madera, su densidad y humedad.

La resistencia a la torsión es mayor cuando es paralela a las fibras entre un 15 al 20% que la longitudinal y por lo general la estructura se afloja sin llegar a la rotura.

Resistencia a la Cortadura.- Es la resistencia que se presenta frente a un posible desplazamiento entre la superficie de dos piezas, mejor conocido como corte. En la madera ésta resistencia es mayor cuando es transversal a las fibras.

Resistencia al Desgaste.- Es cuando el material se encuentra sometido a una especie de erosión y presenta pérdida de materia, lo que se conoce como desgaste. Dicha resistencia es importante en las secciones perpendiculares a las fibras, menor en las tangenciales y aún menor en las radiales. A continuación se presentan las características mecánicas de los diferentes tipos de madera normal y contrachapada:

b) Acero

El acero es una aleación de hierro, carbono y otros elementos en pequeños porcentajes, que permiten una fácil maleabilidad en caliente y frío, y que le dan propiedades mecánicas específicas para su utilización dentro de la industria. La composición básica del elemento es de hierro y carbono; los otros elementos varían en porcentajes según las aplicaciones para las que se requieren.

Algunos de los elementos que componen el acero:

Aluminio (Al).- Es utilizado como desoxigenante y reduce el crecimiento del grano al formar óxidos y nitruros formando un acero de grano fino.

Azufre (S).- Se le considera como impureza y es perjudicial en la aleación del acero, sin embargo, en algunos casos se agrega de 0.06% hasta un 0.30% para mejorar la maquinabilidad (*habilidad para trabajarlo mediante cortes*), los aceros con alto contenido de azufre son difíciles de soldar y se pueden crear poros en la suelda.

Carbono (C).- Le da al acero características de dureza y alta resistencia.

Cobre (Cu).- Mejora la resistencia a la corrosión atmosférica.

Cromo (Cr).- El cromo es muy importante para aumentar la resistencia a altas temperaturas y evita la corrosión, también por su capacidad para formar carburos se utiliza en revestimientos duros de gran resistencia al desgaste.

Fósforo (P).- Es importante para aumentar la resistencia a la tensión y la maquinabilidad. En algunos tipos de acero es perjudicial, disminuye la ductilidad y la resistencia al impacto.

Manganeso (Mn).- Sirve para desoxidar y aumentar la dureza del acero. Al mezclarse con el azufre, previene la formación de sulfuro de hierro que es perjudicial en el proceso de laminación y moldeo en caliente.

Níquel (Ni).- Este elemento mejora las propiedades de tratamiento térmico, reduciendo la temperatura de endurecimiento. Aumenta la resistencia al desgaste y la dureza si se utiliza el níquel con el cromo.

Vanadio (V).- El vanadio permite la formación de granos finos, aumenta la resistencia a los impactos y a la fatiga.

Clasificación del acero

Existen principalmente cuatro tipos de acero que se clasifican en: aceros al carbono, aceros inoxidables, aceros aleados y aceros de herramientas.

Aceros al carbono (Acero dulce)

Se componen por hierro entre un 97.0 a 99.5% y carbono en menor cantidad, existen elementos como manganeso y silicio debido a la producción, otros que no se eliminan

completamente como oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, azufre y fósforo, y en casos particulares cobre, cromo y níquel.

Este acero representa más del 90% de los aceros en la industria y de acuerdo a las propiedades y al uso, se clasifican en aceros de construcción, aceros de bajo contenido de carbono y aceros al carbono de alta maquinabilidad.

Aceros de construcción.- Pueden ser aceros al carbono de laminación para construcciones metálicas y piezas de maquinaria, aceros de baja aleación y alto límite elástico para construcciones de grandes estructuras como torres, puentes y otros, y aceros de fácil mecanización en tornos automáticos.

Los aceros al carbono de laminación se componen generalmente con hierro y carbono entre 0.03 y 0.70%, más elementos como manganeso hasta un 0.90%, silicio hasta un 0.50%, fósforo hasta un 0.10% y azufre hasta un 0.10%. Las propiedades más importantes de estos aceros son resistencia a la tracción, a la fatiga, tenacidad y alargamiento.

Aceros de bajo contenido de carbono.- Contienen desde 0.06 hasta un 0.25% de carbono, su resistencia varía entre 35 a 53kg/mm² y los alargamientos se encuentran entre 23 a 33%. Generalmente contienen elementos como fósforo y azufre, que para aceros de alta calidad no deben sobrepasar el 0.03%. Con estos aceros se fabrican puentes de ferrocarril, estructuras grandes, edificaciones, columnas de líneas eléctricas, clavos, alfileres y otros.

Aceros al carbono de alta maquinabilidad.- Se forman mediante la adición de azufre que disturbe las propiedades de soldadura y conformación en frío. Son muy importantes debido a la disminución de costos y al aumento de producción por mayor velocidad de maquinado.

Aceros inoxidables.- Los aceros inoxidables vienen de una aleación que contiene un mínimo de 11% de cromo. Este elemento permite una superficie delgada y continua en la

superficie del acero, que es inerte a las reacciones físicas, principalmente a la corrosión, también permite la resistencia a la oxidación frente a agentes como ácidos, agua, humedad y gases corrosivos.

Tiene una resistencia mecánica que se aproxima al doble de la del acero al carbono, resiste temperaturas elevadas y criogénicas. Este material no es indestructible pero resulta resistente en condiciones severas. Estos aceros se clasifican en:

Aceros inoxidables Martensíticos.- Fue el primer acero desarrollado industrialmente. Tiene un contenido de carbono entre 0.2 y 1.2% y de cromo entre 12 y 18%. Posee una gran maquinabilidad, una moderada resistencia a la corrosión y una elevada dureza.

Aceros inoxidables Ferríticos.- Tiene un bajo contenido de carbono, menor a 0.2% y entre 12 y 18% de cromo. Se caracteriza por su alta dureza y buena resistencia a la corrosión.

Aceros inoxidables Austeníticos.- Estos adquieren su nombre de la austenita, que se forma por la introducción de níquel en la aleación. Contiene carbono y en gran cantidad cromo (16 a 28%), níquel (3.5 a 22%) y molibdeno (1.5 a 6%). Este acero es muy resistente a la corrosión, a temperaturas elevadas y criogénicas, y es fácil de soldar y transformar.

Los aceros inoxidables son muy importantes por su uso en tuberías, tanques, principalmente para refinerías de petróleo, plantas químicas, cápsulas espaciales, aviones, elementos quirúrgicos, cocinas y otros.

Aceros aleados.-Son los que tienen manganeso hasta un 0.90%, silicio hasta 0.50%, azufre y fósforo hasta 0.10% y carbono, cromo, vanadio, níquel, molibdeno, cobre, cobalto, plomo, circonio, titanio, tungsteno, boro y aluminio, en pequeñas cantidades. Pueden ser de gran espesor con resistencias muy altas en el interior de las mismas, desarrollan una alta resistencia a temperaturas elevadas y se llega a tener dureza con gran tenacidad.

Este acero se utiliza en engranajes, ejes de motores, cuchillos, mallas, canaletas, palas, cucharas de maquinaria pesada, mezcladoras de hormigón, tolvas y otros.

Estructura del acero

Las propiedades físicas del acero, dependen esencialmente de cuánto carbono tenga y cómo se encuentre distribuido en el hierro. Para el tratamiento técnico es necesario saber que la mayoría de aceros son producto de la fusión de tres sustancias: ferrita, perlita y cementina. La ferrita es el resultado de la mezcla de hierro con pequeñas porciones de carbono y otros componentes en disolución. La cementina es un compuesto de hierro con un aproximado de 7% de carbono, es duro y bastante quebradizo. La perlita es una mezcla de las dos anteriores y sus propiedades son intermedias entre ellas.

La dureza y resistencia de un acero que no se ha tratado de manera técnica depende básicamente de en qué proporciones se encuentran estos tres ingredientes.

Ventajas y desventajas del acero como material estructural

Ventajas:

- 1.- Alta resistencia.- Es muy importante para puentes de grandes luces, ya que esto implica la alta resistencia del acero por unidad, es decir, que será poco el peso de las estructuras.
- 2.- Uniformidad.- El acero mantiene sus propiedades con el paso del tiempo.
- 3.- Durabilidad.- El acero tiene una durabilidad indefinida siempre y cuando el mantenimiento de las estructuras sea adecuado.
- 4.- Ductilidad.- Los aceros estructurales son dúctiles por naturaleza, lo que les permite fluir de forma local evitando fallas prematuras.
- 5.- Tenacidad.- Este tipo de aceros se caracterizan por poseer resistencia y ductilidad.

También existen otras ventajas como facilidad y rapidez de montaje, es fácil unir varios miembros por medios como tornillo, remaches y soldadura, tiene una gran

resistencia a la fatiga, puede ser reutilizado después de desmontar una estructura y otros.

Desventajas:

1.- Costo de mantenimiento.- Los aceros deben ser pintados periódicamente, ya que por lo general se encuentran expuestos al agua y al aire, y en consecuencia a la corrosión.

2.- Susceptibilidad al pandeo.- Entre más largas y esbeltas sean las piezas de acero, mayor es el riesgo de pandeo. El acero en columnas no resulta económico y debe utilizarse mucho material para tener la rigidez suficiente para evitar el pandeo.

3.- Costo de protección contra el fuego.- ante un incendio la resistencia del acero disminuye.

Propiedades mecánicas del acero:

- *Dureza.*- Se la mide en unidades BRINELL (HB) o ROCKWEL C (HRC), mediante una prueba con el mismo nombre de acuerdo a cuanto el metal se deja penetrar.

- *Resistencia al desgaste.*- Es la capacidad que tiene un material de dejarse desgastar o erosionar cuando éste se encuentra en constante fricción con otro material.

- *Tenacidad.*- Es la capacidad del acero de absorber energía sin producir fisuras.

Maquinabilidad.- Es la facilidad que tiene un material para ser mecanizado por arranque de viruta.

Resistencia y trabajo en frío:

El labrado en frío consiste en no aplicar deliberadamente el calor, además en el proceso del trabajo en frío se tiene que lograr la deformación del metal en la región plástica del diagrama “*esfuerzo-deformación*”. Las propiedades que se obtienen en el trabajo en frío son muy distintas a las propiedades mecánicas resultantes.

Acero al carbono A42E y A42ES

El esfuerzo de fluencia de este material es de $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$. La resistencia última

Fu es 4200 kg/cm². La deformación unitaria en la rotura $13\% \leq g_u \leq 24\%$.

Acero A36

Es un acero estructural al carbono. Tiene un módulo de elasticidad de $E = 2043000 \text{ kg/cm}^2$ según la AISC y de $E = 2078000 \text{ kg/cm}^2$ según la AISI, el módulo de elasticidad por corte es de $G = 789100 \text{ kg/cm}^2$ según la AISC y $G = 796100 \text{ kg/cm}^2$ según la AISI. El esfuerzo de fluencia de este material es de $F_y = 2540 \text{ kg/cm}^2$, la resistencia última $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ y la deformación unitaria en la rotura $g_u = 20\%$.

De todas formas, el módulo elástico que se utiliza generalmente para cálculos es $E=2100000 \text{ kg/cm}^2$.

Luego de realizar un estudio de los diferentes materiales para la elaboración de los encofrados deslizantes autotrepantes se concluye:

La estructura del encofrado será realizada con perfiles metálicos (esto se debe a que con un mismo encofrado deslizante de acero se cubriría la altura total de deslizamiento se consiguen así economías sensibles de materiales y la resistencia de los mismos son mucho más altos que los de la madera) tubos cuadrados, rectangulares. La plancha que se utilizara para el panel y que estará en contacto con el hormigón será de acero. Los elementos de unión se realizaran por soldadura ver Anexos.

6.6.2 CONSTRUCCION DE LAS TORRES DEL PUENTE

Las torres de un puente están conformadas por varios elementos estructurales, para tener una idea más clara de estos tipos procederemos a dividir la estructura por etapas.

Etapas 1. La construcción de la cimentación que va a servir de soporte a la estructura desde un Nv: 46.000 hasta Nv: 48.600.

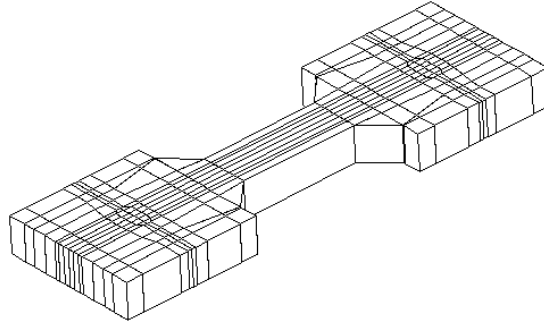


Ilustración 26: Torre puente Quevedo etapa 1

Etapa 2.- Esta compuesta por una columna de sección variable cuyo arranque es desde la cimentación Nv: 48.600 hasta Nv: 55.100, teniendo que ser encofrada esta columna con madera ya que es de sección variable como muestra el grafico.

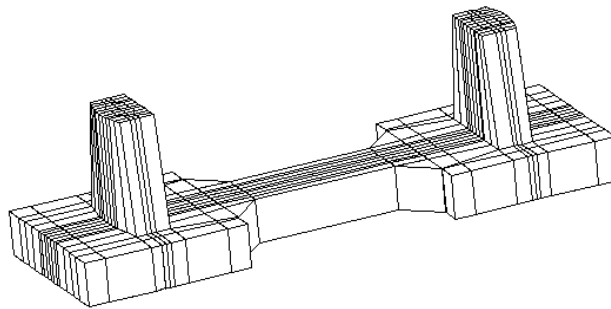


Ilustración 27: Torre puente Quevedo etapa 2

Etapa 3.- Se procede con la construcción de la viga inferior desde el Nv: 50,390 hasta Nv: 53,390

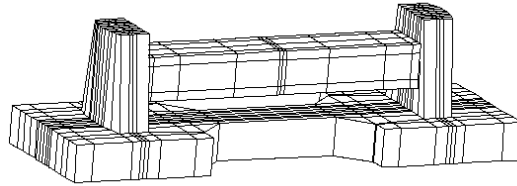


Ilustración 28: Torre puente Quevedo etapa 3

Etapa 4.- Desde el Nv: 55,100 es el inicio de la construcción de la columna sección constante la misma que será encofrada con los encofrados deslizantes, hasta llegar al Nv: 86,500 en la cual se construye una viga superior hasta el Nv: 90,930; continuando luego con la construcción de la torre hasta llegar a su nivel más alto Nv: 96,930.

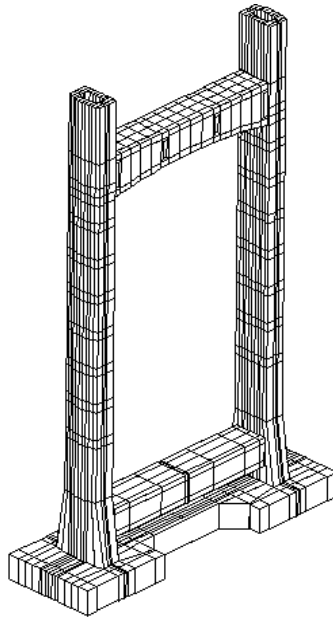


Ilustración 29: Torre puente Quevedo etapa 4

A continuación de la etapa 4 se desarrolla la columnas de sección constante de dimensiones 4m x 2m, las mismas que en su parte superior se encuentran unidas por una viga.

La construcción de toda la etapa 4 se realizará con un sistema de encofrados deslizantes auto trepante el mismo que está compuesta por:

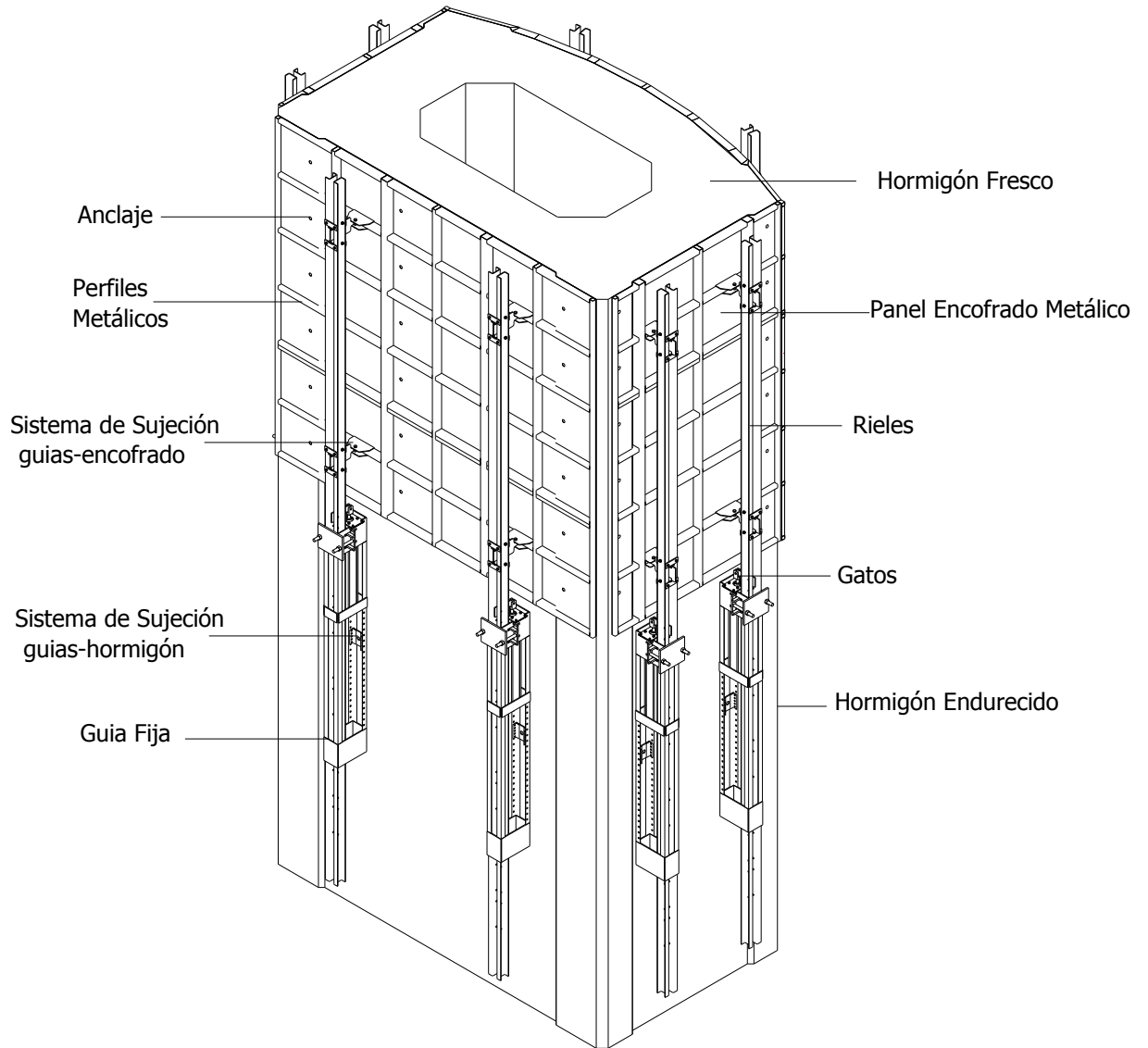


Ilustración 30: Sistema encofrado deslizante

6.6.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Acero, perfiles, planchas, Dipac

Resistencia a flexión $\sigma = 1400 \text{ Kg/cm}^2$

Resistencia a corte $T=800 \text{ Kg/cm}^2$

Resistencia a tracción $T=1000 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a compresión $\sigma = 100 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad $E= 2100000 \text{ kg/cm}^2$

PRE-DISEÑO

Fuerzas de Fricción.

La fuerza de rozamiento entre el panel del encofrado deslizante y el concreto, resulta ser la más importante para determinar la estabilidad del encofrado deslizante, para lo cual de una manera conservadora se usará la fórmula de propuesta por Tudor Dinescu (Pg. 22):

$$Fr = \frac{2}{3} f h^2$$

- $f= 0,5$ coeficiente de rozamiento para encofrados metálicos.
- $h=1.05$ para el llenado inicial (Molde lleno).
- $h=0.75$ durante el deslizamiento.

$$Fr = \frac{2}{3} 0.5 \times 1.05^2 = 0.368 \frac{tn}{m} = 368 \frac{kg}{m} \text{ (arranque)}$$

$$Fr = \frac{2}{3} 0.5 \times 0.75^2 = 0.188 \frac{tn}{m} = 188 \frac{kg}{m} \text{ (arranque)}$$

Capacidad de carga del encofrado deslizante

Cargas Muertas

Peso estructura metálica paneles

$$\text{Plancha Acero} = \frac{lxaxex7.85}{1000} = \frac{4000 \times 3600 \times 6 \times 7.85}{1000} = 678.24 \text{ kg}$$

Perfiles acero

$$L=6m \quad a=b=75mm \quad e=2mm$$

$$\text{Peso}=8.59kg \times 8u = 68.72kg$$

$$L= 6m \quad a=40mm \quad b=25mm \quad e=2mm$$

$$\text{Peso}=7.86kg \times 4u = 31.44kg$$

Carga Permanente 778.4 Kg

Cargas Vivas

Carga Fr (Arranque) $368 \text{ Kg/m} \times 3.6 \text{ m} = 1,324.8 \text{ Kg}$

Carga Fr (Deslizamiento) $188 \text{ Kg/m} \times 3.6 \text{ m} = 676.8 \text{ Kg}$

Carga total en el arranque 2,103.2 Kg

Carga total en el deslizamiento 1,455.2 kg

Para 2gatos, con 2000 kg de capacidad cada uno, obtenemos una capacidad total de carga de 4000 kg, con lo que obtenemos:

$$F_{\text{arranque}} = \frac{4,000}{2,103.2} = 1.90$$

$$F_{\text{deslizamiento}} = \frac{4,000}{1,455.2} = 2.75$$

Con lo cual se comprueba la estabilidad del encofrado deslizante, siendo la carga máxima de trabajo por gato de aproximadamente 2 Tn, lo cual proporciona un buen margen de seguridad considerando que la distribución de las cargas no es uniforme, que los gatos por el uso ya no tienen la misma capacidad de carga y a su vez no presentan una elevación simultánea.

Empuje del concreto.

Para determinar la presión lateral del concreto sobre el encofrado, en concretos vibrados realizados con encofrados deslizantes, Según las prescripciones americanas (Pg. 24.) propone la siguiente fórmula:

$$P = 0,488 + \frac{0,962R}{35 + 1,8T}, \text{ en } t/m^2$$

Dónde:

- P = Presión lateral del concreto (KPa).
- R = Velocidad de llenado del concreto (m/h).
- T = Temperatura del concreto (°C).

Considerando la velocidad máxima de llenado del molde de 1.0 m/h y una temperatura promedio del concreto de 20 °C, obtenemos:

$$P = 0,488 + \frac{0,962 \times 1}{20 + 1,8 \times 20} = 0,505 \frac{t}{m^2} = 505 \text{ kg}/m^2$$

El análisis estructural que se realiza es el de sollicitación, dónde se coloca una carga de 500kg/m² al tablero (carga en obra) y partiendo de esto se debe determinar el momento resistente mínimo que debe tener la estructura de acero. Para realizar este cálculo se debe tomar en cuenta los dos sentidos del tablero, dependiendo de cómo se ubiquen los apoyos externos.

El cálculo se lo realiza a continuación:

Tipo Panel

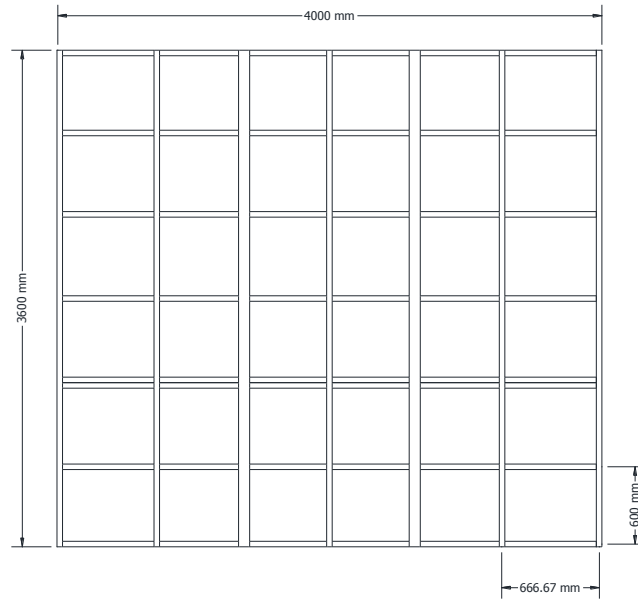
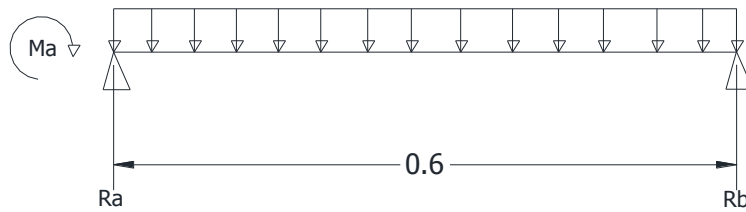


Ilustración 31: Panel encofrado metálico

Lado Corto

$$\frac{500kg}{m^2} \times 0.666m = \frac{333kg}{m}$$

$W=333 \text{ kg/m}$



$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{333 \times 0.6^2}{8} = 14.99 \text{ kg.m}$$

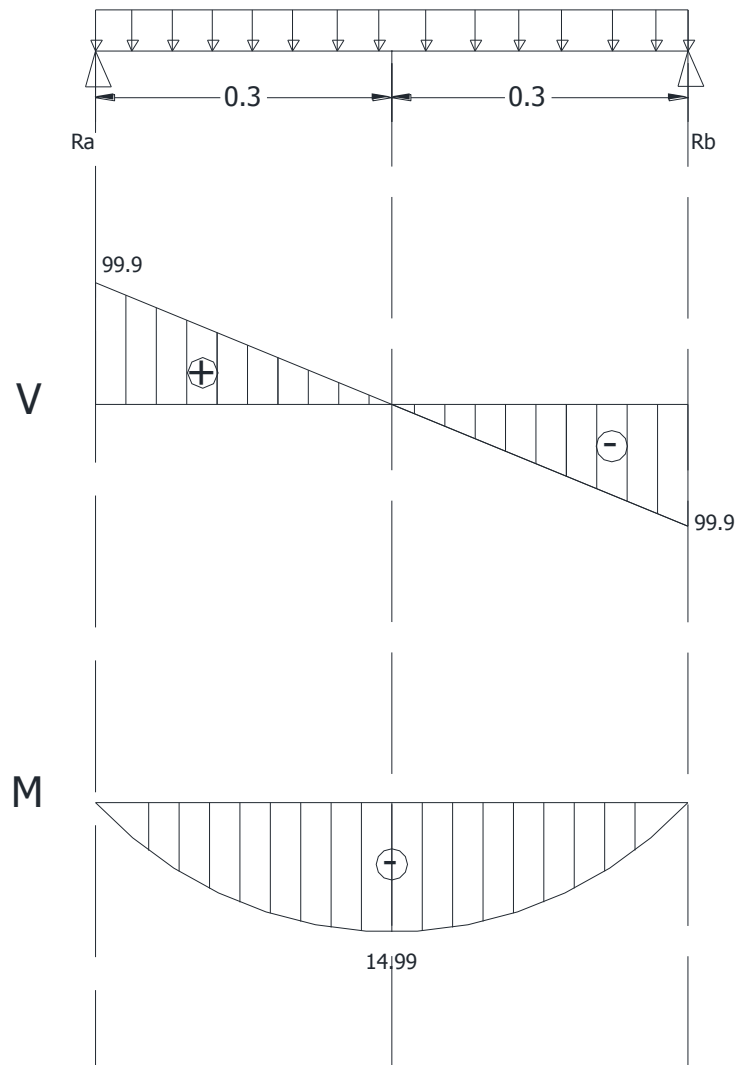
Comprobación:

$$\sum Fy = Ra + Rb - 333 \times 0.6 = 0$$

$$\sum Ma = 0.6 \times Rb - 0.3 \times 199.8 = 0 \quad Rb = \frac{59.94}{0.6} = 99.9 \text{ kg}$$

$$Ra + 99.9 - 199.8 = 0$$

$$Ra = 99.9 \text{ kg}$$



$$M_{max} = \frac{99.9 \times 0.3}{2} = 14.99 \text{ kg.m}$$

$$\sigma = \frac{6M}{b h^2} = \frac{6 \times 14.99}{6 \times 6^2} = \frac{0.42 \text{ kg}}{\text{cm}^2} < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo que está aplicando al encofrado es menor que el esfuerzo resistente a flexión se verifica la estabilidad para el empuje del concreto.

$$V_{act} = 99.9 \text{ kg}$$

$$V_{resis} = \frac{T \times A}{1.5} = \frac{800 \times 6 \times 6}{1.5} = 19,200 \text{ kg}$$

Dónde: T: Resistencia a Corte y A: Área lado corto por lado largo

Como $V_{act} < V_{resis}$, se verifica la estabilidad del panel por corte.

$$S_{max} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{1499 \text{ kg.cm}}{1400 \text{ kg/cm}^2} = 1.07 \text{ cm}^3$$

La sección mínima que se debe escoger de los perfiles es de:

Ángulos:

40x40x3.0mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.22

40x40x4.0mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.58

Y \u00e1ngulos de dimensiones mayores.

Tubos cuadrados:

25x25x2.0mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.18

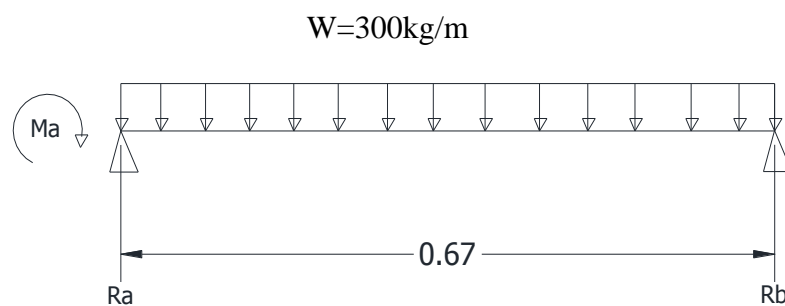
30x30x1.2mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.28

30x30x1.5mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.46

Y tubos cuadrados de dimensiones mayores.

Lado Largo

$$\frac{500kg}{m^2} \times 0.6m = 300kg/m$$



$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{300 \times 0.67^2}{8} = 16.83 \text{ kg.m}$$

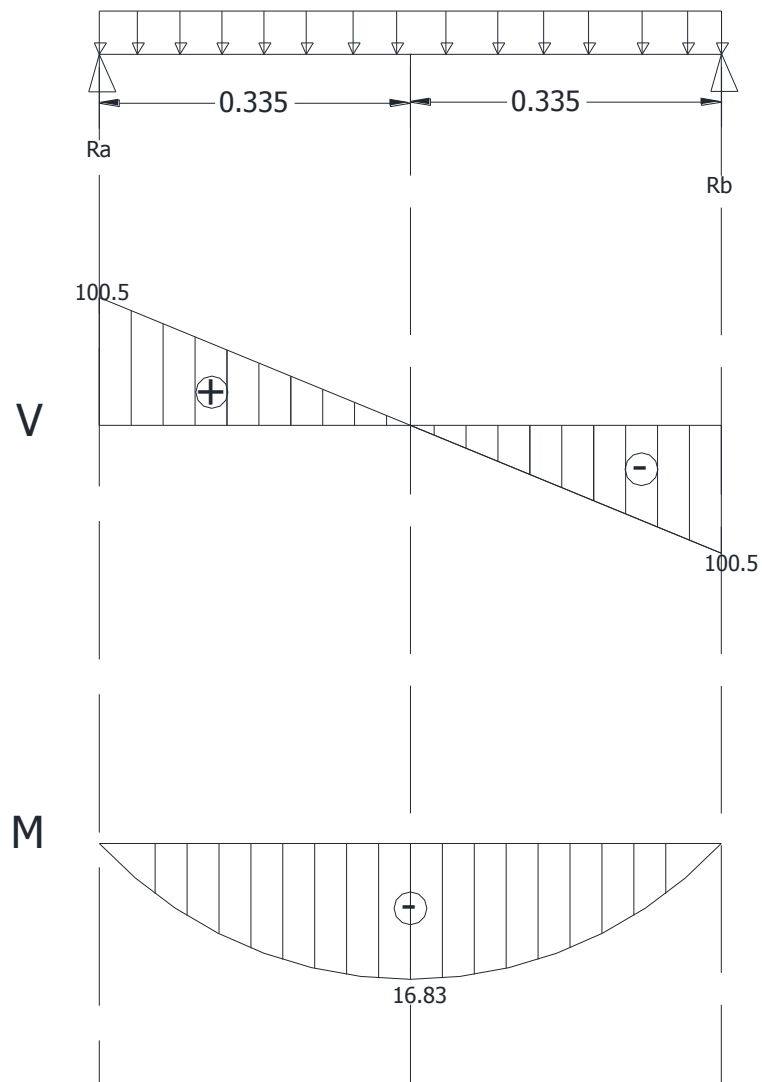
Comprobación:

$$\sum Fy = Ra + Rb - 300 \times 0.67 = 0$$

$$\sum Ma = 0.67 \times Rb - 0.335 \times 201 = 0 \quad Rb = \frac{67.335}{0.67} = 100.5 \text{ kg}$$

$$Ra + 100.5 - 201 = 0$$

$$Ra = 100.5 \text{ kg}$$



$$M_{max} = \frac{100.5 \times 0.335}{2} = 16.83 \text{ kg.m}$$

Modulo Seccional

$$S_{max} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{1,683.38 \text{ kg.cm}}{1400} = 1.20 \text{ cm}^3$$

Ángulos:

40x40x3.0mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.22

40x40x4.0mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.58

Y ángulos de dimensiones mayores.

Tubos cuadrados:

25x25x2.0mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.18

30x30x1.2mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.28

30x30x1.5mm con un $S_{m\acute{a}x}$ de 1.46

Y tubos cuadrados de dimensiones mayores.

Cálculo de las deflexiones

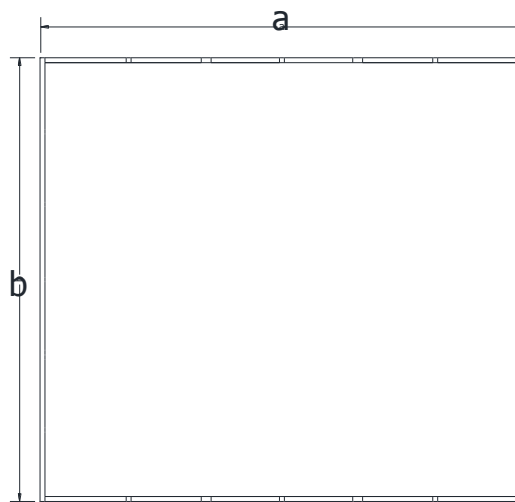
Para el cálculo de las deflexiones máximas del tablero, se realizara mediante dos casos.

La deflexión máxima que debe tener es:

$$d_{max} = \frac{67}{240} = 0.28cm \text{ Para condiciones normales}$$

$$d_{max} = \frac{67}{360} = 0.19cm \text{ Para condiciones severas}$$

Caso 1 Análisis Placa



$$\gamma = \frac{b}{a} = \frac{1}{2}$$

$$q = 500kg/m^2 = 0.05kg/cm^2$$

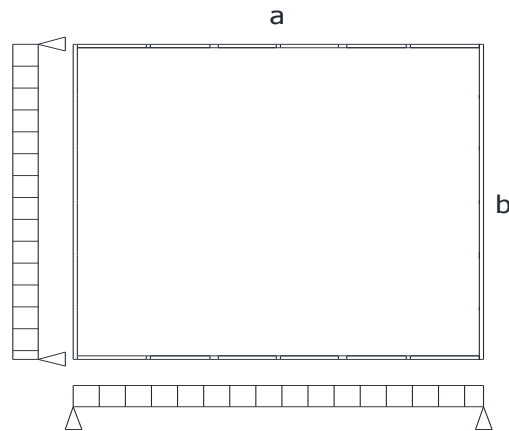
Si $b=60cm$ $w=60 \times 0.05 = 3 \text{ kg/cm}$ espesor $h=0.6cm$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{60 \times 0.6^3}{12} = 1.08 \text{ cm}^4$$

$$M_{max} = \frac{w l^2}{8} = \frac{3 \times 67^2}{8} = 1,683.38 \text{ kg.cm}$$

$$d_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{w L^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{3 \times 67^4}{2.1 \times 10^6 \times 1.08} = 0.35 \text{ cm}$$

Caso 2 Análisis Perímetro



$$w = q = 500 \text{ kg/m}^2 = 0.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 0.67 \text{ m} = 67 \text{ cm}$$

$$b = 0.60 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Espesor $h = 6\text{mm} = 0.6\text{cm}$

Para determinar la deformación se utilizara la formula siguiente (Pg, 59).

$$w_s = 0.0069 \frac{w a^4}{E h} = 0.0069 x \frac{0.05 x 67^4}{2.1 x 10^6 x 0.6^3} = 0.013\text{cm}$$

Para determinar el momento flector se utilizara la formula siguiente (Pg, 59).

$$M_{xs} = 0.00116 q a^2 = 0.0016 x 500 x 0.67^2 = 0.359 \text{ kg.m}$$

$$M_{ys} = 0.1017 q b^2 = 0.1017 x 500 x 0.60^2 = 18.31 \text{ kg.m}$$

Esfuerzos cortantes en el centro de los bordes (Pg, 59).

$$T_{xs} = \pm 0.185 q a = \pm 0.185 x 500 x 0.67 = \pm 61.98 \text{ kg/m}$$

$$T_{ys} = \pm 0.465 q b = \pm 0.465 x 500 x 0.60 = \pm 139.5 \text{ kg/m}$$

Reacciones en los centros de los bordes (Pg, 59).

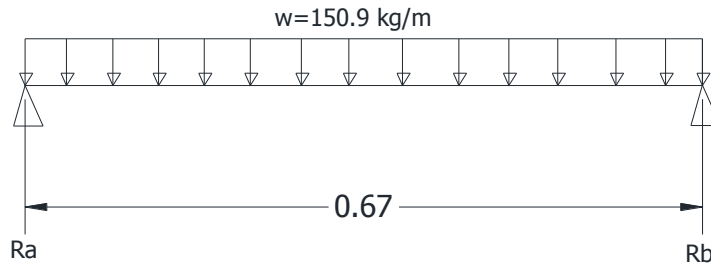
$$R_{xs} = 0.248 q a = 0.248 x 500 x 0.67 = 83.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 0.831 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$R_{xy} = 0.503 q b = 0.503 x 500 x 0.60 = 150.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 1.509 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

Reacciones en las esquinas

$$R_o = -0.046 q a b = -0.046 x 500 x 0.67 x 0.6 = -9.246 \text{ kg}$$

Utilizando los cortantes de la placa de apoyo Ra (Rys) diseñamos la viga de acero



$$M_{max} = \frac{w l^2}{8} = \frac{150.9 \times 0.67^2}{8} = 8.47 \text{ kg.m} \quad 846.73 \text{ kg.cm}$$

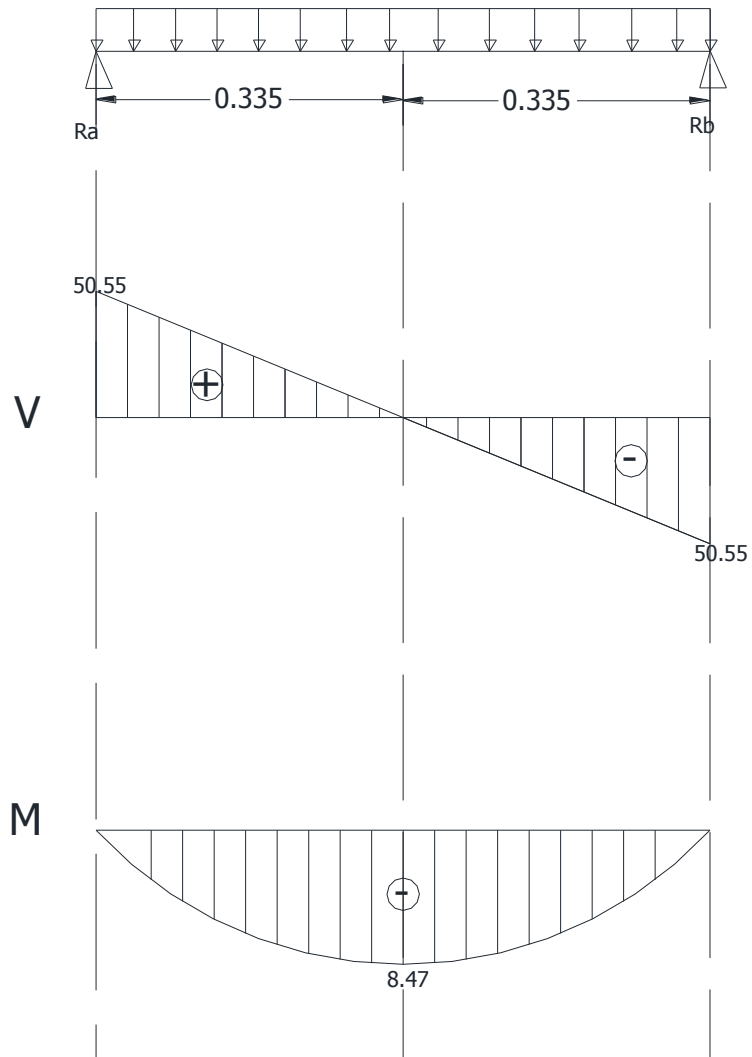
Comprobación

$$\sum F_y = R_a + R_b - 101.103 = 0$$

$$\sum M_a = 0.67 \times R_b - 0.335 \times 101.103 = 0 \quad R_b = \frac{33.869}{0.67} = 50.55 \text{ kg}$$

$$R_a + 101.103 - 50.55 = 0$$

$$R_a = 50.55 \text{ kg}$$



$$M_{max} = \frac{50.55 \times 0.335}{2} = 8.47 \text{ kg.m}$$

Modulo

$$S_{max} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{847 \text{ kg.cm}}{1400} = 0.61 \text{ cm}^3$$

El perfil de acero que utilice debe tener un $S_{max} > 0.61 \text{ cm}^3$.

Luego de realizar el pre - diseño se procederá a diseñar en Sap 2000

6.6.4 APLICACIÓN DEL PROGRAMA SAP 2000

INTRODUCCION AL PROGRAMA

Este es un software muy utilizado para cálculo estructural mediante elementos finitos para resolución de problemas en dos o tres dimensiones. Mediante SAP2000 es posible realizar el modelo de geometrías muy complejas en las que se requiere definir diversos estados de carga. Este programa permite generar automáticamente pesos propios, asignar secciones, materiales, así como realiza cálculos estructurales de hormigón y acero basados de acuerdo a varias normas como AISC, EUROCODE, entre otras.

PROCEDIMIENTO DE RESOLUCION

El procedimiento de resolución en este programa computacional es muy similar a otros programas que tienen la misma función de diseño estructural. Este procedimiento consta de varias etapas las cuales son:

1. Escoger las unidades de trabajo.
2. Creación de la geometría del modelo.
3. Definición de propiedades.
4. Asignación de propiedades
5. Asignación de cargas.
6. Opciones del análisis.

SELECCIÓN DE UNIDADES DE TRABAJO

En este caso las unidades seleccionadas se escogen por las exigencias del usuario. Las que se utilizarán en este proyecto corresponden a las unidades kg, m. aunque durante el desarrollo del diseño el programa permite cambiar el sistema de unidades para facilidad del usuario.

DISEÑO

GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

La geometría del modelo para el análisis nace luego de realizar varias iteraciones en el programa Sap 2000 con lo cual cumple los parámetros de resistencia y seguridad. Esta geometría corresponde a una estructura de tubos de 40x40 mm y 40x80 mm con una plancha de 6mm de espesor y las dimensiones del tablero mayor de 4m x 3.6m

Materiales Panel

FORMA	DIMENSIONES				Peso Kg/m	W cm ³
	A mm	B mm	Espesor mm	Longitud m		
Tubo Cuadrado	40	40	3.0	6	3.54	5.10
Tubo Rectangular	40	80	3.0	6	5.42	13.04/8.75
Plancha	1220	(rollos)2440	6.0	----	140.21	-----

Materiales panel encofrado

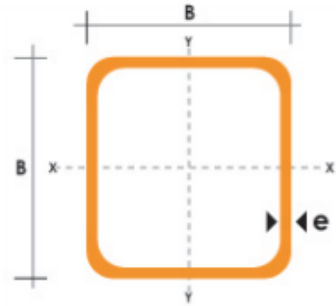


Ilustración 32 Tubo Cuadrada

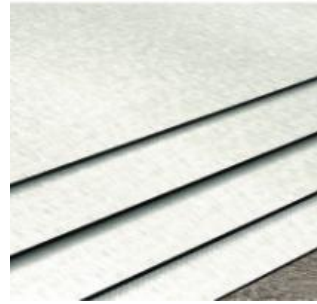


Ilustración 33 Plancha metálica

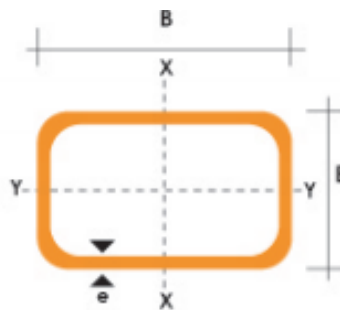


Ilustración 34 Tubo rectangular

La geometría del modelo se la puede dibujar directamente en el programa SAP, utilizando las opciones que presenta. Se pueden utilizar las denominadas “plantillas” y modificar sus dimensiones a nuestra conveniencia para obtener la geometría deseada. Este programa presenta las opciones para dibujar líneas con dimensión y dirección respectiva, permitiendo de esta manera, dibujar la geometría para el análisis.

El programa también nos permite importar la geometría desde otros programas como AUTO CAD, entre otros.

La geometría del modelo se la obtiene gracias a la opción de crear un Nuevo Modelo. En la ventana que aparece, se debe indicar las unidades en las que se va a trabajar, las cuales son kgf, m y C, como ya se mencionó anteriormente. En cuanto a la geometría, el programa presenta la posibilidad de partir de una plantilla. La opción Grid Only es la más adecuada

ya que permite graficar una cuadrícula con divisiones y distancias entre líneas, cuyos valores pueden ser modificados a conveniencia.

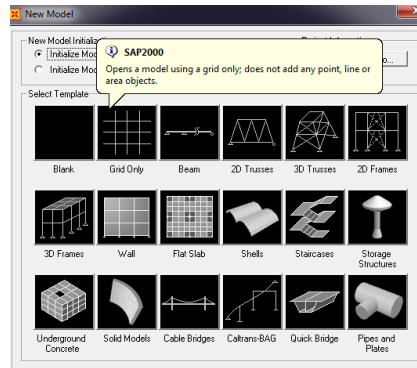


Ilustración 35: Nuevo Modelo Grid Only

A través del botón Edit Grid, se puede modificar aún más la cuadrícula con el fin de facilitar la obtención del gráfico del modelo para la estructura por analizar.

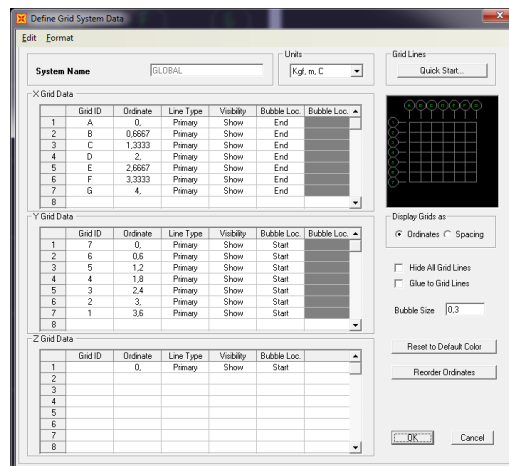


Ilustración 36: Opción Edit Grid

Con la cuadrícula ya definida, se procede a dibujar el modelo de la estructura como formada por elementos simples, es decir, utilizando líneas para indicar elementos Frame.

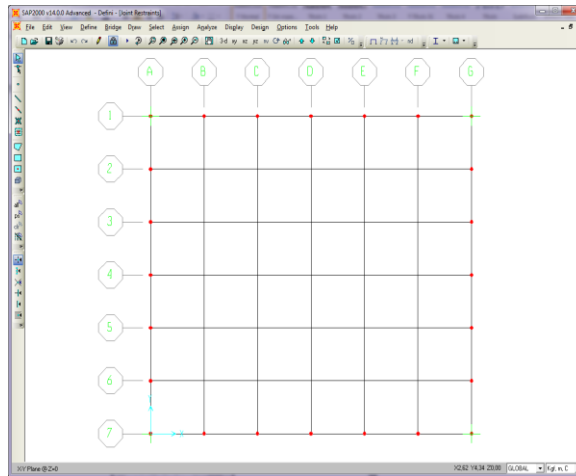


Ilustración 37: Modelo de la geometría de la estructura por diseñar

DEFINICIÓN DE PROPIEDADES

En esta etapa se definen los materiales de los elementos que se van a utilizar, las secciones que serán asignadas para los elementos frame según las necesidades y las cargas que serán aplicadas al modelo, ya sean cargas estáticas o combinaciones de cargas, las cuales serán especificadas a continuación.

Para definir las propiedades de los materiales se ocupara los mismos datos del programa para el acero ya que no existe diferencia considerable al momento de realizar el diseño y la variación de los resúltanos es mínimo; se elegirá el material name A992fy50.

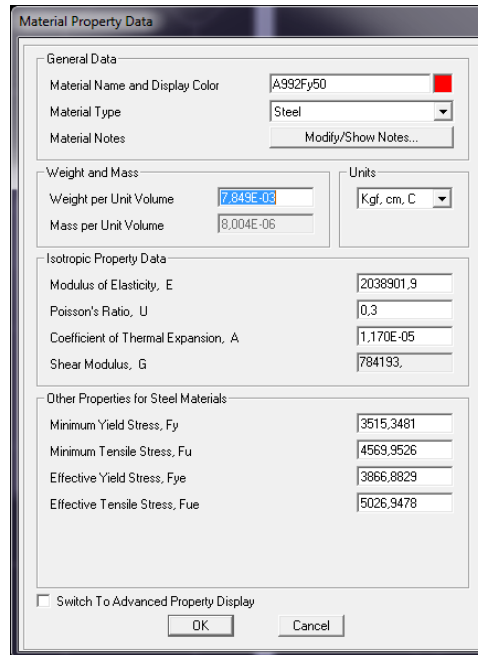


Ilustración 38: Propiedades del Acero

Definición de secciones

En el mercado existe gran variedad de perfiles, ya sean de fabricación europea, americana, entre otras. El programa tiene enlistados y grabados en archivos los tipos de perfiles de acuerdo a la norma según la cual han sido fabricados. En el Ecuador, se tiene disponibilidad de gran variedad de perfiles fabricados según la norma europea, por lo cual, las secciones que serán asignadas a los elementos frame corresponderán a dichos perfiles.

El diseño de la estructura en el programa involucra la selección del perfil más adecuado de una lista de perfiles opcionados. Para ello, en el programa se debe indicar de donde debe éste seleccionar dicho perfil, con lo cual, en la opción Define-Frame Sections se importa desde la biblioteca del mismo programa la lista de perfiles fabricados según la norma europea.

En la opción Define-Frame Sections, se definen dos elementos principales que forman la estructura:

- El Tubo Cuadrado de 40x40 mm
- El Tubo Rectangular de 40x80 mm

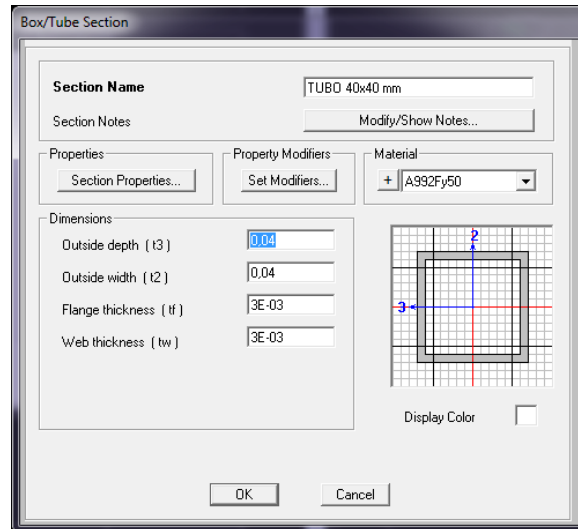


Ilustración 39: Definición Tubo Cuadrado

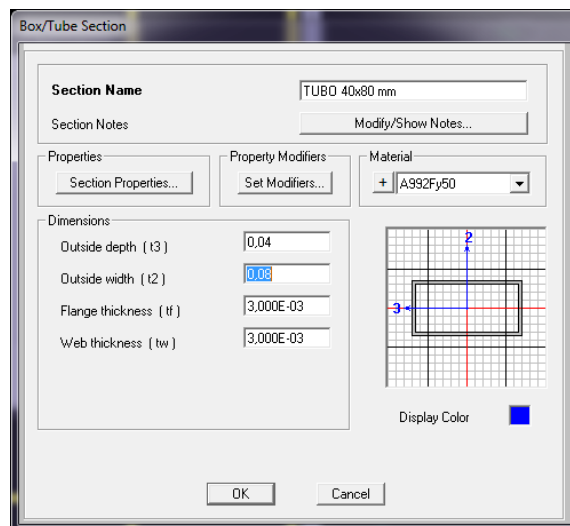


Ilustración 40: Definición Tubo Rectangular

Y por último se definirá la Plancha metálica de 6mm de espesor como una sección de área, hay que tomar en cuenta aquí que el programa nos da varias alternativas de elegir nuestro elemento como son:

- Membrane:

Solo se deforma en su plano por lo que no permite deformaciones fuera del mismo. Cuando se unen dos de estos elementos quedan articulados en sus nodos.

- Plate:

Al contrario que el membrane este elemento no se deforma en su plano. Cualquier carga en su plano genera su inestabilidad.

- Shell:

Permite deformación dentro y fuera de su plano. A diferencia del elemento "membrane" se vincula de manera empotrada entre si y a las vigas. Este elemento se puede usar en sustitución del elemento membrane y plate.

- Shell thin:

El elemento thin como su nombre lo indica se usa para elementos de espesor pequeño, generalmente $L/h > 20$, siendo L la longitud en dirección a la flexión del elemento y h la altura, en losas armadas en dos direcciones se debe usar la longitud menor. Cuando se usa shell thin el programa no contempla en el análisis las deformadas por corte.

- Shell thick:

En este caso el programa considera las deformaciones por corte, se puede usar para cualquier espesor pero generalmente para elementos gruesos.

En conclusión se puede usar un elemento shell, bien sea thin o thick dependiendo del espesor.

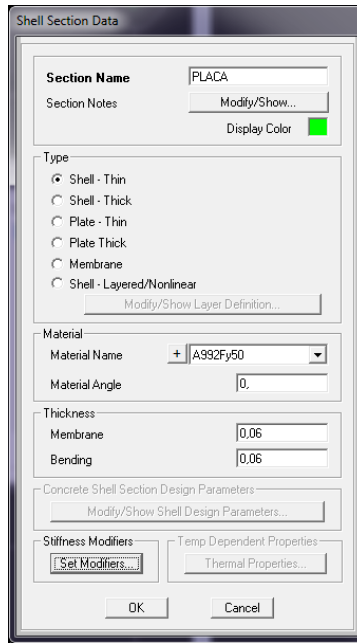


Ilustración 41 Definición Plancha

Definición de estados de carga

En esta etapa se pretende definir los estados de carga que luego van a ser aplicadas en el modelo de estructura a diseñar en este proyecto. Se entiende como estados de carga las fuerzas, presiones, momentos, etc, a los que va a estar sometida la estructura. Estas cargas se ejercen por acción del propio peso de los elementos que constituyen la estructura, por acción de la maquinaria o el personal de trabajo y por la acción de eventos naturales como viento, sismo o granizo.

Utilizando la opción Define-Load Cases, en el programa se definen los siguientes estados de carga: muerta, viva, viento, sismo, granizo. Se debe considerar un factor denominado Multiplicador de Peso Propio. Dicho factor multiplicador especifica qué porción del peso propio debe ser incluida en un estado de carga.

El multiplicador de peso propio con valor de 1 significa que todo el valor del peso propio será incluido en el estado de carga. En el caso de multiplicador de peso propio con valor de 0.5 indica que se incluirá la mitad del valor propio en el estado de carga. Normalmente se debe especificar el multiplicador de peso propio con valor de 1 solo a un estado de carga y

los otros estados tendrán el multiplicador con valor de cero. De esta manera se evita aplicar dos o más veces la carga del peso propio de la estructura permitiendo así la obtención de resultados válidos y correctos en el programa.

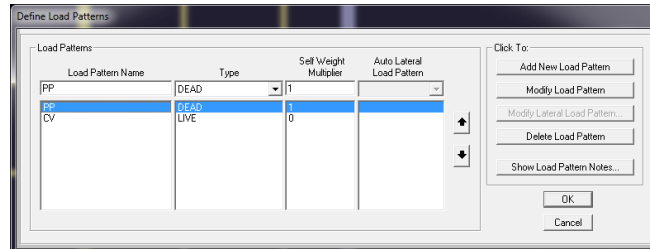


Ilustración 42: Definición de los estados de carga

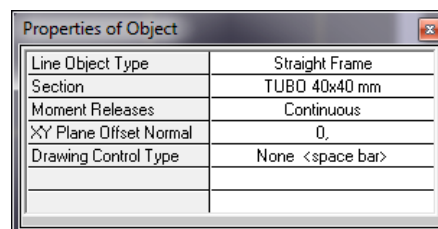
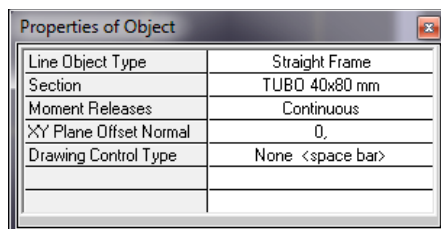
ASIGNACIÓN DE PROPIEDADES

En esta etapa se asignan el tipo de sección a los elementos frame que constituyen la estructura así como la liberación de esfuerzos de los elementos que lo requieran.

También se asignan varias propiedades al modelo, como las restricciones de grados de libertad en las juntas o en los apoyos, de acuerdo a las necesidades.

Asignación de perfiles.

Los perfiles son asignados a los elementos frame de acuerdo a los grupos a los cuales cada elemento pertenece.



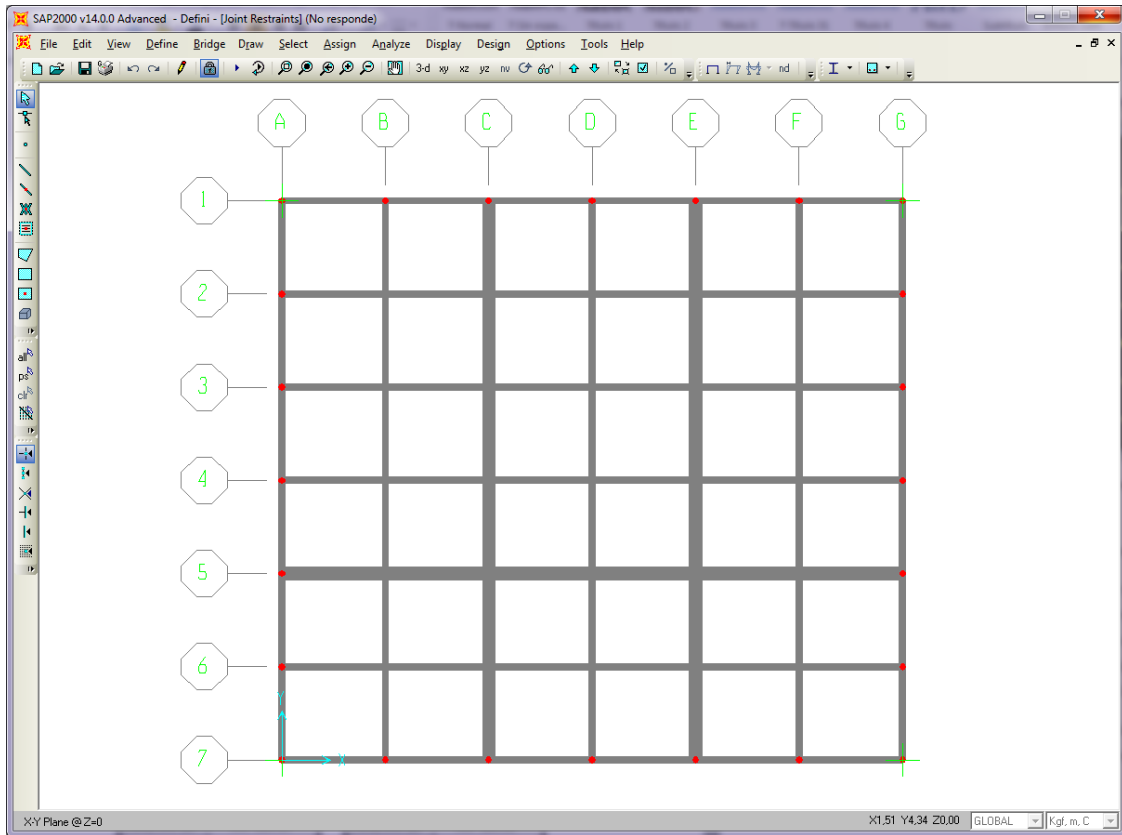


Ilustración 43: Asignaciones elementos frame a la estructura

Restricciones de grados de libertad en los apoyos.

Cada junta realizada tiene en total seis grados de libertad, es decir que puede deformarse o desplazarse de seis maneras: traslación en los ejes X, Y y Z; rotación alrededor de los ejes X, Y y Z. De acuerdo a la función específica, los grados de libertad de la junta pueden ser restringidos. Las restricciones siempre son aplicadas de acuerdo al sistema de coordenadas local de la junta, las cuales son 1, 2 y 3 igual que los ejes X, Y y Z respectivamente.

Las restricciones son asignadas a las juntas utilizando la opción Assign-Joint- Restraints. En la ventana de diálogo de esta opción se seleccionan los grados de libertad que serán restringidos para la conexión o junta.

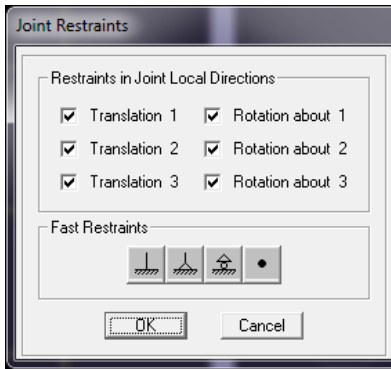


Ilustración 44: Asignación de restricciones a los apoyos

ASIGNACIÓN DE CARGAS

En esta etapa del proceso de diseño en el programa, se procede a asignar las cargas que serán aplicadas sobre la estructura. Es muy importante que las cargas sean asignadas correctamente y específicamente a los elementos que las soportarán. Los valores correctos y factores apropiados definirán un diseño coherente.

Las cargas pueden ser puntuales (fuerzas o momentos) o distribuidas de acuerdo a su forma de actuar en los elementos sobre los cuales son aplicadas, considerando dirección y sentido de trabajo, es decir de acuerdo a los ejes locales o principales según sea el caso. Las cargas puntuales serán colocadas en los puntos en los que se serán aplicadas y las distribuidas son colocadas a lo largo: *Solo consideraremos la carga obtenida en la Pagina 119, el peso propio del hormigón hacia la estructura y no se aplicaran combinaciones de cargas ya que la estructura se rigidizara luego con anclajes.*

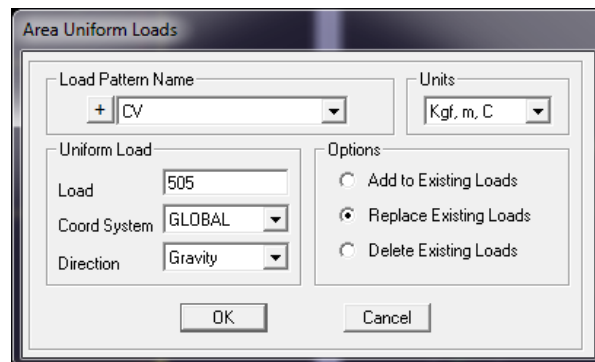


Ilustración 45: Asignación de Cargas

ANÁLISIS EN EL PROGRAMA

A través de la opción Analyze-Run Analysis, aparece la ventana de diálogo en la que el programa indica los estados de carga que serán considerados para el respectivo análisis.

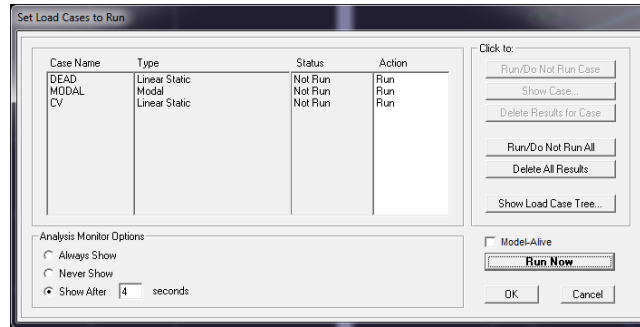


Ilustración 46: Ejecución del análisis

Para la ejecución del programa, se selecciona el botón Run Now. La ejecución del análisis es automática y demorará unos momentos, luego de los cuales se podrá llevar a cabo la visualización de resultados.

VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del análisis del programa se los puede visualizar da varias maneras. El usuario del programa escoge la forma en la que le sea más fácil la interpretación de los valores o gráficos que el programa pone a disposición para representar los resultados.

Figura deformada.

Una vez que el análisis del programa haya concluido, el programa de manera inmediata presenta en la pantalla el modelo de manera deformada pero no en dimensiones reales, ya que a través de esta representación gráfica el programa pretende dar un indicio de los efectos de la acción de las cargas aplicadas sobre los elementos que las sostienen.

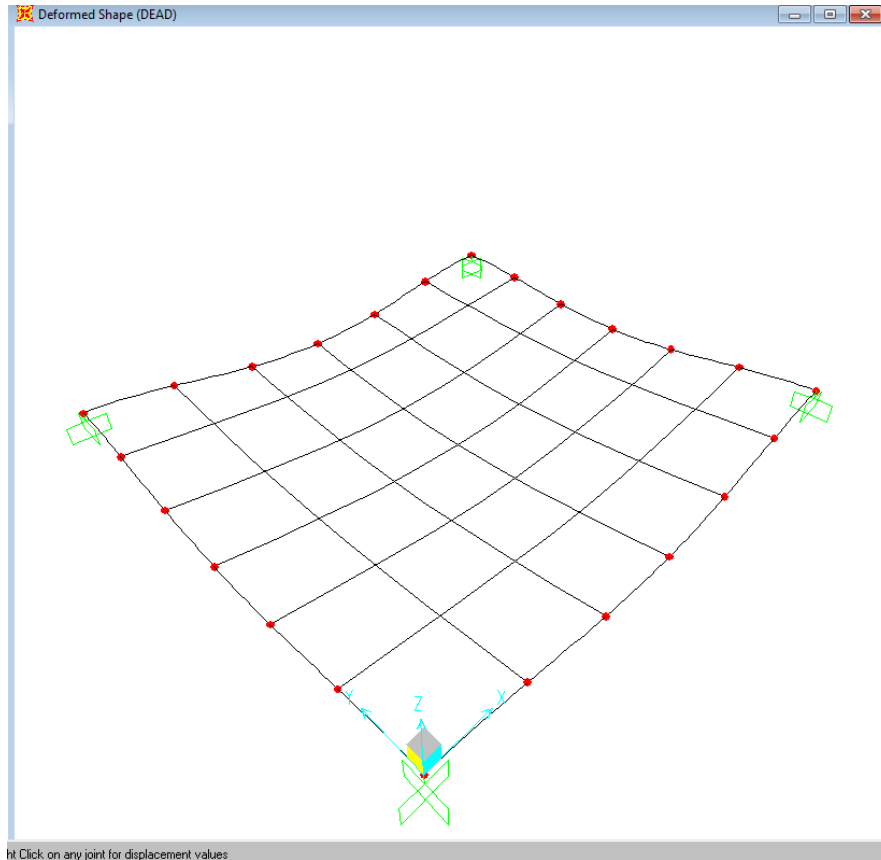


Ilustración 47: Visualización del modelo deformado

Diagramas de esfuerzos para los elementos.

A través de la opción Display-Show Forces/Stresses- Frames/Cables aparece una ventana de diálogo en la que se puede escoger el estado o combinación de carga de la cual se desea visualizar los resultados. Con la activación de la opción Show Values on Diagram en la mencionada ventana de diálogo, se permite la visualización de los valores numéricos que corresponden a las fuerzas axiales y momentos que están siendo aplicados sobre los elementos. Al hacer clic derecho sobre el elemento de interés, aparece una ventana en la que el programa muestra diagramas de fuerza cortante, momento y deflexión máximos que soporta el elemento en cuestión. Ilustración 48. Esta manera de visualización de resultados es muy conveniente ya que permite interpretar los datos de manera rápida y confiable.

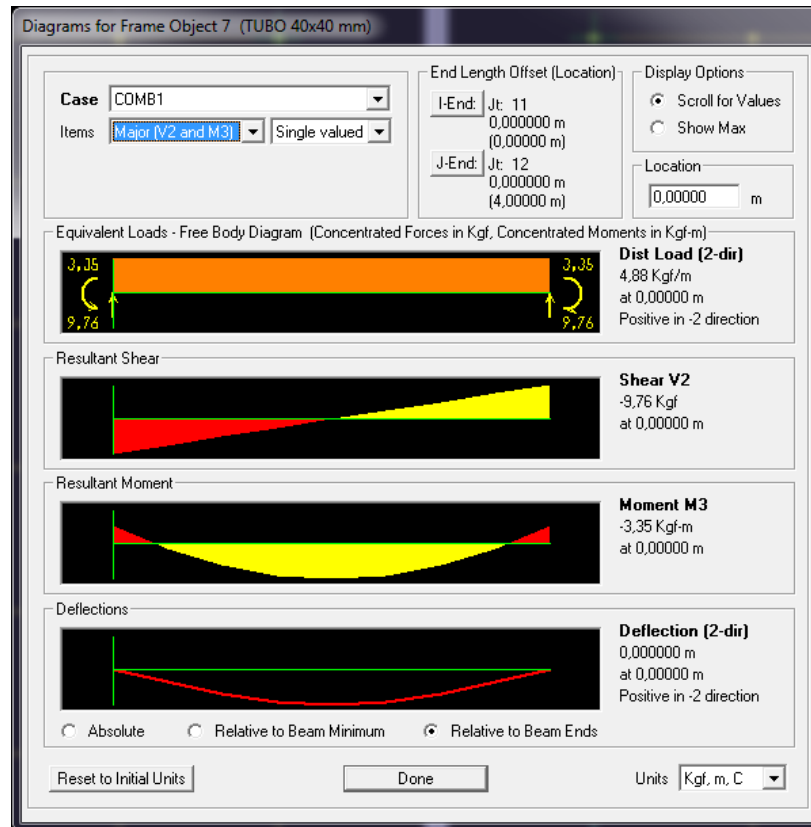


Ilustración 48 Visualización resultados a través de ventana de diagramas

Otra forma de visualización de resultados es la observación de los diagramas sobre los mismos elementos. Esto es a través de la opción Display-Show Forces/Stresses - Frames/Cables. En la ventana de diálogo que aparece se activa la opción Fill Diagram, se escoge el estado de carga o combinación de la cual se desea visualizar los resultados y el componente que se desea analizar (momentos, cortantes, fuerzas axiales). La visualización de los resultados se hará a través de los diagramas dibujados sobre los elementos de interés.

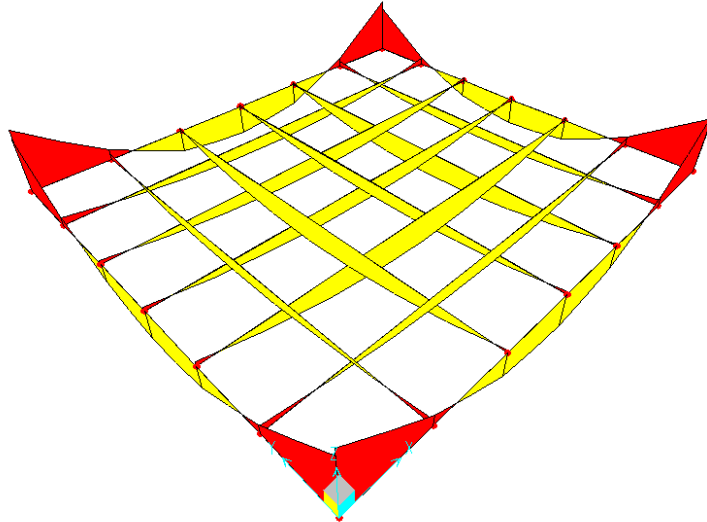


Ilustración 49 Visualización diagramas de momento alrededor eje 3-3

Visualización de tablas de resultados

Los resultados del análisis también se los puede visualizar a través de tablas que el programa pone a disposición. La conexión del programa SAP 2000 con EXCEL permite la transferencia de datos hacia éste último para formar tablas. A través de la opción Display-Show Tables, se abre una ventana de diálogo en la que se permite escoger la tabla con los resultados que son de interés del usuario. }

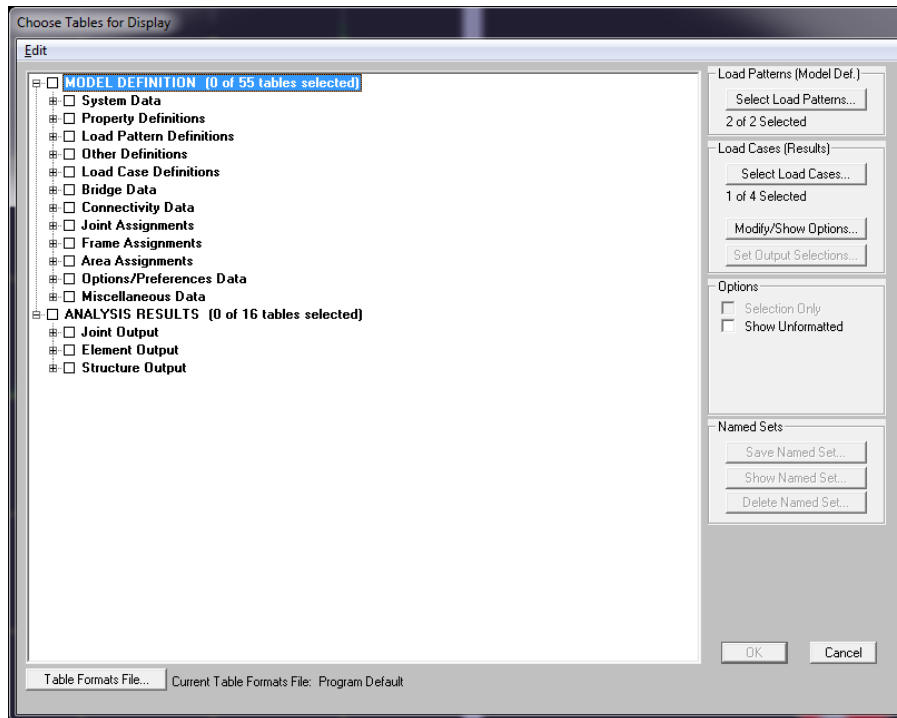


Ilustración 50: Tablas de resultado del análisis del modelo

SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE INTERÉS

Una vez terminado el respectivo análisis, el programa SAP indica al usuario los elementos que fallan debido a los esfuerzos que se ejercen sobre ellos. Esto es a través de la opción Design-Steel Frame Design-Start design /Check of structure, la cual inicia un proceso de verificación de los elementos que conforman la estructura.

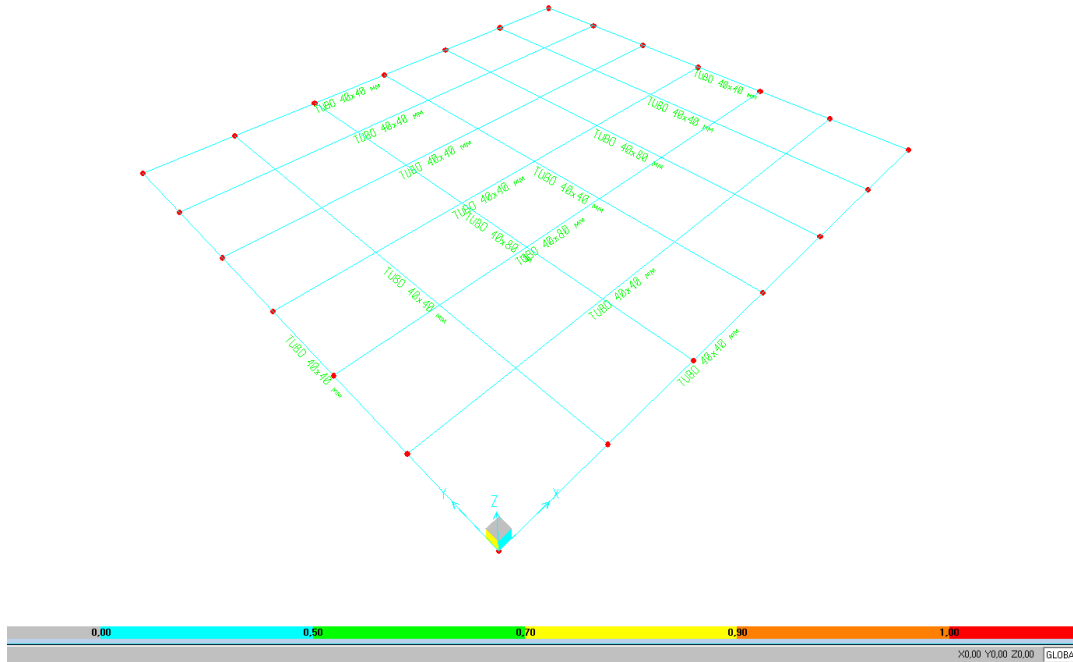


Ilustración 51: Visualización de los elementos con sus respectivas secciones

Al finalizar esta etapa, el programa indica los elementos que fallan utilizando una gama de colores en la cual, los elementos en color rojo son los más críticos. Por ello, el diseño se enfoca en modificar las propiedades necesarias en dichos elementos para luego realizar un nuevo análisis y que estos elementos cumplan con los requerimientos de carga.

RESULTADOS

Los espesores nominales en que deben fabricarse los perfiles son de 3, 6, mm.

El tablero debe ser lo suficientemente resistente como para soportar una carga de 500kg/m^2 pagina 112 y no tener una flecha mayor a 11.11mm según el código de la construcción que dice que la deflexión máxima $d_{\text{max}}=L/360$

Las tolerancias máximas son de $\pm 0.21\text{mm}$ para 3mm, $\pm 0.27\text{mm}$ para 6mm.

La flecha vertical y lateral no puede ser mayor al 0.2% de la longitud total. Para una longitud de 4m no puede ser mayor a 8 mm.

Según los datos obtenidos en el Programa Sap 2000 las barras más críticas son:

Frame	V kg	T kg-m	M kg – m	U m
3	34.54	6.03	23.75	0.004924
9	37.08	6.01	25.16	0.006938

El diseño es óptimo para un buen desempeño y funcionamiento del mismo; está diseñado para soportar el peso y el empuje del hormigón hacia el encofrado y a sus veces para resistir el peso de las guías y gatos hidráulicos, cualquier modificación de dimensiones de las Pilas del puente se tendrá que realizar un nuevo análisis para la validación del mismo.

6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO

Funcionamiento del encofrado deslizante auto-trepante

A continuación se detallara cómo será el funcionamiento en obra del encofrado deslizante que se divide en tres etapas:

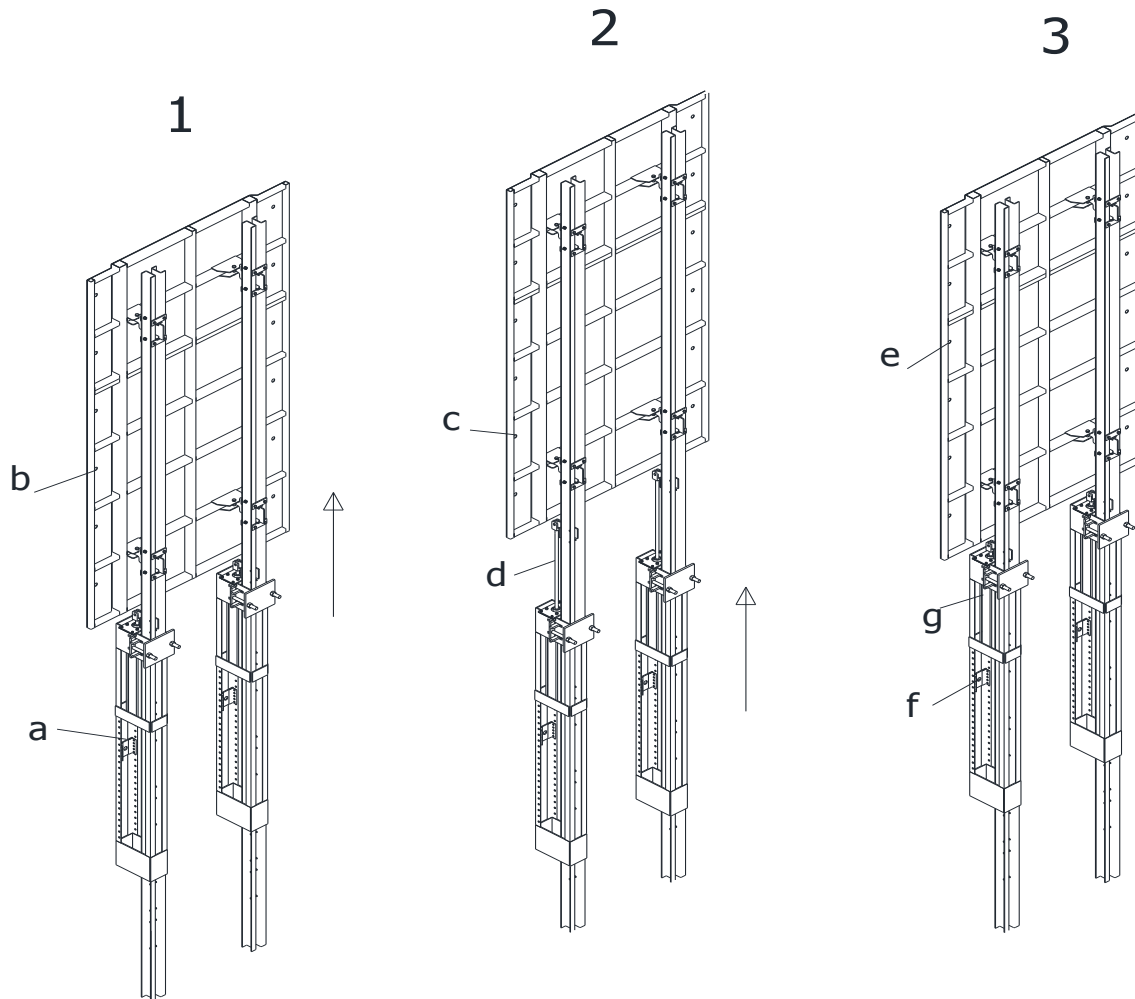


Ilustración 52: Funcionamiento encofrado deslizante auto-trepante

Etapa 1

En esta etapa solo servirá para la sujeción del encofrado, hacia el hormigón endurecido (a) donde se utilizará pernos de anclaje y entre paneles de lado y lado con un anclaje que pasaran por los orificios de los paneles (b), luego se realizará la colocación del hormigón.

Etapa 2

Luego de la etapa 1, se procede a retirar los anclajes (c), y se dará funcionamiento a los gatos hidráulicos (d) con lo que se elevará los rieles y el panel del encofrado, mientras la guía permanecerá fija y anclada al hormigón (a).

Etapa 3

Terminando la elevación del panel se volverá a anclar los mismos (e), se quitan los pernos de anclaje de la guía fija (f), y se volverá activar el gato hidráulico (g) contrayéndose con lo que subirá solamente la guía.

Y nuevamente seguirá con un nuevo ciclo pasando por la etapa 1, 2, 3. Y así sucesivamente hasta conseguir la altura deseada.

6.7.1 PRESUPUESTO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Nombre del Proponente: Egdo. Bernardo Vintimilla

Obra: Elaboración Encofrado Deslizante Auto trepante para las torres del puente Quevedo

Hoja 1 de 1

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
1 PANEL ENCOFRADO				
Tubo Cuadrado 6m 40x40x3	kg	679.68	1.80	1,223.42
Tubo Rectangular 6m 80x40x3	kg	131.04	2.00	262.08
Planchas de 1220x2440	kg	2,243.36	0.45	1,009.52
Guías	kg	1,995.92	2.50	4,989.80
2 IMPLEMENTOS				
Equipo Accesorios	glb	1.00	6,000.00	6,000.00
3 PROCESO				
Montaje	kg	5,050	0.60	3,030.00
		TOTAL		16,604.82

Presupuesto encofrado deslizante auto-trepante

6.7.2 CRONOGRAMA

Trabajos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Confección del encofrado deslizante</i>	35 días								
<i>Montaje del encofrado deslizante</i>			15 días						
<i>Montaje de los gatos</i>					3 días				
<i>deslizamiento</i>						12 días			
<i>Desmontaje de los gatos</i>							10 días		
<i>Desmontaje de los encofrados deslizantes</i>							2 días		

Cronograma

6.8 ADMINISTRACIÓN

El control y la administración del proyecto están a cargo del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de la ciudad de Quevedo.

En la actualidad es la entidad que se encarga de las obras viales a realizarse en el Ecuador.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Para la previsión y evaluación se considera algunas especificaciones técnicas constructivas necesarias en la implantación de los elementos del encofrado deslizante auto trepante resumidas a continuación:

DESCRIPCIÓN

- Se entiende por encofrado las formas volumétricas que se confeccionan para dar la configuración final del concreto, que sea capaz de soportar con total seguridad todas las cargas verticales, los esfuerzos horizontales y la ejecución de vertido y vibrado del hormigón, con el fin de amoldarlo a la forma prevista y conseguir una estructura que cumpla con la resistencia, función, formas, líneas y dimensiones de los elementos especificados en planos y detalles del proyecto.

Materiales mínimos: tableros metálicos

Equipo mínimo: Herramienta menor, puntales y vigas metálicos, soldadora, andamios, sierra eléctrica.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, III y V.

CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES

REQUERIMIENTOS PREVIOS

- Determinación de las cargas vivas, muertas y esfuerzos que soportará el encofrado.
- Diseño y cálculo de los encofrados a utilizar, los que se sujetarán y tomará en cuenta como mínimo los factores que se indican en el Capítulo 6. Sección 6.1. Diseño de encofrados, del Código Ecuatoriano de la Construcción, Quinta edición, 1993.
- El diseño deberá indicar la forma para el ensamble, arrostramiento, apuntalamiento y desarmado de los encofrados, el que debe ser ágil y rápido. Igualmente el diseño considerará el tamaño y peso de los elementos de los encofrados, los que deberán estar de acuerdo con los medios que el constructor tenga para su movimiento y colocación en sitio. Este diseño será presentado a la fiscalización, con la debida anticipación a la ejecución de los trabajos, para su aprobación.

- Prever el cumplimiento de las tolerancias máximas permitidas para la fabricación y colocación del concreto: se observará a menos que fiscalización o las especificaciones estructurales determinen lo contrario, lo establecido en el manual 117-90 de la A.C.I. (American Concrete Institute) secciones 3 a la 14.
- Todos los encofrados serán rígidos, resistentes, impermeables al mortero y limpios.
- Los enlaces o uniones de los distintos componentes de los encofrados, serán sólidos y sencillos, de modo que su montaje y desmontaje se ejecute con facilidad.
- Ejecutar la nivelación, replanteo y escuadrado de la ubicación de los encofrados, previo a su inicio.
- Se presentarán muestras del acero para encofrados y de los tableros realizados conforme los diseños de detalle, cuando el elemento de hormigón a fundir, dispondrá de un acabado de superficie vista.
- El constructor garantizará la estabilidad y resistencia de los encofrados y su forma de arriostramiento y apuntalamiento y en ningún caso será relevado de responsabilidad de los resultados obtenidos con el uso de los planos de encofrados aprobados por la fiscalización.
- Revisión de planos y ubicación de todas las instalaciones y conductos que se incorporarán con la ejecución de los encofrados.
- Previo al diseño y ejecución de los encofrados se revisará y tomará en cuenta la Guía de práctica INEN-GP 16: Guía práctica. Diseño y construcción de encofrados.

SOLDADURA PANELES METALICOS

- El soldado de los elementos que se realizarán son los Tubos cuadrados a la plancha para conformar los paneles del encofrado se utilizará soldadura Mig Mag; la soldadura por arco

bajo gas protector con electrodo consumible es un proceso en el que el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, estando protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte (proceso MIG) o por un gas activo (proceso MAG).

- El proceso puede ser:

- Semiautomático: La tensión de arco, la velocidad de alimentación del hilo, la intensidad de soldadura y el caudal de gas se regulan previamente. El avance de la antorcha de soldadura se realiza manualmente.

- Automático: Todos los parámetros, incluso la velocidad de soldadura, se regulan previamente, y su aplicación en el proceso es de forma automática.

- Robotizado: Todos los parámetros de soldeo, así como las coordenadas de localización de la junta a soldar, se programan mediante una unidad específica para este fin. La soldadura la efectúa un robot al ejecutar esta programación.

- Este tipo de soldadura se utiliza principalmente para soldar aceros de bajo y medio contenido de carbono, así como para soldar acero inoxidable, aluminio y otros metales no férricos y tratamientos de recargue.

Fuente: www.sunarc.com

ANCLAJE DE LOS ENCOFRADOS

- Para los anclajes de los encofrados se utilizarán un diámetro de 30mm con longitud de barra de anclaje de 4 m y 2,5 m, para eliminar fugas de hormigón se utilizará tubos plásticos o mangueras, que envuelvan la barra de anclaje, tapados con tapones de cierre

DURANTE LA EJECUCIÓN

- Para la fabricación y pruebas de resistencia de los encofrados ejecutados, se regirá a lo estipulado en la Sección 503. Hormigón estructural. Numeral 503-4.01. Obra falsa y

encofrados, de las Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes del MOP.

- En la construcción de encofrados se verificará la ejecución de las ranuras, orificios, pasos, así como muescas y otras necesarias, relacionados con otros trabajos, así como el empotramiento de elementos que quedarán embebidos en el hormigón. Se observará lo determinado en el Capítulo 6. Sección 6.3. Tuberías y conductos embebidos en el hormigón, del Código Ecuatoriano de la Construcción, Quinta edición, 1993.
- Verificación de todas las juntas, las que deberán ser verticales con los acanalados (juntas de construcción) para fundiciones posteriores.
- Revisión y verificación de los enlaces o uniones de los diferentes elementos que conforman el encofrado, lo que serán sólidos y sencillos, de modo que su montaje y desmontaje se verifique con facilidad.
- La construcción de los encofrados se ejecutará de forma que permita su remoción sin martilleo o uso de palancas contra el hormigón.
- Fiscalización podrá modificar el sistema en general si a su juicio no reúnen las condiciones de seguridad y eficiencia exigidas.
- Las superficies interiores deberán estar totalmente limpias y humedecerse antes de la colocación del hormigón.
- Para facilitar el desencofrado se puede utilizar aditivos para moldes, los que estarán exentos de sustancias perjudiciales para el hormigón y acero de refuerzo; además que no mancharán y se aplicará previo al armado de los encofrados y la colocación de los refuerzos.

- Mientras se ejecuta el armado del encofrado y al concluir éste, se verificará la nivelación, aplomado, apuntalamiento y escuadrado de la estructura, con la limpieza total posterior.
- Para el armado del hierro, se preverán los recubrimientos mínimos para hormigón armado y fundido en obra, determinados en la sección 7.7.1 del Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición, 1993.

POSTERIOR A LA EJECUCIÓN

- El inicio del desencofrado tendrá el visto bueno de fiscalización, luego de verificada la resistencia del hormigón; además que se registrará a lo especificado en Hormigón estructural. Numeral 503-4.04. Remoción de encofrados y obra falsa de las “Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes del MOP”, y a las especificaciones detalladas en el Capítulo 6. Sección 6.2. Desencofrados y retiro de puntales, del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C), Quinta edición, 1993.
- Antes de reutilizar un encofrado debe limpiarse con cepillo de alambre, para eliminar el mortero que haya podido quedar adherido y realizar cualquier reparación que éstos necesiten.
- Los tableros de madera contrachapada se usarán con un máximo de cuatro ocasiones, mientras que los de duela por seis ocasiones, previa la aprobación de fiscalización para su reutilización.

EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN

- El diseño y cálculo de los encofrados tomará en cuenta al menos los siguientes factores:
a): velocidad y método de colocación del hormigón; b): cargas de construcción, incluyendo cargas verticales, horizontales y de impacto; c): requisitos especiales del encofrado, necesarios para la construcción de cascarones, placas plegadas, domos, hormigón arquitectónico u otros tipos semejantes de elementos. (C.E.C.: 6.1: Diseño de encofrados).

Adicionalmente se observará lo determinado por las especificaciones estructurales y la fiscalización

- Una vez aprobado el diseño de los encofrados se procederá a su ejecución. La madera que se utilice en la fabricación será de buena calidad y exenta de ojos, los cuales debilitan la resistencia de la misma.
- La elaboración de los tableros se realizará del tamaño adecuado que permita el manejo manual de los obreros durante el encofrado y desencofrado de éstos o por los medios adicionales que el constructor implemente en obra.
- Fiscalización podrá exigir pruebas de la estabilidad, resistencia y estancamiento del encofrado elaborado, las que deberán satisfacer totalmente, para ser aprobados y continuar con la colocación del acero de refuerzo y hormigonado.
- Para proceder con el desencofrado se solicitará la autorización de fiscalización, la que será en coordinación con los resultados que se indiquen en las pruebas y ensayos de los hormigones correspondientes.

GATOS HIDRAULICOS

- Los gatos hidráulicos serán elegidos para que puedan elevar la estructura del encofrado, la longitud de carrera en cilindros no debe exceder de 2000mm. Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el mismo sistema no resulta económico por el elevado consumo de aire.
- La velocidad media, en cilindros estándar, está comprendida entre 0.1 y 1.5 m/s.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1.- BIBLIOGRAFÍA

- Los Encofrados Deslizantes Técnicas y Utilización., *Tudor Dinescu, Andrei Sandru, Constantin Radulescu.*
- Encofrados Cálculo y Aplicaciones en Edificaciones y Obras Civiles *M.J. Ricouard.*
- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (*ACI 318S-05*) y *Comentario (ACI 318R-05).*
- Encofrados Monografías de la Construcción *Juan Somavilla.*
- Estructuras Metálicas, *E. Gustin J. Diehl.*
- Soldadura Mig Mag *www.esmijovi.com/wp-content/uploads/.../soldadura-MIG.pdf*
- Ulma Construcción *http://www.ulma-c.com.pe/Inicio/Home.aspx*
- Manual Práctico del Encargado en Obra, Edificación, *Sara Elena Meñendez Fernandez Yolanda Velasco Antuña.*
- Hormigón Armado, *Alfredo Páez.*
- El estudio que se realizará se basara al código ACI 318 del año 2005 es decir el
- Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes del MOP.
- Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C), Quinta edición, 1993.
- Gatos Hidráulico. *http://www.directindustry.es/.*

2.- ANEXOS

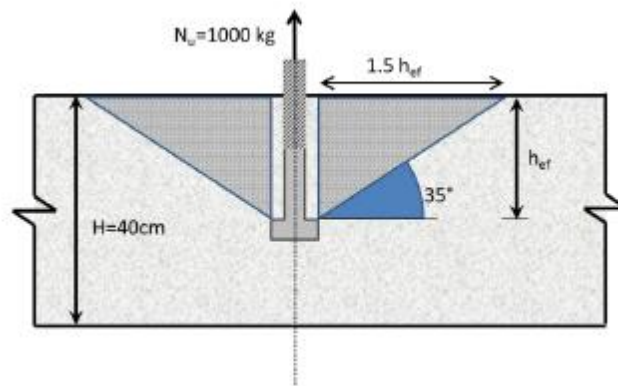
- Catálogo de Acero Dipac
 - Tubería
 - Planchas
- Catálogo Gato Hidráulico
- Fotos Elaboración encofrados, Gatos, Guías, etc.
- Planos
 - Sistema de encofrado deslizante,
 - Vistas encofrado deslizante,
 - Detalles guías fijas, gato neumático,
 - Detalle rieles dispositivos de conexión,
 - Detalle conexión rieles tablero,
 - Detalles conexión gato rieles,
 - Elementos sujeción guías hormigón,
 - Puente sección transversal cotas.

ANEXO A

EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN SISTEMA DE ANCLAJE CON UN SOLO PERNO

Diseñar un bulón de acero A36 con cabeza, preinstalado en una plataforma con una losa de concreto (para nuestro caso en vez de losa es la pared de hormigón ósea la torre del puente por lo cual es igual) sin refuerzo en la sección de instalación con un $f'c$ de 350 kg/cm^2 y una altura de 40 cm . que soportará a tracción una carga última de 1000 kg . Calculada según las combinaciones de carga del capítulo 9 del ACI-318.08

$N_u = 1000 \text{ kg}$.



$$\Phi N_{sa} \geq N_{ua}$$

$$\Phi = 0.75 \text{ tracción}$$

$$N_{sa} = n A_{se} f_{uta}$$

$$n = 1$$

$$f_{uta} = 4080 \text{ kg/cm}$$

$$A_{se} = \frac{N_{ua}}{\Phi f_{uta}} = \frac{1000}{0.75 \times 1 \times 4080}$$

$$A_{se} = 0.296 \text{ cm}^2$$

De la tabla de aceros, se toma el $A_{se} \geq A_{se}$ calculado

Diametro anclaje mm 9.53

Area bruta del anclaje cm^2 0.71

Area efectiva del anclaje (A_{se}) cm^2 0.50

De donde el A_{se} de la tabla elegido es el de 0.50 cm^2 que corresponde a un perno de diámetro 9.53 mm. que es $\approx 3/8$ in

Se determina la longitud de empotramiento (h_{ef}) requerida en base al desprendimiento del hormigón del anclaje

$$h_{ef} = \left(\frac{N_{ua}}{\Phi \psi_{cn} K_c \sqrt{f_c}} \right)^{2/3}$$
$$h_{ef} = \left(\frac{1000}{0.7 \times 1 \times 10 \sqrt{350}} \right)^{2/3}$$

$$h_{ef} = 3.877 \text{ cm.}$$

A continuación se determina el tamaño de la cabeza:

$$\Phi N_{pn} \geq N_{ua}$$

En todos los casos para la tracción se utiliza

$$\Phi = 0.7$$

$$N_{pn} = \Psi_{c,P} N_p$$

$$A_{brg} = \frac{N_{ua}}{\Phi \psi c p 8 f'c}$$

$$A_{brg} = \frac{1000}{0.7 \times 1 \times 8 \times 350}$$

$$A_{brg} = 0.51 \text{ cm}^2$$

Comparamos con la tabla de pernos

Diámetro del anclaje (do)(in.)	Diámetro del anclaje mm.	Area efectiva del anclaje (Ase)(cm ²)	Superficie de apoyo de las cabezas y tuercas (A _{brg})(cm ²)			
			Cuadrada	Cuadrada pesada	Hexagonal	Hexagonal pesada
0.250	6.35	0.21	0.92	1.30	0.75	1.08
0.375	9.53	0.50	1.81	2.34	1.06	1.93
0.500	12.70	0.92	2.99	3.67	1.88	3.01
0.625	15.88	1.46	4.47	5.30	2.93	4.33
0.750	19.05	2.15	5.32	7.23	4.22	5.88
0.875	22.23	2.98	7.23	9.45	5.75	7.66
1.000	25.40	3.91	9.45	11.97	7.50	9.68
1.125	28.58	4.92	11.96	14.78	9.50	11.94
1.250	31.75	6.25	14.37	17.89	11.72	14.43
1.375	34.93	7.48	17.86	21.29	14.19	17.15
1.500	38.10	9.10	21.26	24.99	16.88	20.12

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/24616185/CATALOGO-TECNICO-PERNOS-Y-TUERCAS>

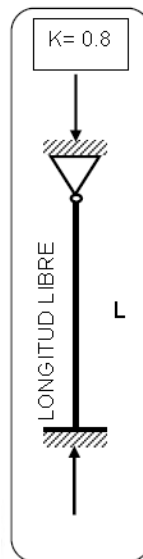
TUERCAS

Como las áreas de la superficie de apoyo son mayores a la requerida se puede utilizar cualquier tipo de cabeza.

ANEXO B

VERIFICACION PANDEO BARRAS

El modelo a verificar será el de una barra empotrada con carga axial en el eje de la misma, con un extremo y el otro con un apoyo simple para estos casos consideran un factor de esbeltez $k=0.80$,



La esbeltez de la barra está definida por las siguientes fórmulas:

$$Esbeltez = \frac{kxL}{r}$$

$$\lambda = \frac{kL}{\pi r} \sqrt{\frac{Fy}{E}}$$

Donde

- K Factor de esbeltez =0.80

- L longitud
 - R: radio de giro de la barra = 0.25 D
 - D diámetro de la barra = 25mm
 - λ_c función de Esbeltez
 - F_y Resistencia a la influencia para el acero 4,200 kg/cm²
 - E Módulo de Elasticidad 2,100.00 kg/cm²
- Cuando la barra transversal atraviesa vanos L=1.65m

$$\text{Esbeltez} = \frac{0.8 \times 1.65}{0.25 \times 0.025} = 211.20$$

$$\lambda = \frac{0.68 \times 1.65}{\pi \times 0.25 \times 0.25} \sqrt{\frac{4200}{2100000}} = 2.7504$$

Cuando $\lambda \geq 1.5$

$$\phi_c \times f_{cr} = 0.85 \frac{0.877}{\lambda^2 c} \times F_y$$

$$\phi_c \times f_{cr} = 0.85 \frac{0.877}{2.554^2} \times 4200 = 346.38 \text{ kg/cm}^2$$

La fuerza máxima admisible de la barra es

$$\phi \times P_n = \phi \times f_{cr} \times \text{area de la barra}$$

$$\phi \times P_n = 346.38 \times 4.91 = 1,700.7 \text{ kg}$$

Por lo tanto, para evitar que las barras de trepar fallen por pandeo cuando se atravesie vanos, deben soportar cargas menores a 1.70 Tn y ser arriostradas contra la estructura que se va ejecutando, aproximadamente cada 60cm

- Cuando hay 30 cm de concreto endurecido en el molde (L=1.35m)

$$Esbeltex = \frac{0.8 \times 1.35}{0.25 \times 0.025} = 172.8$$

$$\lambda = \frac{0.8 \times 1.35}{\pi \times 0.25 \times 0.25} \sqrt{\frac{4200}{2100000}} = 2.2503$$

Cuando $\lambda \geq 1.5$

$$\phi_c \times f_{cr} = 0.85 \frac{0.877}{\lambda^2 c} \times F_y$$

$$\phi_c \times f_{cr} = 0.85 \frac{0.877}{2.2503^2} \times 4200 = 517.43 \text{ kg/cm}^2$$

La fuerza máxima admisible de la barra es

$$\phi \times P_n = \phi \times f_{cr} \times \text{area de la barra}$$

$$\phi \times P_n = 517.43 \times 4.91 = 2,540.6 \text{ kg}$$

Por lo tanto, para evitar que las barras trepantes fallen por pandeo, deben soportar cargas menores a 2.54 Tn y procurar llevar el molde con una fragua constante de 30 cm. Sin embargo, como los gatos se calculan para trabajar cargas máximas de 2Tn, las barras no fallarían por pandeo.

Fuente:

http://www.frm.utn.edu.ar/metalias/Ciclo%202009/Guias%20de%20Estudio/CMM_Barras%20Comprimidas_FK_09.pdf

ANEXO C

DISEÑO PANEL METALICO SAP 2000 RESULTADOS

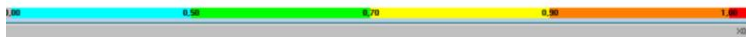
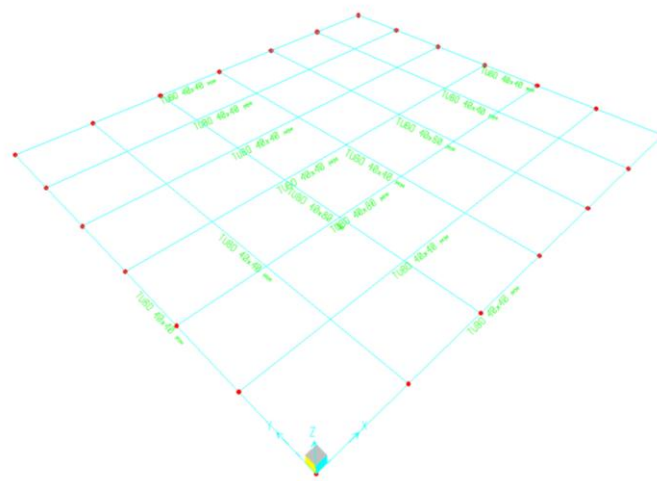
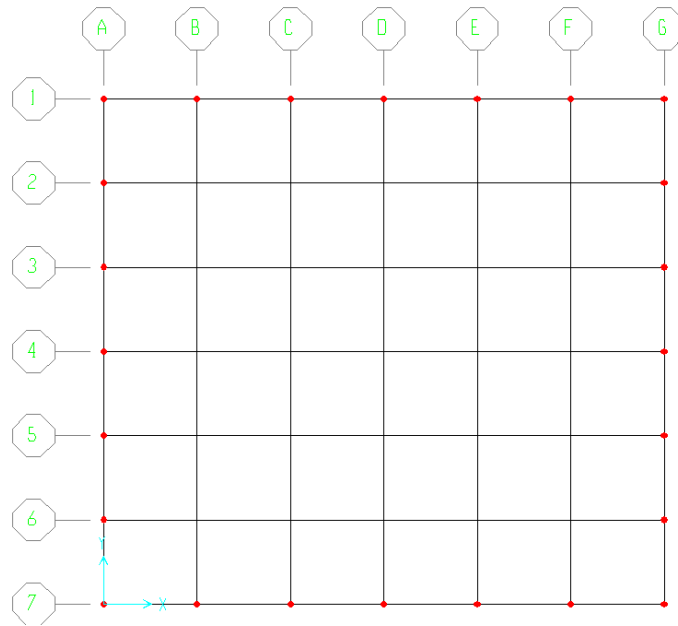


TABLE: Assembled Joint Masses

Joint	U1	U2	U3
Text	Kgf-s2/m	Kgf-s2/m	Kgf-s2/m
1	173,11	173,11	173,11
2	173,11	173,11	173,11
3	0,88	0,88	0,88
4	0,88	0,88	0,88
5	0,88	0,88	0,88
6	0,88	0,88	0,88
7	0,88	0,88	0,88
8	0,88	0,88	0,88
9	173,11	173,11	173,11
10	173,11	173,11	173,11
11	0,92	0,92	0,92
12	0,92	0,92	0,92
13	0,92	0,92	0,92
14	0,92	0,92	0,92
15	0,92	0,92	0,92
16	0,92	0,92	0,92
17	1,31	1,31	1,31
18	1,31	1,31	1,31
19	0,92	0,92	0,92
20	0,92	0,92	0,92
21	1,22	1,22	1,22
22	1,22	1,22	1,22
23	1,22	1,22	1,22
24	1,22	1,22	1,22

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Text	m
1	0	COMB1	0	-34,54	0	-6,03	0	-23,75	1-1	0
1	0,3	COMB1	0	-33,08	0	-6,03	0	-13,61	1-1	0,3
1	0,6	COMB1	0	-31,62	0	-6,03	0	-3,9	1-1	0,6
1	0,6	COMB1	0	-21,86	0	-2,69	0	-3,9	1-2	0
1	0,9	COMB1	0	-20,4	0	-2,69	0	2,43	1-2	0,3
1	1,2	COMB1	0	-18,93	0	-2,69	0	8,33	1-2	0,6
1	1,2	COMB1	0	-9,17	0	-0,74	0	8,33	1-3	0
1	1,5	COMB1	0	-7,71	0	-0,74	0	10,87	1-3	0,3
1	1,8	COMB1	0	-6,25	0	-0,74	0	12,96	1-3	0,6
1	1,8	COMB1	0	3,51	0	0,81	0	12,96	1-4	0
1	2,1	COMB1	0	4,97	0	0,81	0	11,69	1-4	0,3
1	2,4	COMB1	0	6,44	0	0,81	0	9,97	1-4	0,6
1	2,4	COMB1	0	21,47	0	2,65	0	9,97	1-5	0
1	2,7	COMB1	0	22,93	0	2,65	0	3,31	1-5	0,3
1	3	COMB1	0	24,4	0	2,65	0	-3,79	1-5	0,6
1	3	COMB1	0	34,16	0	6,01	0	-3,79	1-6	0
1	3,3	COMB1	0	35,62	0	6,01	0	-14,25	1-6	0,3
1	3,6	COMB1	0	37,08	0	6,01	0	-25,16	1-6	0,6
2	0	COMB1	0	-8,78	0	-9,637E-15	0	-2,53	2-1	0
2	0,45	COMB1	0	-6,59	0	-9,637E-15	0	0,93	2-1	0,45
2	0,9	COMB1	0	-4,39	0	-9,637E-15	0	3,4	2-1	0,9
2	1,35	COMB1	0	-2,2	0	-9,637E-15	0	4,88	2-1	1,35
2	1,8	COMB1	0	6,217E-16	0	-9,637E-15	0	5,37	2-1	1,8
2	2,25	COMB1	0	2,2	0	-9,637E-15	0	4,88	2-1	2,25
2	2,7	COMB1	0	4,39	0	-9,637E-15	0	3,4	2-1	2,7
2	3,15	COMB1	0	6,59	0	-9,637E-15	0	0,93	2-1	3,15
2	3,6	COMB1	0	8,78	0	-9,637E-15	0	-2,53	2-1	3,6
3	0	COMB1	0	-8,78	0	-2,228E-15	0	-1,08	3-1	0
3	0,45	COMB1	0	-6,59	0	-2,228E-15	0	2,38	3-1	0,45
3	0,9	COMB1	0	-4,39	0	-2,228E-15	0	4,85	3-1	0,9
3	1,35	COMB1	0	-2,2	0	-2,228E-15	0	6,33	3-1	1,35
3	1,8	COMB1	0	-1,865E-15	0	-2,228E-15	0	6,83	3-1	1,8
3	2,25	COMB1	0	2,2	0	-2,228E-15	0	6,33	3-1	2,25
3	2,7	COMB1	0	4,39	0	-2,228E-15	0	4,85	3-1	2,7
3	3,15	COMB1	0	6,59	0	-2,228E-15	0	2,38	3-1	3,15
3	3,6	COMB1	0	8,78	0	-2,228E-15	0	-1,08	3-1	3,6
4	0	COMB1	0	-8,78	0	1,368E-14	0	-2,53	4-1	0
4	0,45	COMB1	0	-6,59	0	1,368E-14	0	0,93	4-1	0,45

4	0,9	COMB1	0	-4,39	0	1,368E-14	0	3,4	4-1	0,9
4	1,35	COMB1	0	-2,2	0	1,368E-14	0	4,88	4-1	1,35
4	1,8	COMB1	0	-6,217E-16	0	1,368E-14	0	5,37	4-1	1,8
4	2,25	COMB1	0	2,2	0	1,368E-14	0	4,88	4-1	2,25
4	2,7	COMB1	0	4,39	0	1,368E-14	0	3,4	4-1	2,7
4	3,15	COMB1	0	6,59	0	1,368E-14	0	0,93	4-1	3,15
4	3,6	COMB1	0	8,78	0	1,368E-14	0	-2,53	4-1	3,6
5	0	COMB1	0	-34,54	0	6,03	0	-23,75	5-1	0
5	0,3	COMB1	0	-33,08	0	6,03	0	-13,61	5-1	0,3
5	0,6	COMB1	0	-31,62	0	6,03	0	-3,9	5-1	0,6
5	0,6	COMB1	0	-21,86	0	2,69	0	-3,9	5-2	0
5	0,9	COMB1	0	-20,4	0	2,69	0	2,43	5-2	0,3
5	1,2	COMB1	0	-18,93	0	2,69	0	8,33	5-2	0,6
5	1,2	COMB1	0	-9,17	0	0,74	0	8,33	5-3	0
5	1,5	COMB1	0	-7,71	0	0,74	0	10,87	5-3	0,3
5	1,8	COMB1	0	-6,25	0	0,74	0	12,96	5-3	0,6
5	1,8	COMB1	0	3,51	0	-0,81	0	12,96	5-4	0
5	2,1	COMB1	0	4,97	0	-0,81	0	11,69	5-4	0,3
5	2,4	COMB1	0	6,44	0	-0,81	0	9,97	5-4	0,6
5	2,4	COMB1	0	21,47	0	-2,65	0	9,97	5-5	0
5	2,7	COMB1	0	22,93	0	-2,65	0	3,31	5-5	0,3
5	3	COMB1	0	24,4	0	-2,65	0	-3,79	5-5	0,6
5	3	COMB1	0	34,16	0	-6,01	0	-3,79	5-6	0
5	3,3	COMB1	0	35,62	0	-6,01	0	-14,25	5-6	0,3
5	3,6	COMB1	0	37,08	0	-6,01	0	-25,16	5-6	0,6
6	0	COMB1	0	-36,46	0	4,24	0	-27,8	6-1	0
6	0,33335	COMB1	0	-34,83	0	4,24	0	-15,92	6-1	0,33335
6	0,6667	COMB1	0	-33,21	0	4,24	0	-4,58	6-1	0,6667
6	0,6667	COMB1	0	-24,43	0	1,71	0	-4,58	6-2	0
6	1	COMB1	0	-22,8	0	1,71	0	3,29	6-2	0,3333
6	1,3333	COMB1	0	-21,17	0	1,71	0	10,62	6-2	0,6666
6	1,3333	COMB1	0	-7,64	0	0,54	0	10,62	6-3	0
6	1,66665	COMB1	0	-6,02	0	0,54	0	12,9	6-3	0,33335
6	2	COMB1	0	-4,39	0	0,54	0	14,63	6-3	0,6667
6	2	COMB1	0	4,39	0	-0,54	0	14,63	6-4	0
6	2,33335	COMB1	0	6,02	0	-0,54	0	12,9	6-4	0,33335
6	2,6667	COMB1	0	7,64	0	-0,54	0	10,62	6-4	0,6667
6	2,6667	COMB1	0	21,17	0	-1,71	0	10,62	6-5	0
6	3	COMB1	0	22,8	0	-1,71	0	3,29	6-5	0,3333
6	3,3333	COMB1	0	24,43	0	-1,71	0	-4,58	6-5	0,6666
6	3,3333	COMB1	0	33,21	0	-4,24	0	-4,58	6-6	0

6	3,66665	COMB1	0	34,83	0	-4,24	0	-15,92	6-6	0,33335
6	4	COMB1	0	36,46	0	-4,24	0	-27,8	6-6	0,6667
7	0	COMB1	0	-9,76	0	4,352E-15	0	-3,35	7-1	0
7	0,5	COMB1	0	-7,32	0	4,352E-15	0	0,92	7-1	0,5
7	1	COMB1	0	-4,88	0	4,352E-15	0	3,97	7-1	1
7	1,5	COMB1	0	-2,44	0	4,352E-15	0	5,8	7-1	1,5
7	2	COMB1	0	6,839E-15	0	4,352E-15	0	6,41	7-1	2
7	2,5	COMB1	0	2,44	0	4,352E-15	0	5,8	7-1	2,5
7	3	COMB1	0	4,88	0	4,352E-15	0	3,97	7-1	3
7	3,5	COMB1	0	7,32	0	4,352E-15	0	0,92	7-1	3,5
7	4	COMB1	0	9,76	0	4,352E-15	0	-3,35	7-1	4
8	0	COMB1	0	-9,76	0	3,73E-15	0	-1,94	8-1	0
8	0,5	COMB1	0	-7,32	0	3,73E-15	0	2,33	8-1	0,5
8	1	COMB1	0	-4,88	0	3,73E-15	0	5,38	8-1	1
8	1,5	COMB1	0	-2,44	0	3,73E-15	0	7,21	8-1	1,5
8	2	COMB1	0	1,865E-15	0	3,73E-15	0	7,82	8-1	2
8	2,5	COMB1	0	2,44	0	3,73E-15	0	7,21	8-1	2,5
8	3	COMB1	0	4,88	0	3,73E-15	0	5,38	8-1	3
8	3,5	COMB1	0	7,32	0	3,73E-15	0	2,33	8-1	3,5
8	4	COMB1	0	9,76	0	3,73E-15	0	-1,94	8-1	4
9	0	COMB1	0	-9,76	0	-1,797E-15	0	-1,55	9-1	0
9	0,5	COMB1	0	-7,32	0	-1,797E-15	0	2,72	9-1	0,5
9	1	COMB1	0	-4,88	0	-1,797E-15	0	5,77	9-1	1
9	1,5	COMB1	0	-2,44	0	-1,797E-15	0	7,6	9-1	1,5
9	2	COMB1	0	4,352E-15	0	-1,797E-15	0	8,21	9-1	2
9	2,5	COMB1	0	2,44	0	-1,797E-15	0	7,6	9-1	2,5
9	3	COMB1	0	4,88	0	-1,797E-15	0	5,77	9-1	3
9	3,5	COMB1	0	7,32	0	-1,797E-15	0	2,72	9-1	3,5
9	4	COMB1	0	9,76	0	-1,797E-15	0	-1,55	9-1	4
10	0	COMB1	0	-15,03	0	-1,026E-14	0	-1,84	10-1	0
10	0,5	COMB1	0	-11,27	0	-1,026E-14	0	4,74	10-1	0,5
10	1	COMB1	0	-7,52	0	-1,026E-14	0	9,44	10-1	1
10	1,5	COMB1	0	-3,76	0	-1,026E-14	0	12,26	10-1	1,5
10	2	COMB1	0	-1,865E-14	0	-1,026E-14	0	13,2	10-1	2
10	2,5	COMB1	0	3,76	0	-1,026E-14	0	12,26	10-1	2,5
10	3	COMB1	0	7,52	0	-1,026E-14	0	9,44	10-1	3
10	3,5	COMB1	0	11,27	0	-1,026E-14	0	4,74	10-1	3,5
10	4	COMB1	0	15,03	0	-1,026E-14	0	-1,84	10-1	4
11	0	COMB1	0	-9,76	0	-3,109E-15	0	-3,36	11-1	0
11	0,5	COMB1	0	-7,32	0	-3,109E-15	0	0,91	11-1	0,5
11	1	COMB1	0	-4,88	0	-3,109E-15	0	3,96	11-1	1

11	1,5	COMB1	0	-2,44	0	-3,109E-15	0	5,79	11-1	1,5
11	2	COMB1	0	1,181E-14	0	-3,109E-15	0	6,4	11-1	2
11	2,5	COMB1	0	2,44	0	-3,109E-15	0	5,79	11-1	2,5
11	3	COMB1	0	4,88	0	-3,109E-15	0	3,96	11-1	3
11	3,5	COMB1	0	7,32	0	-3,109E-15	0	0,91	11-1	3,5
11	4	COMB1	0	9,76	0	-3,109E-15	0	-3,36	11-1	4
12	0	COMB1	0	-36,46	0	-4,24	0	-27,8	12-1	0
12	0,33335	COMB1	0	-34,83	0	-4,24	0	-15,92	12-1	0,33335
12	0,6667	COMB1	0	-33,21	0	-4,24	0	-4,58	12-1	0,6667
12	0,6667	COMB1	0	-24,43	0	-1,71	0	-4,58	12-2	0
12	1	COMB1	0	-22,8	0	-1,71	0	3,29	12-2	0,3333
12	1,3333	COMB1	0	-21,17	0	-1,71	0	10,62	12-2	0,6666
12	1,3333	COMB1	0	-7,64	0	-0,54	0	10,62	12-3	0
12	1,66665	COMB1	0	-6,02	0	-0,54	0	12,9	12-3	0,33335
12	2	COMB1	0	-4,39	0	-0,54	0	14,63	12-3	0,6667
12	2	COMB1	0	4,39	0	0,54	0	14,63	12-4	0
12	2,33335	COMB1	0	6,02	0	0,54	0	12,9	12-4	0,33335
12	2,6667	COMB1	0	7,64	0	0,54	0	10,62	12-4	0,6667
12	2,6667	COMB1	0	21,17	0	1,71	0	10,62	12-5	0
12	3	COMB1	0	22,8	0	1,71	0	3,29	12-5	0,3333
12	3,3333	COMB1	0	24,43	0	1,71	0	-4,58	12-5	0,6666
12	3,3333	COMB1	0	33,21	0	4,24	0	-4,58	12-6	0
12	3,66665	COMB1	0	34,83	0	4,24	0	-15,92	12-6	0,33335
12	4	COMB1	0	36,46	0	4,24	0	-27,8	12-6	0,6667
13	0	COMB1	0	-13,53	0	-2,86E-14	0	-1,17	13-1	0
13	0,45	COMB1	0	-10,15	0	-2,86E-14	0	4,16	13-1	0,45
13	0,9	COMB1	0	-6,76	0	-2,86E-14	0	7,96	13-1	0,9
13	1,35	COMB1	0	-3,38	0	-2,86E-14	0	10,24	13-1	1,35
13	1,8	COMB1	0	-4,974E-15	0	-2,86E-14	0	11,01	13-1	1,8
13	2,25	COMB1	0	3,38	0	-2,86E-14	0	10,24	13-1	2,25
13	2,7	COMB1	0	6,76	0	-2,86E-14	0	7,96	13-1	2,7
13	3,15	COMB1	0	10,15	0	-2,86E-14	0	4,16	13-1	3,15
13	3,6	COMB1	0	13,53	0	-2,86E-14	0	-1,17	13-1	3,6
14	0	COMB1	0	-13,53	0	2,176E-14	0	-1,17	14-1	0
14	0,45	COMB1	0	-10,15	0	2,176E-14	0	4,16	14-1	0,45
14	0,9	COMB1	0	-6,76	0	2,176E-14	0	7,96	14-1	0,9
14	1,35	COMB1	0	-3,38	0	2,176E-14	0	10,24	14-1	1,35
14	1,8	COMB1	0	-4,974E-15	0	2,176E-14	0	11,01	14-1	1,8
14	2,25	COMB1	0	3,38	0	2,176E-14	0	10,24	14-1	2,25
14	2,7	COMB1	0	6,76	0	2,176E-14	0	7,96	14-1	2,7
14	3,15	COMB1	0	10,15	0	2,176E-14	0	4,16	14-1	3,15

14	3,6	COMB1	0	13,53	0	2,176E-14	0	-1,17	14-1	3,6
----	-----	-------	---	-------	---	-----------	---	-------	------	-----

TABLE: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0
2	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0
3	COMB1	Combination	0	0	-0,002137	0,002372	0,005133	0
4	COMB1	Combination	0	0	-0,002137	-0,002372	0,005133	0
5	COMB1	Combination	0	0	-0,006938	0,003629	-6,76E-18	0
6	COMB1	Combination	0	0	-0,006938	-0,003629	-2,956E-20	0
7	COMB1	Combination	0	0	-0,002137	0,002372	-0,005133	0
8	COMB1	Combination	0	0	-0,002137	-0,002372	-0,005133	0
9	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0
10	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0
11	COMB1	Combination	0	0	-0,001481	0,003948	0,003038	0
12	COMB1	Combination	0	0	-0,001481	0,003948	-0,003038	0
13	COMB1	Combination	0	0	-0,003829	0,003267	0,00439	0
14	COMB1	Combination	0	0	-0,003829	0,003267	-0,00439	0
15	COMB1	Combination	0	0	-0,004924	0,000153	0,004764	0
16	COMB1	Combination	0	0	-0,004924	0,000153	-0,004764	0
17	COMB1	Combination	0	0	-0,003966	-0,003199	0,004357	0
18	COMB1	Combination	0	0	-0,003966	-0,003199	-0,004357	0
19	COMB1	Combination	0	0	-0,00156	-0,004134	0,003025	0
20	COMB1	Combination	0	0	-0,00156	-0,004134	-0,003025	0
21	COMB1	Combination	0	0	-0,005496	0,003328	0,004107	0
22	COMB1	Combination	0	0	-0,005496	-0,003328	0,004107	0
23	COMB1	Combination	0	0	-0,005496	0,003328	-0,004107	0
24	COMB1	Combination	0	0	-0,005496	-0,003328	-0,004107	0

ANEXO D

ANCLAJE ENCOFRADOS

- Los anclajes mantienen unidos los encofrados.
- La elevada capacidad de carga de los anclajes para encofrados permite llevar a cabo un hormigonado rápido



ANEXO E

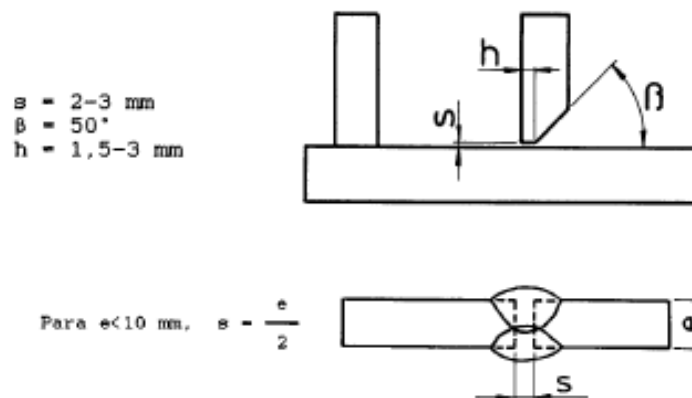
SOLDADURA MIG MAG

Método Operativo

Soldadura

El procedimiento de soldadura bajo gas protector, bien en su forma semiautomática bien en su forma automática, aun cuando tenga fundamentos similares al de la soldadura con electrodo revestido, presenta también unas características particulares, especialmente en el método operatorio, y, como consecuencia de ello, también en cuanto a separación y preparación de los bordes a soldar.

Soldadura a tope de bordes rectos



Movimiento

La pistola de soldadura debe mantenerse en una posición correcta para que el gas proteja de forma conveniente el baño de fusión. En este procedimiento la ejecución de la soldadura

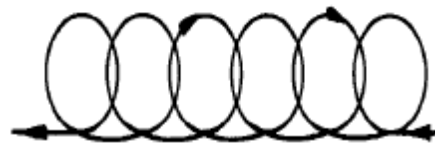
puede realizarse de derecha a izquierda o de izquierda a derecha. En el primer caso se obtiene una gran velocidad de soldadura y poco espesor de cordón, a la vez que un mejor aspecto de la obra ya ejecutada; en el segundo caso, se obtiene una soldadura en general más abultada. Es por este motivo que de forma normal se indica habitualmente que la correcta posición es de derecha a izquierda.

La inclinación de la antorcha respecto a la vertical será aproximadamente de unos 10° , no siendo recomendable su utilización para inclinaciones superiores a los 20° .

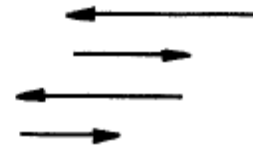
La longitud libre de hilo deberá estar comprendida entre 8 y 20 mm. Dentro de este amplio margen de distancia de hilo, deberá tenerse en cuenta el concepto especificado en el apartado de autorregulación. Además, si la longitud libre de hilo es demasiado pequeña, será difícil la observación del baño de fusión y la buza se llenará de proyecciones. Con ello se conseguirá que el gas salga con dificultad, acarreado las típicas consecuencias de formación de porosidades. Si, por el contrario, la longitud libre de hilo es excesiva, se calentará éste en demasía y la protección del gas será deficiente, con lo que la consecuencia final será, una vez más, la formación de porosidades.

a) **MOVIMIENTO LINEAL:** es el preferido para realizar cordones de raíz en planchas de poco espesor.

b) **MOVIMIENTO CIRCULAR:** es el adecuado para evitar penetraciones muy grandes cuando hay grandes separaciones entre los bordes de las chapas y deben realizarse cordones anchos. También es adecuado para realizar cordones de raíz en ángulos de mediano espesor.



c) **MOVIMIENTO A IMPULSOS:** el movimiento hacia adelante y hacia atrás se utiliza cuando se quiere realizar un cordón fino y, sin embargo, con una gran penetración, cuando existe pequeña separación entre los bordes a soldar; también se emplea en cordones de



ángulo en los que no haya que aportar grandes cantidades de material. Este

movimiento de avance y retroceso de la pistola de soldadura se realiza en general de manera que el avance sea rápido y el retroceso lento.

d) MOVIMIENTO PENDULAR: es el adecuado cuando debe realizarse un cordón muy ancho. Se emplea preferentemente para realizar las últimas

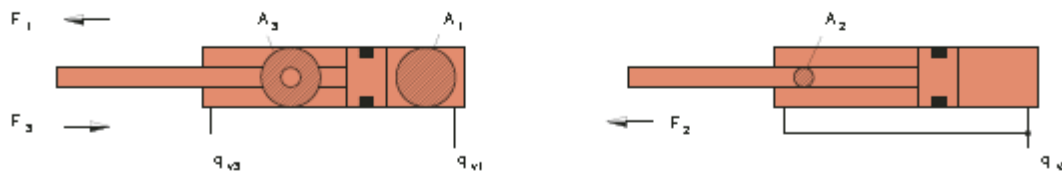


pasadas en las soldaduras que requieren varias de ellas. También es el más indicado en soldaduras de rincón que necesiten una gran aportación de material.

ANEXO F

TABLA GATOS HIDRAULICOS

Bore	Rod	Area ratio	Bore	Areas	Annulus	Force at 160 bar ¹			Flow at 0,1 m/s ²		
						Push	Regen.	Pull	Out	Regen.	in
Kolben	Kolbenstange	Flächenverhältnis	Kolben	Flächenstange	Ring.	Kraft bei 160 bar ¹			Volumenstrom bei 0,1 m/s ²		
						Druck	Diff.	Zug	Aus	Diff.	Ein
Alesage	Tige	Rapport de section	Alesage	Sections	Annulaire	Force à 160 bar ¹			Débit à 0,1 m/s ²		
						Poussée	Diff.	Traction	Sortie	Diff.	Entrée
Pistón	Vástago	Relación secciones	Pistón	Sección Vástago	Anular	Fuerza a 160 bar ¹			Caudal a 0,1 m/s ²		
AL Ø mm	MM Ø mm	Ø A1/A3	A₁ cm ²	A₂ cm ²	A₃ cm ²	F₁ kN	F₂ kN	F₃ kN	q_{V1} l/min	q_{V2} l/min	q_{V3} l/min
25	12 18	1,29 2,08	4,91	1,13 2,54	3,78 2,36	7,85	1,81 4,07	6,05 3,76	2,9	0,7 1,5	2,2 1,4
32	14 22	1,24 1,90	8,04	1,53 3,80	6,50 4,24	12,80	2,46 6,08	10,40 6,76	4,8	0,9 2,3	3,9 2,5
40	18 28	1,25 1,96	12,56	2,54 6,16	10,01 6,41	20,00	4,07 9,82	16,01 10,24	7,5	1,5 3,7	6,0 3,8
50	22 36	1,24 2,08	19,63	3,80 10,18	15,83 9,46	31,30	6,08 16,29	25,33 15,10	11,7	2,3 6,1	9,4 5,6
63	28 45	1,25 2,04	31,17	6,16 15,90	25,01 15,27	49,80	9,82 25,40	40,01 24,41	18,7	3,7 9,5	15 9,2
80	36 56	1,25 1,96	50,26	10,18 24,63	40,08 25,63	80,30	16,29 39,30	64,12 40,99	30,2	6,1 14,8	24,1 15,4
100	45 70	1,25 1,96	78,54	15,90 38,48	62,63 40,06	125,00	25,40 61,50	100,20 64,04	47,1	9,5 23,1	37,6 24,0
125	56 90	1,25 2,08	122,72	24,63 63,62	98,09 59,10	196,00	39,30 101,00	156,94 94,49	73,6	14,8 38,2	58,8 35,4
160	70 110	1,24 1,90	201,06	38,48 95,06	162,57 106,00	321,00	61,50 151,00	260,11 169,5	120,6	23,1 57,0	97,5 63,6
200	90 140	1,25 1,96	314,16	63,62 153,96	250,54 160,20	502,6	101,00 246,30	400,86 256,3	188,5	38,2 92,4	150,3 96,1



Notes:

- 1- Theoretical force (without consideration of efficiency).
- 2- Rod speed.

1MPa= 10 bar
1kN = 102 kp

Bemerkungen:

- 1- Theoretische Kraft (ohne Berücksichtigung des Wirkungsgrades).
- 2- Kolbenstangengeschwindigkeit.

1MPa= 10 bar
1kN = 102 kp

Remarques:

- 1- Force théorique (le rendement n'est pris en considération).
- 2- Vitesse de la tige.

1MPa= 10 bar
1kN = 102 kp

Notas:

- 1- Fuerza teórica (el rendimiento no está considerado).
- 2- Velocidad del vástago.

1MPa= 10 bar
1kN = 102 kp

ANEXO G

TABLA PLANCHAS DE ACERO DIPAC

PLANCHAS
PL



REDUCCION DE FRACCIONES DE PULGADAS A MILIMETROS					
PULGADAS	MILIMETROS	PULGADAS	MILIMETROS	PULGADAS	MILIMETROS
1/128	= 0.20	25/64	= 9.92	27/32	= 21.43
1/64	= 0.40	13/32	= 10.32	55/64	= 21.83
3/128	= 0.60	27/64	= 10.72	7/8	= 22.23
1/40	= 0.64	7/16	= 11.11	57/64	= 22.62
1/32	= 0.79	29/64	= 11.51	29/32	= 23.02
1/25	= 1.02	15/32	= 11.91	59/64	= 23.42
3/64	= 1.19	31/64	= 12.30	15/16	= 23.81
1/20	= 1.27	1/2	= 12.70	61/64	= 24.21
1/16	= 1.59	33/64	= 13.10	61/32	= 24.61
5/64	= 1.98	17/32	= 13.49	63/64	= 25.00
3/32	= 2.38	35/64	= 13.89	1	= 25.40
7/64	= 2.78	9/16	= 14.29	11/10	= 27.00
1/8	= 3.18	37/64	= 14.68	11/8	= 28.60
9/64	= 3.57	19/32	= 15.08	18/16	= 30.20
5/32	= 3.97	39/64	= 15.48	11/4	= 31.70
11/64	= 4.37	5/8	= 15.88	15/16	= 33.30
3/16	= 4.76	41/64	= 16.27	13/8	= 34.90
13/64	= 5.16	21/32	= 16.67	17/16	= 36.50
7/32	= 5.56	46/64	= 17.07	11/2	= 38.10
15/64	= 5.95	11/16	= 17.46	19/10	= 39.70
1/4	= 6.35	45/64	= 17.86	15/8	= 41.30
17/64	= 6.75	23/32	= 18.26	111/16	= 42.90
9/32	= 7.14	47/64	= 18.65	13/4	= 44.40
19/64	= 7.54	3/4	= 19.05	113/16	= 46.00
5/16	= 7.94	49/64	= 19.45	17/8	= 47.60
21/64	= 8.33	25/32	= 19.84	115/16	= 49.20
11/32	= 8.73	51/64	= 20.24	2	= 50.80
23/64	= 9.13	13/16	= 20.64		
3/8	= 9.53	53/64	= 21.03		

DIMENSIONES EN (mm)			PESOS
ANCHO	LARGO	ESPESOR	KG
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1800	2440	5	172.39
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1800	2440	6	206.86
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	229.85
1800	2440	8	275.82
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1800	2440	10	344.77
1220	6000	12	689.54

NEXO H

TABLA TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

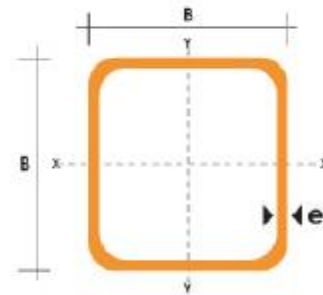
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6,00m
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20,00mm a 100,00mm
Espesor	Desde 2,00mm a 3,00mm



DIMENSIONES		AREA		EJES X-Xa Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,16	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,95	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	228,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



ANEXO I

TABLA TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

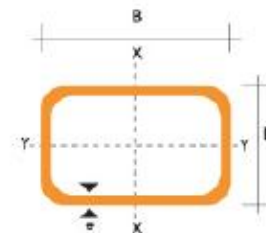
TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6,00m
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 12,00mm x 25,00mm a 40,00mm x 80,00mm
Espesor	Desde 2,00mm a 3,00mm



DIMENSIONES			PESO Kg/m	AREA		EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm		AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm	
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83	
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81	
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79	
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02	
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01	
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99	
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21	
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21	
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16	
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25	
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20	
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65	
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62	
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57	
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28	
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25	
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20	
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70	
40	80	2,0	3,88	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,36	1,67	
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63	
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11	
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07	
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,16	37,17	14,87	2,19	
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,76	5,11	52,54	21,02	2,15	



ANEXO J

FOTOS CONSTRUCCION ENCOFRADOS, GUIAS, GATOS HIDRAULICOS



Guías Fijas



Corte planchas de acero



Gatos Hidráulicos



Mecánica Elaboración Encofrados

ANEXOS K

FOTO PANEL ENCOFRADO METALICO



Montaje en la torre del puente Quevedo

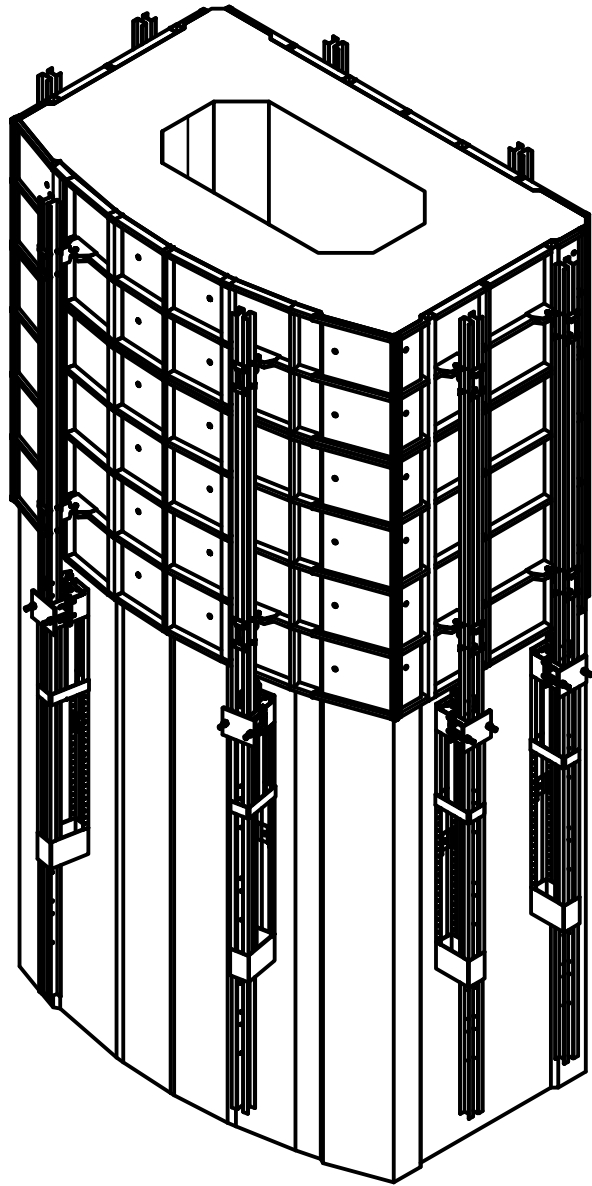
ANEXOS L
FOTO TORRES PUENTE



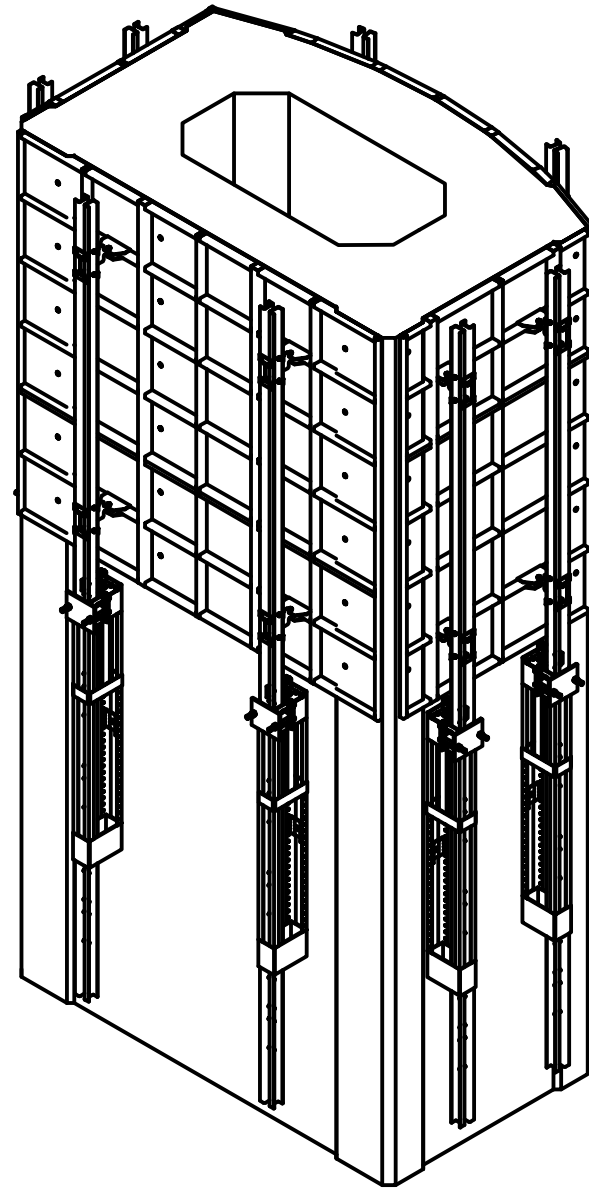
Puente Quevedo

ANEXOS M

PLANOS ENCOFRADOS DESLIZANTES AUTO TREPANTES

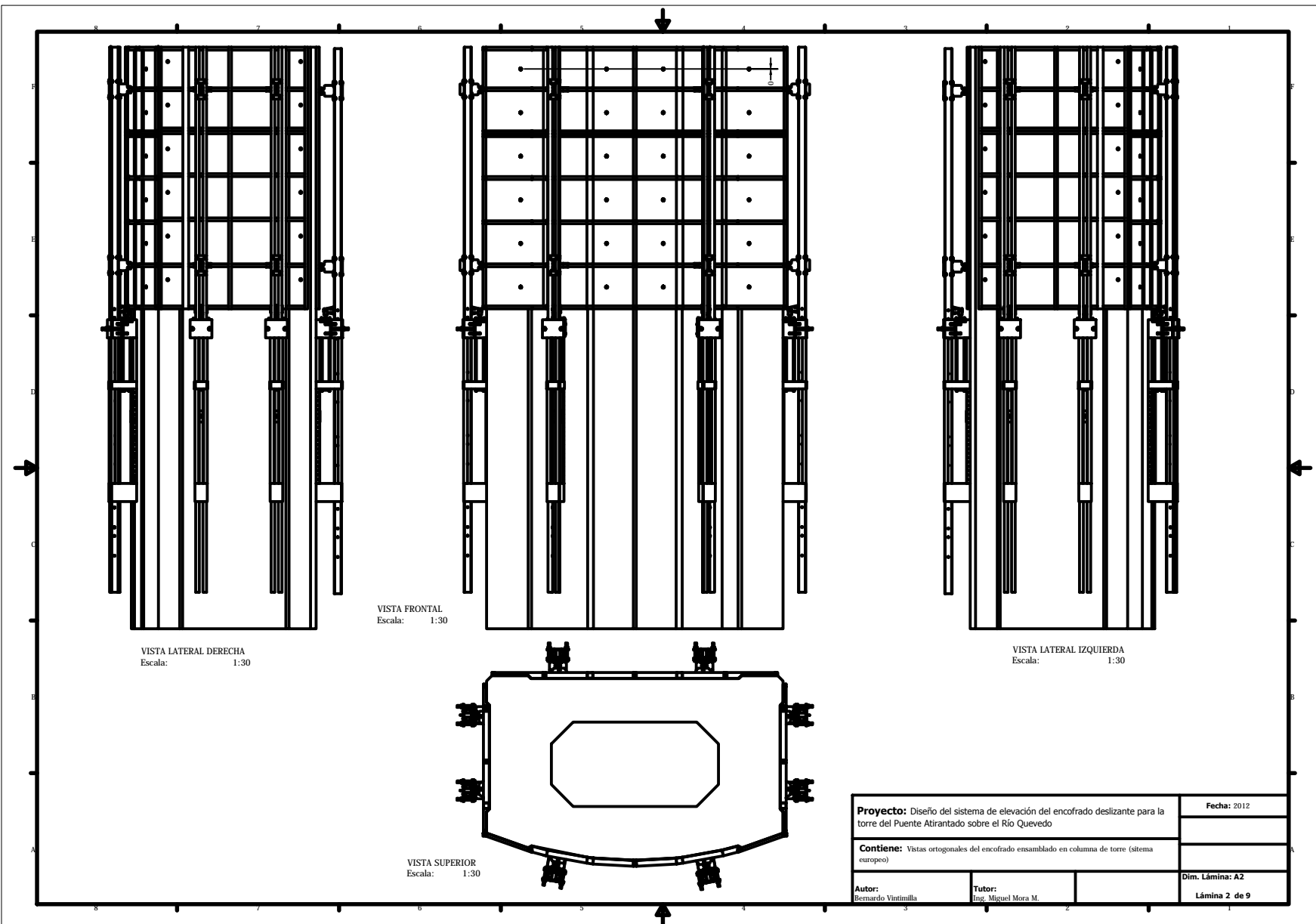


Sistema de encofrado deslizante para las columnas de la torre del puente atirantado sobre el río Quevedo



Sistema de encofrado deslizante para las columnas de la torre del puente atirantado sobre el río Quevedo

Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizante para la torre del Puente Atirantado sobre el Río Quevedo		Fecha: 2012
Contiene: Vista total del encofrado armado en columna		
Autor: Bernardo Vintimilla	Tutor: Ing. Miguel Mora M.	Dim. Lámina: A2 Lámina 1 de 9



VISTA LATERAL DERECHA
Escala: 1:30

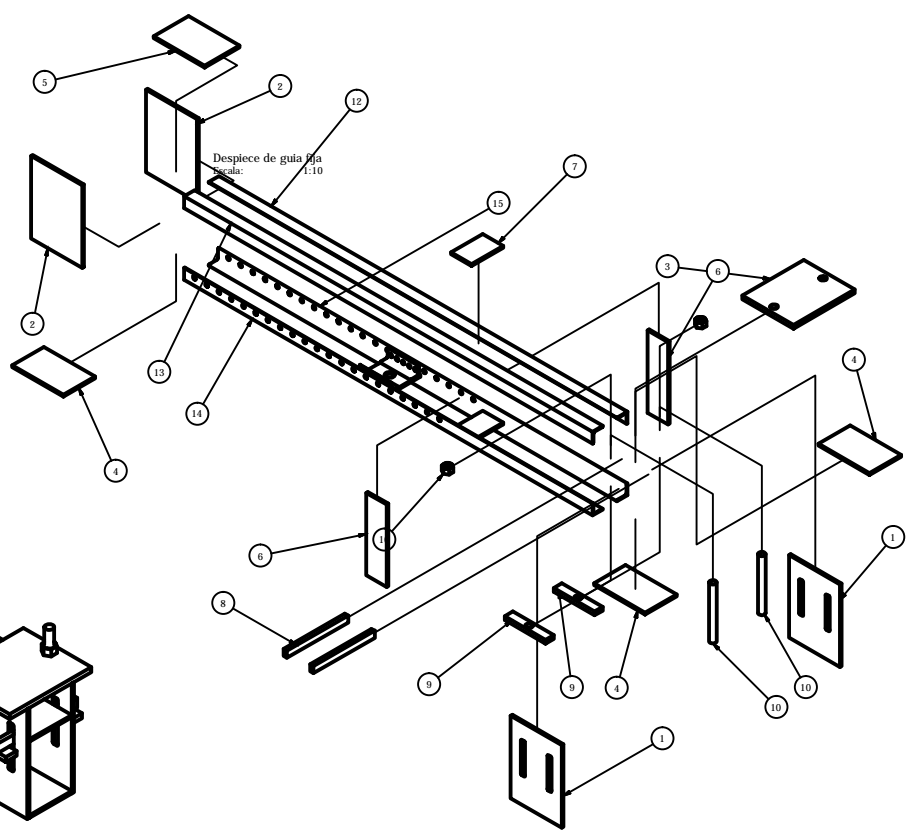
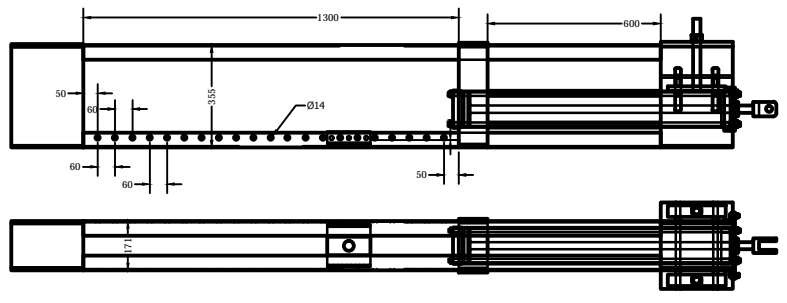
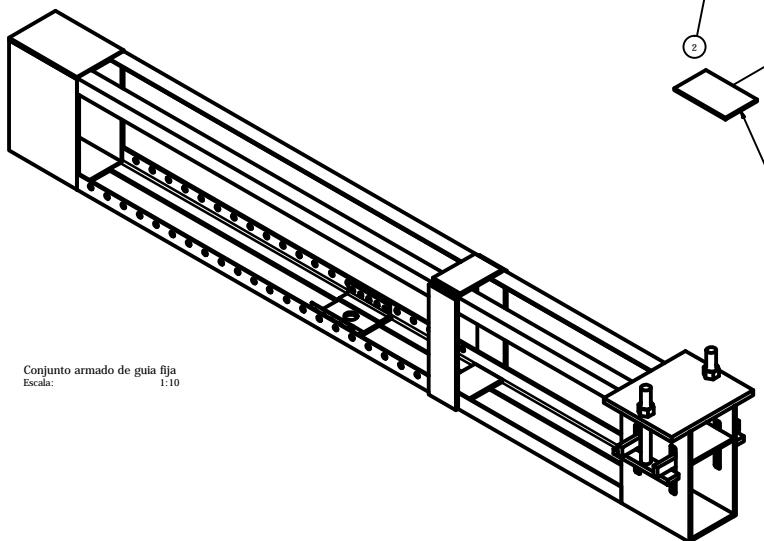
VISTA FRONTAL
Escala: 1:30

VISTA LATERAL IZQUIERDA
Escala: 1:30

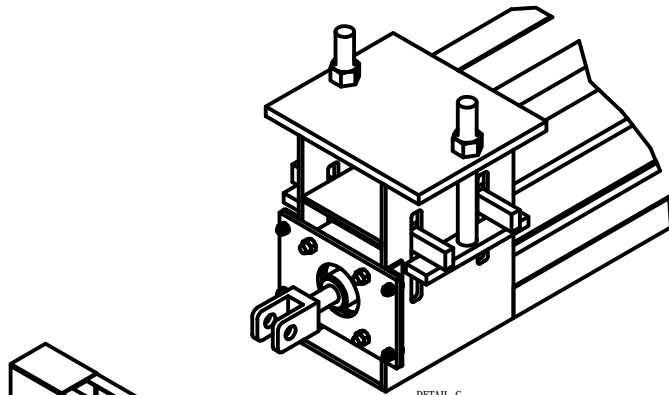
VISTA SUPERIOR
Escala: 1:30

Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizante para la torre del Puente Atriantado sobre el Río Quevedo		Fecha: 2012
Contiene: Vistas ortogonales del encofrado ensamblado en columna de torre (sistema europeo)		
Autor: Bernardo Vintimilla	Tutor: Ing. Miguel Mora M.	Dim. Lámina: A2
		Lámina 2 de 9

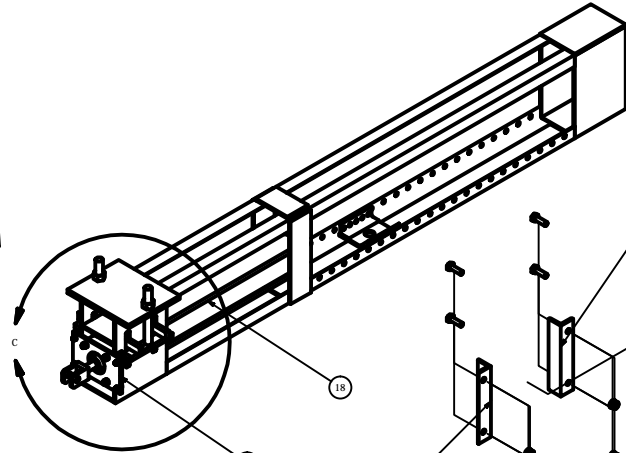
LISTA DE PARTES			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	PLACA LATERAL 8mm	
2	2	PLACA LATERAL LLENA 8mm	
3	1	PLACA SUPERIOR 16mm	
4	3	PLACA 155X250 8mm	
5	1	PLACA SUPERIOR 8mm	
6	2	PLACA DE ARRIOSTRE 8mm	
7	2	PLACA ARRIOSTRE TR 8mm	
8	2	PLACA AJ TR 16mm	
9	2	PLACA PERNO 16mm	
10	2	PERNO TIPO DYWIDAG 25mm	
12	2000 mm	L 2 x 2 x 3/16 plg	Angulo Acero A36
13	2000 mm	L 2 x 2 x 3/16 plg	Angulo Acero A36
14	2000 mm	L 2 x 2 x 3/16 plg	Angulo Acero A36
15	2000 mm	L 2 x 2 x 3/16 plg	Angulo Acero A36
16	2	TUERCA TIPO DYWIDAG 25mm	
20	1	ENSAMBLE SEGURO GUIA	



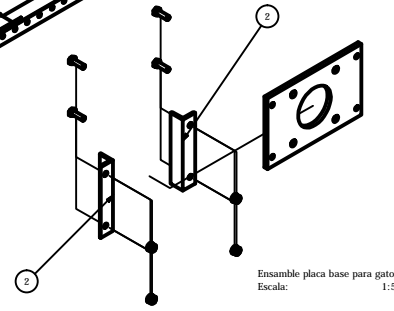
Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizante para la torre del Puente Atriantado sobre el Río Quevedo		Fecha: 2012
Contiene: Despiece y conjunto armado de guía fija		
Autor: Bernardo Vintimilla	Tutor: Ing. Miguel Mora M.	Dim. Lámina: A2
		Lámina 3 de 9



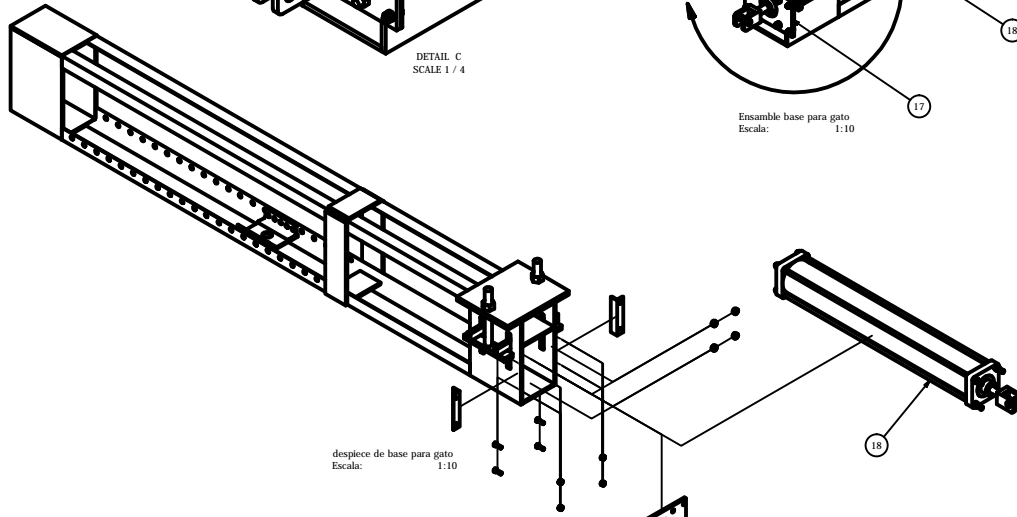
DETAIL C
SCALE 1 / 4



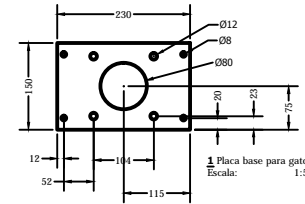
Ensamble base para gato
Escala: 1:10



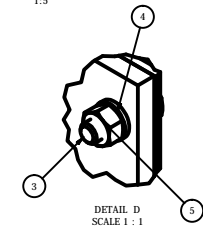
Ensamble placa base para gato
Escala: 1:5



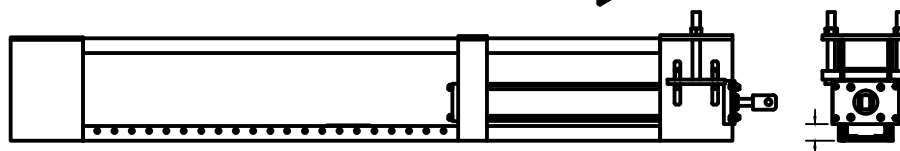
despiece de base para gato
Escala: 1:10



1 Placa base para gato
Escala: 1:5



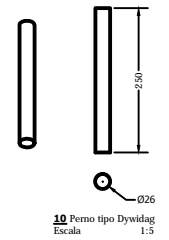
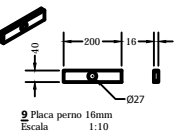
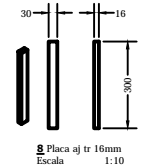
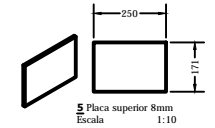
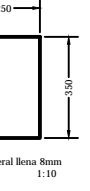
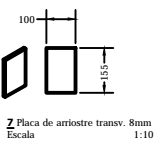
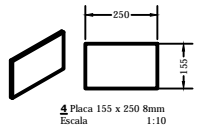
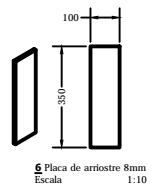
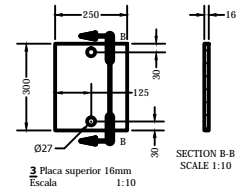
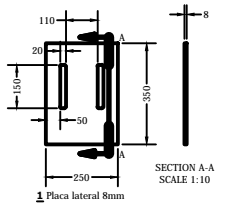
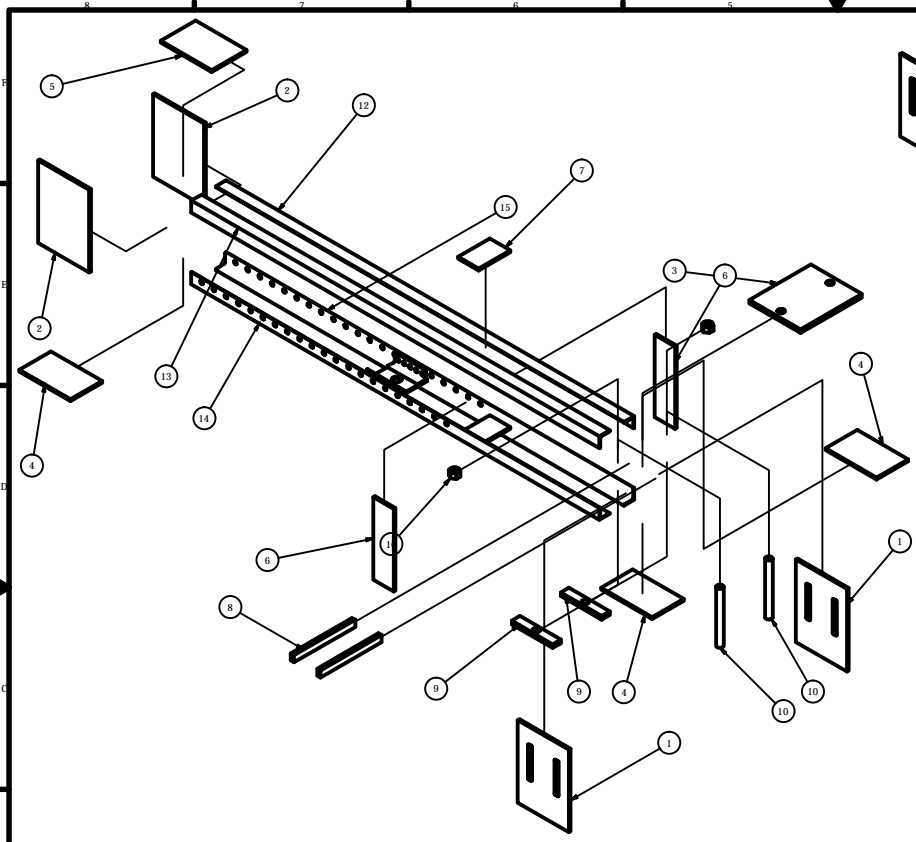
DETAIL D
SCALE 1 : 1



Vistas de base para gato
Escala: 1:10

LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
1	1	placa base para gato	
2	150. mm	130x30x4-150	
3	4	PERNOS - 5/16 x 1 UNC	
4	4	ARANDELAS PRESTON - 5/16	
5	4	TUERCAS 5/16 UNC	
LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
17	1	PLACA BASE PARA GATO	
18	1	GATO NEUMÁTICO	
20	1	ENSAMBLE SEGURO GUIA	

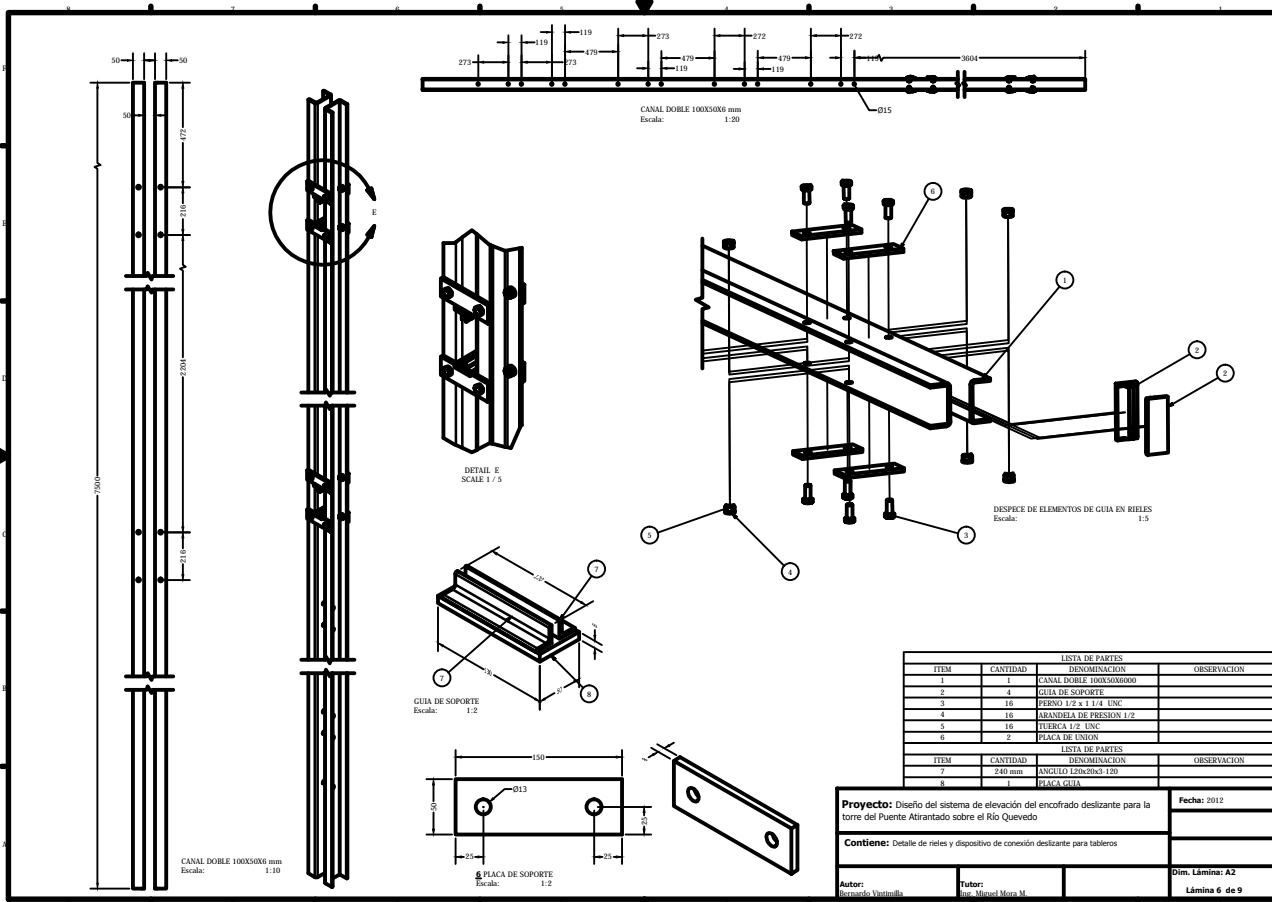
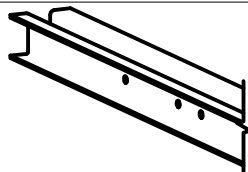
Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizable para la torre del Puente Atriantado sobre el Río Quevedo			Fecha: 2012
Contiene: Detalle de colocación de gato neumático en guía fija			
Autor: Bernardo Vintimilla	Tutor: Ing. Miguel Mora M.		Dim. Lámina: A2
			Lámina 5 de 9



LISTA DE PARTES

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	PLACA LATERAL 8mm	
2	2	PLACA LATERAL LLENA 8mm	
3	1	PLACA SUPERIOR 16mm	
4	3	PLACA 155X250 8mm	
5	1	PLACA SUPERIOR 8mm	
6	2	PLACA DE ARRIOSTRE 8mm	
7	2	PLACA ARRIOSTRE TR 8mm	
8	2	PLACA AJ TR 16mm	
9	2	PLACA PERNO 16mm	
10	2	PERNO TIPO DYWIDAG 25mm	
12	2000 mm	L 2 x 2 x 3/16 plg	Angulo Acero A36
13	2000 mm	L 2 x 2 x 3/16 plg	Angulo Acero A36
14	2000 mm	L 2 x 2 x 3/16 plg	Angulo Acero A36
15	2000 mm	L 2 x 2 x 3/16 plg	Angulo Acero A36
16	2	TUERCA TIPO DYWIDAG 25mm	
20	1	ENSAMBLE SEGURO GUIA	

Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizante para la torre del Puente Atriantado sobre el Río Quevedo		Fecha: 2012
Contiene: Detalle de elementos de guía fija		
Autor: Bernardo Vintimilla	Tutor: Ing. Miguel Mora M.	Dim. Lámina: A2
		Lámina 4 de 9



CANAL DOBLE 100X50X6 mm
Escala: 1:20

DETALLE
Escala: 1/5

DESPIECE DE ELEMENTOS DE GUIA EN RIELES
Escala: 1:5

GUIA DE SOPORTE
Escala: 1:2

PLACA DE SOPORTE
Escala: 1:2

CANAL DOBLE 100X50X6 mm
Escala: 1:10

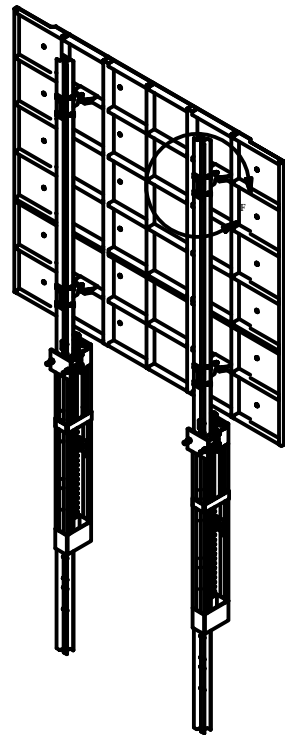
LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
1	1	CANAL DOBLE 100X50X6000	
2	4	GUIA DE SOPORTE	
3	16	PERNO 1/2 x 1.14 UNC	
4	16	ARANDELA DE PRESION 1/2	
5	16	TUERCA 1/2 UNC	
6	2	PLACA DE UNION	
LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
7	240 mm	ANGULO L50x20x3-120	
8	1	PLACA GUIA	

Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizante para la torre del Puente Atriantado sobre el Río Quevedo Fecha: 2012

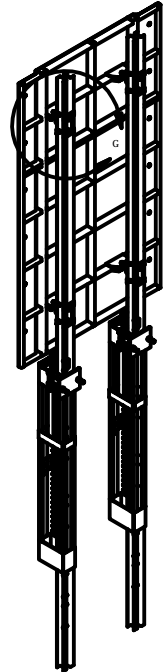
Contiene: Detalle de rieles y dispositivo de conexión deslizante para tableros

Autor: Fernando Viamonte **Tutor:** Ing. Manuel Mora M.

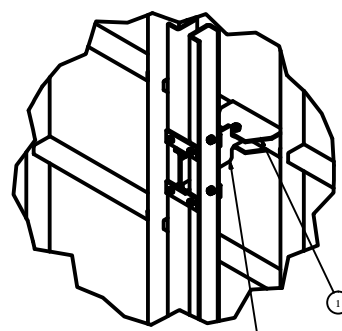
Dim. Lámina: A2
Lámina 6 de 9



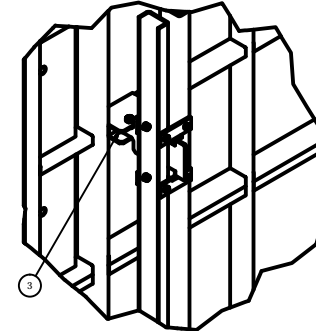
CONEXION DESLIZANTE RIELES - TABLERO EN TABLERO FRONTAL
Escala: 1:30



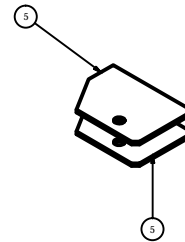
CONEXION DESLIZANTE RIELES - TABLERO EN TABLERO LATERAL
Escala: 1:30



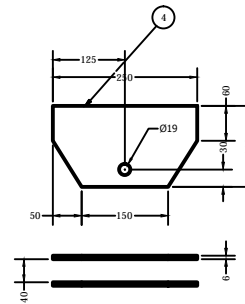
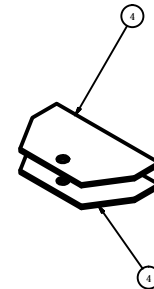
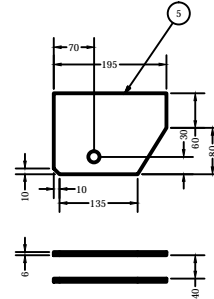
DETAL F
SCALE 1:10



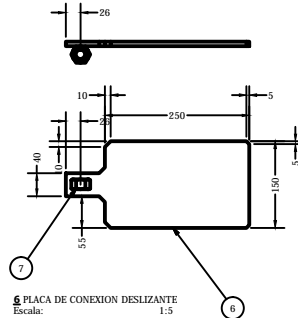
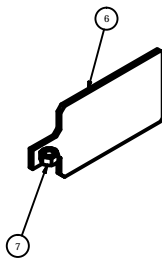
DETAL G
SCALE 1:10



5 PLACA DE CONEXION RIELES TABLERO MODIFICADA
Escala: 1:5



4 PLACA DE CONEXION RIELES TABLERO
Escala: 1:5

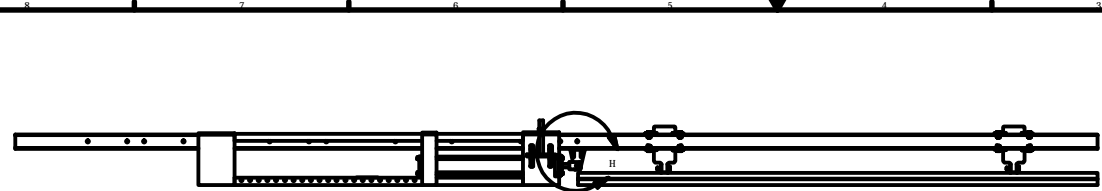


6 PLACA DE CONEXION DESLIZANTE
Escala: 1:5

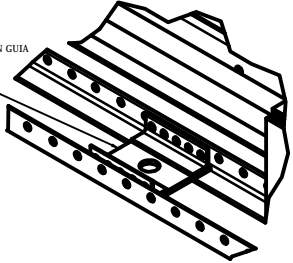
LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
6	1	PLACA DE CONEXION DESLIZANTE	
7	1	TUERCA 3/4 UNC	
LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
5	2	PLACA DE CONEXION RIELES TABLERO MODIFICADO	
LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
4	2	PLACA DE CONEXION RIELES TABLERO	

LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
1	4	CONEXION TABLERO RIEL	
2	4	CONEXION DESLIZANTE	
LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
3	2	CONEXION TABLERO RIEL MODIFICADA	

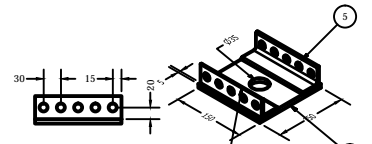
Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizable para la torre del Puente Atriantado sobre el Río Quevedo			Fecha: 2012
Contiene: Detalle de conexión rieles tablero			
Autor: Bernardo Vintimilla	Tutor: Ing. Miguel Mora M.		Dim. Lámina: A2
			Lámina 7 de 9



DETALLE DEL ELEMENTO DE SUJECION GUIA HORMIGON



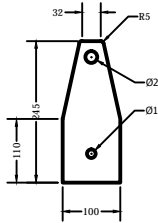
DETAL J SCALE 1:5



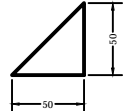
ELEMENTO DE SUJECION GUIAS - HORMIGON Escala: 1:5



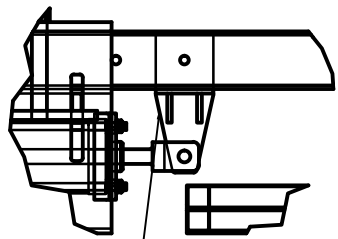
1 PLACA 1 Escala: 1:5



2 PLACA 2 Escala: 1:5

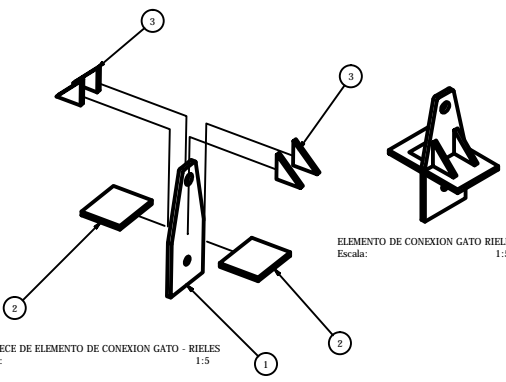


3 NERVIO Escala: 1:2



DETALLE DEL ELEMENTO DE CONEXION GATO RIELES

DETAL H SCALE 1:5



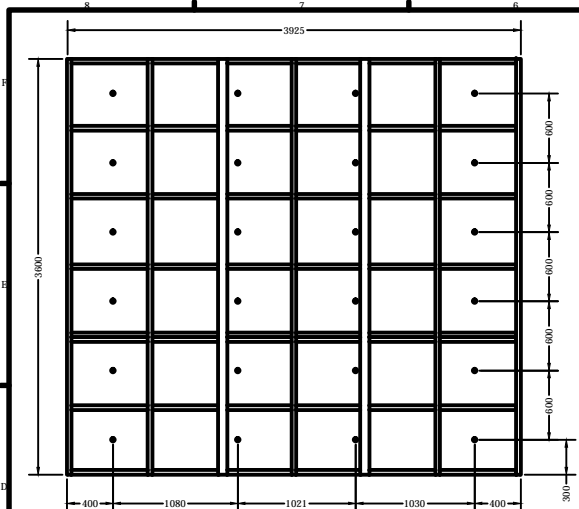
DESPIECE DE ELEMENTO DE CONEXION GATO - RIELES Escala: 1:5

ELEMENTO DE CONEXION GATO RIELES Escala: 1:5

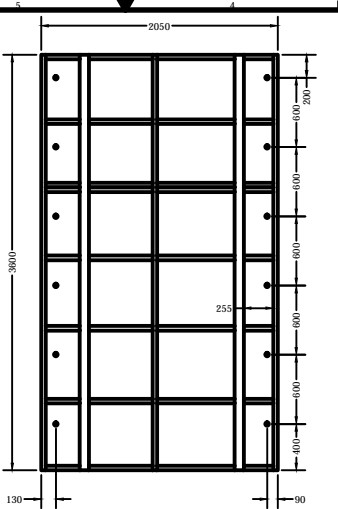
LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
1	1	PLACA 1	
2	2	PLACA 2	
3	4	NERVIO	

LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DENOMINACION	OBSERVACION
4	1	PLACA SEGURO GUIA	
5	300.000 mm	ANGULO L40x40x4-150	

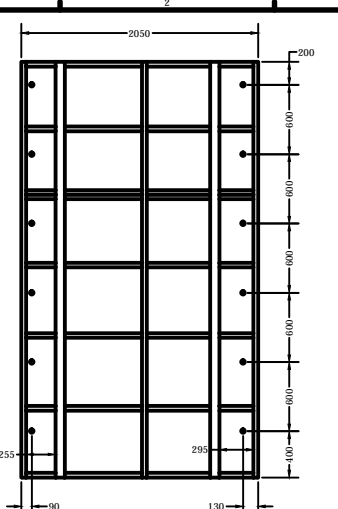
Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizable para la torre del Puente Atriantado sobre el Río Quevedo		Fecha: 2012
Contiene: Detalles de conexión gato rieles y elemento de sujeción guías hormigón		
Autor: Bernardo Vintimilla	Tutor: Ing. Miguel Mora M.	Dim. Lámina: A2
		Lámina 8 de 9



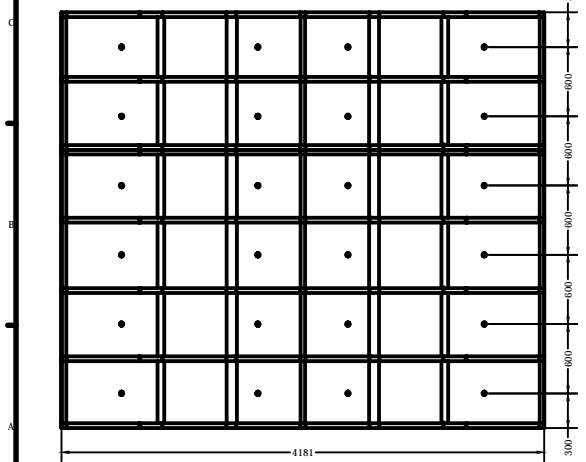
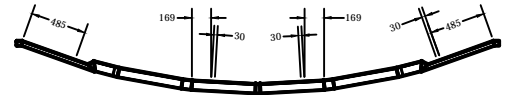
Distancias de agujeros a ser colocados en el tablero recto 3600 x 3925
Escala: 1:25



Distancias de agujeros a ser colocados en el tablero lateral derecho 3600 x 2050
Escala: 1:25

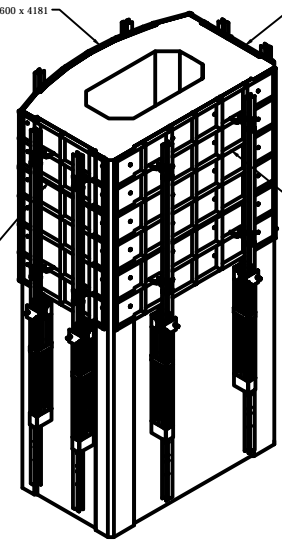


Distancias de agujeros a ser colocados en el tablero lateral izquierdo 3600 x 2050
Escala: 1:25



Distancias de agujeros a ser colocados en el tablero circular 3600 x 4181
Escala: 1:25

Tablero circular 3600 x 4181 Tablero lateral derecho 3600 x 2050



Tablero lateral izquierdo 3600 x 2050

Tablero recto 3600 x 3925

Proyecto: Diseño del sistema de elevación del encofrado deslizante para la torre del Puente Atriantado sobre el Río Quevedo		Fecha: 2012
Contiene: Posición de agujeros en tableros metálicos para sujeción con barras roscadas tipo dywidag 25mm		
Autor: Bernardo Vintimilla	Tutor: Ing. Miguel Mora M.	Dim. Lámina: A2
		Lámina 9 de 9

ÍNDICE

A. páginas preliminares

- I Página de título o portada
- II Página de aprobación por el tutor
- III Página de autoría de la tesis
- IV Página de aprobación del tribunal de grado
- V Página de dedicatoria
- VI Página de agradecimiento
- VIII Índice general de contenidos
- X Índice de cuadros y gráficos
- XII Resumen ejecutivo
- XIII Introducción

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<u>CAPITULO I</u>	9
<u>EL PROBLEMA</u>	9
<u>1.1.- TEMA</u>	9
<u>1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	9
<u>1.2.1.- CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA</u>	9
<u>1.2.2.- ANÁLISIS CRÍTICO</u>	10
<u>1.2.3.- PROGNOSIS</u>	11
<u>1.2.4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	12
<u>1.2.5.- INTERROGANTES (SUBPROBLEMAS)</u>	12
<u>1.2.6.- DELIMITACION DEL PROBLEMA</u>	4
<u>1.2.6.2.- DELIMITACIÓN DE CAMPO GEOGRÁFICO O ESPACIAL</u>	12
<u>1.2.6.3.- DELIMITACIÓN TEMPORAL</u>	13
<u>1.3.- JUSTIFICACIÓN</u>	13
<u>1.4.- OBJETIVOS</u>	13
<u>1.4.1.- OBJETIVO GENERAL</u>	13
<u>1.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	14
<u>CAPITULO II</u>	14
<u>MARCO TEÓRICO</u>	15
<u>2.1.- ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS</u>	15
<u>2.2.- FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA</u>	16
<u>2.3.- FUNDAMENTACIÓN LEGAL</u>	16
<u>2.4.- CATEGORÍAS FUNDAMENTALES</u>	17

<u>SUPRAORDINACIÓN DE LAS VARIABLES</u>	17
<u>INFRAORDINACIÓN DE LAS VARIABLES</u>	18
<u>2.4.1- DEFINICIONES</u>	19
<u>2.4.2- CALCULO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE</u>	19
<u>2.4.3- TIPO DE MATERIAL A UTILIZARSE EN LOS ENCOFRADOS</u>	196
<u>2.4.3.1- CLASIFICACION DE LAS CARGAS</u>	197
<u>2.4.3.2- CALCULO DE LOS PANELES</u>	198
<u>2.4.3.3.- CALCULO DE LOS CABALLETES</u>	215
<u>2.4.3.4.- CALCULO DE LAS BARRAS DE APOYO</u>	28
<u>2.4.3.5.- CALCULO DE LAS PLATRAFORMAS Y BARANDILLAS</u>	30
<u>2.4.4.- EL ESTUDIO DE UN ENCOFRADO DESLIZANTE</u>	31
<u>2.4.5.- INSTALACION DE ELEVACION DEL ENCOFRADO</u>	33
<u>2.4.5.1.- GATOS DE ROSCA DE MANDO MANUAL</u>	33
<u>2.4.5.2.- GATOS DE PALANCA</u>	35
<u>2.4.5.3.- GATOS SISTEMA DYCKERHOFF Y WIDMANN</u>	37
<u>2.4.5.4.- GATOS NEUMATICOS</u>	38
<u>2.4.5.5.- GATOS HIDRAULICOS</u>	39
<u>2.4.5.6.- BOMBAS DE ACEITE</u>	48
<u>2.4.6.- HORMIGON QUE SE UTILIZA EN LOS ENCOFRADOS</u>	
<u>DESLIZANTES</u>	50
<u>2.4.7- DISEÑO ESTRUCTURAL</u>	64
<u>2.4.7.1- CALCULO DE SOLICITACION MAXIMA</u>	65
<u>2.4.7.2- CALCULO DE LA DEFLEXION</u>	66
<u>2.4.8- SELECCIÓN DEL MATERIAL</u>	68
<u>2.4.8.1- METODO DEL ARBOL</u>	74

<u>2.5-HIPÓTESIS</u>	84
<u>2.5.1-HIPÓTESIS DE TRABAJO</u>	85
<u>2.5.2-HIPÓTESIS NULA</u>	85
<u>2.6.-SEÑALAMIENTO DE VARIABLES</u>	85
<u>2.6.1-VARIABLE INDEPENDIENTE</u>	85
<u>2.6.2-VARIABLE DEPENDIENTE</u>	85
<u>CAPITULO III</u>	86
<u>METODOLOGÍA</u>	86
<u>3.1.- ENFOQUE</u>	715
<u>3.2- MODALIDAD BASICA DE LA INVESTIGACION</u>	86
<u>3.3.- NIVEL DE INVESTIGACIÓN</u>	87
<u>3.4.- POBLACIÓN Y MUESTRA</u>	88
<u>3.5.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</u>	89
<u>3.5.1.- VARIABLE DEPENDIENTE</u>	89
<u>3.5.2.- VARIABLE INDEPENDIENTE</u>	90
<u>3.6.- PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN</u>	91
<u>3.7.- PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</u>	92
<u>3.7.1- PROCESAMIENTO</u>	92
<u>CAPITULO IV</u>	93
<u>ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS</u>	84
<u>4.1.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS</u>	84
<u>4.1.1 PREGUNTA 1</u>	93
<u>4.1.2 PREGUNTA 2</u>	94
<u>4.1.3 PREGUNTA 3</u>	95
<u>4.1.4 PREGUNTA 4</u>	96
<u>4.1.5 PREGUNTA 5</u>	97
<u>4.1.6 PREGUNTA 6</u>	98

4.1.7 PREGUNTA 7.....	99
4.1.8 PREGUNTA 8.....	100
4.2 INTERPRETACIÓN <i>DE DATOS</i>	101
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	102
<u>CAPITULO V</u>	103
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	103
<u>CAPITULO VI</u>	105
<u>PROPUESTA</u>	105
6.1- <u>DATOS INFORMATIVOS</u>	105
6.2- <u>ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA</u>	106
6.3- <u>JUSTIFICACION</u>	106
6.4- <u>OBJETIVOS</u>	107
6.4.1.- <u>OBJETIVO GENERAL</u>	107
6.4.2.- <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	107
6.5- <u>ANALISIS DE FACTIBILIDAD</u>	108
6.6 <u>FUNDAMENTACIÓN (CÁLCULO)</u>	108
6.6.1 <u>SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL ENCORFRADO</u>	108
6.6.2 <u>CONSTRUCCION DE LAS TORRES DEL PUENTE</u>	121
6.6.3 <u>DISEÑO DE LA ESTRUCTURA</u>	125
6.6.4 <u>APLICACIÓN DEL PROGRAMA SAP 2000</u>	140
6.7 <u>METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO</u>	158
6.8 <u>ADMINISTRACIÓN</u>	162
6.9 <u>PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN</u>	162

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

<u>ILUSTRACIÓN 1 FOTOGRAFÍA DE LAS TORRES DEL PUENTE JUAN LEÓN</u>	
<u>MERA</u>	22
<u>ILUSTRACIÓN 2 TORRES TIPO A,B,C</u>	23
<u>ILUSTRACIÓN 3 DIAGRAMA DE EMPUJES DEL HORMIGON</u>	
<u>SEGÚN NENNING</u>	28
<u>ILUSTRACIÓN 4 DIAGRAMA DE EMPUJES DEL HORMIGON DURANTE EL</u>	
<u>DESLIZAMIENTO SEGÚN NENNIG</u>	29
<u>ILUSTRACIÓN 5 DIAGRAMA EMPUJE DEL HORMIGON SEGÚN T. DINESCU</u>	30
<u>ILUSTRACIÓN 6 ESQUEMA DE CARGAS QUE ACTUAN EN LOS</u>	
<u>CABALLETES</u>	27
<u>ILUSTRACIÓN 7 PANDEO DE LAS BARRAS DE APOYO</u>	29
<u>ILUSTRACIÓN 8 GATO DE ROSCA DE MANDO MANUAL</u>	43
<u>ILUSTRACIÓN 9 GATO DE PALANCA SISTEMA MAC DONALD-KLOTZ</u>	45
<u>ILUSTRACIÓN 10 GATO SISTEMA DYCKERHOFF Y WYDMANN</u>	46
<u>ILUSTRACIÓN 11 GATO NEUMÁTICO</u>	48
<u>ILUSTRACIÓN 12 FASES FUNCIONAMIENTO DE LOS GATOS HIDRÁULICOS DE</u>	
<u>BOLAS TIPO A</u>	50
<u>ILUSTRACIÓN 13 GATOS HIDRÁULICOS TIPO B</u>	54
<u>ILUSTRACIÓN 14 A,B,C, GATOS HIDRÁULICOS TIPO C</u>	55
<u>ILUSTRACIÓN 15 A,B,C,D GRUPO DE BOMBEO</u>	58
<u>ILUSTRACIÓN 16 ESTADO DEL HORMIGÓN EN EL ENCOFRADO</u>	
<u>DESLIZANTE</u>	60
<u>ILUSTRACIÓN 17 DIAGRAMA ENDURECIMINETO HORMIGON</u>	62
<u>ILUSTRACIÓN 18 RESULTADOS PREGUNTA N°1</u>	93
<u>ILUSTRACIÓN 19 RESULTADOS PREGUNTA N°2</u>	94
<u>ILUSTRACIÓN 20 RESULTADOS PREGUNTA N°3</u>	95
<u>ILUSTRACIÓN 21 RESULTADOS PREGUNTA N° 4</u>	96

<u>ILUSTRACIÓN 22 RESULTADOS PREGUNTA N° 5</u>	97
<u>ILUSTRACIÓN 23 RESULTADOS PREGUNTA N° 6</u>	98
<u>ILUSTRACIÓN 24 RESULTADOS PREGUNTA N° 7</u>	99
<u>ILUSTRACIÓN 25 RESULTADOS PREGUNTA N° 8</u>	100
<u>ILUSTRACIÓN 26 TORRE PUENTE QUEVEDO ETAPA 1</u>	122
<u>ILUSTRACIÓN 27 TORRE PUENTE QUEVEDO ETAPA 2</u>	122
<u>ILUSTRACIÓN 28 TORRE PUENTE QUEVEDO ETAPA 3</u>	123
<u>ILUSTRACIÓN 29 TORRE PUENTE QUEVEDO ETAPA 4</u>	123
<u>ILUSTRACIÓN 30 SISTEMA ENCOFRADO DESLIZANTE</u>	115
<u>ILUSTRACIÓN 31 PANEL ENCOFRADO METÁLICO</u>	120
<u>ILUSTRACIÓN 32 TUBO CUADRADA</u>	133
<u>ILUSTRACIÓN 33 PLANCHA METÁLICA</u>	142
<u>ILUSTRACIÓN 34 TUBO RECTANGULAR</u>	142
<u>ILUSTRACIÓN 35 NUEVO MODELO GRID ONLY</u>	143
<u>ILUSTRACIÓN 36 OPCIÓN EDIT GRID</u>	143
<u>ILUSTRACIÓN 37 MODELO DE LA GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA POR</u> <u>DISEÑAR</u>	144
<u>ILUSTRACIÓN 38 PROPIEDADES DEL ACERO</u>	145
<u>ILUSTRACIÓN 39 DEFINICIÓN TUBO CUADRADO</u>	146
<u>ILUSTRACIÓN 40 DEFINICIÓN TUBO RECTANGULAR</u>	146
<u>ILUSTRACIÓN 41 DEFINICIÓN PLANCHA</u>	148
<u>ILUSTRACIÓN 42 DEFINICIÓN DE LOS ESTADOS DE CARGA</u>	149
<u>ILUSTRACIÓN 43 ASIGNACIONES ELEMENTOS FRAME A LA ESTRUCTURA</u>	150
<u>ILUSTRACIÓN 44 ASIGNACIÓN DE RESTRICCIONES A LOS APOYOS</u>	151
<u>ILUSTRACIÓN 45 ASIGNACIÓN DE CARGAS</u>	151
<u>ILUSTRACIÓN 46 EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS</u>	152
<u>ILUSTRACIÓN 47 VISUALIZACIÓN DEL MODELO DEFORMADO</u>	153
<u>ILUSTRACIÓN 48 VISUALIZACIÓN RESULTADOS A TRAVÉS DE VENTADA DE</u> <u>DIAGRAMAS</u>	154
<u>ILUSTRACIÓN 49 VISUALIZACIÓN DIAGRAMAS DE MOMENTO ALREDEDOR</u> <u>EJE 3-3</u>	155

<u>ILUSTRACIÓN 50 TABLAS DE RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL MODELO</u>	156
<u>ILUSTRACIÓN 51 VISUALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS CON SUS</u> <u>RESPECTIVAS SECCIONES</u>	157
<u>ILUSTRACIÓN 52 FUNCIONAMIENTO ENCOFRADO DESLIZANTE AUTO-</u> <u>TREPANTE</u>	159
<u>TABLA 1 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS</u>	26
<u>TABLA 2 ESTADOS LIMITES</u>	26
<u>TABLA 3 PRESIONES LATERALES</u>	32
<u>TABLA 4 PRESIONES LATERALES</u>	33
<u>TABLA 5 TONGADAS HORMIGÓN</u>	35
<u>TABLA 6 RESISTENCIA HORMIGÓN</u>	61
<u>TABLA 7 VALORES PARA CÁLCULO DE DEFLEXIONES, MOMENTOS Y</u> <u>REACCIONES</u>	67
<u>TABLA 8 MUESTRA</u>	88
<u>TABLA 9 VARIABLE DEPENDIENTE</u>	89
<u>TABLA 10 VARIABLE INDEPENDIENTE</u>	90
<u>TABLA 11 PLAN DE RECOLECCIÓN E INFORMACIÓN</u>	91
<u>TABLA 12 RESULTADOS PREGUNTA N° 1</u>	93
<u>TABLA 13 RESULTADOS PREGUNTA N° 2</u>	94
<u>TABLA 14 RESULTADOS PREGUNTA N° 3</u>	95
<u>TABLA 15 RESULTADOS PREGUNTA N° 4</u>	96
<u>TABLA 16 RESULTADOS PREGUNTA N° 5</u>	97
<u>TABLA 17 RESULTADOS PREGUNTA N° 6</u>	98
<u>TABLA 18 RESULTADOS PREGUNTA N° 7</u>	99
<u>TABLA 19 RESULTADOS PREGUNTA N° 8</u>	100