



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO
AÉREO DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE
CIMBRA DESLIZANTE

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN CONSTRUCCIÓN PESADA

PRESENTA:

ING. JORGE ALBERTO GONZÁLEZ NERIA

DIRECTOR DE TESINA: ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2014



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

INTRODUCCIÓN

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVO

MARCO GENERAL

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
2. CONSTRUCCIÓN CON CIMBRA DESLIZANTE
 - 2.1. PROCESO CONSTRUCTIVO CON CIMBRA DESLIZANTE
 - 2.2. FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LA CIMBRA
 - 2.3. PROCEDIMIENTO GENERAL DE OPERACIÓN
3. CONCRETO
 - 3.1. FABRICACIÓN
 - 3.2. TRANSPORTE Y COLOCACIÓN
4. ACERO
 - 4.1. SUMINISTRO Y COLOCACIÓN
5. CONTROL DE CALIDAD
6. PRESUPUESTACIÓN
7. PROGRAMACIÓN
8. ANÁLISIS DE COSTOS DE CIMBRA CONVENCIONAL VS CIMBRA DESLIZANTE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE ROSITA NERIA ROMERO

Que supo guiar mis pasos para mantenerme constantemente en el camino correcto, apoyo mis decisiones y las desaprobó cuando fue necesario, estuvo conmigo cuando la necesite, me enseñó que con la constancia y la fuerza de voluntad se puede lograr cualquier cosa, por todo lo que me ha dado en la vida y que no me alcanzara la mía para pagarle, solo lo lograre siendo una persona de bien y un orgullo para ella.

A MI PADRE JORGE GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

Que siempre apoyo los proyectos que me propuse, que aunque no siempre estuvo físicamente conmigo, aprendí mucho de su ejemplo, a superarme cada día más, a que nunca hay que rendirse y que siempre hay que dar lo mejor de uno.

A MIS HERMANAS ROSSANA GONZÁLEZ NERIA Y ARIADNA GONZÁLEZ NERIA

Que estuvieron a mi lado en los momentos felices y tristes, que siempre disfrute de su compañía, que muchas veces me hicieron reír y pasar buenos momentos, que aprendí mucho de ellas y que siempre estuvieron cuando las necesité.

A MIS SOBRINAS DANIELA GONZÁLEZ NERIA Y REGINA ESPINOZA GONZÁLEZ

Que me enseñaron la importancia de la educación en esta vida viéndolas crecer, que me hicieron pasar buenos momentos, y que me hicieron ver como un ejemplo para ellas.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

A BELLA AURORA ARRIAGA MENA

Que aprendí mucho de ella, a ser mejor cada día, a hacer las cosas de la mejor manera posible que nuestros sueños se pueden alcanzar si uno se lo propone, por formar parte de esta etapa y por formar parte de mi vida en estos momentos.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por permitir formar parte de la comunidad tanto en licenciatura como en especialidad, y por proporcionarme la preparación para desarrollarme como profesional.

Y a todas las demás personas que influyeron en mi vida para poder alcanzar esta meta.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

INTRODUCCIÓN

La cimbra se puede definir como una estructura temporal o molde para soportar el concreto mientras se coloca y logra la resistencia suficiente para sostenerse a sí mismo.

Es un sistema integrado por formas de madera o metal y sus soportes, cuya función es la de contener el concreto hasta que éste haya alcanzado su fraguado final y consecuentemente, la resistencia necesaria para autosoportarse.

Características de la cimbra

- Resistente
- Durable
- Indeformable
- Textura adecuada al acabado
- Hermética
- Fácil de armar
- Fácil de descimbrar
- Fácil de limpiar económica

Las cimbras deben diseñarse tomando muy en cuenta los esfuerzos por un lado, y la resistencia de los materiales empleados en su construcción.

Una cimbra se integra fundamentalmente por dos estructuras:

- a) Cimbra de contacto, es la que se encuentra directamente en contacto con el concreto, y cuya función primordial es contener y configurar al concreto de acuerdo con el diseño de la estructura; se compone principalmente por paneles, tarimas, moldes prefabricados, etc.
- b) Obra falsa, es la constituida por elementos que trabajan estructuralmente soportando a la cimbra de contacto; los elementos más comúnmente usados en la obra falsa son vigas mdrinas, pies derechos, contravientos, etc.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

JUSTIFICACIÓN

Durante más de 90 años, se ha venido usando el colado continuo de los muros de concreto, empleando un sistema de cimbrado que se desplaza con un gato, o de alguna otra forma, durante los procesos de colado y compactación mientras el concreto está fresco.

A finales de 1920, se colaron diversas estructuras de concreto siguiendo este método, el cual desde entonces ha sido adoptado para la construcción de torres y sus núcleos, de los cubos de chimeneas, de los postes de los pilotes y de los pilotes para las plataformas de perforación en los yacimientos petrolíferos.

Las operaciones con cimbras deslizantes, las cuales tienden a la expulsión, han sido empleadas para el colado de muros, de barreras de seguridad, de muelles y de elementos estructurales verticales y horizontales. Generalmente, las técnicas han sido empleadas donde se tienen que colar grandes cantidades de concreto en una sección transversal similar; sin embargo, la cimbra deslizante ha sido empleada con éxito y con grandes ventajas económicas, en diversas situaciones en las que el elemento a colar, o es de sección uniforme.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

OBJETIVO

El presente tiene como propósito establecer la secuencia de construcción siguiendo los lineamientos generales para la coordinación y ejecución de los trabajos con cimbra deslizante en el fuste de la torre de control, así como el presupuesto, programación, control de calidad y el análisis de la construcción con cimbra convencional.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

MARCO GENERAL

CIMBRA DESLIZANTE

La cimbra que se usa en las cimbras deslizantes es similar a un proceso de extrusión. El concreto plástico se coloca en las cimbras y estas actúan como un troquel a fin de darle la forma deseada. La tasa de movimiento de la cimbra se regula de modo que las cimbras dejan al concreto solo después de que esté lo suficientemente resistente como para mantener su forma a la vez que soporta su propio peso y las fuerzas laterales causadas por el viento o los equipos de construcción.

Las cimbras de este tipo pueden usarse para estructuras verticales como silos, lugares de almacenamiento, cubos de concreto, muros de apoyo a edificios, pilas, chimeneas, pozos o tiras, torres de comunicación u observación, muros para instalaciones nucleares y estructuras similares.

Las cimbras deslizantes horizontales son especialmente adecuadas para estructuras de concreto como tiros de túneles, conductos de agua, canales de desagüe, elementos prefabricados, drenajes, barreras medias de carreteras y pavimento.

Las cimbras deslizantes verticales se mueven generalmente con pequeños incrementos por medio de gatos que se mueven a sí mismo dentro de rodillos de acero suave o tubos empotrados o unidos al concreto endurecido.

Las cimbras deslizantes horizontales generalmente se mueven por medio de un sistema de rieles, tractores, sobre ruedas o banquetas adecuadas. Las plataformas de trabajo y almacenamiento y los andamios de acabados se unen a la cimbra móvil y son llevados por esta.

Los movimientos verticales u horizontales de las cimbras pueden ser un proceso continuo o una secuencia planeada de colados finitos.

Cimbras deslizantes verticales

Un sistema de cimbra deslizante vertical tiene cinco componentes principales:



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

1. Larguero
2. Yugo
3. Gatos y varilla del gato
4. Plataforma de trabajo
5. Andamios

El revestimiento de las cimbras verticales puede ser de metal, plástico reforzado con fibra de vidrio, madera, o una combinación de estos materiales.

Funciones de algunos Componentes de las cimbras verticales:

- El Revestimiento tiene como función, contener y dar forma al concreto.
- Los largueros tienen tres funciones primordiales (Soportan y sostienen el revestimiento en su lugar, Transmiten la fuerza de levantamiento desde los yugos al revestimiento, proporcionan soportes para varias plataformas y andamios.
- Los yugos Transmiten las fuerzas de levantamiento desde los gatos a los largueros y resisten la fuerza lateral del concreto plástico dentro de la cimbra.
- Las distintas plataformas y andamios completan el sistema de cimbras deslizantes.; proporcionan espacios para almacenar el concreto, el acero de refuerzo y los accesorios que se empotren, además sirven como área de trabajo para colocación de acabados.

La técnica real de la cimbra deslizante, consiste en el llenado de un grupo de cimbras, las cuales son izadas o movidas continua o intermitentemente, para así construir un perfil estructural requerido.

La extensión de las cimbras, la velocidad de desplazamiento y el tiempo de fraguado del concreto, están especificados de tal manera, que el concreto que se ha colado, alcance la resistencia suficiente en poco tiempo, para soportar la carga de la cimbra y del concreto fresco colocado sobre él, a medida que la cimbra continúe deslizándose.

Los requisitos principales para llevar a cabo el cimbrado deslizante son:

- Conservar un alto grado de uniformidad en el control de la mezcla del concreto.
- Mantener un nivel adecuado de trabajabilidad y cohesión.
- Obtener rápidamente la resistencia necesaria.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Con respecto a la disposición del cimbrado, debe contarse con un sistema confiable para izar o mover la cimbra, con una rigidez precisa y adecuada, de tal manera que pueda obtener la nivelación y el plomeado, mantenerlos y ajustarlos adecuadamente, durante el proceso de colado.

El acero de refuerzo deberá colocarse en la parte superior de la cimbra y deberá meterse correctamente dentro de la mezcla de concreto; la cohesión de esta última, deberá dar como resultado una superficie de acabado óptimo.

La disposición de los gatos o del equipo de izaje, se emplean para resolver el problema de fricción entre el concreto y la superficie de contacto de la cimbra. Se deberá hacer las disposiciones necesarias para que los esfuerzos diferenciales del uso de los gatos o del equipo de izaje, permitan que la cimbra se mueva verticalmente y que se mantenga en ese plano.

Algunos sistemas dependen de las varillas, sobre las cuales se montan los gatos, con lo que el esfuerzo de izaje se transmite a la cimbra por medio de varillas de unión; otros sistemas permiten la remoción y que las varillas y los tubos se usen de nuevo.

Las disposiciones de los malacates empleados para el recubrimiento de los cubos, no requieren ningún soporte interno en el concreto. Las plataformas superiores, que generalmente sirven para contraventear las cimbras hacia el perfil requerido, pueden servir como plataformas para el armado del acero de refuerzo y para el colado del concreto.

Los medios de acceso suspendidos, que integran este sistema, proporcionan un lugar de trabajo para los operarios, quienes resanan la superficie del concreto, a medida que todo el cimbrado se eleva y se va dejando un acabado aparente sobre la superficie del concreto.

El acero de refuerzo y los pernos para los gatos son diseñados de tal manera que la secuencia de fijación permite que el trabajo sea continuo, con lo que el acero horizontal se inserta abajo del yugo y se sujeta a medida que se prosigue el izaje.

Algunas veces, ocurren problemas cuando la fricción entre el concreto y la superficie de contacto de la cimbra tiende a levantar el concreto de tal manera, que la superficie se queda adherida a la cimbra. Asimismo, la colocación de puntales de refuerzo sobre apoyos falsos puede provocar defectos. Aquellos pueden apoyarse sobre una plataforma bien estructurada y si es necesario se



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

pueden colocar elementos de la cimbra rígida. Durante el proceso de deslizamiento, se deberá hacer una cuidadosa inspección de la existencia de acero, para asegurarse de que se cuenta con el número correcto de varillas horizontales para elevar la cimbra.

Hay que tener en presente que en donde las secciones varían, el proceso de desplazamiento se puede seccionar en una serie de fases, añadiendo o eliminando algunos paneles de la cimbra, para así lograr el perfil requerido.

Se debe considerar que la construcción de una cimbra deslizante normalmente requiere de mucho tiempo y de una planeación cuidadosa en todas las fases del programa total de la construcción; sin embargo, una vez se empieza una operación con cimbras deslizantes se obtiene un avance considerable, a medida que la cimbra se eleva a un ritmo constante de 20cm/h, lo cual es normal, mientras que los trabajos excepcionales con cimbras deslizantes, se han llevado a cabo a una velocidad de 60cm/h.

Una vez se ha iniciado el trabajo con la cimbra deslizante, se requiere de la intervención de menor número de trabajadores que el necesario en la construcción donde se utiliza otro sistema de cimbrado.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Aeropuerto Internacional de Cancún con el objetivo de enfrentar el crecimiento planeado para los próximos 50 años, llevó a cabo el proyecto de su segunda pista, con la cual se alcanzará una capacidad de hasta 106 operaciones por hora en comparación a las 46 actuales.

El proyecto incluyó la construcción de una segunda pista de 2800m, un puente para que el rodaje que interconecta ambas pistas cruce el boulevard de acceso al aeropuerto y la nueva torre de control de tráfico aéreo, con una altura total de 96.4m, haciéndola la más alta de Latinoamérica y la 18va más alta del mundo. La torre de control se puso en operación el 20 de octubre de 2009.

ASUR (Aeropuerto del Sureste) realizó la construcción de la Torre de Control ubicada en el Aeropuerto de Cancún S.A. de C.V. en la Carretera Cancún Chetumal Km. 22 en la ciudad de Quintana Roo.

Dentro de las instalaciones de ASUR, dispone para este proyecto una superficie total de terreno. 3,427.50 m²

De acuerdo al reglamento de construcción se debe destinar el 30% de área verde de la superficie total del terreno.

Es Decir:

3,127.50 m² Área total del proyecto

1,027.65 m² Área verde

Superficie total de desplante como construcción:

636.94 m²

La superficie total de construcción incluyendo el de desplante es de 991.34 m³

Para este proyecto se considera una construcción de edificio base que se ubica a un costado del edificio principal de Asur y la torre de control con un altura de 100.00 m.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Por requerimientos del personal de ASUR se proyectaron 20 cajones de estacionamientos para autos, con dimensiones de 6.00x2.50 m. que se ubican en la parte frontal de las edificaciones.

El diseño del edificio base, caseta de control y la torre de control fueron revisados y diseñados conjuntamente con el personal de ASUR tomando todas las referencias en cuanto a normas tanto nacionales como internacionales.

TORRE DE CONTROL

- Cimentación de Concreto Reforzado de 20.00 x 20.00 x 2.30 m. desplantada sobre pilas de concreto coladas en sitio.
- Fuste de Concreto Armado de Ø9.00 m. exterior, con muros de 60 cm de espesor desde el N+5.185 al N+37.235 y muros de 30 cm de espesor del N+37.235 al N+95.55 teniendo un total en la altura de 90.365 m. Cuenta también con 4 muros perimetrales para formar las “medias lunas” para paso de instalaciones especiales y el exterior del cubo de escaleras de 5.85 x 5.85 x 0.20 m. y un cubo de elevadores al centro de 3.05 x 3.05 x 0.20 m. para personal y servicio. Se hizo con la Técnica de Cimbra Deslizante con Gatos Hidráulicos y Colado Continuo.
- Sub-cabina hecha a base de Prefabricados y Estructura Metálica para alojar la Cabina de Control, Cuarto de Descanso, Cocina, Comedor y Lockers, Cuarto de HVAC y Cuarto de Comunicaciones.
- Sistema de amortiguamiento a base de anillo de placas de acero en forma de “U” rellenas de concreto sujetadas por medio de cables de acero y campanas.

Edificio base

- Cimentación y estructura de concreto armado, albañilería y acabados para Oficinas de Jefe de Torre, Sala de Capacitación, Sanitarios, Cuarto de Comunicaciones, Cuarto de Control, Cuarto de HVAC, Cuarto Eléctrico, Subestación Principal, Cuarto de Chillers y Cuarto de Máquinas (Bombas contra incendio y de servicios) y Pasillo de Interconexión.

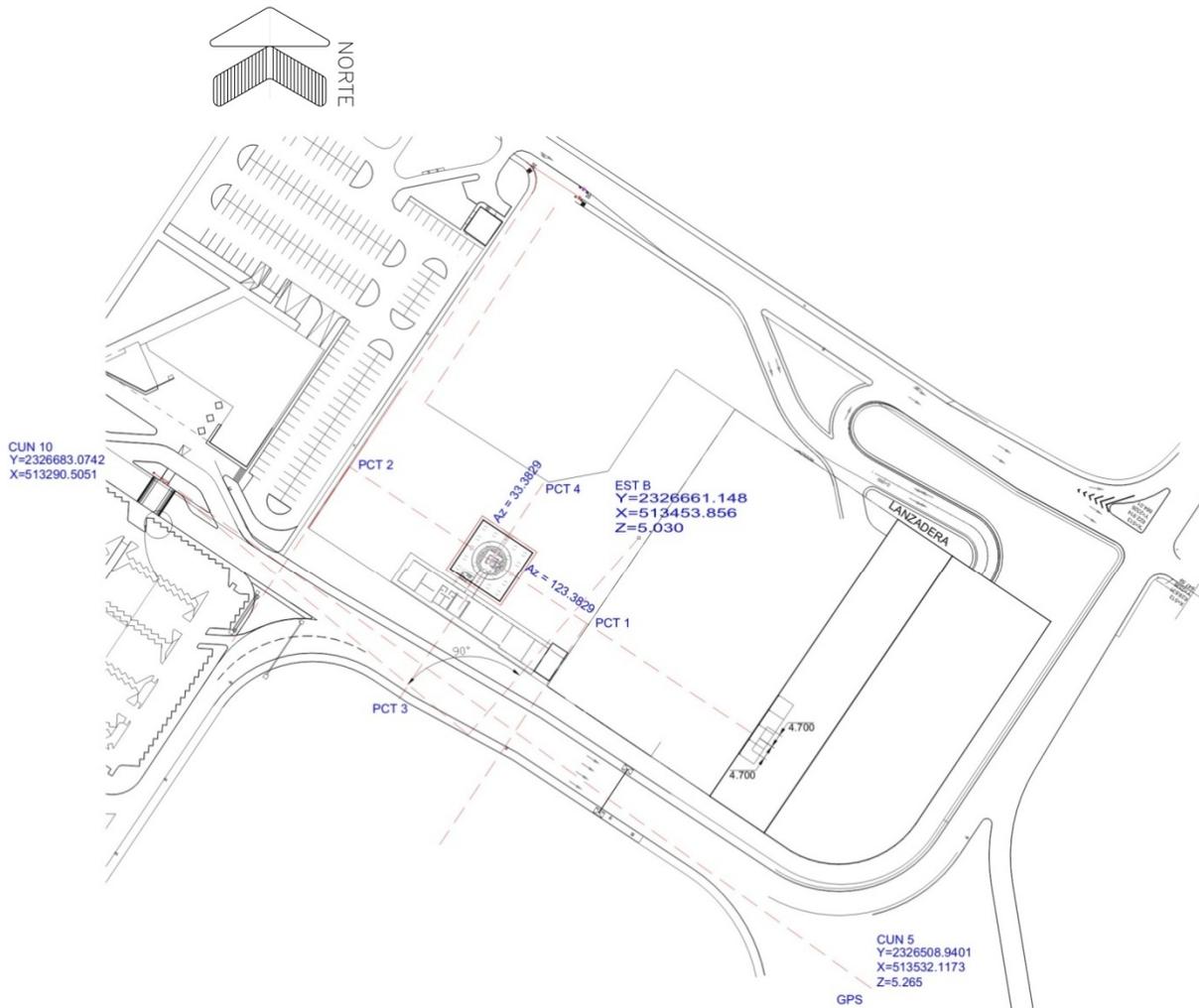
Áreas exteriores

- Instalaciones Hidrosanitarias, Eléctricas y de Alumbrado, Pavimentación y Jardinería.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

PLANTA GENERAL (UBICACIÓN)





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

2. CONSTRUCCIÓN CON CIMBRA DESLIZANTE

2.1 PROCESO CONSTRUCTIVO CON CIMBRA DESLIZANTE

El procedimiento del deslizado que fue aplicado para la construcción de los muros del fuste cubo de escaleras, cubo de elevador de la torre de control aéreo implica los siguientes puntos:

- *Fraguado del concreto:* Es muy importante que el fraguado del concreto dentro del molde deslizante no sea menor de 30 a 40 cm, en vertical (altura del molde 1.20 metros), con la finalidad de disminuir los movimientos que puedan provocar al molde efectos de desplome y/o rotación del mismo. Además con esto se garantiza que no existan desprendimientos de concreto y el acabado sea uniforme.
- *Verticalidad y Giro del edificio:* A fin de verificar la correcta posición del edificio, se debe revisar la verticalidad y la rotación del molde, la revisión se hace con equipo topográfico y plomadas ópticas cada 4 horas, durante el turno, para las revisión se instalan como mínimo 4 puntos de verificación en el exterior del edificio, por medio de las lecturas es posible identificar cualquier desviación y realizar la corrección inmediatamente.

En caso de desplome detectado en el edificio, se debe corregir éste cabeceando el molde de acuerdo al sentido opuesto de la resultante obtenida del levantamiento topográfico.

Para el caso de giro del molde, se corrige en caso de ser necesario por medios mecánicos; colocando un diferencial en la estructura portante y anclada en algún punto del edificio, este arrostramiento se colocará en dirección opuesta el giro.

Los reportes emitidos en cada verificación se grafican en el formato anexo a fin de poder observar con mayor claridad la tendencia del movimiento del molde.

Cada vez que haya que corregir el movimiento del molde ya sea por giro o desplome del mismo, se anota en el formato la acción de corrección que se implemente aclarando la hora del suceso así como la persona encargada de implementar tal corrección.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

- *Sistema Hidráulico:* Los gatos hidráulicos que izan el molde van provistos de dispositivos de autonivelación. Esto asegurará mantener siempre bajo control la nivelación de la estructura restringiendo su desplazamiento horizontal debido a cambios de su centro de gravedad.

Para tener un máximo control del izaje en el molde, el accionamiento de la bomba es automático por medio de un Timer, y a su vez de manera manual con la botonera on/off del mismo, de manera que la acción de izaje de los gatos es controlada exclusivamente por la persona encargada del proceso.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

2.2 FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LA CIMBRA

Los Materiales que se utilizaron para la fabricación del molde (cimbra) son los siguientes:

- Triplay de 5/8" en 4' x 8'.
- Triplay de 1/2" en 4' x 8'.
- Tablón de 1 3/4" x 6" x 8'
- Duela de 1" x 4" x 4'.

Los tablonos fueron canteados y cepillados en el sentido longitudinal de tal manera que tenga un ancho igual en toda su longitud, tanto en la parte interior como en la parte exterior, esto más el espesor del triplay y la duela será igual a las dimensiones necesarias para formar las geometrías requeridas por el proyecto. Toda la madera tuvo un cepillado para mantener el mismo espesor y así evitar posibles variaciones en el armado del mismo.

Dimensiones y Armado del Molde

- a) La tarima perimetral interior y exterior del molde para el fuste fue armada en taller y tuvo 1.20 m de altura; cada una fue conformada por triplay de 1/2" con un recubrimiento especial integrado por resina epóxica y fibra de vidrio.
- b) Para muros de escalera y elevador se utilizó triplay de 5/8", la resina epóxica es ideal, para su protección contra la humedad y la fricción continua contra el concreto, el triplay fue reforzado con duelas de 1"x 4"x 1.20 m a cada 13 centímetros (promedio) a centros de estas.
- c) Este conjunto fue soportado por dos líneas de cerchas (3 líneas de tablón cada una), superior e inferior en interior y exterior del molde. Las cerchas fueron armadas por tres tablonos de 1 3/4" de espesor x 5" de ancho y 2.44 m. y 1.22 m. de largo.

El armado del molde se hará de la siguiente forma:

1. Inicialmente con el equipo de topografía y sobre el concreto de la cimentación, se marcó el perímetro interior y exterior de los muros de fuste, cubo de escaleras y cubo de elevador.
2. Las tarimas de la cara exterior del molde quedaron sin desplome, estas se colocaron de una en una aprovechando la geometría del edificio y se fijarán mediante un apuntalamiento de duela, barroto o polín. Para las tarimas de la cara interior se realizó el mismo proceso pero dejando un desplome de 10 milímetros en la parte inferior del molde.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

3. Una vez fijadas las tarimas exteriores e interiores del molde se inició el proceso del cocido, el cual consiste en traslapar las tres líneas de tablón con las dimensiones necesarias, estas cerchas fueron fijadas con clavos de 3" para las dos primeras líneas y clavos de 4" para unir la tercera línea con las dos primeras, estos clavos fueron distribuidos proporcionalmente de acuerdo al diseño del molde.
4. Habiéndose montado el molde se procedió al montaje de las armaduras estas son el soporte de las plataformas, así como parte del sistema o conjunto de la cimbra deslizante. Cabe aclarar que se necesita tener montados todos los elementos estructurales antes de iniciar con el forrado de plataformas y el montaje de los yugos o piernas estructurales.
5. Cuando el sistema hidráulico se activa los yugos (piernas y travesaños) distribuyen el impulso hacia las armaduras interiores y exteriores uniformemente, y estas a su vez transmiten este impulso a las cerchas inferiores del molde, las cuales y por medio de la conexión vertical de cada apoyo en la estructura transmite este mismo a las cerchas superiores y breizes que componen el molde, dando como resultado la elevación de la cimbra deslizante, y de todos los elementos que de ella dependan o se sujeten.
6. Los perfiles de la estructura portante sirvieron para colocar la madera que conforman las plataformas de trabajo, sobre estos perfiles se colocó un tendido de polines de acuerdo a la geometría que se requirió, la separación máxima de estos fue de 50 cm. (a centros) en la plataforma exterior e interior. Sobre estos polines se colocó a su vez el forrado de las mismas conformada por duela de diferentes dimensiones.
7. Para la plataforma de molde donde se coloca el acero, (en el perímetro exterior del molde se colocaron escuadras a cada 1.40 m. que soportan la plataforma exterior, el barandal perimetral y colocar los tubos que funcionaron como parte del andamio colgante para dar el acabado final al concreto) la estructura portante se soldaron casquillos de PTR de 2 ½" x 4.8 para colocar los tubos que funcionaron como parte del andamio colgante, para las terminaciones de albañilería.
8. Las piernas o yugos de los gatos se extendieron hacia la parte superior de la plataforma donde se repartió el concreto, marcos metálicos y, éstos soportaron la plataforma superior la cual estuvo formada por la estructura de la losa de la cabina. Además de que la estructura tiene las siguientes funciones: soporte de la guía del acero de refuerzo vertical, soporte de mangueras del sistema hidráulico, soporte del sistema de alumbrado, así como



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

soporte de tablonos que sirvieron como plataforma superior para colocar el concreto, llevar el acero de refuerzo y la barra de trepa.

9. En la plataforma interior en los claros donde las dimensiones fueron mayores de la longitud de un polín, se colocaron elementos estructurales a base de PTR o ángulos, para aseguramiento de la plataforma de trabajo.
10. El sistema de izaje estuvo conformado por 8 gatos con capacidad de 22 toneladas cada uno, estos fueron distribuidos y/o colocados de acuerdo al diseño de ingeniería (MACINTER-SCANADA) alimentados mediante un circuito formado por una bomba hidráulica tipo P10 de 10 LPM (litros por minuto) de capacidad accionada por un motor de 3.5 HP y con opción manual de manejo así como mangueras de alta presión de 1/2" y 3/4" de diámetro.
11. Los gatos se elevaron a través de un sistema de barra de trepa de 2.91" (74 mm) de diámetro. La longitud de las barras es de 3.67 m. además de este equipo se contó con una bomba hidráulica y 2 gatos hidráulicos con las mismas características como respaldo, más un lote de refacciones en caso hacer reparaciones en los equipos.
12. Una vez colocado el sistema de gatos y posterior a la prueba en vacío de los mismos se coloca la primera línea de barras de trepa, las cuales son sometidas a procesos de limpieza en caso de ser necesario; así como también a la revisión de las cuerdas (machuelos) en ambos lados de la barra. Las cantidades a utilizadas son (156 piezas).
13. Se localizaron los ejes de referencia en la plataforma de operación (además de algunos puntos auxiliares) para la ubicación de las puertas y elementos ahogados (placas), que fueron colocados durante el deslizado. Igualmente personal de topografía de CORDINA (Empresa supervisora) verificara los ejes previos a la colocación de puertas y elementos ahogados.
14. Las plataformas de trabajo se iluminaron con unidades de 100 Watts así como las plataformas colgantes interior y exterior. El sistema estuvo dividido en varios circuitos: plataforma de trabajo, plataforma de acabados interior, plataforma de acabados exterior; escaleras de acceso del personal al molde. La plataforma superior, el área de bombeo y



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

vaciado de concreto y acceso del alimak, todos esto se iluminará con reflectores. Así como el patio de habilitado y almacenamiento del acero de refuerzo. Se contó con la instalación

de un semáforo de dos luces (verde y roja) para controlar el suministro de concreto. Como medida adicional a los radios de comunicación.

15. Dentro del cubo del elevador se colocó 1 escaleras para acceso y descenso del personal a la plataforma de trabajo. A cada 3 elementos de dicha escalera (4.50 m.) se le colocaron dos ángulos de $2\ 1/2'' \times 1/4''$ que sirve como venteo entre la estructura de concreto y la escalera; estos ángulos se sujetaron hacia las placas de anclaje $15\text{ cm.} \times 15\text{ cm.} \times 3/8''$ de espesor previamente embebidas durante el deslizado. La distancia entre estas placas es la indicada anteriormente en vertical, y en horizontal será en base al ancho del marco de la escalera.

2.3 PROCEDIMIENTO GENERAL DE OPERACIÓN

Izaje del sistema deslizante

1. Se procede a realizar la prueba de presión en la red hidráulica hasta la válvula del gato para verificar que no haya fugas de aceite, cuidando en ese momento que las válvulas de todos los gatos estén completamente cerradas. También se puede realizar esta prueba con las válvulas abiertas, pero sin haber colocado las barras de trepa para evitar el alzado del sistema estando vacío el molde.
2. Una vez llenado el molde se deja pasar un lapso de tiempo, necesario para que se efectúe el fraguado inicial de la primera capa, para verificarlo se introduce en el concreto una varilla lisa de diámetro $5/8''$ con punta de bala. Este escantillón es de aprox. 1.50 m. de longitud y su función específica es la de señalar el espesor de concreto fraguado (este es recomendable que sea 20 cm.). Después de confirmar que la primera capa de concreto haya alcanzado su fraguado inicial, se dan de 2 a 3 impulsos a la bomba de presión para levantar el molde y dar el tensado a las barras de trepa de los gatos, y así iniciar el deslizado, la velocidad promedio de izaje varía de acuerdo a la velocidad de la colocación de todos los elementos que comprenden el deslizado.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

3. Se inicia con el llenado del molde. Para esto se requiere un volumen de concreto de 22 m^3 y se planea hacerlo en un tiempo de 2.0 horas aproximadamente, contando con 1 bomba pluma; se requiere un suministro promedio de 5.50 m^3 cada 30 min. aprox. se debe llenar en capas de 20 ó 30 cm promedio, una vez concluido el llenado se tiene una

pausa en el suministro hasta lograr el fraguado inicial de la primera capa, después de lo cual se iniciara el izaje de todo el sistema. Se hace la aclaración que de no terminarse con el llenado del molde y teniéndose el fraguado de la primera capa se debe iniciar con el despegue del mismo.
4. Iniciado el deslizado es necesario colocar el acero de refuerzo horizontal. El proceso de izaje inicial será de 10 a 20 cm por hora aproximadamente. El molde es llenado continuamente en capas promedio de 20 cm ó según lo permita el fraguado. Para este avance se requiere un volumen de concreto de 3.17 m^3 en área de fuste, y 0.5 m^3 , en el área de muros cubo de escaleras y cubo de elevadores. Para suministrar un volumen total por hora de 3.67 m^3 a la plataforma superior y repartirlo. Este concreto se compacta mediante el vibrado.
5. En las plataformas colgantes se ubican los oficiales de albañilería para realizar el acabado del concreto una vez que inicie el deslizado y en caso de ser necesario alguna reparación, esta se realiza con el mismo tipo de concreto y para reparaciones pequeñas se utiliza una mezcla recuperada del mismo concreto, el cual será cernido y pasar por una malla de 5 mm. X 5 mm, esta mezcla se aplica sobre el área, para posteriormente pasarle una esponja o flota para ir desvaneciendo las estrías.
6. Finalmente se aplica la membrana de curado aplicando este en sentido horizontal en forma uniforme formando franjas de 30 centímetros. Antes de aplicar el curacreto se deja una franja 50 centímetros del paño inferior de la cimbra hacia abajo.
7. Se debe contar con 9 compuertas necesarias en la plataforma interior una para cada media luna, y dos entre el cubo de escaleras y elevador y una más al centro en el cubo del elevador esta misma sirve para pasar a la escalera de acceso, cada compuerta cuenta con una escalera de acceso. Estas se utilizan para el ascenso y descenso del personal a las plataformas colgantes donde se realizan los trabajos de acabado al concreto. Se dejan dos accesos para la plataforma colgante exterior a través de dos compuertas sobre la plataforma exterior. En los dos casos estas escaleras cuentan con protecciones laterales para mayor seguridad del personal. Para bajar de la plataforma superior (plataforma del



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

8. concreto) a la plataforma inferior (plataforma del acero) se dejan 4 accesos. Dos en la plataforma exterior y dos entre el cubo de escalera y cubo de elevador.
9. Los traslapes de turnos se realizan en un tiempo no mayor de 20 a 30 min. entre uno y otro.
10. Los horarios de comida están organizados de forma que no interfieran en el desarrollo del deslizado y son realizados a las 13:00 horas (día) Y a las 00:00 horas (noche) sobre la misma plataforma y en un tiempo aprox. de 20 a 30 minutos.
11. El agua para consumo del personal es potable y esta almacenada en depósitos que cumplan con los estándares apropiados para su utilización, es ubicado en forma estratégica para su consumo en la plataforma.
12. Los desperdicios producidos en el área de trabajo, son ubicados en tanques o tambos de basura colocados en puntos estratégicos para su efectiva recolección y continuo retiro.
13. Los suministros de materiales, acero de refuerzo, elementos ahogados, e insumos varios para acabados, se realizan mediante los elevadores alimak, más un malacate ubicado en la parte exterior del fuste.

Colocación de molde en cambio de espesor de muro de fuste

La colocación del concreto, acero de refuerzo y elementos ahogados en el deslizado es en forma continua desde su inicio, nivel + 4.235 hasta el nivel + 37.235. En este nivel está previsto una interrupción de la elevación del molde por el cambio de sección del muro de 60 cm. a 50 cm., para esto se saca el molde en vacío (dejar de colocar el concreto) durante esta actividad se procede a la colocación de un segundo molde interior de 1 m. de altura y 10 cm de ancho fabricado y armado con anterioridad de la misma forma que el molde listo para iniciar su colocación.

El molde de la cimbra se quedara con 20 cm de concreto y un metro libre vacío para poder colocar la reducción la cual será colgada y fijada al primer molde.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Requerida para la segunda sección del fuste, dicha maniobra está programada a realizarse en un periodo de 8 horas aproximadamente, es decir, en un turno completo. Reiniciándose posteriormente la colocación del concreto, conforme fue subiendo el molde se continuó el armado de varillas hasta el nivel + 38.235.

Finalizando así la primera fase e iniciando la segunda del deslizado, si tarda más de 8 horas el montaje de la reducción del molde generándose por consecuencia de este paro una junta fría. Para el tratamiento de dicha junta se quitara todo el concreto suelto y se limpiara todo el perímetro del fuste, dejando toda la zona humedecida para aplicar posterior mente un producto que ligue el concreto nuevo con el concreto viejo (sika Flex).

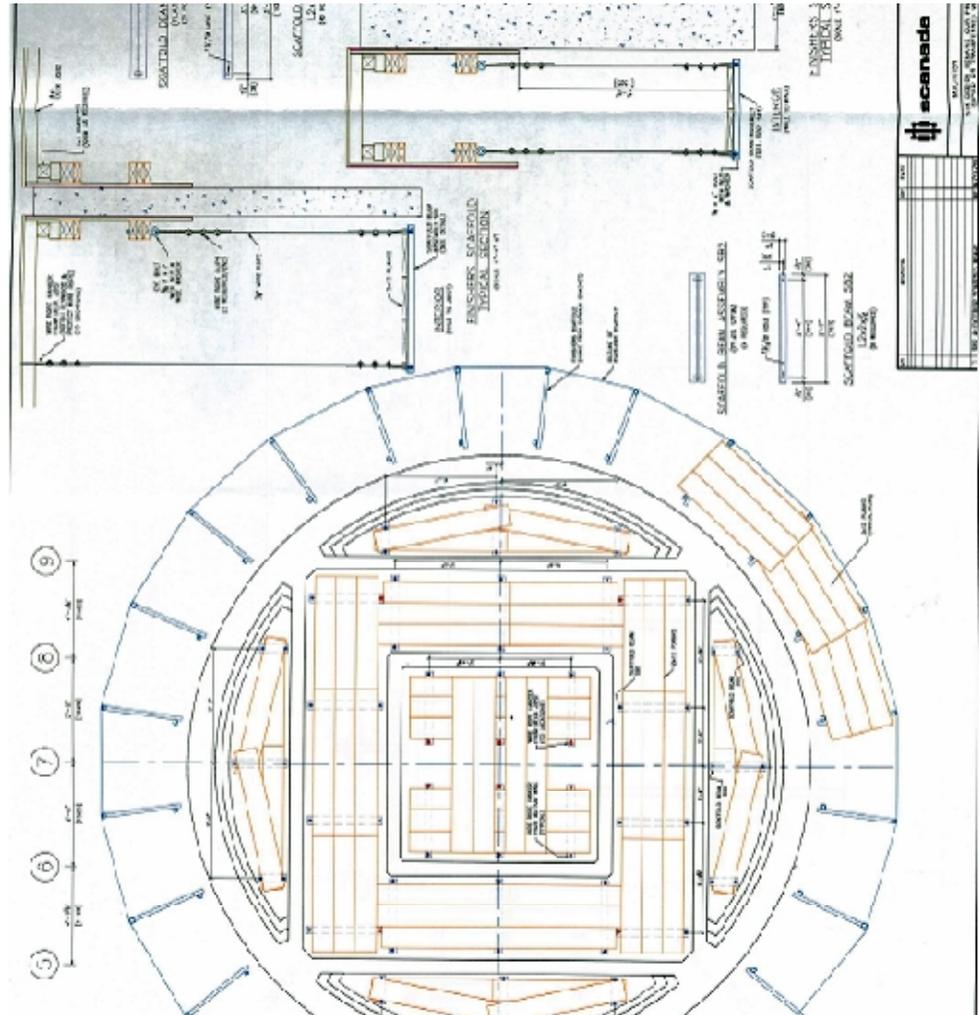
Esto aplica también para la segunda reducción del fuste ya que es el mismo procedimiento.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

PLANOS DE CIMBRA DESLIZANTE

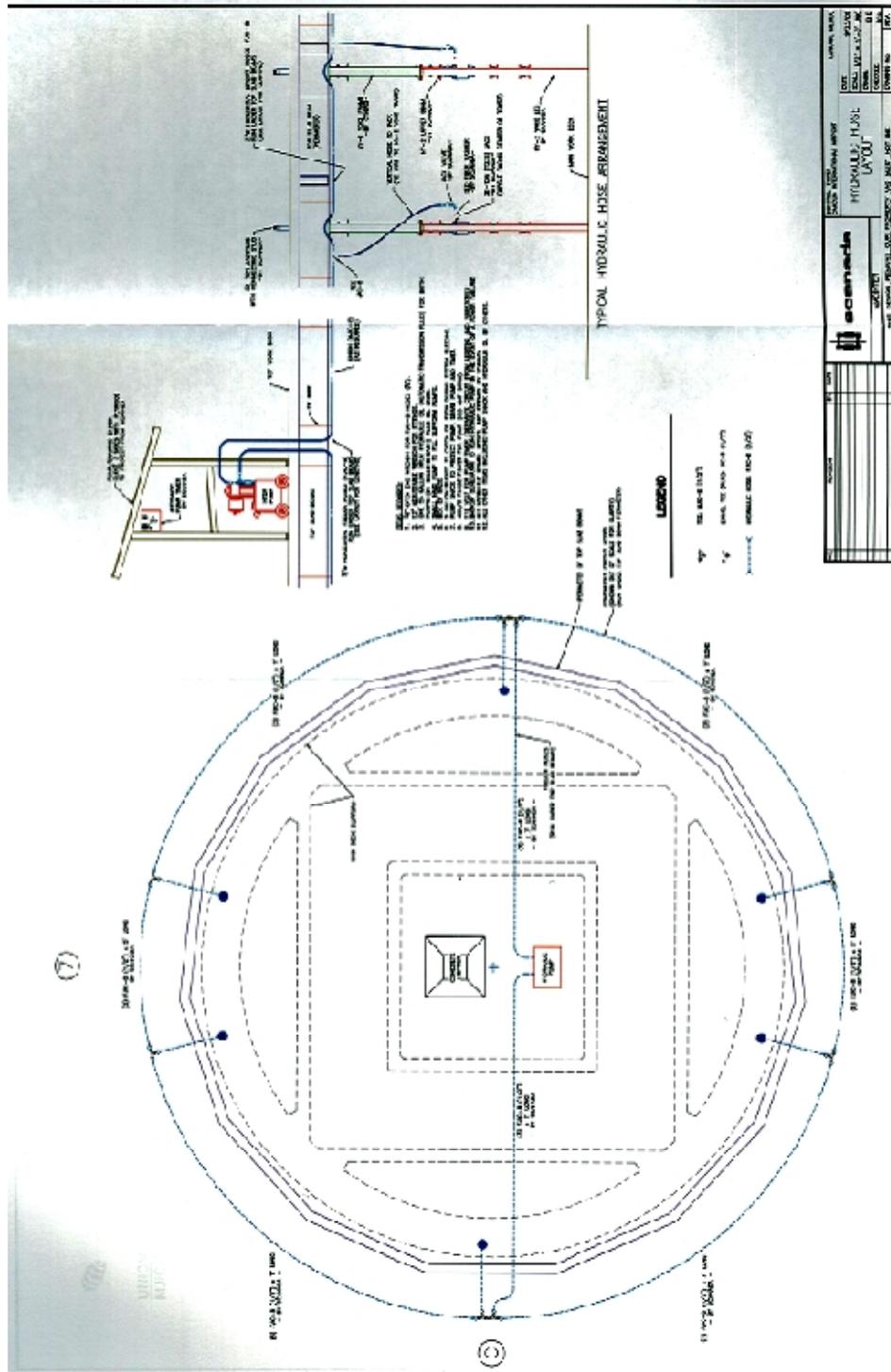
Vista en planta del arreglo de la cimbra





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

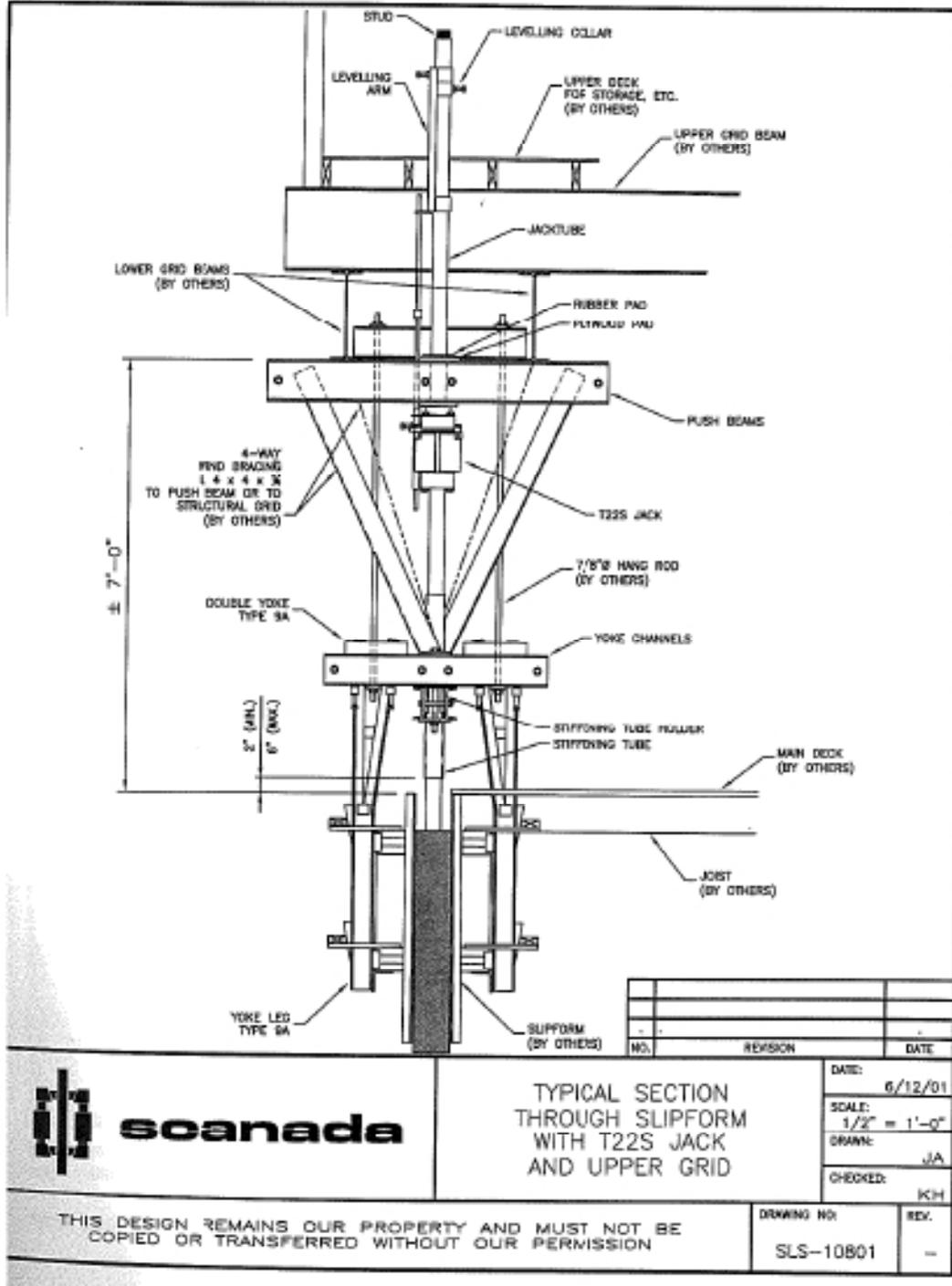
Vista en planta del arreglo de la bomba hidráulica





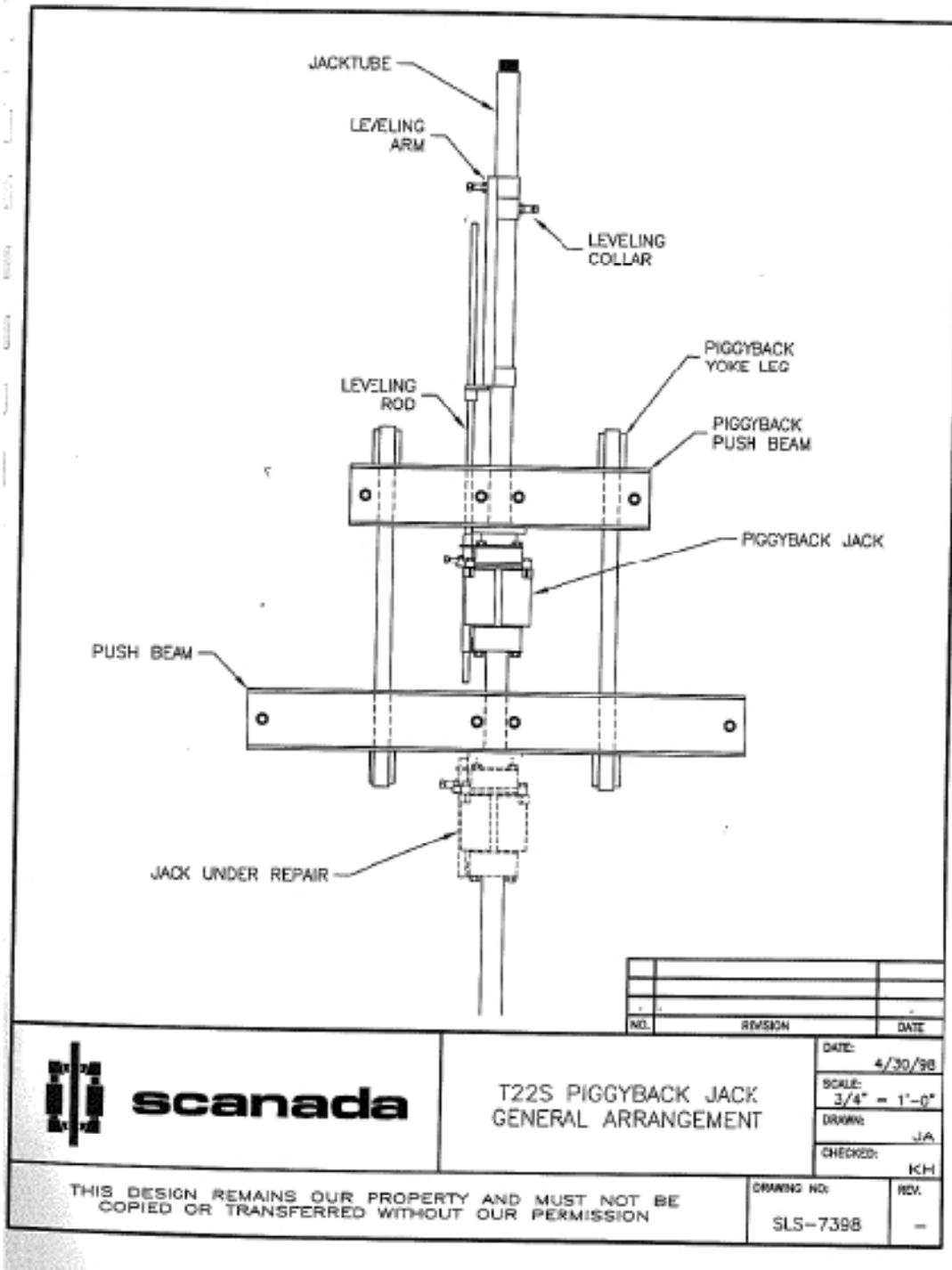
CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Vista en elevación de los gatos hidráulicos y tubos de trepa





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE





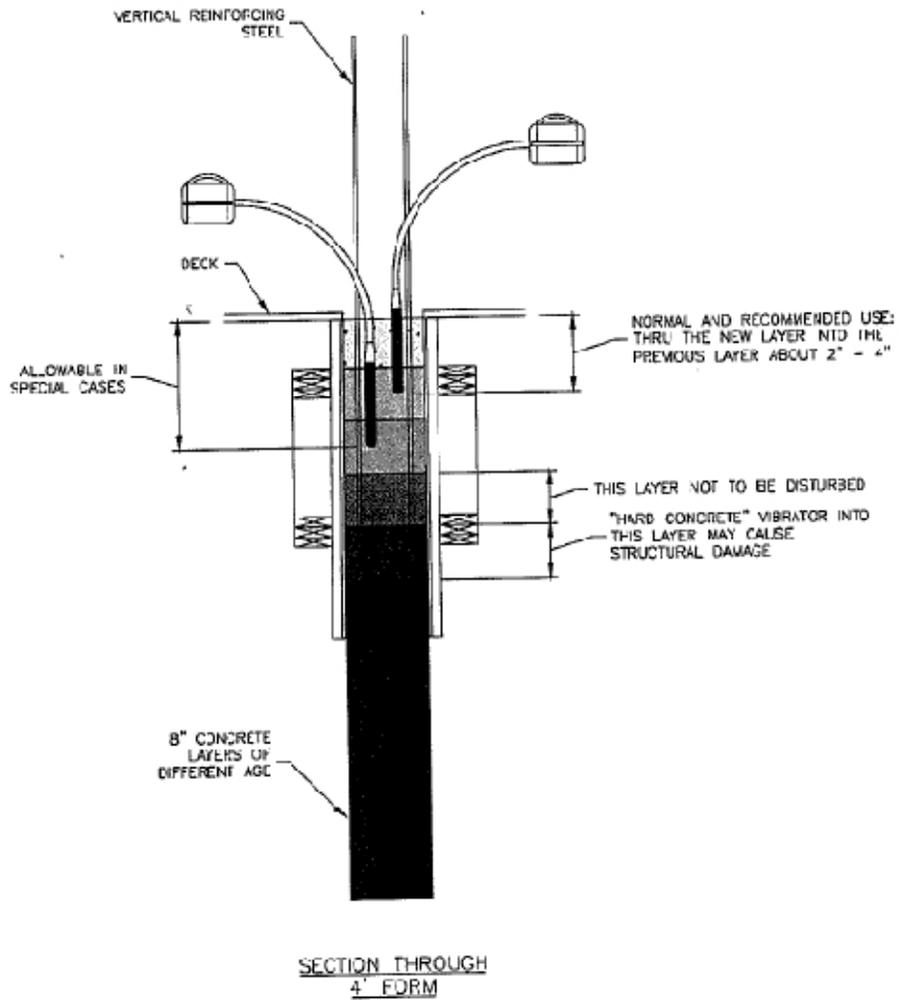
CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Vibrado de concreto

SCANADA

OPERATING PROCEDURES

PROPER USAGE OF CONCRETE VIBRATOR IN THE SLIPFORM



NOTES

The tip of the vibrator should not go deeper than 12 inches below the deck. This will ensure that only the top two layers of concrete placed are being vibrated. Dip vibrator vertically into fresh concrete and pull out slowly.

Be sure to vibrate properly around inserts and corners.



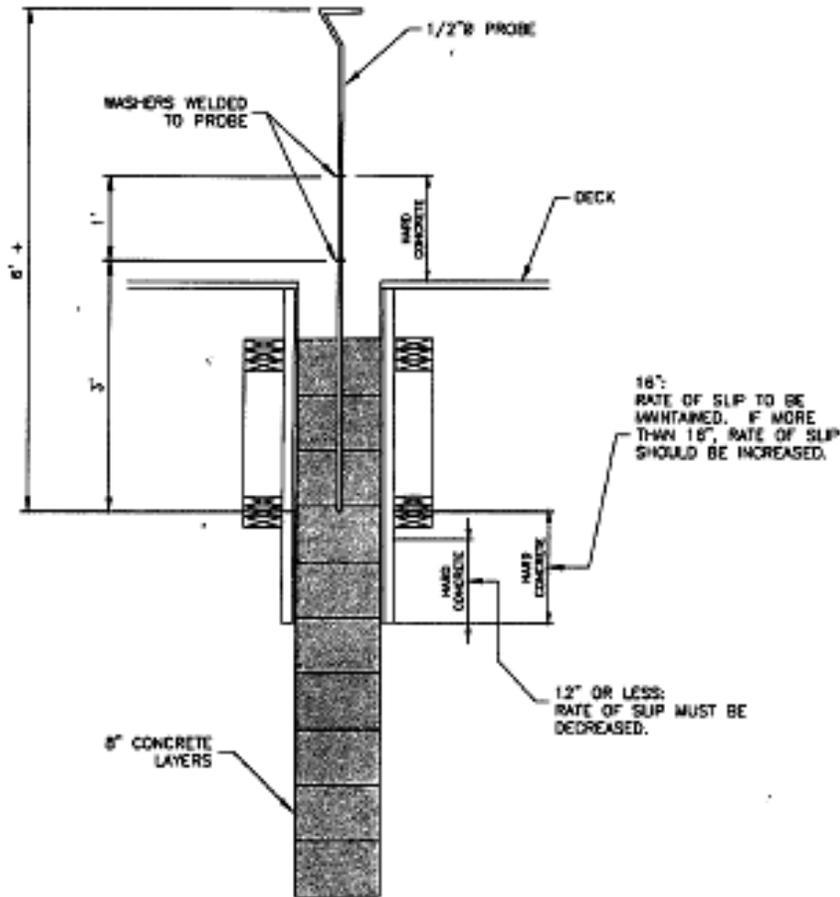
CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Escantillón para verificar la altura de fraguado del concreto

SCANADA

OPERATING PROCEDURES

METHOD FOR MEASURING THE AMOUNT OF HARD CONCRETE IN THE SLIPFORM



SECTION THROUGH
4' FORM

DEFINITION

"Hard head" or hard concrete during slipforming is defined as the degree of hardening which will resist penetration of a 1/2" rebar probe thrust into the concrete with reasonable one-handed force.

NOTE

The uppermost washer represents the bottom of the form. The distance between the upper washer and the deck is the amount of hard concrete in the forms. If the lower washer is below the deck, you must slow down the rate at which you are jacking. If the lower washer is more than 6 inches above the deck you must increase the rate at which you are jacking or adjust the concrete mix for a slower set if a faster rate of jacking is not possible.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

A continuación se muestran algunas fotos del armado y montaje del molde





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

3. CONCRETO

3.1 FABRICACIÓN

Características del concreto en el fuste:

- Concreto Premezclado Duramax Clave 6427 $f'c=350$ Kg/cm² con un módulo de elasticidad de $E_c=262,000$ kg/cm².
 - ✓ Agregado Máximo de 3/4."
 - ✓ Relación Agua-Cemento 0.45
 - ✓ Permeabilidad a los cloruros de 3000 Coulombs a la edad de 28 días mediante la prueba RCPT.
 - ✓ Permeabilidad al agua (K) de 1.0m / sx10⁻¹¹
 - ✓ Difusión de cloruros de 50.0 mm² / año
 - ✓ La temperatura no debe exceder los 31°C
 - ✓ El concreto hidráulico deberá cumplir con las siguientes normas:
 - a) Cemento Norma NMX-C-414-ONNCCE-2004
 - b) Agregados Norma NMX-C-115-2004
 - c) Aditivos Norma NMX-C-255-ONNCCE-2004
 - d) Agua Norma NMX-C-122-2004
 - e) Concreto Hidráulico Norma NMX-C-155-2004
 - ✓ Revenimiento 18 +-3.5 cm
 - ✓ Concreto Bombeable

Se utilizaron los siguientes aditivos de la marca BASF The Chemical Company (Master Builders Inc.):

- CMX-MPC-03 Aditivo Reductor de agua de Alto Rango.
- CMX-R-06 Aditivo Retardante del Fraguado para el Concreto.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

3.2 TRANSPORTE Y COLOCACIÓN

La velocidad promedio de elevación de la cimbra deslizante fue de 20 cm. por hora aprox. esta velocidad está supeditada a la colocación del acero, así como de la humedad que exista en el medio ambiente y temperatura del mismo.

El volumen total de concreto es de 1890.5 m³ aproximadamente en el deslizado de los muros de fuste, cubo de escaleras y cubo de elevadores, con una resistencia de $f'c= 350 \text{ Kg./cm}^2$ el cual se colocó con el sistema de colado continuo, y se hizo de la siguiente manera.

La temperatura del medio ambiente para el colado se encontró entre los 28°C y 35°C. Se tomaron muestras de laboratorio cada 100 m³ de concreto realizadas a pie de obra por personal de laboratorio

➤ **Suministro de concreto primera sección de fuste (espesor de 60.0 cm. en muro)**

La elevación del concreto una vez iniciado el deslizado durante los primeros 30 metros se realizó con dos bombas tipo pluma (una trabajando y otra en standby), éste concreto se colocó directamente en la plataforma superior se necesitó un volumen de 3.64 m³ por hora aproximadamente .con un avance de 20 cm. por hora

Cuando la bomba ya no tuvo alcance, aproximadamente a los primeros 30.0 m. se utilizó el elevador alimak con una cabina de 1.5 x 3.2 m. con una capacidad de carga de 1800 kg. La cabina en su interior llevó dos bogues con capacidad de 200 litros cada uno el tiempo promedio en subir la cabina es de 20 m de altura por 1 minutos aproximadamente. Y se ocupó un volumen de 3.3 m³ por hora.

➤ **Medición de tiempo por viaje segunda sección de fuste (espesor de 50.0 cm. en muro y una altura de 60.0 ms.)**

a)	Acomodo de olla revolvedora	1.0 minutos
b)	Llenado de bogues	2.0 minutos
c)	Elevación de concreto a 60 m.	3.0 minutos
d)	Bajar y subir bogues	1.0 minutos



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

e)	TIEMPO TOTAL POR CICLO	7.0 minutos
f)	Número de viajes por hora	9 viajes
g)	Volumen elevado por hora	3.6 m ³ por hora
h)	Volumen requerido por hora	3.3 m ³

➤ **Medición de tiempo por viaje tercera sección de fuste (espesor de 40.0 cm. en muro)**

i)	Acomodo de olla revolvedora	1.0 minutos
j)	Llenado de bogues	2.0 minutos
k)	Elevación de concreto a 95 m.	5.0 minutos
l)	Bajar y subir bogues	1.0 minutos
m)	TIEMPO TOTAL POR CICLO	9.0 minutos
n)	Número de viajes por hora	7 viajes
o)	Volumen elevado por hora	2.8 m ³ por hora
p)	Volumen requerido por hora	2.8 m ³

Llegando el concreto a la plataforma superior se bajaron dos bogues llenos y se subieron dos bogues vacíos, los bogues llenos descargaron el concreto en unas tolvas estratégicamente ubicadas, y fue repartido este concreto con los bogues. El concreto fue elevado por medio del alimak en períodos continuos hasta el final del deslizado. Es importante destacar que se contó con un malacate como respaldo durante el deslizado.

El elevador alimak su montaje es en elementos de 1.5 m. realizando un tiempo en el montaje de una pieza en 20.0 minutos aproximadamente.

Por turno se subieron dos elementos a la hora de la comida y para su arriostre se dejaron anclajes de acero galvanizado a cada 15.0 metros. Para realizar este arriostre y elevación de los elementos se formó una cuadrilla de cuatro personas por turno.

Previo a la colocación del concreto se realizaron pruebas de fraguado con diferentes mezclas, registrando temperaturas del concreto, tiempos de fraguado, temperaturas ambiente y horarios de colados, con el fin de tener alternativas de la mezcla con las cuales se realizará el deslizado.

No es recomendable la utilización de aditivos, excepto el que se maneje de línea o mezcla; sin embargo se deberán realizar pruebas para conocer el comportamiento del concreto con los mismos. Estas pruebas deberán ser efectuadas por la concretera.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Es muy importante revisar estos tiempos de fraguado, para evitar problemas con el manejo de la cimbra deslizante, así como el acabado mismo del concreto. En este caso especial se requiere aparte del fraguado normal de 4 a 6 horas, se necesitará también un fraguado de 6 a 8 horas por los trabajos de colocación de cimbra para la reducción de espesor de muro.

Se deberá contar con un mínimo de 2 ollas mezcladoras para transportar el concreto, y una olla de respaldo.

La distribución y colocación del concreto en el molde se hizo desde la plataforma superior mediante bogues que llevaron el concreto directamente del alimak a las tolvas receptoras, los operadores de la tolva y bogues fueron instruidos de tal forma que la colocación del concreto fue ágil, ya que este factor influye en la velocidad del deslizado y en la calidad del acabado.

Aunado a la velocidad de la colocación del concreto, estuvo el cuidado del vibrado, que se realizó con 4 vibradores eléctricos con cabezal de 1 ½" de diámetro, además se contó con 3 vibradores de respaldo por cualquier eventualidad.

El concreto recomendable para lograr una buena manejabilidad debe tener una temperatura entre 26° y 30° grados centígrados y un revenimiento de 18 ± 3.5 cm. Medidos al pie del deslizado.

El concreto que resultó como desperdicio durante el deslizado fue trasladado en tambos destinados para esos fines y retirados de la plataforma hacia un lugar indicados para su disposición final.

El concreto se compactó por medio de vibradores los cuales se introdujeron en el centro de los muros y/o alternando cerca de la varilla vertical en la parte interior y exterior de muros.

Acabado final del concreto

Cuando la parte inferior de la cimbra deslizante alcanzó 2.00 m. de altura aprox. se procedió a colocar y fijar los colgantes o jengues inferiores en la parte interior y exterior del edificio, a una



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

distancia de 2.00 metros, para colocar a su vez los tablonos que formaron las plataformas inferiores de acabado y curado del concreto.

La mejor calidad del acabado la dio la continuidad de los trabajos en conjunto y la correcta dosificación del concreto.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

FOTOGRAFÍAS DE AVANCE DE COLADO

DÍA 1- 29/OCT/08



DÍA 2- 30/OCT/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 3 31/OCT/08



DÍA 4- 1/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 5- 2/NOV/08



DÍA 6- 3/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 7- 4/NOV/08



DÍA 8- 5/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 9- 6/NOV/08



DÍA 10- 7/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 11- 8/NOV/08



DÍA 12- 9/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 13- 10/NOV/08



DÍA 14- 11/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 15- 12/NOV/08



DÍA 16- 13/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 17- 14/NOV/08



DÍA 18- 15/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 19- 16/NOV/08



DÍA 20- 17/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 21- 18/NOV/08



DÍA 22- 19/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 23- 20/NOV/08



DÍA 24- 21/NOV/08





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

DÍA 25- 22/NOV/08



DÍA 26- 23/NOV/08





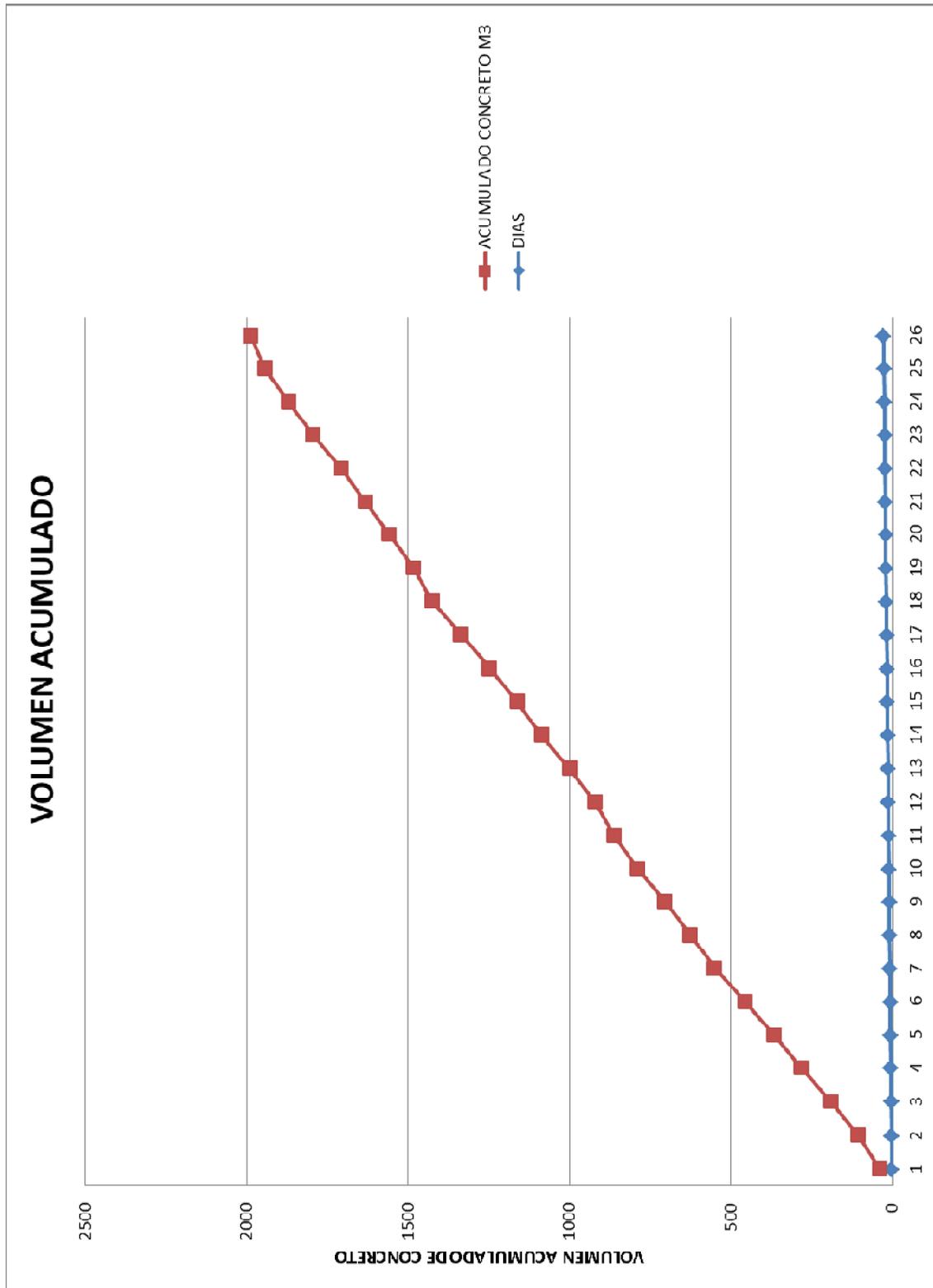
CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

TORRE DE CONTROL DESLIZADA										
DÍAS	TURNOS	NIVEL DE PLATAFORMA	ELEVACION	AVANCE POR TURNO	VEL / TURNO CM / HR	VEL. / PROM. CM / HR	VOLUMEN CONCRETO M3	ACUMULADO CONCRETO M3	FECHA	AVANCE %
26	NOCHE	95.400	91.165	0.100	0.008		6.00	1,962.00	23-nov.-08	0.11%
	DIA	95.300	91.065	1.950	0.163	0.155	37.00	1,956.00	23-nov.-08	2.14%
25	NOCHE	93.350	89.115	2.000	0.167	0.155	36.00	1,919.00	22-nov.-08	2.19%
	DIA	91.350	87.115	2.280	0.190	0.155	36.00	1,883.00	22-nov.-08	2.50%
24	NOCHE	89.050	84.835	1.820	0.152	0.154	33.00	1,847.00	21-nov.-08	2.00%
	DIA	87.250	83.015	2.220	0.185	0.154	42.00	1,814.00	21-nov.-08	2.44%
23	NOCHE	85.030	80.795	2.200	0.183	0.153	44.00	1,772.00	20-nov.-08	2.41%
	DIA	82.830	78.595	2.330	0.194	0.153	42.00	1,728.00	20-nov.-08	2.56%
22	NOCHE	80.500	76.265	1.690	0.141	0.152	36.00	1,686.00	19-nov.-08	1.85%
	DIA	78.810	74.575	2.010	0.168	0.152	38.00	1,650.00	19-nov.-08	2.20%
21	NOCHE	76.800	72.565	1.950	0.163	0.152	37.00	1,612.00	18-nov.-08	2.14%
	DIA	74.850	70.615	2.000	0.167	0.151	37.00	1,575.00	18-nov.-08	2.19%
20	NOCHE	72.850	68.615	1.700	0.142	0.151	36.00	1,538.00	17-nov.-08	1.86%
	DIA	71.150	66.915	1.800	0.150	0.151	38.00	1,502.00	17-nov.-08	1.97%
19	NOCHE	69.350	65.115	1.000	0.083	0.151	30.00	1,464.00	16-nov.-08	1.10%
	DIA	68.350	64.115	1.740	0.145	0.153	26.00	1,434.00	16-nov.-08	1.91%
18	NOCHE	66.610	62.375	2.010	0.168	0.153	42.00	1,408.00	15-nov.-08	2.20%
	DIA	64.600	60.365	2.300	0.192	0.153	46.00	1,366.00	15-nov.-08	2.52%
17	NOCHE	62.300	58.065	2.200	0.183	0.152	46.00	1,320.00	14-nov.-08	2.41%
	DIA	60.100	55.860	2.120	0.177	0.151	42.00	1,274.00	14-nov.-08	2.33%
16	NOCHE	57.980	53.745	1.980	0.165	0.150	44.00	1,232.00	13-nov.-08	2.17%
	DIA	56.000	51.765	1.650	0.138	0.144	40.00	1,188.00	13-nov.-08	1.81%
15	NOCHE	54.350	50.115	1.720	0.143	0.145	32.00	1,148.00	12-nov.-08	1.89%
	DIA	52.630	48.395	1.970	0.164	0.145	43.00	1,116.00	12-nov.-08	2.16%
14	NOCHE	50.660	46.425	2.160	0.180	0.144	46.00	1,073.00	11-nov.-08	2.37%
	DIA	48.500	44.265	1.860	0.155	0.143	40.00	1,027.00	11-nov.-08	2.04%
13	NOCHE	46.640	42.405	1.810	0.151	0.142	40.00	987.00	10-nov.-08	1.99%
	DIA	44.830	40.595	1.450	0.121	0.142	37.00	947.00	10-nov.-08	1.59%
12	NOCHE	43.380	39.145	1.430	0.119	0.143	28.00	910.00	09-nov.-08	1.57%
	DIA	41.950	37.715	1.450	0.121	0.144	31.00	882.00	09-nov.-08	1.59%
11	NOCHE	40.550	36.265	1.690	0.141	0.145	36.00	851.00	08-nov.-08	1.85%
	DIA	38.810	34.575	1.630	0.136	0.145	35.00	815.00	08-nov.-08	1.79%
10	NOCHE	37.185	32.950	1.515	0.126	0.146	42.00	780.00	07-nov.-08	1.66%
	DIA	35.670	31.430	1.920	0.160	0.147	42.00	738.00	07-nov.-08	2.11%
9	NOCHE	33.750	29.515	1.510	0.126	0.146	36.00	696.00	06-nov.-08	1.66%
	DIA	32.240	28.000	1.420	0.118	0.147	42.00	660.00	06-nov.-08	1.56%
8	NOCHE	30.820	26.580	1.400	0.117	0.149	30.00	618.00	05-nov.-08	1.54%
	DIA	29.420	25.180	1.910	0.159	0.151	45.00	588.00	05-nov.-08	2.10%
7	NOCHE	27.510	23.275	1.940	0.162	0.151	51.00	543.00	04-nov.-08	2.13%
	DIA	25.570	21.335	2.090	0.174	0.150	42.00	492.00	04-nov.-08	2.29%
6	NOCHE	23.480	19.245	1.750	0.146	0.148	42.00	450.00	03-nov.-08	1.92%
	DIA	21.730	17.490	1.930	0.161	0.148	46.00	408.00	03-nov.-08	2.12%
5	NOCHE	19.800	15.560	1.900	0.158	0.146	45.00	362.00	02-nov.-08	2.08%
	DIA	17.900	13.665	1.620	0.135	0.145	40.00	317.00	02-nov.-08	1.78%
4	NOCHE	16.280	12.045	1.740	0.145	0.146	44.00	277.00	01-nov.-08	1.91%
	DIA	14.540	10.305	1.960	0.163	0.146	45.00	233.00	01-nov.-08	2.15%
3	NOCHE	12.580	8.345	1.810	0.151	0.143	39.00	188.00	31-oct.-08	1.99%
	DIA	10.770	6.535	1.750	0.146	0.141	44.00	149.00	31-oct.-08	1.92%
2	NOCHE	9.020	4.785	1.570	0.131	0.139	33.00	105.00	30-oct.-08	1.72%
	DIA	7.450	3.215	1.630	0.136	0.143	34.00	72.00	30-oct.-08	1.79%
1	NOCHE	5.820	1.585	1.585	0.151	0.151	38.00	38.00	29-oct.-08	1.74%

INICIA COLOCACION DE CONCRETO	20:15 HRS.	29-oct.-08
INICIA DESLIZADO	02:30 HRS	30-oct.-08
TERMINA DESLIZADO	21:50 HRS.	23-nov.-08
ALTURA DE TORRE	91.165	
AVANCE TOTAL	100.00%	

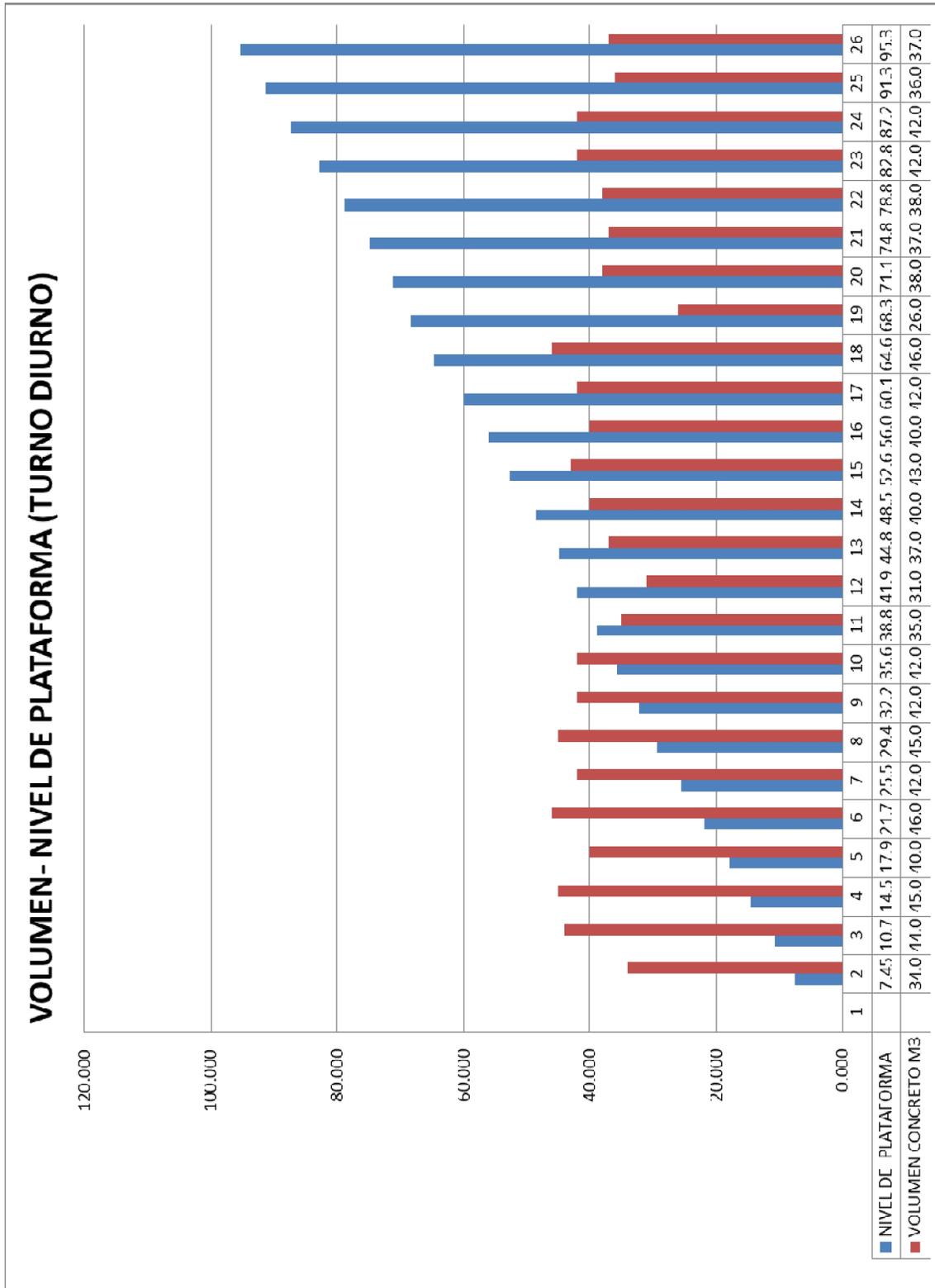


CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

4. ACERO

4.1 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN

El despiece del acero de refuerzo se realizó en función de la ingeniería del proyecto. Este despiece de acero es realizado y habilitado para los diferentes niveles.

El acero vertical de fuste y muros fue de 6 metros de largo. Los traslapes fueron de acuerdo a lo especificado en planos, así mismo todos los estribos que se requirieron para el revestido de las mismas. Para la colocación del acero vertical y horizontal se utilizó una cabina alimak con capacidad de 1000 kg.

Se contó con el respaldo de 2 malacates eléctricos (uno funcionando y otro en standby) con capacidad de 3 toneladas que fue colocado estratégicamente cerca del acero de refuerzo en el exterior del fuste.

El acero de refuerzo se marcó y etiquetó para los diferentes niveles que corresponda.

Se destinó un espacio específico en el patio de habilitado lo más cercano posible a la construcción del edificio para que la distancia de traslado sea mínima.

En las plataformas de trabajo se destinaron espacios para recibir el acero de refuerzo vertical y horizontal de los muros así como otros materiales, cuidando de no subir atados de más de 1000 kg. de peso, además de no acumular más acero del que se pueda ocupar en un lapso de tiempo inmediato a 6 hrs.

Para el caso del acero de refuerzo vertical se instalaron de la plataforma de trabajo superior a la plataforma inferior o directo al armado del muro cuidando el traslape, se dejaron las varillas ancladas en la losa con tres longitudes diferentes y todo el acero vertical se colocó de 6 metros de longitud esto aseguró la correcta instalación de las mismas y facilitó los trabajos del personal obrero.

El acero de refuerzo estuvo exento de grasas, aceites, pinturas, polvo, tierra, oxido en exceso y cualquier sustancia que reduzca su adherencia del concreto. Todos los dobleces se harán en frío.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Cuando el deslizado inició, el acero de refuerzo horizontal se colocó bajo los yugo u horquillas, una vez verificado su separación se sujetó al acero vertical en su sitio con amarres de alambre recocido, en el traslape no se permitió a más del 33 %.

Continuamente se realizaron verificaciones en las distancias y cantidades de acero.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

5. CONTROL DE CALIDAD

5.1 CONCRETO

La empresa CEMEX hizo pruebas con los diferentes materiales de la región y foráneos para dar con las características solicitadas.

Después de varios ensayos se determinó utilizar estos últimos debido a sus características físicas y la gran influencia que se tiene en el módulo de elasticidad:

- Grava de $\frac{3}{4}$ " del Banco de Teapa, Tabasco.
- Arena del Banco de Cálca.

Se toma también la decisión de incluir hielo al concreto para obtener la temperatura de 23° para la Cimentación y 31°C para el Deslizado del Fuste.

Tomando en consideración lo anteriormente mencionado y después de tener resultados satisfactorios a nivel laboratorio, se efectuaron pruebas industriales en la planta de concreto, confirmando los resultados obtenidos a nivel laboratorio, es decir satisfactorias y cumpliendo con todos los requisitos estructurales del proyecto.

A este diseño se le denominó "Concreto especial para el fuste de la torre de Control del Aeropuerto de la Ciudad de Cancún" con un código:

4-350-2-R-28-18-1-4-1S7

Se hicieron 3 pruebas previas en el laboratorio de CEMEX en la planta de Nizuc antes del colado de la cimentación.

También se le pidió a CEMEX para el colado de la Cimentación y por ser un colado masivo pruebas de laboratorio para conocer el Perfil Térmico con el objeto de generar las acciones preventivas necesarias para el correcto desempeño del elemento y evitar contracciones en el concreto estructural.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

El departamento Técnico, con la finalidad de garantizar la calidad del producto, realizó de manera permanente muestreos aleatorios al concreto suministrado durante la producción, lo que permitió detectar y corregir con oportunidad cualquier desviación que afectara la calidad del concreto, garantizando en todo momento que el producto suministrado cumple satisfactoriamente con las características de calidad requeridas por el proyecto.

Para el tema de calidad, CEMEX contó con personal de laboratorio en planta de concreto en obra para la toma de muestras y control de calidad, la frecuencia de toma de muestras fue de acuerdo a lo siguiente:

Revenimiento (NMX-C-156-ONNCCE) Al inicio del colado y cuando se detectó visualmente cambio de consistencia, pero no menos de una cada 100 m³ o fracción.

Resistencia a la compresión (NMX-C-083-ONNCCE) Cada 100 m³ o fracción

Módulo de elasticidad (NMX-C-128-ONNCCE) Cada 100 m³ como mínimo

El suministro de concreto se realizó sin contratiempos y además se logró superar las expectativas, ya que se obtuvieron resultados mayores a los solicitados:

- Resistencias mayores a los 350 kg/cm²
- ME mayor a los 262 000 kg/cm²



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Pruebas de compresión simple en el concreto

RESUMEN PRUEBAS DE LABORATORIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

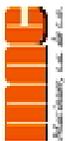


Table with columns: PRUEBA, COMENTARIOS, FOLIO DEL MEMORIO, FECHA DE REALIZACION, AREA, VOL, RES, etc. It contains a detailed list of 40 test results for concrete compression strength.

INDICADORES SUBSCRITOS



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Prueba de tensión de acero de refuerzo (ejemplo)



LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.

Isabel La Católica N° 504 Col. Algarín 06880 México, D.F.
Tels.: 5630-7088 , 5630-7348 Fax: 5618-2676
Correo electrónico: control@grupo-saomag.com.mx

OBRA: TORRE DE CONTROL DEL AEROPUERTO DE CANCUN
UBICACIÓN: AEROPUERTO CANCUN QUINTANA ROO.
MUCOTREADAD EN: OERA
SUPERVISIÓN: CORDINA S.A. DE C.V.

NORMA: GOT 101-11.1 A. 101-11.11
FECHA DE MUESTREO: 07 DE OCTUBRE DEL 2003
COORDINADOR: 14 DE OCTUBRE DEL 2003.
INFORME N°: 03/2003.

IDENTIFICACIÓN				PRUEBA DE TENSIÓN				PRUEBA DE CORRUGACIÓN							
MUESTRA N°	DIÁMETRO NOMINAL	MARCA	GRADO	MASA POR M³	ÁREA	LÍMITE ELÁSTICO	CARGA MÁXIMA	ESFUERZO EN EL LÍMITE ELÁSTICO	ESFUERZO MÁXIMO	ESFUEZO EN 200 mm	ALARGAMIENTO EN 200 mm	ESFUEZAMIENTO DE CORRUGACIONES	ALARGAMIENTO DE CORRUGACIONES	ANCHO DE CORILLAS	INCLINACIÓN DE CORRUGACIONES (GRADOS)
7.1	1/2"	SIC	42	0.980	1.35	5460	8800	4359	6320	4359	1.45	8.3	6.8	1.4	50°
Especificaciones															
7.2	1/2"	SIC	42	0.991	1.27							8.9	6.8	1.9	45°
Especificaciones															
8.1	3/8"	SIC	42	1.520	1.00	5300	14 070	4657		725	14.2	102	1.3	2.0	50°
Especificaciones															
8.2	5/8"	SIC	42	1.552	1.98			4300	6300	9.0		111	6.7	5.1	45°
Especificaciones															
9.1	3/4"	SIC	42	2.352	2.87	12 300	19 500	4315	6840	13.5		121	1.6	2.8	50°
Especificaciones															
9.2	3/4"	SIC	42	2.335	2.95			4200	6300	9.0		133	1.0	7.3	45°
Especificaciones															
10.1	1"	SIC	42	3.953	5.05	22 100	36 400	4359	6950	13.5		161	2.0	3.4	50°
Especificaciones															
10.2	1"	SIC	42	4.573	5.07			4400	6300	8.0		178	1.5	3.7	45°
Especificaciones															
11.1	1 1/4"	SIC	42	6.054	7.72	33 000	52 000	4155	6549	10.0		214	2.5	4.9	50°
Especificaciones															
11.2	1 1/4"	SIC	42	6.225	7.54			4200	6300	7.0		223	1.5	12.2	45°
Especificaciones															
Especificaciones															
Especificaciones															
Especificaciones															

LABORATORIO DE CONTROL S.A. DE C.V.
ING. FELIPE ORTIZ JUAN

OBSERVACIONES:
DERIVADO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS LAS PROBETAS ENSAYADAS CUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES ENUNCIADAS EN PROYECTO, CON EXCEPCIÓN DE LA PROBETA 11.1 LA CUAL LIGERAMENTE NO CUMPLE CON EL LÍMITE ELÁSTICO.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

6. PRESUPUESTACIÓN

Resumen del presupuesto por partidas

Total terracerías	\$2,588,916.50
Total estructuras	\$38,810,250.46
Total eléctrico	\$10,183,404.34
Total arquitectura	\$14,843,509.61
Total mecánico	\$4,906,942.55
Total Inst. Hidra-San	\$728,551.47
Total Inst. especiales	\$4,134,915.94
Total aire acondicionado	\$4,574,502.99
Total Adicionales	\$4,229,006.14

Total presupuesto	\$85,000,000.00
--------------------------	------------------------

A continuación se mostrará el catálogo de concepto con los conceptos que más nos interesan en este trabajo:



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

CATÁLOGO DE CONCEPTOS

MACINTER, S.A. DE C.V.	
Dependencia: AEROPUERTO DE CANCUN, S.A. DE C.V.	
Concurso No. Obra: NUEVA TORRE DE CONTROL	 <i>Macinter, s.a. de c.v.</i>
Lugar: CANCUN, QUINTANA ROO,	

PRESUPUESTO DE OBRA

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
C06	6181S-CC-07-2 MUROS DEL FUSTE				
C0601	MUROS DE CONCRETO ARMADO				
C141-17	CIMBRA DESLIZANTE	M2	10,503.5300	400.00	4,201,412.00
C141-18	CONCRETO F'C=350KG/CM2 DESLIZADO	M3	1,881.0000	4,047.07	7,612,538.67
C141-16	ACERO DE REFUERZO DESLIZADO	KG	339,702.0000	22.11	7,510,811.22
Total MUROS DE CONCRETO ARMADO					19,324,761.89



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

PRECIOS UNITARIOS

Página: 148 de 1815

MACINTER, S.A. DE C.V.	
Dependencia:	AEROPUERTO DE CANCUN, S.A. DE C.V.
Concurso No.	
Obra:	NUEVA TORRE DE CONTROL
Lugar:	CANCUN, QUINTANA ROO

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: C0501	Análisis No.: 10					
Análisis:	C141-17	M2		0		
CIMBRA DESLIZANTE						
MATERIALES						
MATCOM01	COMIDAS DESLIZADO	LOTE	\$140,481.00	0.000088	\$12.36	3.90%
SUBTOTAL: MATERIALES					\$12.36	3.90%
MANO DE OBRA						
MATSUP01	SUPERVISION MAC	M2	\$37.85	1.000000	\$37.85	11.95%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA					\$37.85	11.95%
BASICOS						
BASCIM1	MATERIALES Y EQUIPO CIMBRA DESLIZANTE	LOTE	\$277,856.45	0.000088	\$24.45	7.72%
BASCIM2	TUBO TREPA CIMBRA DESLIZANTE	LOTE	\$77,760.00	0.000088	\$6.84	2.16%
BASCIM3	EQUIPO HIDRAULICO	LOTE	\$489,029.40	0.000088	\$43.03	13.58%
BASCIM4	EQUIPO ACCESORIOS Y FLETES	LOTE	\$462,240.00	0.000088	\$40.68	12.84%
BASCIM5	COMPLEMENTOS PLATAFORMA	LOTE	\$824,148.00	0.000088	\$72.53	22.89%
BASCIM6	MANO DE OBRA FABRICACION DE MOLDE	LOTE	\$72,816.41	0.000088	\$6.41	2.02%
BASCIM7	MANOD DE OBRA INSTALACION MOLDE	LOTE	\$99,120.46	0.000088	\$8.72	2.75%
BASCIM8	MANO DE OBRA DESLIZADO	LOTE	\$607,992.05	0.000088	\$53.50	16.89%
BASCIM9	DESMONTAJE DESLIZADO	LOTE	\$119,004.49	0.000088	\$10.47	3.30%
SUBTOTAL: BASICOS					\$266.63	84.15%
Costo Directo:					\$316.84	
INDIRECTOS 17.25%					\$54.65	
SUBTOTAL					\$371.49	
FINANCIAMIENTO 1.5%					\$4.75	
SUBTOTAL					\$376.24	
UTILIDAD 7.5%					\$23.76	
PRECIO UNITARIO					\$400.00	
(" CUATROCIENTOS PESOS 00/100 M.N. ")						



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Página: 150 de 1815

MACINTER, S.A. DE C.V.	
Dependencia:	AEROPUERTO DE CANCUN, S.A. DE C.V.
Concurso No.	
Obra:	NUEVA TORRE DE CONTROL
Lugar:	CANCUN, QUINTANA ROO

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: C0501	Análisis No.: 30					
Análisis:	C141-16	KG		0		
ACERO DE REFUERZO DESLIZADO						
MATERIALES						
MATSUP1	SUPERVICION MACINTER	KG	\$2.05	1.000000	\$2.05	11.70%
SUBTOTAL:	MATERIALES				\$2.05	11.70%
BASICOS						
BASMAC01	MATERIAL Y EQUIPO DESLIZADO	LOTE	\$4,498,833.70	0.000003	\$13.50	77.05%
BASMAC02	MANO DE OBRA HABILITADO	LOTE	\$161,039.98	0.000003	\$0.48	2.74%
BASMAC03	MANO DE OBRA DESLIZADO	LOTE	\$496,418.97	0.000003	\$1.49	8.50%
SUBTOTAL:	BASICOS				\$15.47	88.29%
	Costo Directo:				\$17.52	
INDIRECTOS	17.25%				\$3.02	
SUBTOTAL					\$20.54	
FINANCIAMIENTO	1.5%				\$0.26	
SUBTOTAL					\$20.80	
UTILIDAD	7.5%				\$1.31	
PRECIO UNITARIO					\$22.11	
(* VEINTIDOS PESOS 11/100 M.N. *)						



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Página: 104 de 1015

MACINTER, S.A. DE C.V.	
Dependencia:	AEROPUERTO DE CANCUN. S.A. DE C.V.
Concurso No.	
Obra:	NUEVA TORRE DE CONTROL
Lugar:	CANCUN, QUINTANA ROO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

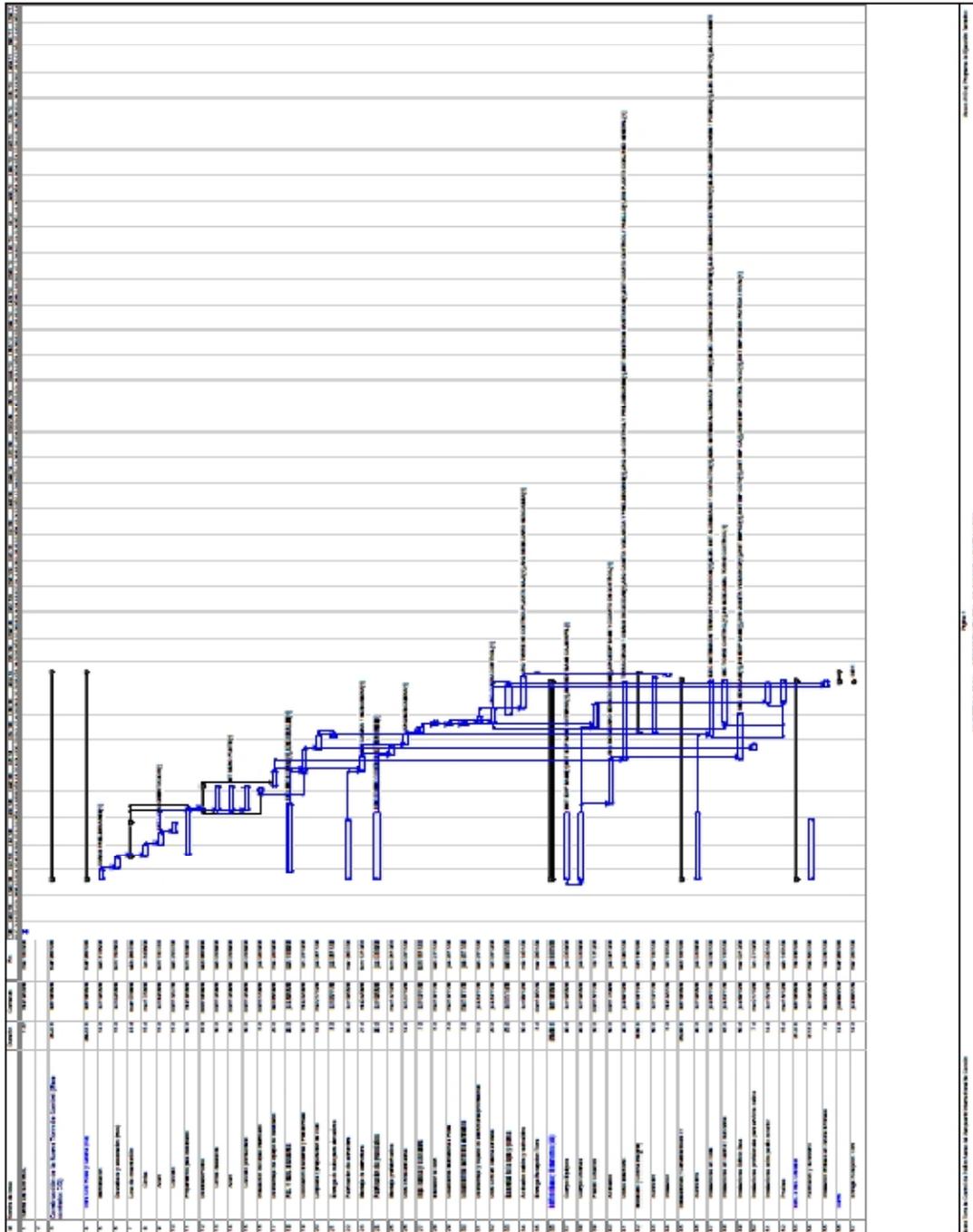
Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: C0601	Análisis No: 20					
Análisis:	C141-18	M3		1.841		
CONCRETO FC=350KG/CM2 DESLIZADO						
MATERIALES						
MATSUP	SUPERVISION MACINTER	M3	\$397.55	1.000000	\$397.55	12.40%
SUBTOTAL:	MATERIALES				\$397.55	12.40%
BASICOS						
BASCON01	MATERIALES Y EQUIPO CONCRETO DESLIZADO	LOTE	\$4,713,949.03	0.000532	\$2,507.82	76.23%
BASCON02	MANO DE OBRA CONCRETO	LOTE	\$564,332.93	0.000532	\$300.23	9.37%
SUBTOTAL:	BASICOS				\$2,808.05	87.60%
Costo Directo:					\$3,205.60	
INDIRECTOS	17.25%				\$552.97	
SUBTOTAL					\$3,758.57	
FINANCIAMIENTO	1.5%				\$48.08	
SUBTOTAL					\$3,806.65	
UTILIDAD	7.5%				\$240.42	
PRECIO UNITARIO					\$4,047.07	
(* CUATRO MIL CUARENTA Y SIETE PESOS 07/100 M.M. *)						



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

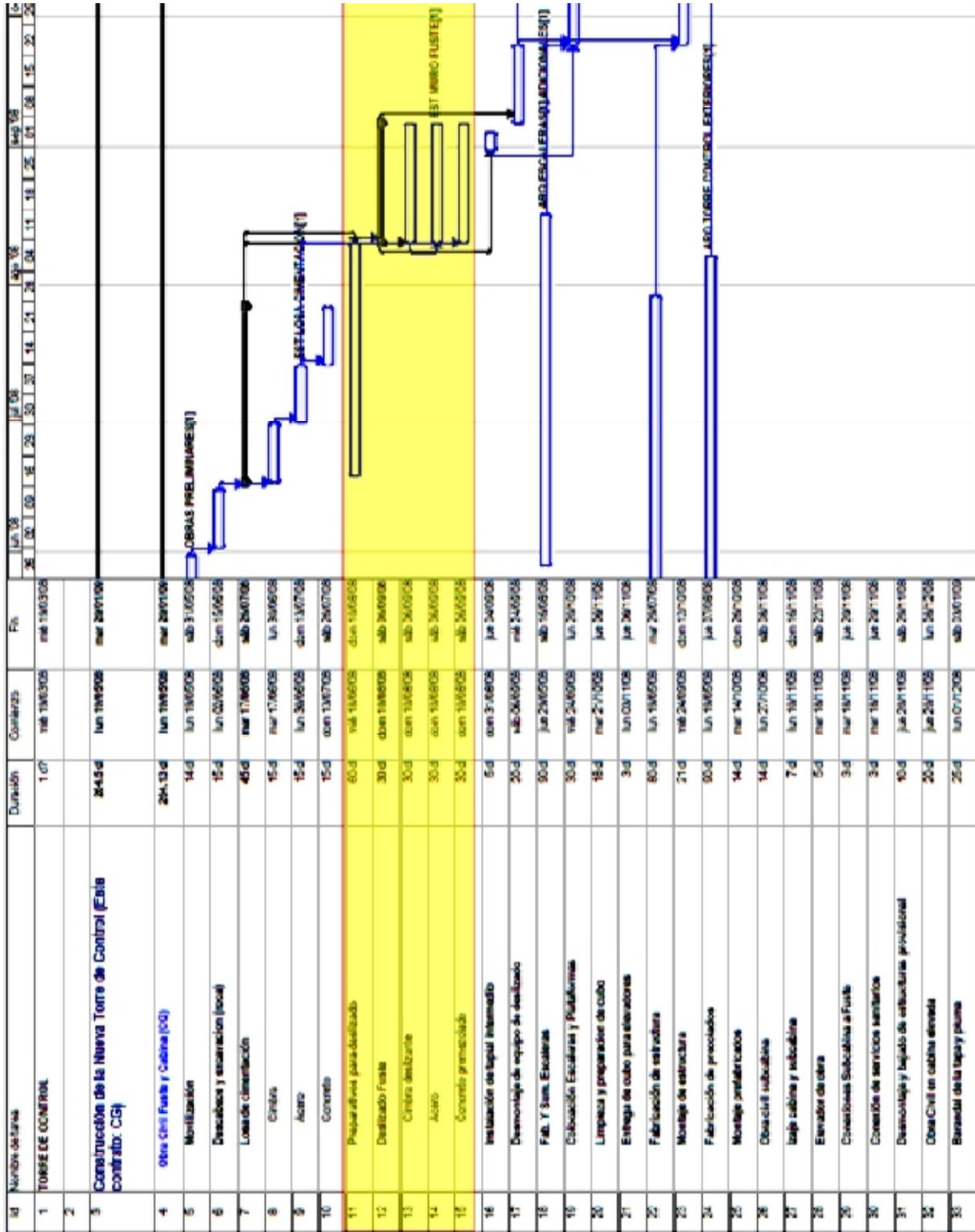
7. PROGRAMACIÓN

PROGRAMA DE OBRA





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

8. ANÁLISIS DE COSTOS DE CIMBRA CONVENCIONAL VS CIMBRA DESLIZANTE.

En este apartado se va a realizar un análisis al construir el fuste de la torre de control con cimbra convencional y se va a comparar con el análisis que se hizo con cimbra deslizante.

Para obtener el precio unitario de la cimbra convencional, se tuvieron que analizar muchos aspectos, ya que difiere en muchas cosas con la cimbra deslizante.

Precio unitario de cimbra por m².

En primer punto planteé que los colados serán de 2.4 m de altura; por lo tanto obtuve el área de cimbra necesaria para cumplir con la altura señalada (276.52 m² por colado).

Con esta área decidí utilizar 10 cuadrillas de carpinteros por jornada, y empecé a sacar la cantidad de materiales necesarios para 1 m² de cimbra, así como los usos que se les puede dar, ya que a diferencia de la cimbra deslizante ésta no se ocupa una sola para todo el fuste.

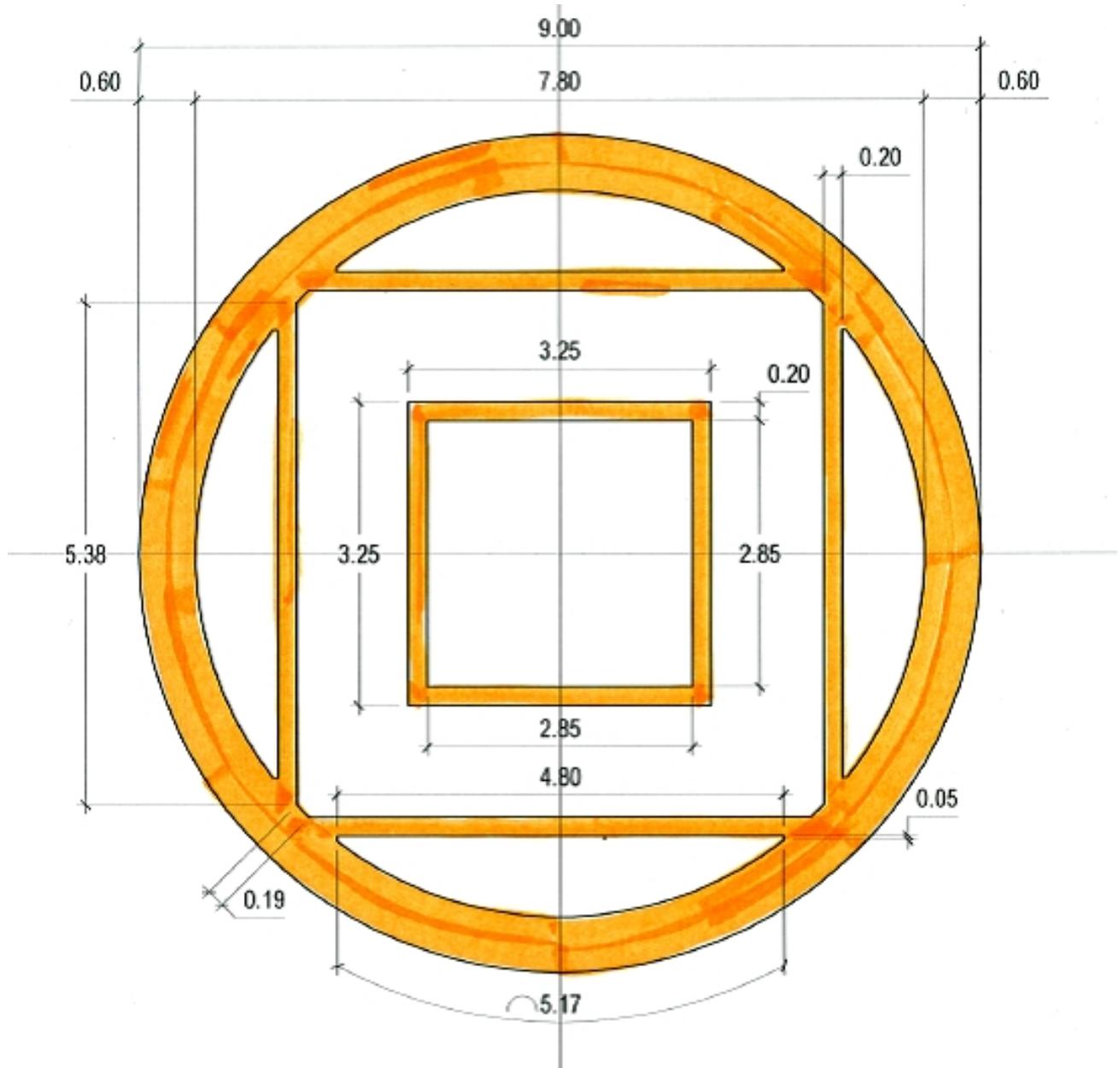
Para cumplir con la altura requerida (91.165 m), metí andamios de acceso y plataformas para poder trabajar.

Obtuve los rendimientos de mano de obra, de materiales y obtuve precios de cada uno de ellos en ese año y para ese proyecto para obtener un precio unitario comparable al de cimbra deslizante; también utilicé mismos porcentajes de costos indirectos, financiamiento y utilidad del proyecto.

A continuación se muestra una vista en planta del fuste de la torre de control y el precio unitario desglosado.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE



VISTA EN PLANTA DE LOS MUROS DE ELEVADOR Y DEL FUSTE



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Precio unitario con cimbra aparente convencional.

Dependencia :	AEROPUERTO DE CANCÚN
Concurso No.	
Obra:	NUEVA TORRE DE CONTROL
Lugar:	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: Unidad: M2						
Suministro, habilitado y colocación de Cimbra aparente en muros de torre. Incluye. Materiales, mano de obra y limpieza.						
MATERIALES						
	Triplay de 1.22x2.44m 16 mm 1c (pieza)	M2	88.00	0.25000	22.00	2.87%
	Barrote 1 1/2"x4"x8 1/4 tarima	Pza	32.56	0.25000	8.14	1.06%
	Polín 3 1/2 x3 1/2 x8 1/4 alineador	Pza	55.53	0.50300	27.93	3.65%
	Polín 3 1/2 x3 1/2 x8 1/4 puntal	Pza	55.53	0.12121	6.73	5.26%
	Alambre recocido Calibre 18	Kg	15.50	1.66666	25.83	3.37%
	Clavo c/cabeza de 2 -4	Kg	14.00	0.18182	2.55	0.33%
	Chaflán de 1" x 2.50 mts.	Pza	5.50	0.57908	3.18	0.42%
	Desmoldante	Lt	18.00	0.10000	1.80	0.23%
	Moño de 60cm	Pza	10.90	2.66666	29.07	3.79%
	Moño de 20cm	Pza	8.45	2.66666	22.53	2.94%
	Cuña metálica	Pza	12.95	0.08302	1.08	0.14%
	Angulos arriostre de escalera	Pza	427.10	0.00600	2.56	0.33%
	Placas para arriostre de escalera	Kg	15.50	0.01942	0.30	0.04%
	Subtotal: MATERIALES				153.70	20.06%
MANO DE OBRA						
	Cuadrilla 1 Carp + 1 Ayudante	Jor	1,797.82	0.29826	536.22	69.98%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$536.22	69.98%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	Herramienta menor	%	536.22	0.05000	26.81	3.50%
	Escalera de andamio para acceso	Mes	22,800.00	0.00165	37.62	4.91%
	Plataforma de trabajo	Mes	7,200.00	0.00165	11.88	1.55%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$76.31	9.96%
	Costo directo				\$766.23	100.00%
	INDIRECTOS 16.70%				127.96	
	SUBTOTAL				894.19	
	FINANCIAMIENTO 1.00%				8.94	
	SUBTOTAL				903.13	
	UTILIDAD 7.00%				63.22	
	PRECIO UNITARIO				\$966.35	
(* NOVECIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 35/100 M.N. *)						



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Programa de obra

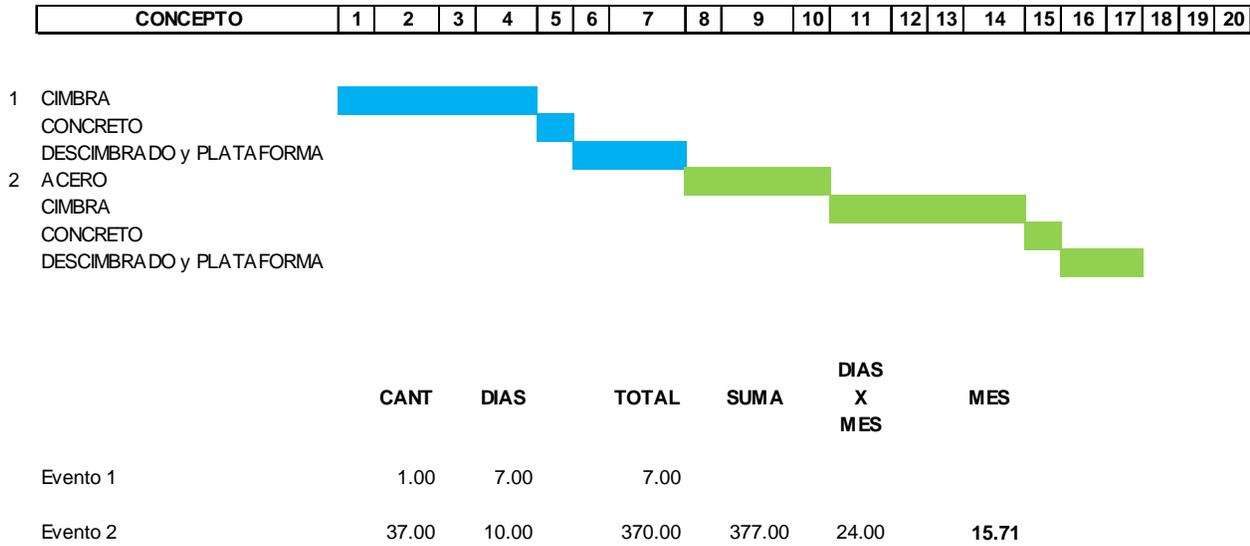
Realicé un programa de obra para poder sacar el tiempo que se toma construir la torre con cimbra convencional y compararlo con el de la cimbra deslizante.

Como el avance de la torre no depende únicamente de la colocación de la cimbra, también se tiene que analizar el tiempo en el colocado de acero, el colado del concreto y el descimbrado.

El primer tramo de colado es más rápido (2.40 m) y empieza con la colocación de la cimbra, después el colado y termina con el descimbrado. Después de eso empieza la colocación de acero del siguiente tramo, el cimbrado, la colocación de concreto y el descimbrado.

En total son 38 tramos, el primer tramo dura 7 días, y los siguientes duran 10 días, lo que nos da un total de 377 días, y suponiendo que se trabajan 6.5 días a la semana, en un mes resultan 24 días trabajados; por lo tanto nos da un total de 15.71 meses, que aproximadamente nos da **1 año y 4 meses para completar el fuste.**

A continuación se muestra un programa donde se muestran las actividades y los tiempos necesarios para completar los tramos





CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Costo total del fuste

MACINTER, S.A. DE C.V.
Dependencia: AEROPUERTO DE CANCUN, S.A. DE C.V.
 <i>Macinter, s.a. de c.v.</i>
Concurso No. Obra: NUEVA TORRE DE CONTROL
Lugar: CANCUN, QUINTANA ROO,

PRESUPUESTO DE OBRA

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
C06	6181S-CC-07-2 MUROS DEL FUSTE MUROS DE CONCRETO				
C0601	ARMADO				
C141-17	CIMBRA APARENTE	M2	10,503.56	966.35	10,150,086.22
C141-18	CONCRETO F'C=350KG/CM2 DESLIZADO	M3	1,881.0000	4,047.07	7,612,538.67
C141-16	ACERO DE REFUERZO DESLIZADO	KG	339,702.0000	22.11	7,510,811.22
	Total MUROS DE CONCRETO ARMADO				25,273,436.11



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

Al utilizar cimbra deslizando se obtiene un tiempo de 26 días de ejecución más 60 días de preparativos, porque muchas veces el armado del molde se hace fuera de sitio y se transporta desarmado al sitio para posteriormente volverlo a armar, para este sistema se trabajan las 24 horas y se obtiene un costo total de \$19,324,761.89.

Para la cimbra convencional se obtuvo un tiempo de 377 días, trabajando un solo turno y un costo total de \$25,273,436.11.

En la tabla que se muestra a continuación se puede ver resumido lo antes mencionado.

TIPO DE CIMBRA	TIEMPO DE PREPARATIVOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN (DÍAS)	TOTAL DÍAS	TURNOS POR DÍA EN EJECUCIÓN	TURNOS TRABAJADOS TOTALES	COSTO TOTAL
DESLIZANTE	60	26	86	2	112	\$ 19,324,761.89
CONVENCIONAL	0	377	377	1	377	\$ 25,273,436.11

Podemos ver de la tabla anterior que el costo y el tiempo es menor en la cimbra deslizando, por lo tanto es el mejor sistema constructivo en cuanto a tiempo y costo total.

Pero así como se ejecuta en un tiempo menor, se necesita disponer de mayores recursos en menos tiempo, por eso no siempre es la mejor opción si es que no se cuentan con los recursos suficientes para su realización más rápida.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema de cimbra deslizante vertical es muy interesante, ya que nos ayuda a realizar estructuras de una manera más rápida comparándola con el sistema de cimbra convencional.

En México son pocas las empresas que realizan este tipo de sistema constructivo, pero tiene todavía mucho futuro ya que hoy en día en México se utiliza este método comúnmente para obra industrial (silos, chimeneas, pilas, etc.); pero se puede aplicar este método a otro tipo de estructuras como son las edificaciones urbanas, aunque todavía se necesita desarrollar este sistema porque se tratan de estructuras más complejas.

Algunos de los factores por los que podría no ser viable, es porque se necesita una fuerte inversión, ya que se ocupan muchos recursos en muy poco tiempo. Y aunque se hace de una manera más rápida que la cimbra convencional, tiene un costo mayor comparándolo con el tiempo.

Pero al comparar el costo total del proyecto, la mejor opción es la cimbra deslizante debido a que su costo es menor y se hace en un tiempo menor, su menor costo se debe en parte a que la cimbra es la misma en toda la construcción y en el otro sistema tiene un número limitado de usos, así como al uso de andamios, plataformas, al rendimiento de mano de obra y materiales que es distinto en cada caso.

Así que dependiendo del objetivo y de las condiciones de cada proyecto se debe tomar la decisión más adecuada, porque no siempre el mismo sistema es conveniente para todas las ocasiones, porque depende de otros factores como el capital, el tiempo, procedimientos constructivos, etc.



CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE DE LA TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO AÉREO DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN MEDIANTE CIMBRA DESLIZANTE

BIBLIOGRAFÍA

- ACI 347_04, Guide to Formwork for Concrete.
- RICHARDSON, JOHN “Cimbras, fallas, seguridad de cimbra y descimbrado” Volumen 4 de Serie cimbras IMCYC.
Segunda edición, México 1989
Editorial: Limusa.
- Empresa MACINTER S.A. DE C.V.
- Empresa SCANADA INTERNATIONAL, INC.
- NMX-C-156-ONNCCE
- NMX-C-128-ONNCCE
- NMX-C-128-ONNCCE
- ACI 318-08 Building Code Requirements for Structural Concrete and Comentary.