

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



PROYECTO INTEGRADOR FINAL N° 15

DISEÑO, CÁLCULO Y MÉTODO
CONSTRUCTIVO DE UNA TORRE
TANQUE

AUTORES: COSTAMAGNA, PABLO MANUEL
MUSSETTO, JUAN IGNACIO

COORDINADOR DE PROYECTO: ING. CARLOS ALBERDI
DIRECTOR DE PROYECTO: ING. JORGE ARAMBURU

INGENIERÍA CIVIL
MAYO 2006

Introducción

En el presente proyecto final se desarrolla el diseño, cálculo y método constructivo de una torre tanque de piezas de hormigón prefabricadas, salvo la base que será construida in situ.

Las piezas serán lo suficientemente livianas como para ser izadas con equipos accesibles. Además, se intentará usar la menor cantidad de piezas diferentes, pensando en economizar el diseño y la construcción de los moldes.

Para asegurar el monolitismo del fuste se recurrirá a la unión de las piezas por medio del método de postesado.

Para el diseño y cálculo del tanque se tomaron los datos para garantizar el abastecimiento de agua para consumo, incendio y otras necesidades del edificio propio de la UTN Regional Venado Tuerto, teniendo en cuenta la futura ampliación de la misma y la posible incorporación del Laboratorio de Hidráulica. Además se tuvieron en cuenta los requerimientos del cuerpo de bomberos en cuanto al volumen de agua necesario para abastecer a un edificio de estas características en caso de incendio.

Este diseño tiene la particularidad de poder variar tanto la altura del fuste como la capacidad volumétrica de la cuba, por lo tanto este proyecto no se supedita a las necesidades del futuro edificio de la UTN Regional Venado Tuerto, sino que se amolda a una amplia gama de proyectos de abastecimiento de agua.

Otra cualidad del diseño de la torre tanque es que está formada por piezas prefabricadas cuyo tamaño y peso permiten ser manipuladas sin equipos pesados, economizando así costos en el armado propiamente dicho.

Objetivos

- Abastecer de agua para consumo, incendio y otras necesidades al edificio propio de la UTN Regional Venado Tuerto.
- Tener en cuenta la futura ampliación de la misma y la posible incorporación del Laboratorio de Hidráulica.
- Diseño del tanque usando elementos prefabricados, de manera que se lo pueda comercializar.
- Versatilidad del diseño que permite la aplicación del mismo a otros usos, ya sea en industrias, edificios comerciales, educativos, etc.
- Diseñar y calcular estructuralmente cada uno de los elementos que integran la base, el fuste y la cuba, estudiando tensiones y deformaciones actuantes bajo distintos estados de sollicitaciones.
- Garantizar la presión, temperatura y características físico-químicas del agua, mediante la altura, la aislación térmica y la inalterabilidad del material de revestimiento, respectivamente.
- Evaluar económicamente el proyecto a través de un análisis de cómputo y presupuesto de materiales, mano de obra y montaje.

Capítulo I

1. Sistema por gravedad versus sistema presurizado

Históricamente, en nuestro país, se ha optado por el sistema de tanques de reserva elevado que confiere mayor autonomía al sistema de distribución de agua de un edificio.

En los últimos años se han concentrado en el mercado sistemas de gravedad, sin tanques de reserva elevado. Haremos varias referencias a este último, pero conviene que la de mayor peso sea la aparición en el mercado de "compactos" equipos de presurización y control.

Conviene entonces clarificar todos los aspectos mencionados y a considerar el momento de decidir qué sistema adoptar.

- o Sistema gravitatorio con tanques de reserva elevados
 - Tanque de reserva elevado en el último nivel con sanitarios y alimentar.
 - Llenado en forma directa desde el nivel mediante tanque de bombas y bomba centrífuga. (alturas hasta 10 m).
 - La bomba funciona todo el tiempo a un nivel de agua en el tanque de reserva siempre un mínimo profun.
 - El control de funcionamiento de la bomba se logra mediante un actuador eléctrico a flotante, para el tanque de bombas, en tanque de bombas y en tanque de reserva, y una válvula a flotante instalada en el llenado del tanque de bombas.
 - Las presiones en la distribución están dadas por la altura desde el tanque elevado hasta el punto de uso (pelo de agua con presión atmosférica). Cada nivel debe tener siempre la misma presión.
- o Sistema presurizado mediante bomba
 - Tanque de reserva en el primer nivel de la planta (para sanitarios).
 - Llenado en forma directa desde la red.
 - Equipo presurizado compacto por bomba centrífuga y luego amortiguador (tanque o resorte).
 - La bomba funciona todo el tiempo a un nivel de agua en el tanque de reserva siempre un mínimo profun.

CAPÍTULO I

JUSTIFICACIONES TÉCNICAS

Capítulo I - Justificaciones Técnicas

1. Sistema por gravedad versus sistema presurizado

Históricamente, en nuestro país, se ha fijado por vía reglamentaria la solución de tanque de reserva elevado que confiere energía gravitatoria a todo el sistema de distribución de agua de un edificio.

En los últimos años se han comenzado a utilizar, los sistemas de provisión sin tanque de reserva elevado. Razones varias han contribuido a esto último, pero considero que la de mayor peso fue la aparición en el mercado de compactos y “económicos” equipos de presurización y control.

Convendrá entonces clarificar todos los aspectos intervinientes y a considerar al momento de decidir que sistema adoptar.

○ Sistema gravitatorio con tanque elevado

- Tanque de reserva elevado por encima del último nivel con sanitarios a alimentar.
- Llenado en forma directa desde la red o mediante tanque de bombeo y bomba centrífuga. (s/nivel piezométrico).
- La bomba funciona toda vez que el nivel de agua en el tanque de reserva alcanza un mínimo prefijado.
- El control de funcionamiento automático se logra mediante un actuador eléctrico a flotante, para arranque y parada de bombas, en tanque de bombeo y en tanque de reserva, y una válvula a flotante mecánico en el llenado del tanque de bombeo.
- Las presiones en la distribución de agua están dadas por la altura desde el tanque elevado hasta el uso en particular (pelo de agua con presión atmosférica). Cada nivel del edificio tiene siempre la misma presión.

○ Sistema presurizado sin tanque elevado

- Tanque de reserva a nivel de la Planta Baja o Subsuelos.
- Llenado en forma directa de la red.
- Equipo presurizador compuesto por bomba centrífuga y tanque amortiguador (externo o incorporado).
- La bomba funciona toda vez que se opera uno o más artefactos de grifería, y durante todo el tiempo que dura su uso.

- El control de funcionamiento automático se logra mediante un actuador eléctrico a presión (presóstato) para arranque y parada de bomba presurizadora, en su salida, y una válvula a flotante mecánico en el llenado del tanque de reserva.
- Las presiones en la distribución de agua están dadas por la bomba presurizadora. Según el tipo, la presión a la salida puede variar con el caudal, o mantenerse constante.

Ventajas comparativas: ventajas de uno, desventajas de otro

El primer caso tiene la ventaja de tener una reserva de agua elevada (energía gravitatoria) en forma permanente, situación que evita el fuera de servicio instantáneo ante fallas en la provisión de energía eléctrica. La bomba actúa durante períodos iguales y con un número de arranques bajo (depende del volumen de agua consumido en la unidad de tiempo).

El segundo caso tiene la ventaja de no disponer tanques en el último nivel del edificio, situación a valorar desde el punto de vista arquitectónico o estructural. En zonas geográficas con temperatura bajo el 0 °C, elimina riesgo de congelamiento o medidas para evitarlo.

La bomba actúa durante períodos aleatorios y con un número de arranques alto (depende de la cantidad de veces que se accionen las griferías).

Conclusiones

Estamos en presencia de dos sistemas conceptualmente distintos, uno con reserva permanente y menor funcionamiento de bomba y controles, por lo cual necesita menor mantenimiento de los componentes electromecánicos, otro con reserva condicionada y mayor funcionamiento de bombas y controles, por lo tanto con mayor mantenimiento de los componentes electromecánicos.

La adopción en un determinado proyecto dependerá de la evaluación de las ventajas comparativas entre ellos, sin dejar de evaluar la disponibilidad o no de una normal provisión de energía eléctrica desde la red externa.

Como consideración final, válida para éstas o cualquier otra instalación, será el pensar que instalaciones simples requieren controles, mantenimiento, y reparaciones simples, e instalaciones complejas requieren controles, mantenimiento y reparaciones complejas.

2. Hormigón versus Acero versus Plástico

Anteriormente, los tanques elevados se construían combinando mampostería para la torre de elevación y acero para el recipiente contenedor del agua. También se construían íntegramente de acero.

Hoy, con el avance tecnológico aplicado al desarrollo de la construcción y la aparición del método de prefabricación y tesado del hormigón, pueden competir en el mercado con las estructuras completamente de acero o las compuestas por pie de acero y cuba de plásticos.

- **Hormigón**
 - Alta resistencia a la compresión
 - Baja resistencia a la tracción
 - Alta resistencia a los agentes atmosféricos
 - Adecuada aislación térmica
 - Muy bajo mantenimiento
 - Debido a su alto peso específico las estructuras resultan muy pesadas

- **Acero**
 - Alta resistencia a la tracción
 - Baja resistencia a los agentes atmosféricos
 - Deficiente aislación térmica
 - Alto mantenimiento
 - De acuerdo al diseño las estructuras resultan mas livianas

- **Plástico**
 - Moderada resistencia mecánica
 - Vulnerable al ataque de los rayos ultravioletas
 - Escasa aislación térmica
 - Elevada resistencia a la corrosión
 - Con el paso del tiempo, el plástico se rigidiza con el consiguiente peligro de figuración.

Conclusiones

Adoptamos diseñar la torre-tanque con piezas de hormigón prefabricadas debido a la alta resistencia a la compresión, su bajo mantenimiento y su adecuada aislación térmica, unidas entre sí por pernos y cordones de acero postesados aprovechando al máximo las cualidades de cada uno de los materiales.

Además, este tipo de estructuras realizadas en hormigón, generan un mejor impacto visual, tal vez por la sensación de monolitismo que no poseen las estructuras metálicas.

Capítulo II – Justificaciones del diseño

En el diseño integral de la base se tuvieron en cuenta los distintos aspectos tales como los estéticos y los constructivos, así como el funcionamiento estructural de todo el conjunto.

También se tuvo en cuenta que el peso de las piezas que conformarán la estructura para su transporte y manipuleo se cifra en toneladas.

Pasamos a detallar los fundamentos del diseño de las piezas que forman la estructura.

1. Base

La base se construirá en hormigón armado en su parte superior con una losa de planta circular y seis nervios distribuidos simétricamente en todo el perímetro. Estos elementos fueron diseñados para rigidizar la losa de base.

Las dimensiones de esta losa fueron calculadas para soportar el peso propio de toda la estructura, el efecto del viento, la carga viva de las personas y todas sus combinaciones.

El tronco de la base, además de cumplir con su función estructural de transmisión de las cargas, deberá cumplir con dos funciones específicas:

- Permitir el ingreso cómodo del personal al mantenimiento a la escalera de acceso al tanque.
- Proveer un espacio para efectuar el adecuado anclaje de los cordones de acero que rigidizarán el fuste, sin obstaculizar el acceso de personal de mantenimiento hasta la escalera de ingreso al tanque.

Para lograr estos requisitos, se diseñó el tronco de la base como una cilíndrica con una abertura de ingreso adecuada a las actividades a realizar por el personal de mantenimiento. Este cilindro será de mayor diámetro que el fuste, y su parte superior tendrá un anillo reforzado que servirá de anclaje para los cordones de acero.

2. Fuste

Según los objetivos de este trabajo, se requiere diseñar las piezas con un peso de alrededor de 500 Kg. para cumplir con los requisitos de las máquinas de gran porte para su montaje.

Otro de los requisitos a cumplir por las piezas del fuste es de proveer un espacio destinado a alojar los cordones de acero que le darán rigidez al conjunto de piezas que formarán el fuste.

Además, las piezas deberán permitir el paso de los brazos de los cables de acero para el personal de mantenimiento y también la instalación de los cables de acero, como así también la instalación de los cables de acero.

CAPÍTULO II JUSTIFICACIONES DE DISEÑO

Capítulo II – Justificaciones del diseño

En el diseño integral de la torre tanque se tuvieron en cuenta distintos aspectos tales como los estéticos y los constructivos sin perder de vista el funcionamiento estructural de todo el conjunto.

También se tuvo en cuenta que el tamaño de las piezas sea el conveniente para su transporte y manipuleo en obra sin equipos de gran porte.

Pasamos a detallar los fundamentos del diseño de cada pieza que forman la estructura.

1. Base

La base se construirá en hormigón armado in situ, con una losa de planta circular y seis nervios distribuidos simétricamente en todo el perímetro. Estos elementos fueron diseñados para rigidizar la losa de base.

Las dimensiones de ésta fueron calculadas para soportar el peso propio de toda la estructura, el efecto del viento, la carga total de agua y todas sus combinaciones.

El tronco de la base, además de cumplir con su función estructural de transmisión de las cargas, deberá cumplir con dos funciones importantes:

- a. Permitir el ingreso cómodo del personal de mantenimiento a la escalera de acceso al tanque.
- b. Proveer un espacio para efectuar el tesado y anclaje de los cordones de acero que rigidizarán el fuste, sin obstruir el paso del personal de mantenimiento hasta la escalera de ingreso al tanque.

Para lograr estos requisitos, se diseñó el tronco de forma cilíndrica con una abertura de ingreso adecuada a las actividades a realizar por el personal de mantenimiento. Este cilindro será de mayor diámetro que el fuste, y en la parte superior tendrá un anillo reforzado que servirá de anclaje para los cordones de postesado.

2. Fuste

Según los objetivos de este trabajo, se necesita diseñar las piezas con un peso de alrededor de 500 Kg. para cumplir con la exigencia de no usar máquinas de gran porte para su montaje.

Otro de los requisitos a cumplir por las piezas del fuste es de proveer un espacio destinado a alojar los cordones de acero que le darán rigidez al conjunto de piezas que formarán el fuste.

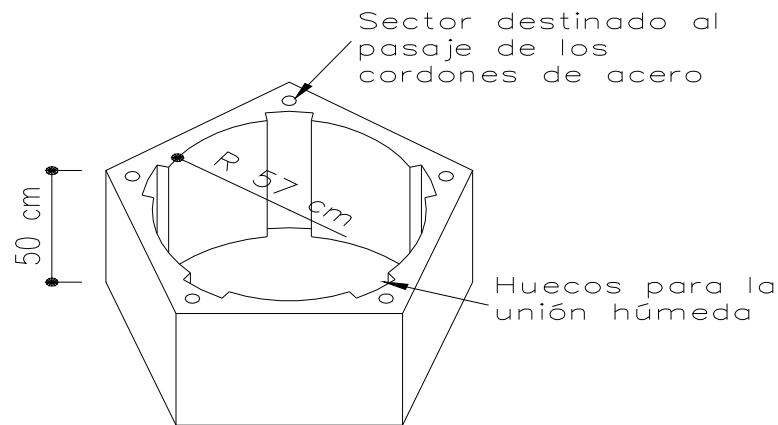
Además, las piezas deberán permitir el pasaje por su interior de: escalera de servicio para el personal de mantenimiento; las cañerías de impulsión y bajadas necesarias, como así también la instalación eléctrica pertinente.

Desde el punto de vista estructural, la sección de las piezas que formarán el fuste, deberá poseer la adecuada resistencia mecánica para garantizar la estabilidad de la estructura bajo las condiciones más adversas, ya sea con el máximo viento, la máxima carga y sus distintas combinaciones.

De los prediseños efectuados, se decidió para la torre tanque el predominio de líneas rectas y aristas vivas.

Otro detalle a tener en cuenta es la necesidad de, en el montaje, tener una forma de unión entre las piezas que formarán el fuste. Para esto se dejarán huecos para alojar hormigón armado in situ, que asegurará el monolitismo de toda la estructura.

Para cumplir con todos estos requerimientos se adoptó una pieza cuya sección es un pentágono anular con una altura de 50 cm. como muestra la figura.



Así, con este diseño, logramos cumplir todas las necesidades planteadas ya que la pieza tiene un peso de 590 Kg., su sección permite alojar los cordones de acero para el postesado de la estructura y la ubicación de una escalera interna para el ingreso cómodo del personal de mantenimiento como así también las cañerías tanto eléctricas como hidráulicas.

Como se ve en la figura, la sección cuenta con aristas vivas que le proveen además una mayor sección de hormigón para soportar los esfuerzos de compresión a los que va a estar sometido el fuste, debido al tesado de los cordones de acero, al peso de la estructura, al peso del líquido y a las inclemencias del tiempo.

3. Cuba

Para el diseño de la cuba se deberán tener en cuenta diferentes parámetros, tanto estéticos, mecánicos, volumétricos, constructivos y de transporte y almacenamiento.

- Volumen de la cuba
 - Abastecimiento de agua para consumo e instalaciones sanitarias del edificio de la UTN Regional Venado Tuerto, teniendo en cuenta su futura ampliación.
 - Garantizar el volumen y caudal necesario de agua para proveer al cuerpo de bomberos en caso de incendio.
 - Tener en cuenta la posible incorporación del Laboratorio de Hidráulica.

- Parámetros mecánicos

La cuba deberá resistir las presiones hidráulicas ejercidas por el agua, minimizando las deformaciones para evitar posibles filtraciones. Además estará sometida a la acción del viento y a las sollicitaciones generadas a partir del montaje de la misma sobre el fuste.

- Parámetros estéticos

A partir de la premisa antepuesta del diseño con líneas rectas y aristas vivas, se seguirán con estos lineamientos para adoptar la forma de la cuba. Se hizo un análisis de distintas figuras geométricas que podrían conformar la cuba, en especial se estudiaron los poliedros regulares que poseen las siguientes características:

En Geometría, los sólidos de caras planas reciben el nombre de "poliedros". (En griego, *polys* = "múltiples" y *hedra* = "cara".) Los poliedros cuyas caras son polígonos regulares iguales se llaman poliedros regulares. Los poliedros regulares son cinco. En el cuadro siguiente se presentan sus nombres y características.

POLIEDRO REGULAR	HEXAEDRO REGULAR	TETRAEDRO REGULAR	DODECAEDRO REGULAR	ICOSAEDRO REGULAR	OCTAEDRO REGULAR
CARAS	6 cuadrados	4 triángulos equiláteros	12 pentágonos regulares	20 triángulos equiláteros	8 triángulos equiláteros
VÉRTICES	8	4	20	12	6
ARISTAS	12	6	30	30	12
ARISTAS POR VÉRTICE	3	3	3	5	4
ÁREA DE LA SUPERFICIE EXTERIOR	$6 a^2$	$\sqrt{3} a^2$	$3\sqrt{25+10\sqrt{5}} a^2$	$5\sqrt{3} a^2$	$2\sqrt{3} a^2$
VOLUMEN	a^3	$\frac{\sqrt{2}}{12} a^3$		$\frac{5\sqrt{3}}{12} a^3$	$\frac{\sqrt{2}}{3} a^3$

En las fórmulas, a = arista.

Para mostrar por qué son cinco y no más se suele razonar del modo siguiente:

- (1) Cada vértice debe ser común por lo menos a tres caras para que se forme un sólido. (Si fuera común a dos, las caras estarían pegadas y no tendríamos un sólido.)
- (2) La suma de los ángulos interiores de las caras que se encuentran en cada vértice debe ser menor que 360° , de manera que la figura se cierre, que no sea plana.
- (3) Dado que cada ángulo interior de un triángulo equilátero mide 60° , tomando en cuenta lo señalado en los puntos (1) y (2), en un vértice podrían concurrir tres, cuatro o cinco de ellos. Ésos son los casos del *tetraedro*, el *octaedro* y el *icosaedro*, respectivamente. Cada ángulo interior de un cuadrado mide 90° , de modo que sólo podemos hacer coincidir tres de ellos en cada vértice. Ése es el caso del *cubo*. Los ángulos interiores del pentágono regular miden 108° . Poniendo tres de ellos en cada vértice se obtiene un *dodecaedro*. Con los polígonos siguientes ya no es posible formar poliedros regulares: los ángulos interiores de una hexágono miden 120° y no es posible poner tres juntos sin llegar al límite de 360° ; los ángulos interiores de los siguientes son aun mayores.

Los poliedros regulares y los griegos antiguos

Los pitagóricos, que veían en los resultados matemáticos algo parecido a una verdad religiosa, consideraban muy importante la observación de que había sólo cinco poliedros regulares posibles. Muchos creen que fueron ellos quienes la hicieron por primera vez y por eso llaman "sólidos pitagóricos" a los poliedros regulares. (Lo más probable es que la demostración de esta afirmación se deba a los miembros de esa escuela.) Sin embargo, los arqueólogos han hallado imágenes en piedra de los poliedros regulares considerablemente más antiguas.

Se cree que fue Empédocles quien primero asoció el cubo, el tetraedro, el icosaedro y el octaedro con la tierra, el fuego, el agua y el aire, respectivamente. Estas sustancias eran los cuatro "elementos" de los griegos antiguos. Luego Platón asoció el dodecaedro con el Universo pensando que, dado que era tan distinto de los restantes (tal vez por sus caras pentagonales) debía tener relación con la sustancia de la cual estaban hechos los planetas y las estrellas. (Por entonces se creía que los cuerpos celestes debían estar hechos de un elemento distinto del que estaban hechas las cosas que rodean al hombre en la Tierra.) De aquí que a los poliedros regulares se los conozca también como sólidos platónicos.

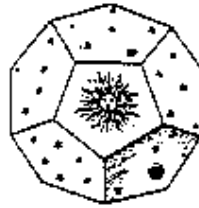
En el cuadro siguiente aparecen reproducciones de otros grabados del tratado *Mysterium Cosmographicum* ("El Misterio del Cosmos") de Johannes Kepler en donde se observa cómo sobrevivía en esta época tan tardía la asociación entre elementos y poliedros establecida por Empédocles y Platón.



tierra



fuego



Universo



agua

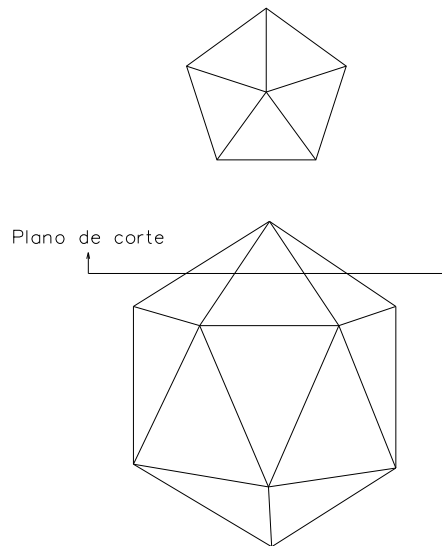


aire

Finalmente se optó por un icosaedro, que en la antigüedad representaba al agua, y que además está conformado por 20 triángulos equiláteros, lo que es conveniente para el diseño de la cuba mediante la unión de piezas prefabricadas de relativamente poco peso.

Una de las ventajas de este poliedro regular para nuestro proyecto, es que variando la longitud del lado de los triángulos que lo conforman, varía el volumen interior de la cuba.

Otro detalle importante para nuestro proyecto es que pasando un plano horizontal por el casquete se forma un pentágono, lo que facilita la unión de la cuba con el fuste, ya que éste tiene la misma sección.



Capítulo III. Parámetros de diseño

Este proyecto tendrá en cuenta las necesidades del nuevo edificio propio de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba, en cuanto al abastecimiento de agua para consumo, instalaciones sanitarias, incendio y en el futuro la instalación de un laboratorio para la carrera de Ingeniería.

I. Ubicación en el terreno

Los factores a tener en cuenta para la ubicación de nuestra torre tanque serán:

- Se deberá ubicar aproximadamente en el centro de todo el edificio para que las pérdidas no sean muy significativas en ninguno de los tramos que componen la red de agua.
- Partiendo de la situación actual del nuevo edificio, la torre tanque deberá ubicarse en un lugar de fácil acceso para la grúa que realizará el montaje como así también las distintas máquinas que se utilizarán para realizar las tareas de excavación, tapado y compactación de la zona.
- Deberá estar situada prioritariamente lejos de los futuros sanitarios, ya que éstos serán de uso intensivo y diario por parte de la comunidad universitaria.
- También se tendrá en cuenta que en caso de incendio, la reserva de agua para tal fin, se ubique aproximadamente en el centro de todas las dependencias que componen el edificio en estudio.
- Otro factor de importancia es que la torre tanque no entorpezca el normal funcionamiento de las zonas libres del terreno, ya que estas se podrán utilizar como áreas de recreación y esparcimiento de los estudiantes.

Por todo esto, y en base a un estudio preliminar de la planta del edificio de la Universidad, decidimos que la mejor ubicación de la torre tanque será en el patio interno que quedará formado entre el nuevo edificio, el patio y el aula laboratorio de la parte ya construida y los vestíbulos de ingreso y salida y pasarela de la futura ampliación.

Por lo tanto el centro de la torre tanque estará ubicado a 6 metros de la mediana sur oeste y a 6 metros de la construcción existente, como indica el plano adjunto.

Cabe aclarar que esta ubicación solo será posible si la torre tanque se va a construir antes que la futura ampliación, debido a lo expuesto anteriormente en cuanto al ingreso de las máquinas que se utilizarán para la construcción de la obra.

CAPÍTULO III PARÁMETROS DE DISEÑO

Capítulo III – Parámetros de diseño

Este proyecto tendrá en cuenta las necesidades del nuevo edificio propio de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Venado Tuerto, en cuanto al abastecimiento de agua para consumo, instalaciones sanitarias, incendio y en el futuro la instalación de un laboratorio para la cátedra de Hidráulica.

1. Ubicación en el terreno

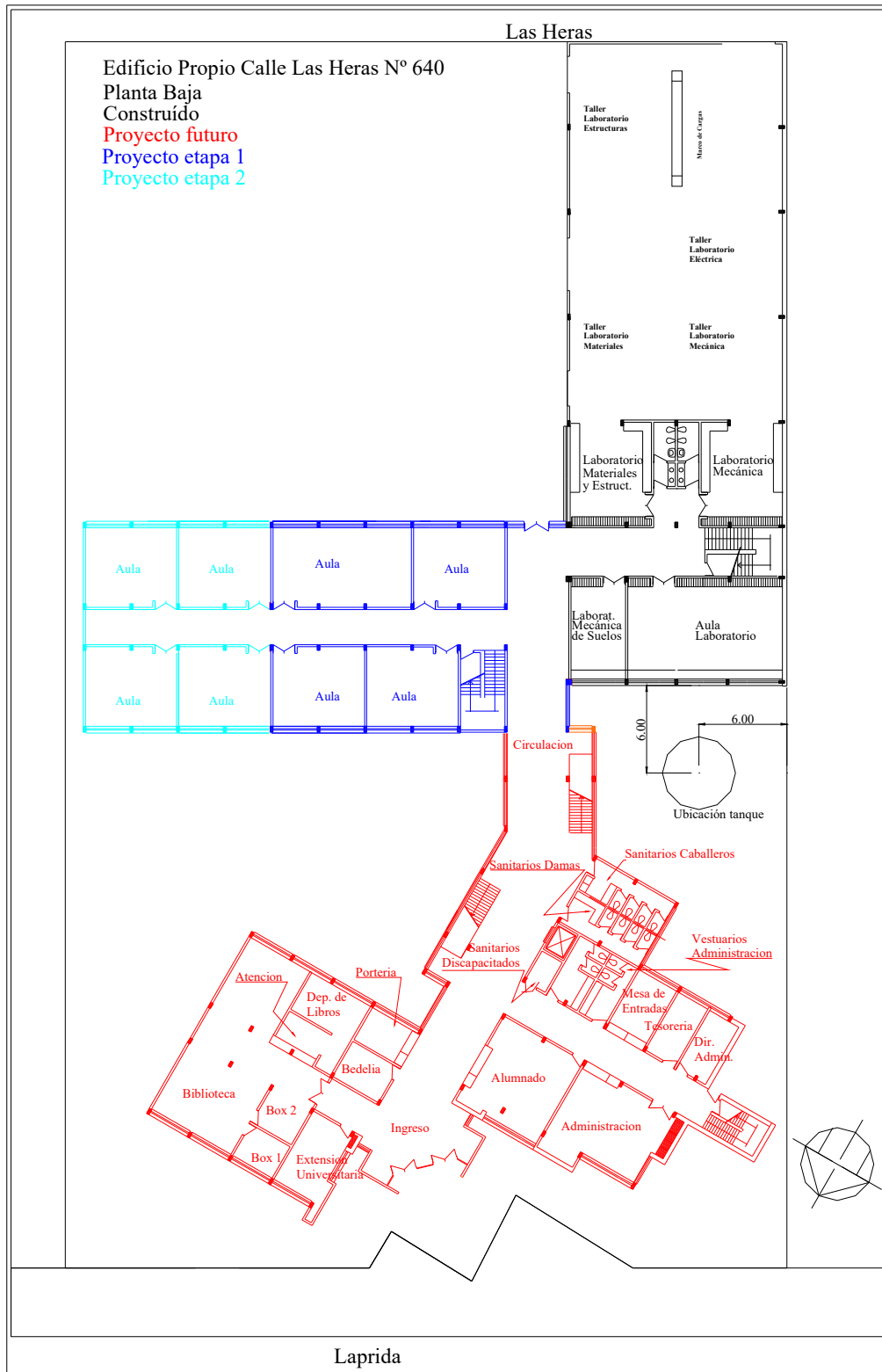
Los factores a tener en cuenta para la ubicación de nuestra torre tanque serán:

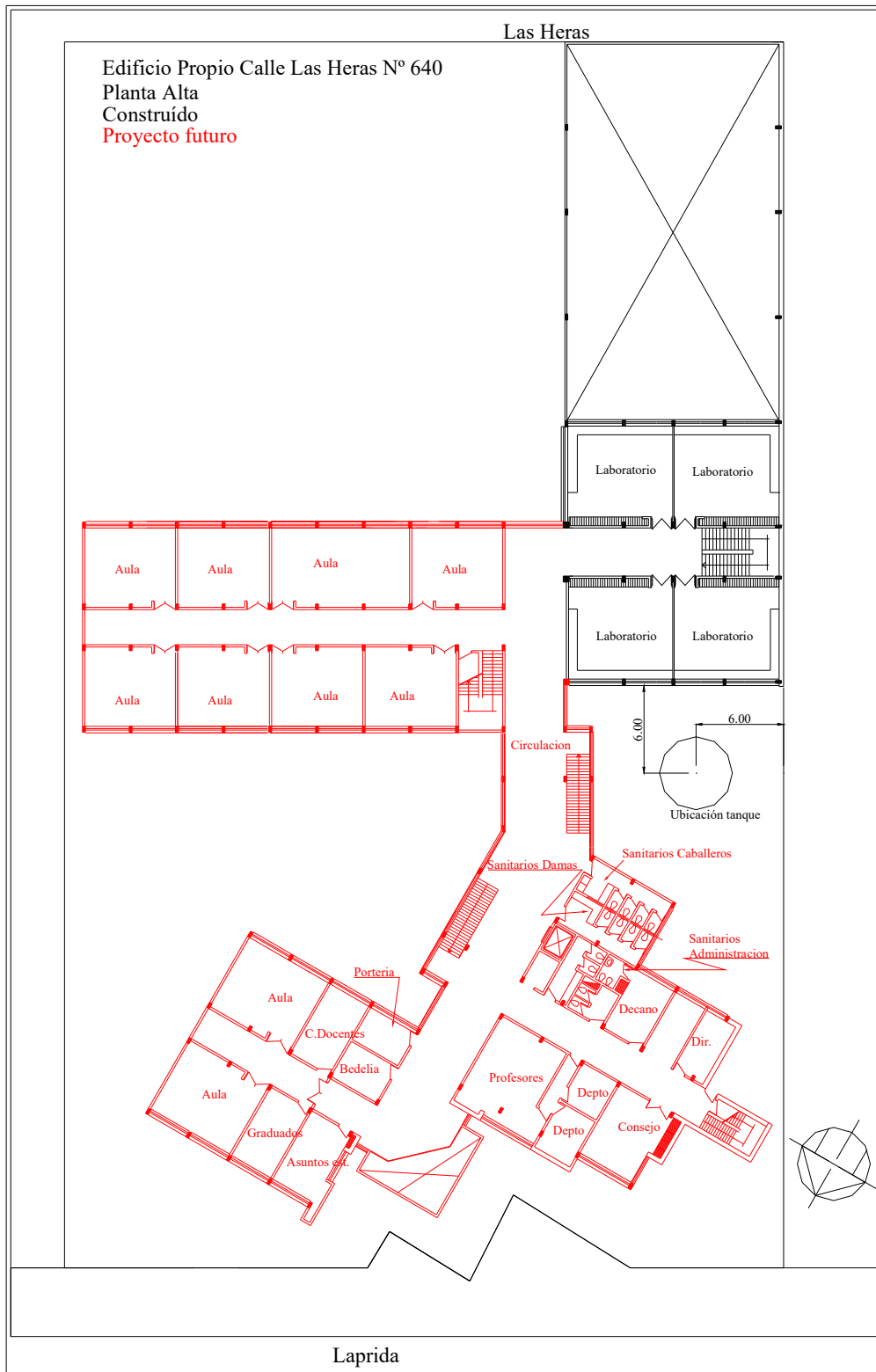
- Se deberá ubicar aproximadamente en el centro de todo el edificio para que las pérdidas no sean muy significativa en ninguno de los ramales que componen la red de agua.
- Partiendo de la situación actual de nuestro edificio, la torre tanque deberá ubicarse en un lugar de fácil acceso para la grúa que realizará el montaje como así también las distintas máquinas que se utilizarán para realizar las tareas de excavación, tapada y compactación de la misma.
- Deberá estar situado prioritariamente cerca de los futuros sanitarios, ya que éstos serán de uso intensivo y diario por la comunidad universitaria.
- También se tendrá en cuenta que en caso de incendio, la reserva de agua para tal fin, se ubique aproximadamente equidistante de todas las dependencias que componen el edificio en estudio.
- Otro factor de importancia es que la torre tanque no entorpezca el normal funcionamiento de las zonas libres del edificio, ya que estas se podrán utilizar como áreas de recreación y esparcimiento y/o estacionamiento.

Por todo esto, y en base a un estudio minucioso de la planta del edificio de la Universidad, decidimos que la mejor ubicación de la torre tanque será en el patio interno que quedará formado entre el laboratorio de suelo y el aula laboratorio de la parte ya construida y los vestuarios, sanitarios de caballeros y tesorería de la futura ampliación.

Por lo tanto el centro de la torre tanque estará ubicada a 6 metros de la medianera suroeste y a 6 metros de la construcción existente, como indica el plano adjunto.

Cabe aclarar que esta ubicación solo será posible si la torre tanque se va a construir antes que la futura ampliación, debido a lo expuesto anteriormente en cuanto al ingreso de las máquinas que se utilizarán para la ejecución de la obra.





2. Altura necesaria de la torre tanque

La construcción actual cuenta con dos plantas de tres metros de altura cada una, al igual que la futura ampliación del edificio. De acuerdo a lo observado en los planos existentes se advirtió la existencia de sanitarios para el uso del alumnado, ubicados en el primer piso. Estos baños contarán con los siguientes artefactos: inodoro de asiento, bidet, lavatorios, mingitorios y duchas. Sabiendo que un tanque de agua que alimenta una instalación sanitaria de este tipo deberá ubicarse como mínimo a dos metros por sobre el artefacto mas alto, o sea la ducha, en primera instancia, necesitaríamos una altura total a la base de la cuba de aproximadamente ocho metros sobre el nivel de piso terminado de la planta baja.

De todas maneras, se considerará la opción de incorporar una futura tercer planta, construida de materiales livianos, ya que la estructura actual del edificio lo permitiría. En esta planta se proyectaría la realización de un comedor universitario con sus instalaciones sanitarias correspondientes.

Otro punto importante en cuanto a la altura será la presión y el caudal necesarios para el correcto funcionamiento del laboratorio de ensayos hidráulicos.

También se ha tenido en cuenta la necesidad de presión de agua necesaria por el cuerpo de bomberos de nuestra ciudad para evitar la propagación de un incendio en la futura tercer planta de este edificio.

Analizados estos requisitos se llega a la conclusión que la altura necesaria a la base de la cuba de nuestra torre tanque será de 12 metros sobre el nivel de piso terminado de la planta baja existente.

3. Volumen necesario de la cuba

El tamaño a adoptar depende del régimen de suministro y consumo de agua. Teóricamente puede suponerse que será menor cuando el régimen de suministro es parecido al del consumo, si ambos son iguales, no haría falta depósito de almacenamiento.

El objetivo del tanque es que siempre quede almacenada una cantidad mayor de agua que la que se va a consumir en cada momento, no debiendo ser de tamaño exagerado a fin de que no sea de costo elevado, gran peso, y el agua quede almacenada mucho tiempo.

Las normas establecen que la capacidad del tanque de reserva se determine en base al consumo diario, teniendo en cuenta la naturaleza del edificio donde está instalado y su forma de alimentación.

La capacidad mínima debe ser para el tanque de bombeo de $1/5$ de la reserva total diaria y para el tanque de reserva $1/3$ de la reserva total diaria.

La capacidad máxima puede ser de hasta un 50 % más de los valores generales indicados anteriormente.

Para calcular el volumen de agua necesario para la cuba, se tendrán en cuenta a grandes rasgos las tres funciones básicas que tendrá la torre tanque.

3.1 Instalación sanitaria

Por ejemplo, para el caso de una vivienda compuesta por un baño principal, baño de servicio, pileta de cocina, pileta de lavar y pileta lavacopas la capacidad de reserva diaria será:

Si la provisión es directa el volumen será de 850 lts.

Si la provisión es por bombeo el volumen será 600 lts.

Se estima que la reserva total diaria está representada en los casos de bombeo por el volumen del tanque de reserva mas el de bombeo, considerándose al mismo como una reserva adicional en el edificio. Por ello se disminuyen las exigencias en el caso de bombeo.

Para nuestro caso, institución educativa, la reserva diaria para diversos locales es la siguiente:

Si la provisión es directa:

Para baño o toilette el volumen será de 350 lts.

Para mingitorio el volumen será de 250 lts.

Para lavatorio, pileta de cocina o lavar el volumen será de 150 lts.

Si la provisión es por bombeo:

Para baño o toilette el volumen será de 250 lts.

Para mingitorio el volumen será de 150 lts.

Para lavatorio, pileta de cocina o lavar el volumen será de 100 lts.

La provisión será por bombeo y según el proyecto de ampliación actual se contabilizan un total de 18 inodoros, 13 lavatorios, 5 canillas de servicio y 4 duchas.

A los efectos del cálculo de la reserva total diaria, adoptaremos cuatro baños principales y trece toilettes. Por lo tanto la reserva diaria para alimentar todos estos artefactos será de:

18 baños por 250 lts. cada uno = 4500 lts

10 canillas de servicio por 100 lts. cada una = 1000 lts

Reserva total diaria = 5500 lts.

3.2 Instalación contra incendio

La protección contra incendios, comprende el conjunto de condiciones de construcción, instalación y equipamiento que se deben observar, tanto para los ambientes como para los edificios.

Los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- Dificultar la gestación de los incendios.
- Evitar la propagación del fuego y el efecto de los gases tóxicos.
- Permitir la permanencia de los ocupantes hasta su evacuación.
- Facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos.
- Proveer las instalaciones de extinción.

Existen dos formas diferenciadas para encarar el riesgo de incendio, la defensa pasiva y la defensa activa.

Defensa pasiva:

Son las medidas a adoptar tendientes a lograr mediante un adecuado diseño, las condiciones que logren prevenir el riesgo de incendio al mínimo, con la utilización de muros cortafuegos, estructuras resistentes al calor, salidas de emergencias, puertas especiales de seguridad, escaleras de escape, etc.

Defensa activa:

Son los elementos o instalaciones que se ejecutan en los edificios, destinados especialmente a la extinción del incendio.

Sistemas de extinción

Los elementos destinados a la extinción se pueden clasificar en:

- . Portátiles
- . Fijos
- . Otros elementos extintores

Extintores portátiles

Son los denominados matafuegos que permiten su accionamiento o transporte manual. Su aplicación está destinada al inicio del foco de incendio, permitiendo la aproximación al mismo, de acuerdo al tipo de fuego, debiendo estar diseñado para esa circunstancia. Se los fabrica de anhídrido carbónico, halon 1211 ó 1301, espuma, polvo químico, agua, etc.

Dentro de estos tipos pueden utilizarse matafuegos portátiles sobre ruedas de mayor capacidad, para aplicaciones en edificios de tipo industrial.

Los extintores deben ubicarse en lugares fácilmente accesibles de modo que se

distingan rápidamente, debiéndose capacitar al personal en su utilización. Además debe garantizarse un mantenimiento periódico y apropiado para asegurar contar con la carga del agente extintor en cada momento.

Equipos e instalaciones fijas

Son elementos que se encuentran instalados en forma permanente en el edificio y que incluso pueden funcionar mediante detectores automáticos.

Se pueden mencionar las siguientes instalaciones:

- Sistemas de inundación completa: que actúan mediante la dilución de la concentración de oxígeno en los locales mediante la descarga del anhídrido carbónico o inhibidores de la reacción química como el halon 1211 o el halon 1301.
- Sistemas de rociadores o a base de niebla de agua: utilizando rociadores adecuadamente distribuidos, con cañerías de agua a presión, de acuerdo a su aplicación.
- Sistemas de proyección de agua: mediante tanques de incendio, con redes de cañerías, bocas o hidrantes y mangueras con lanza y boquilla.
- Sistemas a base de espuma: mediante la formación de burbujas con una red de cañerías que transporta agua y un agente emulsificador que origina la espuma.

Otros elementos extintores

Se pueden mencionar la arena que no es un buen agente extintor pero se la emplea para la propagación de fuegos incipientes.

Las frazadas de amianto que es un material incombustible y no conductor de la energía eléctrica, que se utiliza para apagar por ahogamiento el fuego. Se emplean también guantes de amianto para prevenir quemaduras.

Para establecer las condiciones de extinción a aplicar en los diferentes tipos de edificios se deben tener en cuenta las distintas actividades que se desarrollan y la probabilidad de gestación y desarrollo del fuego. A tal efecto se establece el grado de riesgo de incendio.

Riesgos de incendio

Se clasifican los riesgos de incendio según las siguientes categorías, estableciéndose un número adimensional práctico a cada uno de ellos. Detallamos los más usados en edificios de orden común.

RIESGO 1

Explosivos: materias de naturaleza química más o menos inestable, susceptibles de producir: reacciones exotérmicas, con generación de grandes cantidades de energía al ser alterado su equilibrio químico, por cualquier manifestación energética externa (pólvora, cloratos, celuloide, picratos).

RIESGO 2

Inflamables de 1º categoría: Materias que puedan emitir vapores que mezclados en proporciones adecuadas con el aire, originan mezclas combustibles; su punto de inflamación momentánea es igual o inferior a 40°C (Alcohol, éter, nafta, benzol, acetona).

Inflamables de 2º categoría: Materias que pueden emitir vapores que mezclados en proporciones adecuadas con el aire, originan mezclas combustibles; su punto de inflamación momentánea está comprendido entre 40° y 120°C (kerosén, aguarrás, ácido acético).

RIESGO 3

Muy Combustibles: Materias que expuestas al aire, pueden ser encendidas y continúan ardiendo una vez retirada la fuente de ignición, sin necesidad de aumentar el flujo de aire. (Hidrocarburos pesados, madera, papel, carbón, tejidos de algodón).

RIESGO 4

Combustibles: Materias que pueden mantener la combustión aún después de suprimida la fuente extrema de calor; por lo general necesitan una proporción de aire algo superior a la normal; en particular se aplica a aquellas materias que pueden arder en hornos apropiados a altas temperaturas y a la vez están integradas por hasta un 30% de su volumen por materias muy combustibles (determinados plásticos, cueros, lanas, madera y tejido de algodón con retardadores, productos complejos, etc.)

Condiciones de extinción

Las condiciones de extinción, constituyen el conjunto de exigencias destinadas a suministrar los medios que faciliten la extinción de un incendio en sus distintas etapas.

Para determinar las condiciones de extinción a aplicar, deben considerarse las distintas actividades predominantes y la probabilidad de gestación y desarrollo del fuego en los edificios, sectores o ambientes de los mismos.

CUADRO 1-V Protección contra incendio

Usos		Riesgo	Condiciones de Extinción										
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9		
Vivienda Residencia Colectiva		3											
Comercio	Banco, Hotel	3									•		
	Actividades Administrativas	3									•		
	Locales Comerciales	2	Satisfacerá lo indicado en depósito de inflamables										
		3				•							•
	Galería Comercial	3				•							
	Sanidad y Salubridad	4										•	
Industria		2	Satisfacerá lo indicado en depósito de inflamables										
		3			•								
		4				•							
Depósitos de garrafas		1	•										
Depósitos		2											
		3			•								
		4				•							
Educación		4										•	
Espectáculos y Diversiones	Cine, Teatro, Más 200 loc.	3	•	•									
	Televisión	3			•								
	Estadio	4					•						
	Otros rubros	4				•							
Actividades Religiosas		4											
Actividades Culturales		4										•	
Automotores	Estación de Servicio-Garage	3									•		
	Industria-Taller Mecánico-Pintura	3									•		
	Comercio- Depósito	4				•							
	Guardia Mecanizada	3									•		
Aire Libre (Exclusivo playas de estacionamiento)	Depósitos e Industrias	2										•	
		3										•	
		4										•	

Nota importante: Para el desarrollo de los proyectos deben tenerse en cuenta las exigencias en cuanto a la situación y construcción adecuadas los riesgos de incendio que también se establecen en las Normas del Código Municipal de la Ciudad de Buenos Aires.

Condiciones generales

Cuando un nivel donde se desarrolla actividad se encuentra a más de 10 m sobre el nivel oficial del predio debe dotarse de boca de impulsión.

Todo edificio con más de 27 m. de altura y hasta 47 m. lleva una cañería de 64 mm de diámetro con llave de incendio en cada piso, rematado con una boca de impulsión en la entrada del edificio y conectada en el otro extremo con el tanque sanitario.

Si el edificio tiene más de 47 m. de altura total, medidos desde el nivel oficial del predio debe cumplir con la condición E1.

Independientemente de lo establecido en las condiciones específicas de extinción, todo edificio debe poseer matafuegos en cada piso, en lugares accesibles y prácticos que se indican en el proyecto respectivo, distribuidos a razón de uno por cada 200m² o fracción de la superficie del piso.

Toda pileta de natación, o estanque con agua, excepto el de incendio, cuyo fondo se encuentre sobre el nivel oficial del predio, de capacidad no menor a 30 m³, debe

equiparse con una cañería de 76 mm de diámetro, que permita tomar su caudal desde el frente del inmueble, mediante una llave doble de incendio de 63,5 mm de diámetro. Toda obra en construcción que supere los 25 m. de altura, debe poseer una cañería provisoria de 64 mm de diámetro interior, que remate en una boca de impulsión situada en la Línea Municipal. Además debe tener como mínimo una llave de 64 mm en cada planta, en donde se realicen tareas de armado del encofrado.

Condiciones específicas

Las condiciones específicas de extinción son caracterizadas con la letra E seguida de un número de orden, como se consigna en el cuadro 1- V. Estas condiciones son las siguientes:

CONDICION EI:

Debe haber un servicio de agua contra incendio.

El número de bocas en cada piso, debe ser el cociente de la longitud de los muros perimetrales de cada cuerpo de edificio expresados en metros dividido por 45. Se consideran enteras las fracciones mayores que 0,5. De esa manera:

$$N^{\circ} \text{ bocas} = \frac{\text{perímetro}}{45}$$

En ningún caso la distancia entre bocas debe exceder de 30 m.

Cuando la presión de la red general de la ciudad no sea suficiente, el agua debe provenir de cualquiera de estas fuentes:

- De tanque elevado de reserva, cuyo fondo debe estar situado con respecto al solado del último piso, a una altura tal que asegure la suficiente presión hidráulica para que el chorro de agua de una manguera de la instalación de incendio en esa planta, pueda batir el techo de la misma y cuya capacidad es de 10 litros por cada metro cuadrado de superficie de piso, con un mínimo de 10 m³ y un máximo de 40 m³ por cada 10.000 m² de superficie cubierta. Cuando se excede esta superficie se debe aumentar la reserva en la proporción de 4 litros por metro cuadrado hasta totalizar una capacidad tope de 80 m³ contenida en tanques no interiores a 20 m³ de capacidad cada uno.
- Un sistema hidroneumático que asegure una presión mínima de 1 kg/cm² descargada por boquillas de 13 mm. de diámetro interior en las bocas de incendio del piso más alto del edificio; cuando exista causa debidamente justificada para que el tanque elevado pueda ser reemplazado por este sistema. En actividades predominantes o secundarias cuando se demuestre la inconveniencia de este medio de extinción se puede autorizar su sustitución por otro distinto de igual o mayor eficacia.

CONDICION E2:

Debe haber necesariamente un tanque cuya capacidad sea un 25% mayor que la exigida por el Reglamento vigente de Obras Sanitarias para el servicio total del edificio y nunca inferior a 20 m³

El nivel del fondo del tanque debe estar a no menos que 5 m por encima del techo más elevado del local, que requiera esta condición.

El número de bocas y su distribución debe ser el adecuado. Las mangueras de las salas deben tener una longitud que permita cubrir toda la superficie del piso.

Se instalan sistemas de lluvias o rociadores, de modo que cubran el área del escenario y deben tener elementos paralelos al telón de seguridad.

CONDICION E3:

Cada sector de incendio o conjunto de sectores de incendio comunicados entre sí con superficie cubierta mayor que 600 m² debe cumplir la Condición E1, la superficie citada se reduce a 300 m² en subsuelos.

CONDICION E4:

Cada sector de incendio o conjunto de sectores de incendio comunicados entre sí con superficie de piso acumulada mayor que 1000 m² debe cumplir la Condición E1. La superficie citada se reduce a 500 m² en subsuelos.

CONDICION E5:

En los estadios abiertos o cerrados con más de 10.000 localidades se coloca un servicio de agua a presión, satisfaciendo la Condición E1.

CONDICION E6:

Se realiza una conexión directa de 76 mm con la red de Obras Sanitarias de la Nación.

CONDICION E7:

Debe cumplir la Prevención E1 si el uso posee más de 500 m² de superficie cubierta sobre el nivel oficial del predio o más de 150 m² si está bajo nivel de aquél y constituyendo sótano.

CONDICION E8:

Si el uso tiene más de 1500 m² de superficie cubierta, debe cumplir con la Prevención E1. En subsuelos la superficie se reduce a 800 m². Debe haber una boca de impulsión.

CONDICION E9:

Los depósitos e industrias de riesgo 2,3 y 4 que se desarrollan al aire libre, deben cumplir la Condición E1, cuando posean más de 600, 1000 y 1500 m² de superficie de predio o suma de la de los predios catastrales sobre los cuales funcionan, respectivamente.

Cuando un mismo uso, constituyendo un sector de incendio ocupa subsuelo/s y piso/s superior/es, a los efectos de la aplicación de las Condiciones E3, E4, E7, o E8, según corresponda, se adiciona a la superficie cubierta del subsuelo, 1 m² por cada 2m² de la superficie cubierta ocupada por ese uso en otra planta, o viceversa.

Requisitos particulares para depósitos de inflamables

Los depósitos de inflamables, exceptuando los tanques subterráneos, deben ajustarse a los siguientes requerimientos particulares:

- Para más de 200 litros y hasta 500 litros de inflamables de primera categoría o sus equivalentes. Debe estar equipado con cuatro matafuegos de CO₂ de 3,5 kg de capacidad cada uno, emplazados a una distancia no mayor de 10m.
- Para más de 500 litros y hasta 1.000 litros de inflamable de primera categoría o sus equivalentes. La instalación de extinción debe constar de equipo fijo de CO₂ de accionamiento manual externo o un matafuego a espuma mecánica, sobre ruedas, de 150 litros de capacidad, según corresponda.
- Para más de 1000 litros y hasta 10.000 litros de inflamables de primera categoría o sus equivalentes. La instalación de extinción debe estar equipada con dos líneas de 63,5 mm. de diámetro interior y boquilla de niebla a una presión de 4 kg/cm² en posible servicio simultáneo si posee más de 5000 litros; en caso contrario se provee una sola línea, y además en ambos casos, matafuegos adecuados.

Selección de matafuegos.

Para la selección de matafuegos, en el siguiente cuadro se indican las condiciones orientativas.

CUADRO 3 - V Selección de Matafuegos

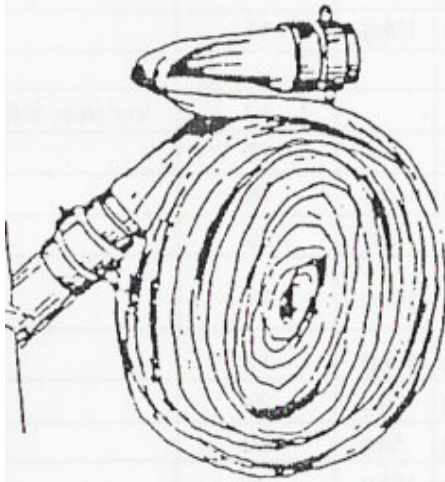
Usos	Riesgo	Tipo			Distancia a Recorrer	Observaciones	
		Agua	Polvo	CO ₂			
Vivienda Resid. Colectiva	3	—	5 kg	10kg	15		
Comercio	Banco Hotel	3	—	5 kg	10kg	15	
	Actividades Administrativas	3	—	5 kg	10kg	15	
	Locales Comerciales	2	—	10 kg	10kg	10	
		3	—	5 kg	10kg	15	
		4	—	2,5kg	5kg	15	
	Galería Comercial	3	—	5 kg	10kg	15	
Sanidad y Salubridad	4	—	5 kg	10kg	15		
Industria	2	—			10	Ver dep. infl.	
	3	—	10 kg		15		
	4	—	5 kg	10kg	15		
Deposito Garrafas	1						
Depósitos	2				10	Ver dep. infl.	
	3	—	10 kg	—	15		
	4	10 l.	5 kg	10kg	15		
Educación	4	10l.	2,5kg	5kg	20		
Espectáculos y Diversiones	Cine Teatro + 200 localid.	3	—	5 kg	10kg	15	
	Televisión	3	—	5 kg	10kg	15	
	Estadio	4	10l.	2,5kg	5kg	20	
Otros Rubros	4	10l.	2,5kg	5kg	20		
Actividades Religiosas	4	10l.	2,5kg	10kg	20		
Actividades culturales	4	10l.	5 kg	10kg			
Automotores	Estac. de Serv.	3	—	5 kg	10kg	15	
	Ind. Taller Mecánico.Pintura	3	—	5 kg	10kg	15	
	Comercio Depós.	4	10l.	2,5kg	5kg.	20	
	Guarda Mecan.	3	—	5 kg	10kg	15	
Aire Libre	Depósitos e	2				10	Ver dep. infl.
		3	—	10 kg	—	15	
	Industrias	4	—	5 kg	10kg	15	

Notas: Debe colocarse como mínimo 1 matafuego cada 200 m²
 El CO₂ (anhidrido carbónico) se considera poco efectivo para extinción de fuegos de combustibles sólidos como maderas, papeles, telas, gomas, plásticos, etc.
 * No debe utilizarse matafuegos de agua donde existe riesgo de incendio de origen eléctricos.
 * Los matafuegos manuales pueden reemplazarse hasta el 50% de su cantidad por equipos sobre rueda (carros) según las siguientes equivalencias:
 Un carro de 50kg. o litro equivale a 10 matafuegos de 10 kg. o litro.

Instalaciones de servicios de agua contra incendio

En todos los inmuebles donde las ordenanzas municipales lo exijan, o eventualmente las autoridades competentes, debe instalarse servicio de agua contra incendio. Cuando se exigen condiciones específicas de extinción se debe proyectar un servicio de agua contra incendio en cada piso y accesorios como muestran las figuras. En las bocas se instalan los nichos conteniendo una lanza y la manguera.

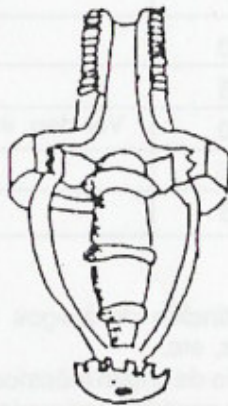
FIG. 1-V Accesorios servicio contra incendio.



Manguera. Medidas : 64mm (2 1/2").



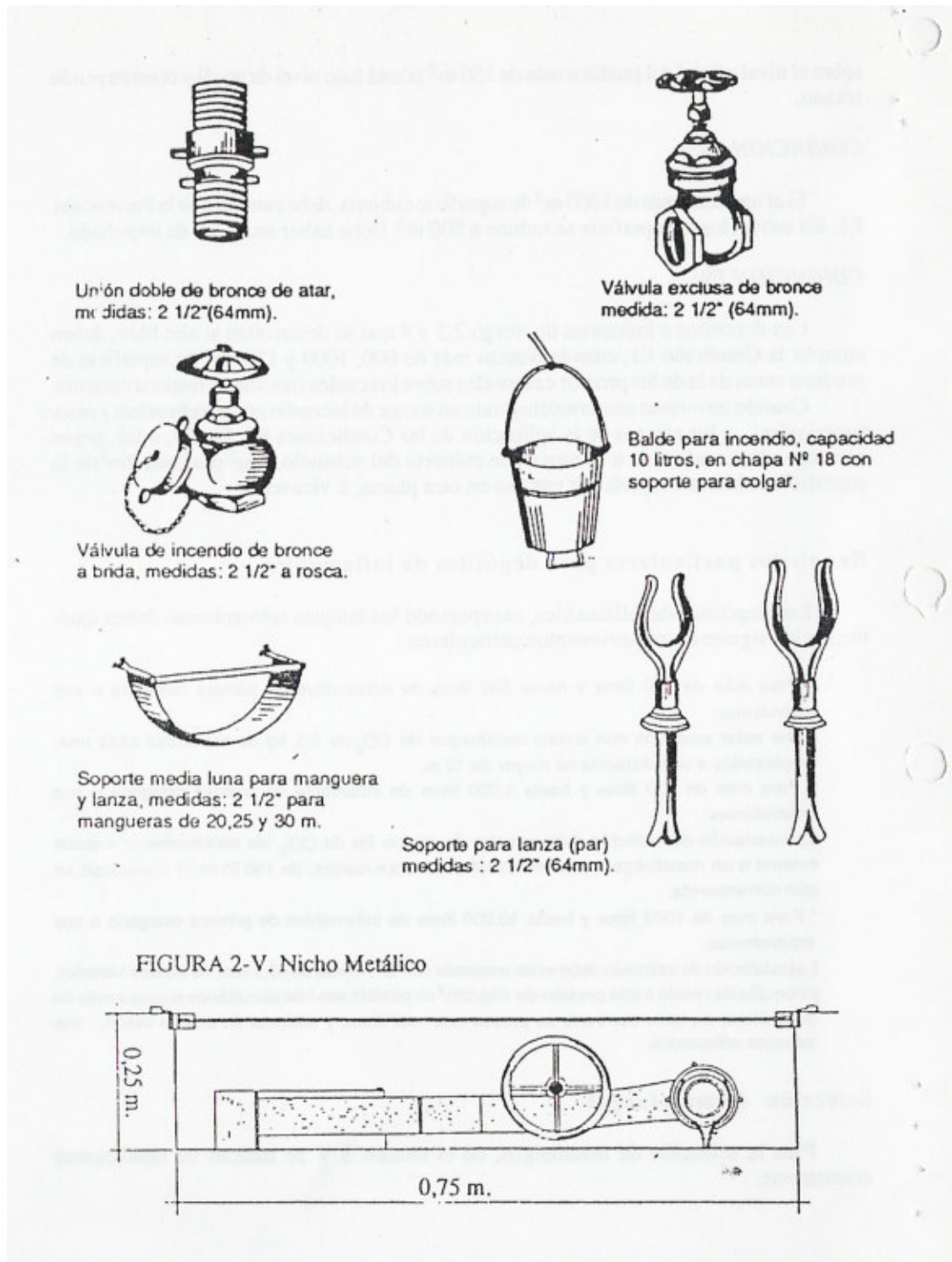
Lanza para incendio,
medidas: 2 1/2" (64mm).



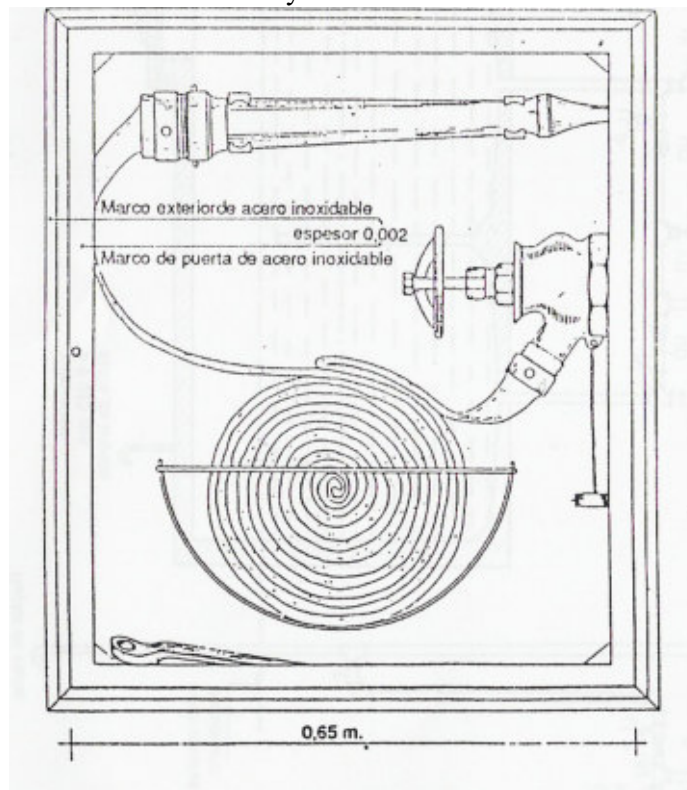
Activadores automaticos
"Sprinkler"



Llave para ajustar uniones y
forzar puertas y ventanas,
medidas: 64mm (2 1/2").



Marco y puerta de acero inoxidable y vidrio.



El suministro de agua contra incendio puede hacerse en forma directa o por medio de un tanque de almacenamiento de reserva cuando la presión no es suficiente.

La alimentación directa tiene la ventaja de disponer de agua de la red por un tiempo ilimitado. En cambio, tiene el inconveniente de que la presión en la red de distribución en el momento de la emergencia puede ser pequeña.

El tanque de reserva asegura el suministro de agua a la presión adecuada, pero solo por el tiempo limitado por la capacidad del agua almacenada.

Cuando se dispone de servicio de incendio por medio de tanque de reserva o tanque de incendio exclusivo, puede derivarse de la cañería de alimentación al tanque de incendio, el ramal para surtir el agua al tanque del servicio.

También se puede alimentar directamente al tanque y desde éste hacerse la alimentación al tanque de incendio. En este caso el fondo del tanque debe estar más elevado que la tapa o ventilación del tanque contra incendio.

Otro sistema consiste en utilizar un tanque único para ambos servicios denominado tanque mixto. En tal caso la capacidad del tanque debe ser suficiente como para almacenar el volumen de agua de reserva para el incendio y el requerido para los servicios sanitarios.

El Reglamento del Código Municipal de la Ciudad de Buenos Aires, establece que la capacidad mínima del tanque unificado o mixto debe ser la siguiente:

$$V = V_1 + 0,45 V_2$$

Donde:

V: Capacidad mínima del tanque (m³);

V₁: Capacidad mínima requerida para el destino mas exigente (m³);

V₂: Capacidad correspondiente a los destinos menos exigentes (m³).

La cañería de bajada parte del fondo del tanque y debe subir por un costado hasta un nivel tal que permita almacenar el volumen previsto para incendio. Al nivel mencionado de la cañería se coloca una llave de paso y luego un ramal, que por un lado deriva la cañería de bajada y por otro, actúa como un ruptor de vacío.

De esta manera, cuando sale el agua por dicha cañería y el nivel en el tanque llegue al del sifón, entra aire y evita que salga más agua manteniéndose de esa manera la reserva prevista para incendio.

Las cañerías de bajada de alimentación de incendio pueden ser de hierro galvanizado, latón o bronce.

Conclusión

La reserva total contra incendio se calcula de acuerdo a los metros cubiertos de la edificación, los materiales con los que está construido el edificio y la experiencia en cuanto a los caudales necesarios en este tipo de edificios.

Así, para los 2500 metros cuadrados de edificación, y adoptando la cantidad aconsejada por el reglamento de 10 litros por metro cuadrado cubierto, obtenemos una reserva contra incendio de 25000 lts., también aprobada por el cuerpo de bomberos local.

Además se debe tener en cuenta la distancia entre el cuartel de bomberos y el edificio en estudio, que debido a su cercanía no hace necesaria una gran reserva de agua, sino que basta una reserva menor que permita combatir el incendio hasta la llegada de los bomberos.

3.3 Instalación para Laboratorio de Hidráulica

Consultamos las características de distintos laboratorios de hidráulica de distintas Universidades como por ejemplo el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de ciencias exactas e ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario, el cual cuenta con la infraestructura y elementos siguientes:

- Nave de experimentación de 350 m²
- Canal vidriado de 15 metros de longitud y una sección de 0,60 m por 0,70 m
- Tanque elevado de nivel constante de 30.000 litros
- Cisterna de 60.000 litros
- Capacidad de bombeo de 150 litros por segundo
- Tanque para aforos volumétricos
- Vertederos aforadores
- Sistemas de cañerías de distribución
- Limnómetro de aguja

- Micromolinete
- Molinete Hidrométrico
- Manómetros
- Vacuómetros
- Pluviómetros
- Pluviógrafos
- Estación meteorológica
- Taller equipado con máquinas y Herramientas para la construcción de modelos físicos

Consultando al Ing. Blanco, titular de la cátedra de Hidráulica de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Venado Tuerto, nos aconsejó que debido a la magnitud que tendría el futuro laboratorio, las necesidades de presión y caudal, como así también de reserva total podrían ser menores al caso expresado anteriormente.

Por lo tanto, para nuestro caso adoptaremos una reserva destinada al futuro Laboratorio de Hidráulica de 10000 lts.

Conclusiones

Con lo anteriormente expuesto, nuestra reserva total necesaria sería de 45000 lts, pero según el Código Municipal de la Ciudad de Buenos Aires, la capacidad mínima del tanque unificado o mixto debe ser la siguiente:

$$V = V_1 + 0,45 V_2$$

Donde:

V: Capacidad mínima del tanque (m³);

V₁: Capacidad mínima requerida para el destino mas exigente (m³);

V₂: Capacidad correspondiente a los destinos menos exigentes (m³).

Para nuestro caso sería V₁ reserva contra incendio, V₂ instalación sanitaria y laboratorio de hidráulica.

$$V_1 = 25000 \text{ lts}$$

$$V_2 = 5500 \text{ lts} + 10000 \text{ lts} = 15500 \text{ lts.}$$

$$V = V_1 + 0,45 V_2 = 31975 \text{ lts.}$$

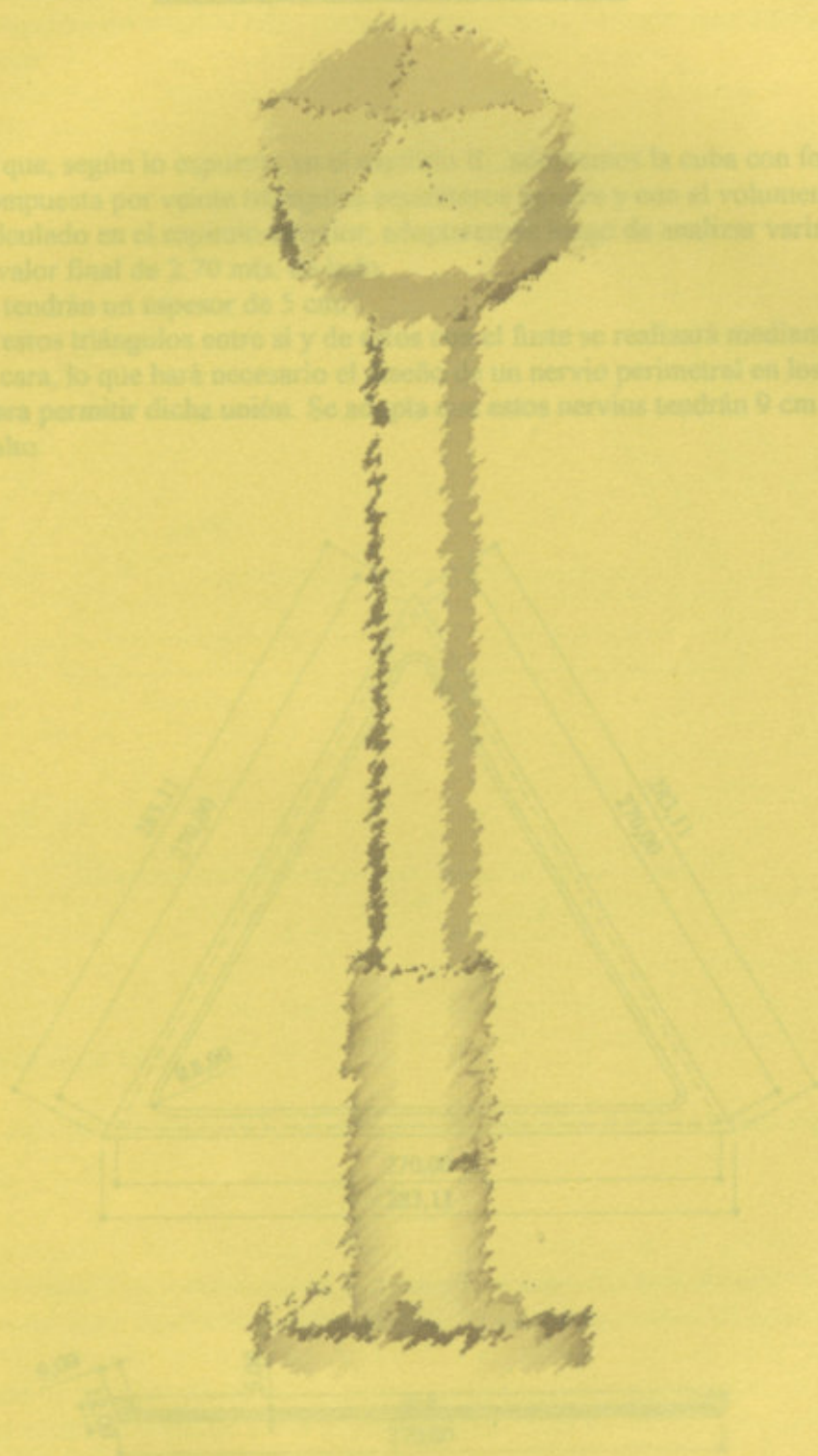
Por último podemos expresar que la reserva total de agua necesaria adoptada será de 32000 lts.

Capítulo IV - Predimensionamiento

1.- Cota

Recordando que, según lo expuesto en el capítulo III, se trata de una cota con forma de icosaedro compuesta por veinte triángulos equiláteros, se debe determinar el volumen necesario calculado en el capítulo III, para poder determinar el número de piezas de análisis varias medidas un valor final de 2,70 metros.

Estas piezas tendrán un espesor de 5 cm. La unión de estos triángulos entre sí y de la cota al fuste se realizará mediante tres bulones por cara, lo que hará necesario el diseño de un nervio perimetral en los triángulos para permitir dicha unión. Se sabe que estos nervios tendrán 9 cm de ancho y 12 cm de alto.



CAPÍTULO IV PREDIMENSIONAMIENTO

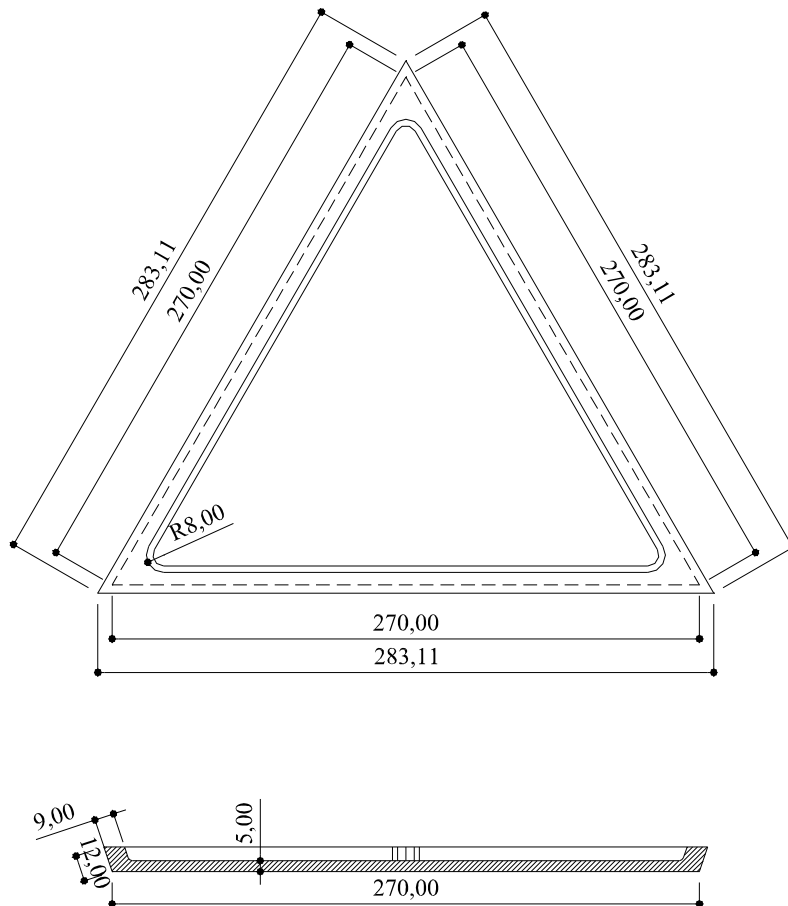
Capítulo IV – Predimensionamiento

1.- Cuba

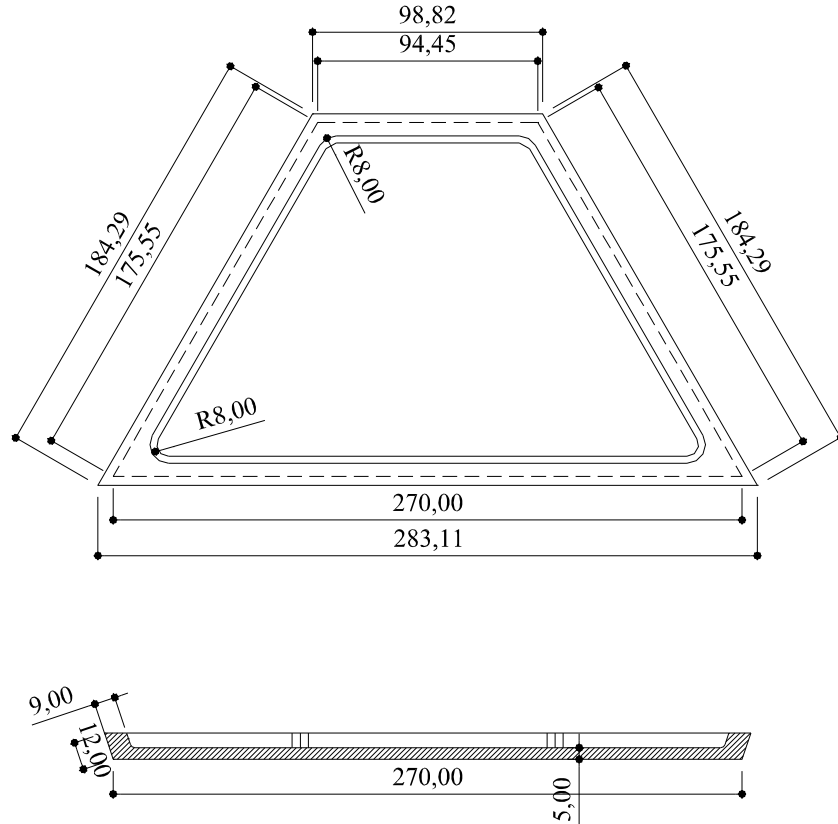
Recordando que, según lo expuesto en el capítulo II , adoptamos la cuba con forma de icosaedro compuesta por veinte triángulos equiláteros iguales y con el volumen necesario calculado en el capítulo anterior, adoptaremos luego de analizar varias medidas un valor final de 2.70 mts. de lado.

Éstas piezas tendrán un espesor de 5 cm.

La unión de estos triángulos entre sí y de éstos con el fuste se realizará mediante tres bulones por cara, lo que hará necesario el diseño de un nervio perimetral en los triángulos para permitir dicha unión. Se adopta que estos nervios tendrán 9 cm de ancho y 12 cm de alto.



Para permitir la unión entre el casquete inferior y el fuste, y permitir la salida al exterior por la parte superior de la cuba, éstas piezas tendrán forma de trapecios como indica la figura siguiente:



1.1- Volumen de la cuba

Mediante la siguiente fórmula del volumen de un icosaedro donde la letra a representa

$$V = \frac{5}{12} a^3$$

el lado de los triángulos y descontando la zona por encima del pelo de agua y la continuación del fuste dentro de la cuba, se obtiene un volumen neto de agua de :

Volumen total de la cuba: 42.94 m³

Volumen del casquete superior sobre el pelo de agua: 5.93 m³

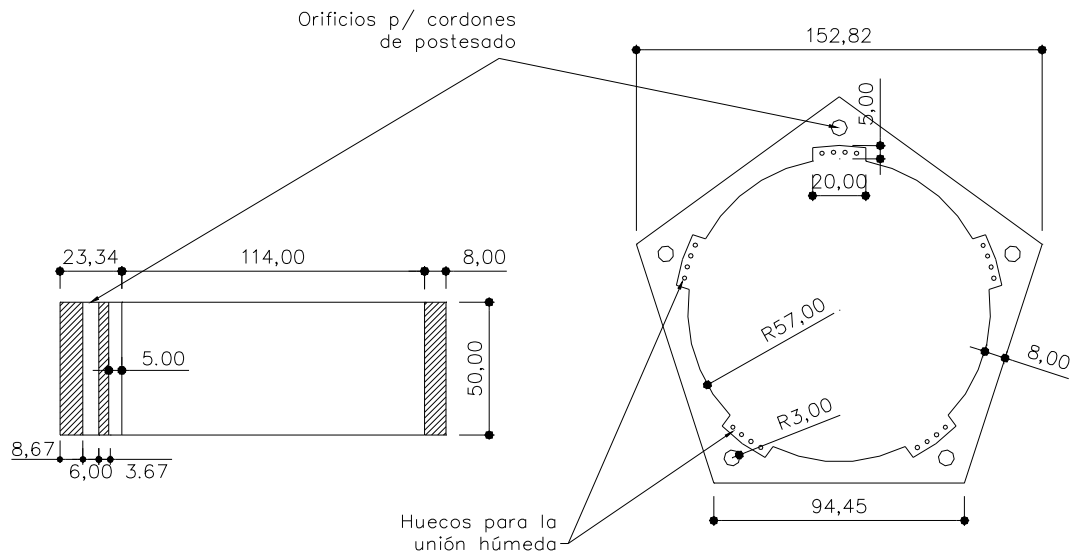
Volumen del fuste dentro de la cuba: 4.60 m³

Volumen truncamiento del casquete inferior por el fuste: 0.25 m³

Volumen neto de agua: 32.16 m³

2.- Fuste

El fuste estará formado por piezas pentagonales exteriormente y anulares en su interior. Ante la necesidad de permitir el ingreso del personal de mantenimiento a la cuba del, por el interior del fuste, adoptamos un diámetro interno de 114 cm. Tomando como espesor mínimo el de 8 cm y dándole 94.45 cm. de lado al pentágono exterior la pieza quedará formada de la siguiente manera:



Para facilitar el manipuleo de estas piezas en el montaje, se adopta una altura de 50 cm por lo que aproximadamente nos da un peso de 600 Kg.

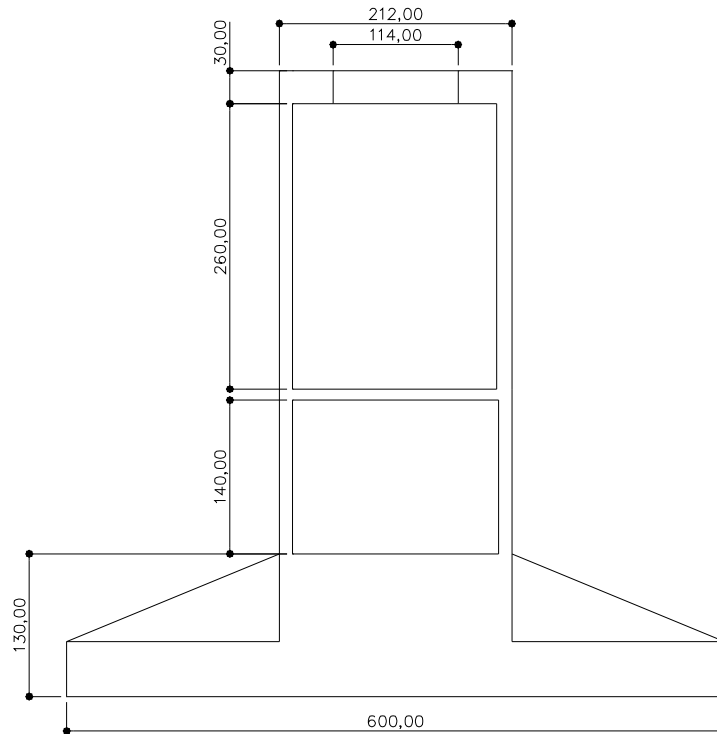
Además este elemento contará con cinco agujeros donde se alojarán los cordones de acero para el postesado del fuste, ubicados en las zonas donde se forman las aristas de la pieza mencionada, como así también se dejarán previstos huecos para la unión entre piezas de 20 cm x 5 cm.

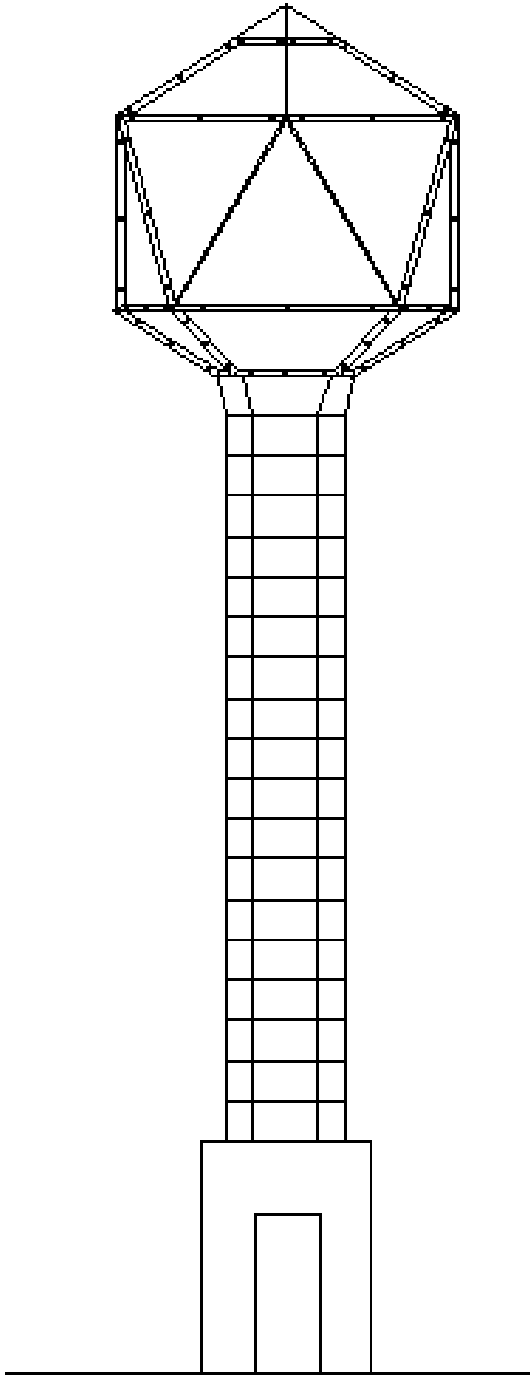
3.- Base e ingreso

La base se ejecutará in situ de planta circular, la cual contará con seis nervios de refuerzo los que rigidizarán dicha base. A partir de allí nacerá un tronco cilíndrico de aproximadamente cinco metros de altura, hueco en su interior que, mediante una abertura en un sector de su superficie, permitirá el ingreso a su interior. Ésta cáscara tendrá un espesor de aproximadamente 10 cm., y en su parte superior contará con un anillo el que servirá de apoyo para el tesado y anclaje de los cordones de acero para el postesado.

Uno de los condicionantes de este proyecto es que, al estar ubicado en Venado Tuerto, deberá contar con una superficie de apoyo de la estructura de tal magnitud que las tensiones transmitidas al suelo en su peor condición no superen los 0.60 kg/cm^2 .

Este valor puede ser alcanzado cuando la acción de la estructura sobre el suelo es de tipo uniforme. Cuando ésta acción es del tipo lineal, la tensión máxima puede ser aumentada a $4/3$ de la tensión admisible, o sea ésta tensión podrá ser de 0.80 kg/cm^2 . Por lo tanto adoptamos para el conjunto base, nervios, cáscara de ingreso y anclaje las medidas que se indican en el siguiente gráfico:





Vista general de la torre tanque

Capítulo V – Análisis de cargas

Para el dimensionamiento de esta estructura se utilizó el método de elementos finitos mediante el uso del programa de computación SAP90.

Para ello necesitamos conocer la magnitud de los distintos estados de carga actuantes sobre la torre tanque que serán el peso propio de la estructura, el peso del agua almacenada en la caba y el efecto de viento. Estas combinaciones, que a continuación se desarrollarán:

1.- Peso propio de la estructura

De acuerdo a las dimensiones adoptadas y a la cantidad de piezas que forman el tanque, el peso de los distintos componentes será:

Peso de la caba

La caba estará formada por diez triángulos isósceles equiláteros de 2.70 mts de lado y 10 trapecios iguales de 2.70 mts de base menor, 3.60 mts de base mayor y 1.52 mts de altura.

Peso de un triángulo: 700 kg

Peso de un trapecio: 700 kg

Peso total de la caba: 9800 kg

Peso del fuste

El fuste estará formado por 24 piezas peraltadas cilíndricas de 50 cm de alto más una pieza especial de forma tronco piramidal y una pieza tronco cónica anular también de 50 cm de alto. En esta última pieza será donde se conectará la caba al fuste recientemente descrito.

Peso de una pieza cono: 100 kg

Peso de la pieza especial: 50 kg

Peso total del fuste: 1500 kg

Peso de la base

La base de esta estructura estará formada por una losa cilíndrica de 50 cm de alto y 6 metros de diámetro exterior y una losa de 40 cm de ancho, 1.30 mts de alto en su parte mayor y 1.14 mts en su parte menor. A partir de esta losa comienza la cáscara cilíndrica de 2.12 metros de diámetro exterior y una altura total de 4.40 mts, la cual en su parte intermedia cuenta con una losa circular de 10 cm de espesor y en su parte superior un anillo de diámetro exterior 2.12 mts, diámetro interior 1.14 y un espesor de 30 cm, como muestra la siguiente figura.

CAPITULO V ANALISIS DE CARGA

Capítulo V – Análisis de carga

Para el dimensionamiento de esta estructura se utilizará el método de elementos finitos mediante el uso del programa de computación SAP90.

Para ello necesitamos conocer la magnitud de los distintos estados de cargas actuantes sobre la torre tanque que serán el peso propio de la estructura, el peso del agua almacenada en la cuba y el efecto del viento con sus distintas combinaciones, que a continuación se desarrollarán:

1.- Peso propio de la estructura

De acuerdo a las dimensiones adoptadas y a la cantidad de piezas que forman el tanque, el peso de los distintos componentes será:

Peso de la cuba:

La cuba estará formada por diez triángulos iguales y equiláteros de 2.70 mts de lado y 10 trapecios iguales de 2.70 mts de base mayor, 94.5 cm de base menor y 1.52 mts de altura.

Peso de un triangulo: 530 kg

Peso de un trapecio: 465 kg

Peso total de la cuba: 9950 kg.

Peso del fuste:

El fuste estará formado por 24 piezas pentagonales anulares de 50 cm de alto mas una pieza especial de forma tronco piramidal de base pentagonal anular también de 50 cm. de alto. En ésta última pieza será donde se apoyará la cuba al fuste recientemente descrito.

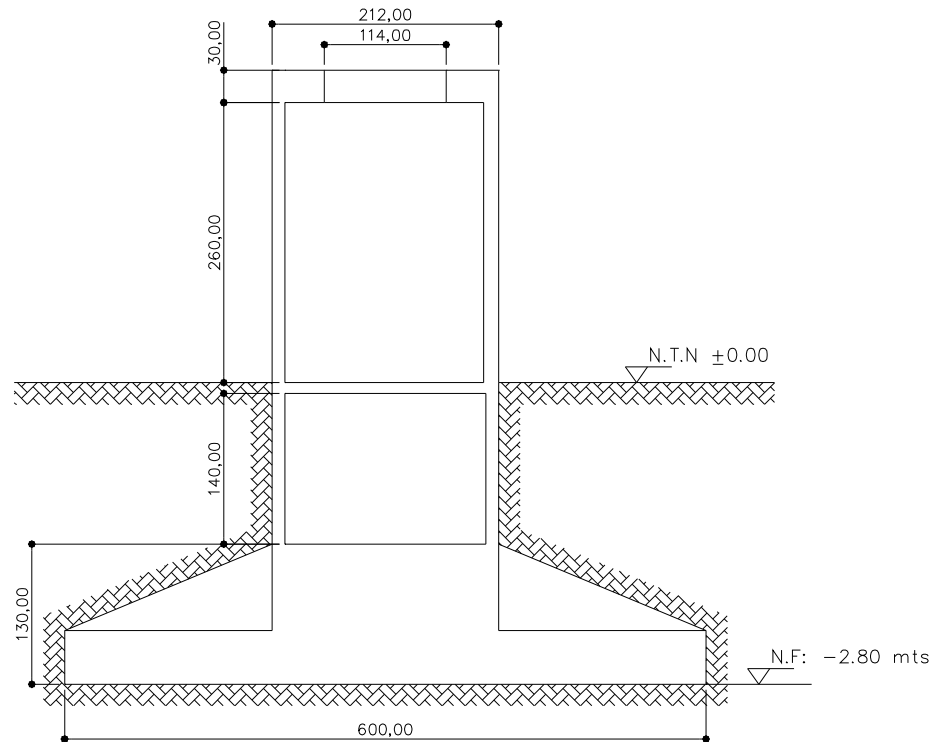
Peso de una pieza común: 600 kg

Peso de la pieza especial: 680 kg

Peso total del fuste: 15080 kg

Peso de la base:

La base de esta estructura estará formada en su parte inferior por una losa cilíndrica de 50 cm de alto y 6 metros de diámetro, rigidizada por seis nervios de 40 cm de ancho, 1.30 mts. de alto en su parte mayor y 50 cm en su parte inferior. A partir de esta losa comienza la cáscara cilíndrica de 2.12 metros de diámetro exterior y una altura total de 4.40 mts., la cual en su parte intermedia cuenta con una losa circular de 10 cm de espesor y en su parte superior un anillo de diámetro exterior 2.12 mts, diámetro interior 1.14 y un espesor de 30 cm. como muestra la siguiente figura.



Peso de la losa inferior: 33910 kg.

Peso de los nervios: 5760 kg.

Peso de la cáscara y anillo: 10340 kg.

Peso total de la base y tronco: 50010 kg

Peso propio total de la estructura: 75040 kg

Peso del suelo sobre la base: 75209 kg

2.- Peso del agua almacenada en la cuba

Según el cálculo de la capacidad necesaria para satisfacer los diferentes usos, ya sean sanitarios, contra incendios y laboratorio de hidráulica, se adoptó un volumen total de 32m^3 , o sea 32000 lts. de agua, o lo que es lo mismo: 32000 kg.

Esta será la carga de agua que usaremos para el cálculo de las diferentes piezas de nuestra torre tanque.

3.- Acción del viento sobre la estructura.

A los efectos del cálculo de la acción del viento sobre nuestra estructura, se seguirá el procedimiento desarrollado en el “Reglamento CIRSOC 102 - ACCION DEL VIENTO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES”. Éste Reglamento tiene por objeto determinar las técnicas y los medios para obtener los valores de las acciones producidas por el viento sobre las construcciones o sus diferentes partes.

Para comenzar el análisis de la acción del viento sobre la estructura, es necesario tener presentes algunas definiciones:

- Acción resultante total: fuerza total ejercida sobre una superficie determinada.
- Acción unitaria: valor de la presión o succión que el viento ejerce sobre un elemento de superficie en una construcción.
- Acción unitaria exterior: acción unitaria del viento sobre la cara exterior de la pared (o techo) de una construcción. Cualquiera sea la construcción, la cara exterior de sus paredes está sometida a:
 - a) succiones, si las paredes están "a sotavento";
 - b) presiones, o succiones, si ellas están "a barlovento".
- Deriva: componente horizontal de la acción de conjunto en sentido normal a la dirección del viento, que tiende a desplazar lateralmente la construcción y, eventualmente, a volcarla.
- Empuje: componente horizontal de la acción de conjunto en la dirección del viento, que tiende a desplazar a la construcción y, eventualmente, a volcarla.
- Nivel de referencia: nivel a partir del cual se deberá medir la altura de un punto cualquiera de una construcción, en el que se desea calcular la presión dinámica.
- Presión del viento: fuerza por unidad de superficie ejercida por el viento sobre una superficie, perpendicular a la misma y dirigida hacia ella.
- Presión dinámica básica: presión ejercida por el viento sobre una superficie plana, normal a su dirección, en el punto atacado por el filete de aire donde la velocidad se anula.
- Presión dinámica de cálculo: presión dinámica básica, afectada por los coeficientes: C_z , que expresa la ley de variación de la presión con la altura, tomando en consideración la rugosidad del terreno, y C_d de reducción, que toma en cuenta las dimensiones de la construcción.

- Superficie a “barlovento”: superficie expuesta al viento. Por analogía, superficie "iluminada", cuando sobre la construcción incide un haz de rayos luminosos paralelos a la dirección del viento.
- Superficie a “sotavento”: superficie no expuesta al viento o paralela a la dirección de éste. Por analogía, superficie "no iluminada" o bajo incidencia rasante, cuando sobre la construcción incide un haz de rayos luminosos paralelos a la dirección del viento.
- Velocidad básica de diseño: velocidad que tiene una probabilidad P_m de ser excedida, por lo menos una vez en un período de m años, y corresponde a promedios de velocidad instantánea sobre intervalos $\Delta t = 3$ segundos, en exposición abierta (rugosidad tipo I) según se describe en la Tabla 3, a una altura normal de referencia $z_0 = 10$ metros.
- Velocidad de referencia: velocidad correspondiente al promedio de velocidad instantánea (pico de ráfaga) sobre intervalos $\Delta t = 3$ segundos, en exposición abierta, a una altura normal de referencia de 10m que tiene un período de recurrencia de un año.

En este Reglamento se considera, salvo que se indique lo contrario, que la dirección del viento es horizontal. La acción ejercida por el viento sobre las construcciones resulta de la suma de una componente estática, que depende de su presión estática, y una componente dinámica, que depende de la variación de su velocidad al enfrentar el obstáculo. Ésta acción produce efectos estáticos y efectos dinámicos, más o menos acentuados según la forma y dimensión de las construcciones.

En cuanto a la clasificación de las construcciones, éste Reglamento, considera su forma de conjunto, su ubicación en el espacio y la permeabilidad de sus paredes:

Según su forma de conjunto, se distinguen:

- las construcciones prismáticas de base cuadrangular;
- las construcciones prismáticas de base poligonal regular y construcciones cilíndricas ;
- los paños llenos y las cubiertas aisladas;
- las construcciones con aberturas y construcciones de reticulado;
- las construcciones diversas, que no entran en las categorías anteriores.

Según la ubicación en el espacio, se considera:

- las construcciones apoyadas en el suelo o unidas a un plano de grandes dimensiones de otra construcción;

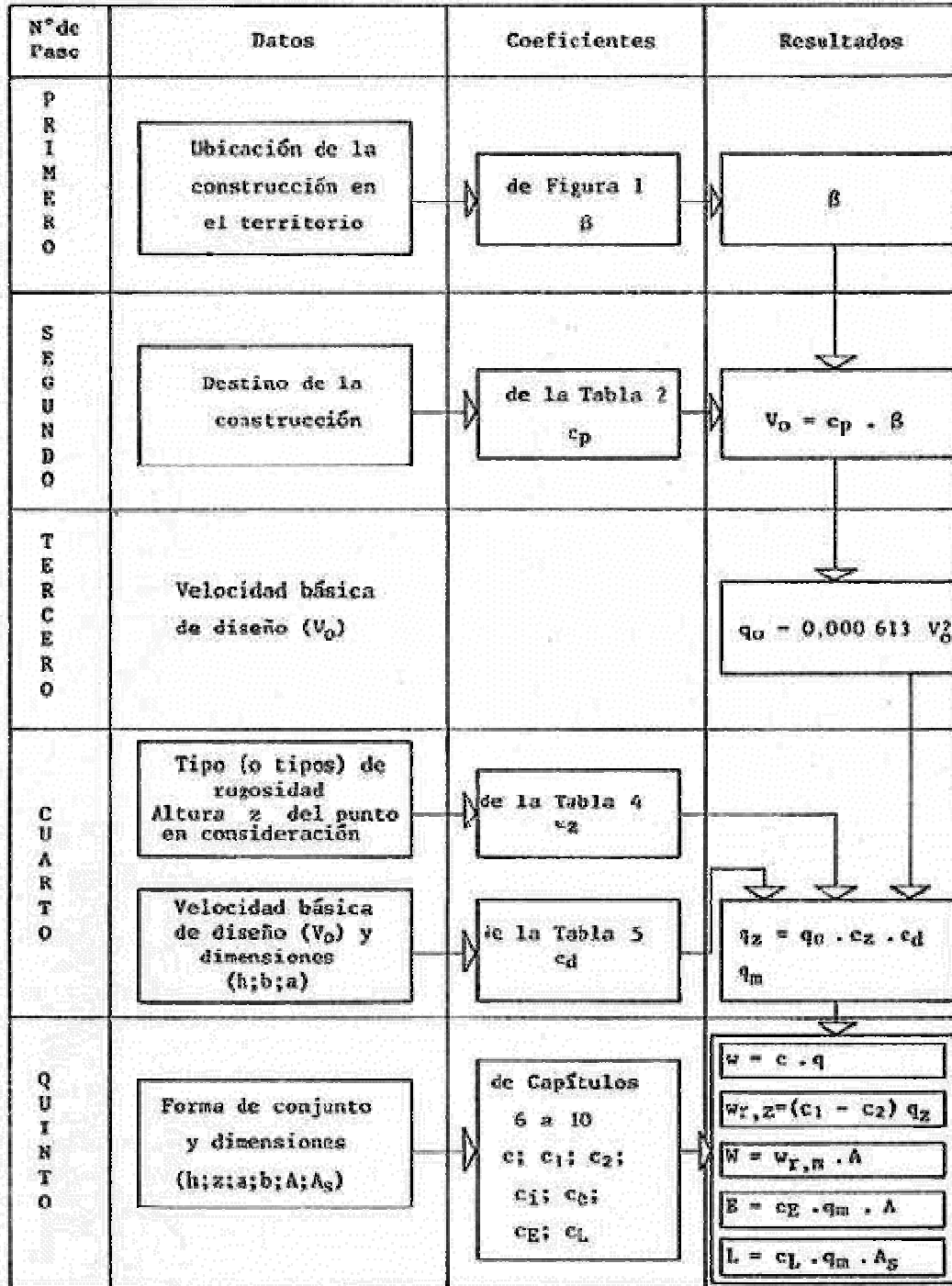
- construcciones aisladas aerodinámicamente en el espacio, para las cuáles las distancias al suelo y a una pared vecina son, respectivamente, superiores o iguales a su dimensión, según la vertical o según una perpendicular a dicha pared;
- casos intermedios entre los dos anteriores;
- construcciones comprendidas entre dos planos paralelos de grandes dimensiones de otras construcciones.

Es importante tener presente que la velocidad del viento y, por consiguiente, la presión dinámica de cálculo varían con las condiciones de rugosidad del terreno y con la altura del punto en consideración.

De la siguiente tabla (tabla 3) se obtienen los tipos de rugosidad y valores del parámetro $z_{o,i}$ para cada tipo:

Tipo	DESCRIPCION	$z_{o,i}$ (m)
I	Llanuras planas con pocas o ninguna obstrucción, con un promedio de alturas de las posibles obstrucciones alrededor de la construcción menor que 1,5 m. Por ejemplo: fajas costeras hasta aproximadamente 6 km, llanuras sin árboles, mesetas desérticas, pantanos.	0,005
II	Zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas, tales como cercas, árboles o construcciones muy aisladas, con alturas entre 1,5 y 10 m.	0,050
III	Zonas onduladas o forestadas, zonas urbanas con numerosas obstrucciones de espacios cerrados que tienen la altura de las casas domésticas con promedio no superior a 10 m. Por ejemplo: áreas industriales, suburbios de grandes ciudades.	0,200
IV	Superficies cubiertas por numerosas obstrucciones, centros de grandes ciudades con edificación general de más de 25 m de altura.-	0,500

En la siguiente figura se esquematiza gráficamente el procedimiento de cálculo descrito en el Reglamento para el estudio de la acción del viento sobre las estructuras:



Cálculo del empuje producido por el viento sobre nuestra estructura

1.- Velocidad de referencia: β (m/seg)

De pág. 19, figura 4: Para la ciudad de Venado Tuerto $\beta = 30$ (m/seg)

2.- Velocidad básica de diseño: V_0 (m/seg)

$$V_0 = C_p \times \beta \quad C_p : \text{Coeficiente de velocidad probable de pág. 20, Tabla 2}$$
$$C_p = 2.13 \text{ Grupo 1}$$

$$V_0 = 2.13 \times 30 \text{ m/seg} = 63.9 \text{ m/seg}$$

3.- Presión dinámica básica: q_0 (Kg/m²)

$$q_0 = 0,000613 V_0^2 = 250 \text{ Kg/m}^2$$

4.-Acción sobre la columna:

Presión dinámica de cálculo : q_z (Kg/m²)Rugosidad tipo I

$$q_z = q_0 \times C_z \times C_d$$

C_z : Coeficiente que expresa la ley de variación de la presión con la altura y toma en consideración la condición de rugosidad del terreno.

C_d : Coeficiente de reducción que toma en consideración las dimensiones de la estructura.

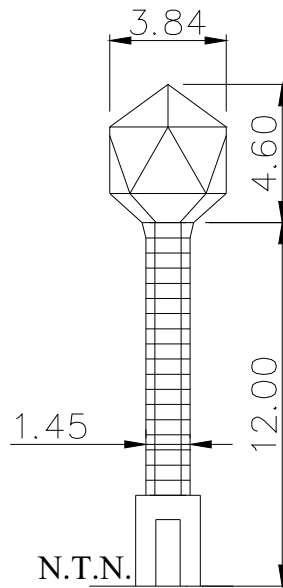
Para calcular C_z aplicamos la siguiente fórmula según CIRSOC 102

$$C_z = \left[\ln(z/z_{o,i}) / \ln(10/z_{o,1}) \right]^2 \times (z_{o,i}/z_{o,1})^{0.1412}$$

Donde z Altura = 12 mts

$$z_{o,1} = 0.005$$
$$z_{o,i} = 0.005$$

Por lo tanto $C_z = 1.05$



Para calcular C_d necesitamos los siguientes datos

$$\begin{aligned}
 h &= 12 \text{ mts} & h/V_0 &= 0.1878 \\
 a &= 1.45 \text{ mts} & a/h &= 0.1000
 \end{aligned}$$

De pág. 27, Tabla 5 adoptamos $C_d = 1$

Por lo tanto la presión dinámica de cálculo será:

$$q_z = 262.45 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo del empuje sobre la columna

La fórmula para obtener el empuje es $E = C_e \times q_{z,m} \times A$

Donde:

E : Es el empuje total

C_e : Coeficiente global de empuje.

$q_{z,m}$: Valor medio de la presión dinámica de cálculo (tomo como $q_{z,m}$ al q_z de los 12mts).

A : área de referencia

Para obtener el valor de C_e aplicamos la siguiente fórmula

$$C_e = \gamma \times C_{e0}$$

Donde C_e : Coeficiente global de empuje.

γ : Coeficiente que me permite tener en cuenta la separación de la estructura respecto del suelo

C_{e0} : Coeficiente global básico de empuje (tabla 16) = 1.05

Para calcular el valor γ necesitamos los siguientes datos:

Relación de dimensiones $\lambda = h_0/d = 8.27$

Donde h_0 = Altura propia de la construcción = 12 mts

d = Ancho de la superficie expuesta de la columna = 1.45 mts

Clasificación de las construcciones prismáticas de base poligonal regular. Nuestro caso es un prisma de 5 lados, por lo tanto lo clasificamos tipo II.

Coefficiente de forma γ_0 (corresponde a construcciones apoyadas en el suelo).

De tabla pag. 63 con $\lambda = \lambda_0 = 8.27$ obtengo $\gamma = 1.33$

Por lo tanto C_e será igual a 1.40

Así obtenemos el valor del empuje $E = C_e \times q_{z,m} \times A = \underline{\underline{5277.82 \text{ kg}}}$

Acción sobre el icosaedro:

Presión dinámica de cálculo : q_z (Kg/m^2) Rugosidad tipo I

$$q_z = q_0 \times C_z \times C_d$$

C_z : Coeficiente que expresa la ley de variación de la presión con la altura y toma en consideración la condición de rugosidad del terreno.

C_d : Coeficiente de reducción que toma en consideración las dimensiones de la estructura.

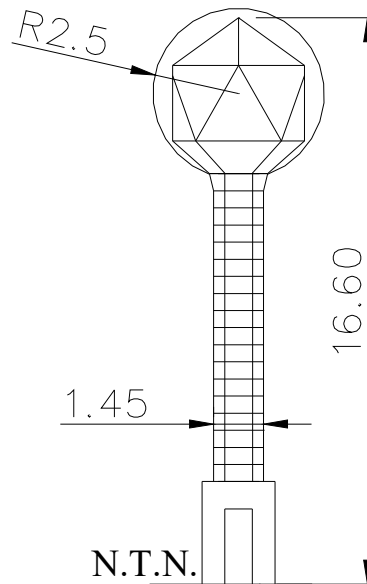
$$C_z = \left[\frac{\ln(z/z_{0,i})}{\ln(10/z_{0,1})} \right]^2 \times (z_{0,i}/z_{0,1})^{0.1412}$$

Donde z Altura = 16.6 mts

$z_{0,1} = 0.005$

$z_{0,i} = 0.005$

Por lo tanto $C_z = 1.14$ y $C_d = 1$



Y por consiguiente la presión dinámica de cálculo será:

$$q_z = 284.79 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo del empuje sobre la cuba

La fórmula para obtener el empuje es $E = C_e \times q_{z,m} \times A$

Donde:

E : Es el empuje total

C_e : Coeficiente global de empuje (pag 114 tabla 34 CIRSOC 102).

$q_{z,m}$: Valor medio de la presión dinámica de cálculo (tomo como $q_{z,m}$ al q_z de los 12mts).

A: área de referencia

$$\text{De tabla 34 calculamos } 10 \times d \times q_z^{1/2} = 84.38$$

$$\text{como este valor es mayor a } 1.5, C_e = 0.20$$

Así obtenemos el valor del empuje $E = C_e \times q_{z,m} \times A = \underline{\underline{1118.38 \text{ kg}}}$

A estos dos valores obtenidos del empuje del viento, tanto para la columna como para la cuba, los utilizaremos para cargar la base de nuestra estructura en el programa de elementos finitos SAP90 y para el cálculo del fuste y los cordones de pretensado.

Capítulo VI. Cálculo de las solicitaciones

1.- Introducción

Para realizar el dimensionamiento final de la estructura se utilizarán las solicitaciones que se obtienen al aplicar el programa de Elementos Finitos, el cual requiere como entrada los datos de desarrollo, los valores de secciones adoptados en el perfilado, conjuntamente con las cargas y sobrecargas exteriores aplicadas.

El objetivo de utilizar estos programas es que a través de ellos se puede lograr una mayor precisión en los cálculos locales de la estructura mediante los siguientes aspectos:

- Representar la estructura en tres dimensiones.
- Analizar visuales estáticas.
- Utilizar diferentes conceptos de discretización para idealizar distintos tipos de estructura (truss, shell, beam, etc.).
- Discretizar los componentes de la estructura para obtener las solicitaciones aplicando el método de elementos finitos.

Es fundamental tener presente en la aplicación de este programa de computador, que la correcta interpretación de los datos de entrada es tan importante como la preparación de un buen modelo estructural. Además, la interpretación de los resultados exige una buena comprensión de las premisas básicas y el funcionamiento del programa. Los controles de equilibrio no son sólo necesarios para verificar los datos de información de la computadora sino para entender la conducta estructural básica.

2.- Modelización y cálculo con métodos de los elementos finitos

En esta etapa es necesario definir por cada uno de los elementos componentes de la estructura, su posición en el espacio, sus dimensiones (sección y longitud), sus características geométricas, materiales y tipos de combinaciones de estados de carga.

Es conveniente advertir que algunas de las condiciones geométricas, pueden presentar variaciones en menor o mayor medida con las realidades en el perfilado definitivo. Estas diferencias que aparecen en el modelo, pueden surgir como resultado de la estructura definitiva que se obtuvo luego de realizar los ajustes necesarios que afectan al modelo original, para garantizar deformaciones y tensiones admisibles.

CAPÍTULO VI CÁLCULO DE LAS SOLICITACIONES

Capítulo VI– Cálculo de las solicitaciones

1.- Introducción

Para realizar el dimensionamiento final de la estructura se utilizarán las solicitaciones que se obtienen mediante la aplicación de un **Programa de Elementos Finitos**, el cual requiere como datos iniciales para su desarrollo, los valores de secciones adoptados en el predimensionamiento, conjuntamente con las cargas y sobrecargas exteriores actuantes.

El objetivo de utilizar estos programas se debe a que a través de ellos se puede lograr una mayor aproximación a las condiciones reales de la estructura mediante los siguientes aspectos:

- Representar la estructura en tres dimensiones;
- Analizar vínculos elásticos;
- Utilizar diferentes conceptos de modelización para idealizar distintos tipos de estructura (reticulados, cáscaras, sólidos, etc.);
- Discretizar los componentes de la estructura para obtener las solicitaciones aplicando el método de elementos finitos.

Es fundamental tener presente en la aplicación de un programa de computadora, que la correcta interpretación de los datos de salida, es tan importante como la preparación de un buen modelo estructural. Además, la verificación de los resultados exige una buena comprensión de las premisas básicas y mecanismos del programa. Los controles de equilibrio no son sólo necesarios para verificar la salida de información de la computadora sino para entender la conducta estructural básica.

2.-Modelización y cálculo con método de los elementos finitos

En esta etapa es necesario definir para cada uno de los elementos componentes de la estructura, su posición en el espacio y sus dimensiones (sección y longitud); sus características geométricas; materiales, estados de carga e hipótesis de combinaciones de estados de carga.

Es conveniente aclarar que algunas de las condiciones anteriores, pueden presentar variantes en menor o mayor medida con las establecidas en el predimensionamiento. Éstas diferencias que aparecen en el presente capítulo, surgen como resultado de la estructura definitiva que se obtuvo luego de realizar los ajustes necesarios que afectan al modelo original, para garantizar deformaciones y tensiones admisibles.

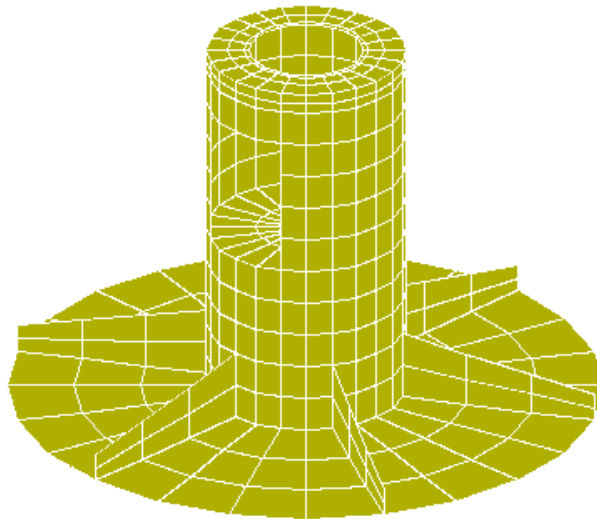
2.1.- Geometría

El análisis de nuestra estructura será realizado de la siguiente manera:

- Análisis de la base, cáscara cilíndrica y anillo superior
- Análisis de una pieza triangular de la cuba
- Análisis de una pieza trapezoidal de la cuba

Comenzando con la descripción de la geometría de la base, decimos que la misma fue idealizada completamente utilizando elementos de “shell”, distinguiendo cinco tipos de secciones:

- 1.1. Losa de base
- 1.2. Nervios
- 1.3. Cáscara cilíndrica
- 1.4. Losa intermedia
- 1.5. Anillo superior



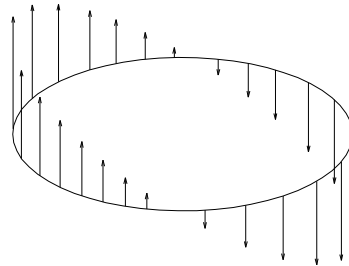
Tanto el triángulo como el trapecio fueron idealizados también por medio de elementos Shell, graficando la losa triangular y los nervios perimetrales.

2.2.- Cargas actuantes

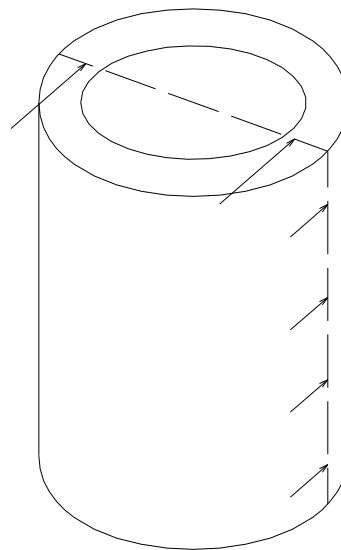
Las cargas que actúan en la base son cuatro:

- Peso propio de la estructura por sobre la base distribuido uniformemente en el anillo superior exactamente en el sector donde apoya el fuste que formará la columna.

- Peso del agua distribuido de la misma forma que el peso propio, ya que ésta carga es transmitida por el fuste hasta la base.
- Peso del volumen de tierra que se usará para realizar la tapada una vez finalizados los trabajos de hormigonado de la base.
- Acción producida por el viento que fue cargada a la base de la siguiente forma.
 1. el momento producido por el efecto del viento sobre la columna y la cuba, se dispuso de la forma que se muestra en la figura siguiente:



2. El corte producido por el efecto del viento sobre la columna y la cuba mediante dos fuerzas iguales y horizontales aplicadas sobre el anillo superior.
3. El efecto del viento sobre la parte de la base que se encuentra sobre el nivel de terreno natural por medio de fuerzas horizontales como lo muestra la siguiente figura:



2.2.1- Combinación de los estados de cargas

Todas éstas cargas descriptas anteriormente se combinarán entre sí mediante el comando COMBO de la siguiente manera:

Hipótesis 1: peso propio + agua + viento (+x) + tapada

Hipótesis 2: peso propio + viento (+x) + tapada

Hipótesis 3: peso propio + agua + viento (-x) + tapada

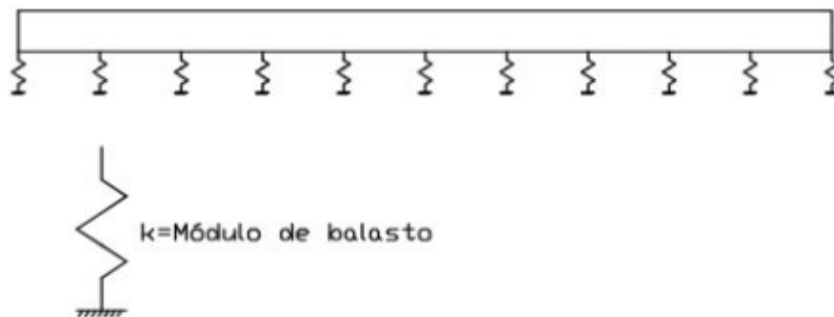
Hipótesis 4: peso propio + viento (-x) + tapada

2.2.2.-Las cargas que actúan sobre el triángulo y el trapecio son tres:

- Peso propio de la pieza que es calculado y cargado por el programa según el espesor, el peso específico y el sentido de la gravedad que ingresemos como dato.
- Carga de agua actuante, según la inclinación de la pieza y el respectivo nivel piezométrico que tenga, tanto el triángulo, como el trapecio. Ésta se cargará dando las dos cotas piezométricas extremas y el programa la distribuirá linealmente y automáticamente a lo largo de la pieza.
- Tracción producida por las piezas vecinas imaginarias al ser cargadas de la misma forma que la pieza en estudio. Éstas actuarán en los puntos previstos donde se situarán los bulones que las unirá en el montaje. El valor de éstas cargas se obtendrán de manera iterativa. Esto se realiza para tratar de simular el estado de carga lo más parecido posible a la realidad.

2.3.- Vinculación

En el caso de la base se usó la teoría de fundación elástica que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos, actuando junto a las cargas. El método será más adecuado cuanto más 'flexible' sea el elemento, lo cual dependerá fundamentalmente de las dimensiones de éste, y especialmente la relación entre su canto y las dimensiones de la base en cada dirección.



CÁLCULO DE LOSA FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL MÓDULO DE BALASTO

Los resortes elásticos resultado de la modelización se caracterizarán por su constante k , que representa la rigidez de éstos a la deformación en su eje, y que se denomina módulo o coeficiente de balasto del terreno.

Dicho coeficiente representa la rigidez frente al asentamiento del suelo: un coeficiente alto de balasto supondrá un suelo rígido sobre el que los asientos son menores, y un coeficiente bajo supondrá grandes deformaciones.

Para el cálculo de losas y vigas de cimentación flexibles con este método se considera una serie infinita de resortes elásticos con constante k o módulo de balasto, bajo cada punto del elemento. Estos resortes representan de manera simplificada el comportamiento supuesto elástico del terreno.

El módulo de balasto de la losa se suele definir a partir de ensayo de placa de carga realizado sobre el terreno, siendo habitual que dicha placa sea cuadrada de 30x30cm, o bien circular de diámetros 30, 60 y 76,2 cm. Así el coeficiente que aparece referenciado en el estudio geotécnico viene generalmente representado por una k y el correspondiente subíndice que identifica a la placa con que se realizó el ensayo -k30, k60, etc.-

La aplicación de la teoría del módulo de balasto ha ganado aceptación en los últimos tiempos, en cuanto que permite una fácil asimilación del modelo de la interacción suelo-estructura dentro con los métodos matriciales de cálculo actuales. En definitiva supone una generalización del modelo de viga sobre apoyos elásticos que cualquier programa de cálculo incorpora.

La ecuación diferencial que gobierna el comportamiento de la losa bajo la teoría del módulo de balasto y que por tanto deben incorporar de alguna u otra manera los programas de cálculo es:

$$d^4w/dx^4 + 2 d^4/dx^2dy^2 + d^4w/dy^4 + (q + k \cdot w) 12(1-\nu^2)/(E \cdot t^3) = 0,$$

siendo (se dan unidades de ejemplo en m y kN):

- w : el asiento de la viga o losa [m].
- x, y : las coordenadas [m].
- k : el módulo de balasto [kN/m³]
- q : la carga por unidad de área [kN/m²]
- ν : el coeficiente de Poisson [-]
- E : el módulo de elasticidad de la losa [kN/m²]
- t : el espesor de la losa [m]

Los datos fundamentales para efectuar el cálculo de la fundación elástica son los siguientes:

a = esquemas de carga

b = módulo de elasticidad del hormigón = 2.100.000 kg / cm²

c = coeficiente de balasto del terreno
d = sección predimensionada de la losa
e = tensión admisible del terreno

Uno de los aspectos más importantes para el cálculo de la fundación, es la determinación del coeficiente de balasto (c), cuyo procedimiento que se explica a continuación:

El coeficiente de balasto, identificado con la letra “c”, es una constante que da la medida de la rigidez elástica de la fundación y representa el valor de la reacción de presión del terreno “p” en un punto que tiene un descenso unitario. Su dimensión es fuerza x longitud⁻³ (kg / cm³).

Para nuestro caso en particular según la experiencia en nuestra zona, adoptaremos un coeficiente de balasto de 5 kg/cm³

Además de esta vinculación elástica, se colocarán vínculos ficticios según los ejes x e y, de manera de evitar el desplazamiento irreal de la base en esas direcciones a causa de la acción del viento.

La vinculación de la pieza triangular y la pieza trapezoidal que forman la cuba se logró restringiendo el desplazamiento según la dirección z en los lugares donde irán los bulones (situación real) y aproximadamente en el centro de gravedad de la pieza restringiendo los desplazamientos según x e y, como así también el giro según el eje z.

2.4.- Carga de datos en SAP90

Para ingresar los datos en el programa de cálculo a utilizar, SAP90, se seguirán los pasos a detallar:

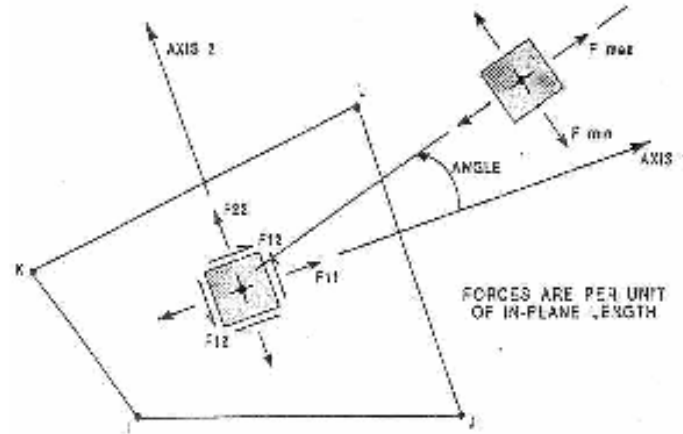
- Descripción de la geometría de la estructura,
- Descripción del material y propiedades de la sección de los elementos
- Definición de las condiciones de carga estáticas y/o dinámicas para la estructura.

Las dimensiones geométricas básicas de la estructura son establecidas por nudos o nodos en la estructura. A cada nudo se le da un único número de identificación y se localiza en el espacio con coordenadas referidas a un sistema de la coordenadas global tridimensional. La geometría estructural se completa conectando los nudos predefinidos con elementos estructurales que son de un tipo específico, a saber: Frame , Shell, Asolid y Solid.

En este caso se usarán elementos Shell, o sea placas tridimensionales, definidos por sus cuatro nudos extremos.

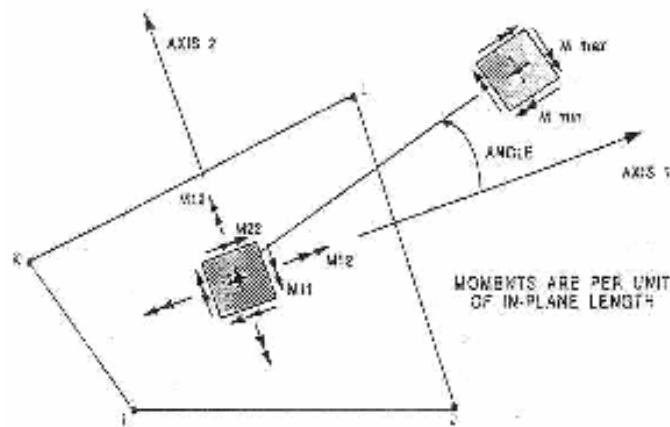
Una vez generada la estructura y asignados los nudos que estarán restringidos con vínculos, se procede a cargarla con las solicitaciones actuantes para así obtener los esfuerzos en cada elemento.

Éstos esfuerzos de salida tienen una convención de signo como lo indica la siguiente figura:



IN-PLANE FORCES AND STRESSES

Stress S_{ij} has same definition as Force F_{ij}



OUT-OF-PLANE MOMENTS

Figure VIII-11

SHELL Element Stresses and Resultants

O sea, para el caso de un elemento shell de nudos i,j,k,l , el esfuerzo normal F_{11} será perpendicular a la línea formada por los nudos i,k y el esfuerzo normal F_{22} será perpendicular a la línea formada por los nudos i,j . Para el caso de los momentos la convención es similar como se observa en la figura.

Cabe aclarar que éstos esfuerzos están expresados por unidad de longitud, o sea por ejemplo, X toneladas por metro lineal del elemento, por lo que al esfuerzo de salida se lo deberá dividir por la longitud del elemento en cuestión.

A continuación se detallan los datos cargados en el SAP90 para el cálculo de la base y las piezas de la cuba:

PROYECTO FINAL- BASE DE ANCLAJE E INGRESO

SYSTEM

C L: Número de estados de cargas - N: Número máximo de nudos o elementos

L=4 N=6000

JOINTS

C Nudos auxiliares para eje de revolución

4999 X= 0.000 Y= 0.000 Z= 0.000

5000 X= 0.000 Y= 0.000 Z= 5.30

C Nudos auxiliare para eje de revolución

1	X= 0.05	Z=0.00	A=4999,5000, 1,23,35,15
2	X= 0.50	Z=0.00	A=4999,5000, 2,23,35,15
3	X= 1.00		A=4999,5000, 3,23,35,15
4	X= 1.6666		A=4999,5000, 4,23,35,15
5	X= 2.3333		A=4999,5000, 5,23,35,15
6	X= 3.00		A=4999,5000, 6,23,35,15
7	X= 1.00	Z=0.50	A=4999,5000, 7,23,35,15
8	X= 1.6666	Z=0.40	A=4999,5000, 8,23,35,15
9	X= 2.3333	Z=0.30	A=4999,5000, 9,23,35,15
10	X= 3.00	Z=0.20	A=4999,5000,10,23,35,15
11	X= 1.00	Z=1.00	A=4999,5000,11,23,35,15
12	X= 1.6666	Z=0.80	A=4999,5000,12,23,35,15
13	X= 2.3333	Z=0.60	A=4999,5000,13,23,35,15
14	X= 3.00	Z=0.40	A=4999,5000,14,23,35,15
15	X= 1.00	Z=1.50	A=4999,5000,15,23,35,15
16	X= 1.00	Z=2.00	A=4999,5000,16,23,35,15
17	X= 0.05	Z=2.50	A=4999,5000,17,23,35,15
18	X= 0.50	Z=2.50	A=4999,5000,18,23,35,15
19	X= 1.00	Z=2.50	A=4999,5000,19,23,35,15
20	X= 1.00	Z=3.00	A=4999,5000,20,23,35,15
21	X= 1.00	Z=3.50	A=4999,5000,21,23,35,15
22	X= 1.00	Z=4.00	A=4999,5000,22,23,35,15
23	X= 1.00	Z=4.50	A=4999,5000,23,23,35,15
24	X= 0.57	Z=5.00	A=4999,5000,24,23,35,15
25	X= 0.62		A=4999,5000,25,23,35,15
26	X= 0.785		A=4999,5000,26,23,35,15
27	X= 1.00		A=4999,5000,27,23,35,15
28	X= 0.57	Z=5.15	A=4999,5000,28,23,35,15
29	X= 0.62		A=4999,5000,29,23,35,15
30	X= 0.785		A=4999,5000,30,23,35,15
31	X= 1.00		A=4999,5000,31,23,35,15
32	X= 0.57	Z=5.30	A=4999,5000,32,23,35,15
33	X= 0.62		A=4999,5000,33,23,35,15
34	X= 0.785		A=4999,5000,34,23,35,15
35	X= 1.00		A=4999,5000,35,23,35,15
841	X= 0.05	Z=1.00	A=4999,5000,841,23,2,15

842 X= 0.50

A=4999,5000,842,23,2,15

RESTRAINTS

C Nudos auxiliares de eje de revolución

4999 5000 1 R=1,1,1,1,1,1

c Nudos auxiliares zona sólida

24 829 35 R=1,1,1,1,1,1

25 830 35 R=1,1,1,1,1,1

26 831 35 R=1,1,1,1,1,1

28 833 35 R=1,1,1,1,1,1

29 834 35 R=1,1,1,1,1,1

30 835 35 R=1,1,1,1,1,1

c Nudos entre vigas

43 848 140 R=1,1,1,1,1,1

44 849 140 R=1,1,1,1,1,1

45 850 140 R=1,1,1,1,1,1

47 852 140 R=1,1,1,1,1,1

48 853 140 R=1,1,1,1,1,1

49 854 140 R=1,1,1,1,1,1

78 883 140 R=1,1,1,1,1,1

79 884 140 R=1,1,1,1,1,1

80 885 140 R=1,1,1,1,1,1

82 887 140 R=1,1,1,1,1,1

83 888 140 R=1,1,1,1,1,1

84 889 140 R=1,1,1,1,1,1

113 918 140 R=1,1,1,1,1,1

114 919 140 R=1,1,1,1,1,1

115 920 140 R=1,1,1,1,1,1

117 922 140 R=1,1,1,1,1,1

118 923 140 R=1,1,1,1,1,1

119 924 140 R=1,1,1,1,1,1

c Nudos en puerta

825 827 1 R=1,1,1,1,1,1

20 22 1 R=1,1,1,1,1,1

55 57 1 R=1,1,1,1,1,1

c Estabilidad contra desplazamiento x y

3 808 35 R=1,1,0,0,0,1

SPRINGS

1 806 35 K=0,0, 49,0,0,0 : Nudos en plano Z=0

2 807 35 K=0,0, 342.5,0,0,0 : Nudos en plano Z=0

3 808 35 K=0,0, 814,0,0,0 : Nudos en plano Z=0

4 809 35 K=0,0, 1475,0,0,0 : Nudos en plano Z=0

5 810 35 K=0,0,2057,0,0,0 : Nudos en plano Z=0

6 811 35 K=0,0,1246.5,0,0,0 : Nudos en plano Z=0

SHELL

NM=1 Z=-1

1 E=3400000 U=0.0 W=2.4

C Base

1 JQ= 1, 2, 36, 37 M=1 ETYPE=0 TH=0.50 G=5,23

116 JQ= 806,807, 1, 2 M=1 ETYPE=0 TH=0.50 G=5,1

C Fuste bajo tierra

121 JQ= 3, 7, 38, 42 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=3,23

190 JQ= 808,812, 3, 7 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=3,1

193 JQ= 15, 16, 50, 51 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=1,23

216 JQ= 820,821, 15, 16 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=1,1

217 JQ= 16, 19, 51, 54 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=1,23

240 JQ= 821,824, 16, 19 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=1,1

C Piso nivel 0.00

241 JQ= 17, 18, 52, 53 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=2,23

287 JQ= 822,823, 17, 18 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=2,1

C Columna sobre 0.00 (zona puerta)

289 JQ= 89, 90,124,125 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=4,20

C Columna sobre puerta hasta bajo anillo superior

369 JQ= 23, 27, 58, 62 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=1,23

392 JQ= 828,832, 23, 27 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=1,1

393 JQ= 27, 31, 62, 66 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=2,23

439 JQ= 832,836, 27, 31 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=2,1

C Anillo superior

442 JQ= 32,33,67,68 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=3,23

511 JQ=837,838,32,33 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=3,1

C Vigas (para rigidizar la base)

516 JQ=3,4,7,8 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=3,2

523 JQ=143,144,147,148 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=3,2

530 JQ=283,284,287,288 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=3,2

537 JQ=423,424,427,428 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=3,2

544 JQ=563,564,567,568 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=3,2

551 JQ=703,704,707,708 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=3,2

C Anillo altura vigas

557 JQ=841,842,843,844 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,23

580 JQ=887,888,841,842 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

581 JQ=842,11,844,46 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

582 JQ=844,46,846,81 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

583 JQ=846,81,848,116 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

584 JQ=848,116,850,151 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

585 JQ=850,151,852,186 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

586 JQ=852,186,854,221 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

587 JQ=854,221,856,256 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

588 JQ=856,256,858,291 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

589 JQ=858,291,860,326 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

590 JQ=860,326,862,361 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

591 JQ=862,361,864,396 M=1 ETYPE=0 TH=0.5 G=1,1

592	JQ=864,396,866,431	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
593	JQ=866,431,868,466	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
594	JQ=868,466,870,501	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
595	JQ=870,501,872,536	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
596	JQ=872,536,874,571	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
597	JQ=874,571,876,606	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
598	JQ=876,606,878,641	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
600	JQ=878,641,880,676	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
601	JQ=880,676,882,711	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
602	JQ=882,711,884,746	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
603	JQ=884,746,886,781	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
604	JQ=886,781,888,816	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1
605	JQ=888,816,842,11	M=1	ETYPE=0	TH=0.5	G=1,1

LOADS

C L=1 PESO PROPIO DE PARTE SUPERIOR

33 838 35 L=1 F=0,0,-1.25,0,0,0

C L=2 PESO DEL AGUA

33 838 35 L=2 F=0,0,-1.333,0,0,0

C L=3 VIENTO SEGUN X (en el centro de la puerta)

33 L=3 F=0,0,-5.65,0,0,0

68 L=3 F=0,0,-5.49,0,0,0

103 L=3 F=0,0,-5.01,0,0,0

138 L=3 F=0,0,-4.25,0,0,0

173 L=3 F=0,0,-3.27,0,0,0

208 L=3 F=0,0,-2.12,0,0,0

243 L=3 F=0,0,0,0,0,0

278 L=3 F=0,0, 2.12,0,0,0

313 L=3 F=0,0, 3.27,0,0,0

348 L=3 F=0,0, 4.25,0,0,0

383 L=3 F=0,0, 5.01,0,0,0

418 L=3 F=0,0, 5.49,0,0,0

453 L=3 F=0,0, 5.65,0,0,0

488 L=3 F=0,0, 5.49,0,0,0

523 L=3 F=0,0, 5.01,0,0,0

558 L=3 F=0,0, 4.25,0,0,0

593 L=3 F=0,0, 3.27,0,0,0

628 L=3 F=0,0, 2.12,0,0,0

663 L=3 F=0,0,0,0,0,0

698 L=3 F=0,0,-2.12,0,0,0

733 L=3 F=0,0,-3.27,0,0,0

768 L=3 F=0,0,-4.25,0,0,0

803 L=3 F=0,0,-5.01,0,0,0

838 L=3 F=0,0,-5.49,0,0,0

229 233 1 L=3 F=0.1,0,0,0,0,0

237 L=3 F=0.1,0,0,0,0,0

241 L=3 F=0.1,0,0,0,0,0

243 L=3 F=3.2,0,0,0,0
245 L=3 F=0.1,0,0,0,0
649 653 1 L=3 F=0.1,0,0,0,0
657 L=3 F=0.1,0,0,0,0
661 L=3 F=0.1,0,0,0,0
665 L=3 F=0.1,0,0,0,0
663 L=3 F=3.2,0,0,0,0
C L=4 PESO TAPADA peso del m3 tapada: 1.5 tn
3 808 35 L=4 F=0,0,-0.2701,0,0
4 809 35 L=4 F=0,0,-0.7205,0,0
5 810 35 L=4 F=0,0,-0.9608,0,0
6 811 35 L=4 F=0,0,-0.5704,0,0

COMBO

C P.P H₂O Vient. Tap.

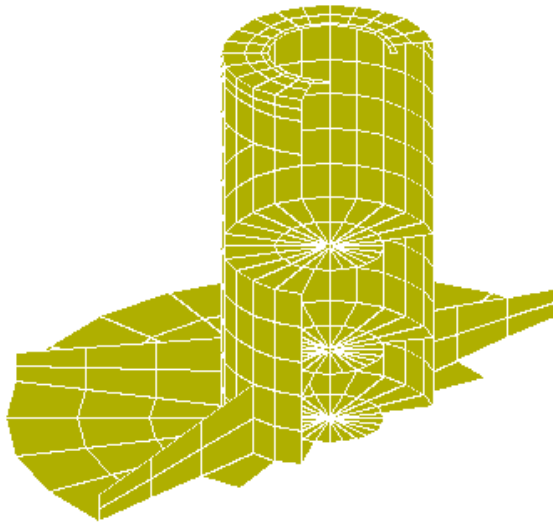
1 C= 1.0, 1.0, 1.0, 1.0

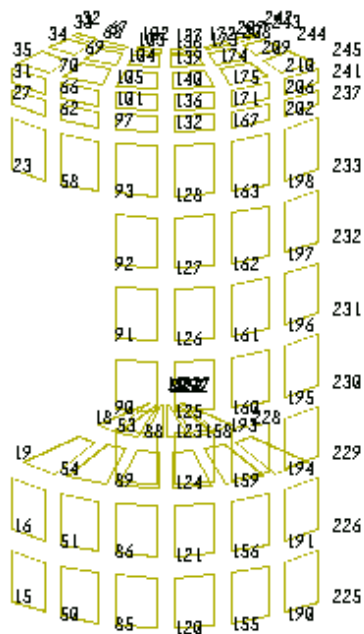
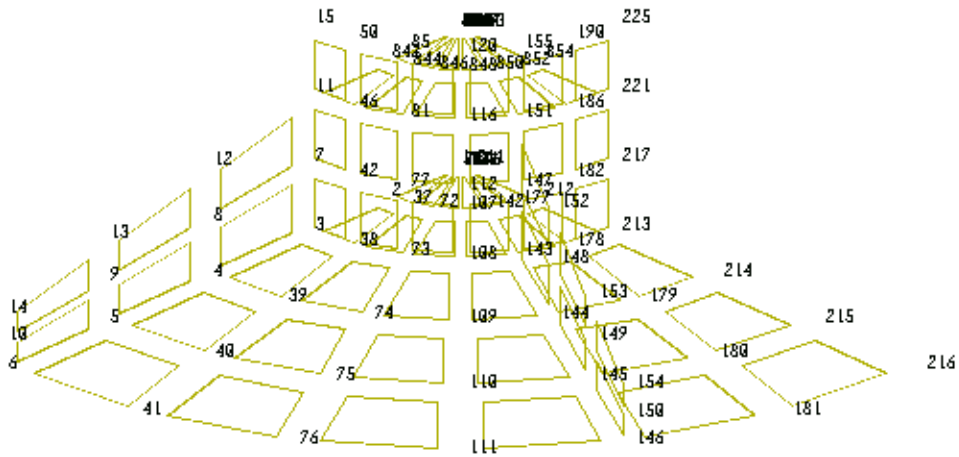
2 C= 1.0, 0.0, 1.0, 1.0

C COMBO PARA DIMENSIONAR NERVIO Y PANDEO PUERTA

3 C= 1.0, 1.0,-1.0, 1.0

4 C= 1.0, 0.0,-1.0, 1.0





PROYECTO INTEGRADOR- PIEZA DE LA CUBA - TRIANGULO

SYSTEM

N=1000 L=1

JOINTS

1	X=-0.0621	Y=-0.0358	Z=0.0934	
3	X=-0.0255	Y=-0.0358	Z=0.0934	G=1,3,1
23	X=2.7255	Y=-0.0358	Z=0.0934	
25	X=2.7621	Y=-0.0358	Z=0.0934	G=23,25,1
28	X=-0.0127	Y=-0.0179	Z=0.0467	
48	X=2.7127	Y=-0.0179	Z=0.0467	
851	X=1.3243	Y=2.3654	Z=0.0934	
51	X=-0.031	Y=0.0179	Z=0.0934	G=1,51,25
52	X=-0.0155	Y=0.009	Z=0.0467	
53	X=0.00	Y=0.00	Z=0.00	
801	X=1.314	Y=2.3475	Z=0.0934	
73	X=2.70	Y=0.00	Z=0.00	G=801,851,25
802	X=1.3295	Y=2.3386	Z=0.0467	
74	X=2.7155	Y=0.009	Z=0.0467	
803	X=1.345	Y=2.3296	Z=0.00	Q=3,23,28,48,1,25
75	X=2.731	Y=0.0179	Z=0.0934	Q=51,52,801,802,1,25
824	X=1.3705	Y=2.3386	Z=0.0467	
825	X=1.386	Y=2.3475	Z=0.0934	
848	X=1.3628	Y=2.3475	Z=0.0467	
828	X=1.3372	Y=2.3475	Z=0.0467	
823	X=1.355	Y=2.3296	Z=0.00	Q=74,75,824,825,1,25
873	X=1.3706	Y=2.3654	Z=0.0934	Q=53,73,803,823,1,25
853	X=1.3294	Y=2.3654	Z=0.0934	
875	X=1.3757	Y=2.3654	Z=0.0934	Q=828,848,853,873,1,25
27	X=-0.031	Y=-0.0179	Z=0.0467	
49	X=2.731			
827	X=1.3347	Y=2.3475		
849	X=1.3653			
50	X=2.7466	Y=-0.009	Z=0.0934	
852	X=1.3269	Y=2.3654		
850	X=1.3809	Y=2.3655		
874	X=1.3731	Y=2.3654		

RESTRAINTS

29	R=0,0,1,0,0,0
38	R=0,0,1,0,0,0
47	R=0,0,1,0,0,0
77	R=0,0,1,0,0,0
99	R=0,0,1,0,0,0
427	R=0,0,1,0,0,0
449	R=0,0,1,0,0,0

777 R=0,0,1,0,0,0
 799 R=0,0,1,0,0,0
 313 R=1,1,0,0,0,1

POTENTIAL

53 73 1 W=1,2.33
 78 98 1 W=1,2.252
 103 123 1 W=1,2.175
 128 148 1 W=1,2.097
 153 173 1 W=1,2.02
 178 198 1 W=1,1.94
 203 223 1 W=1,1.864
 228 248 1 W=1,1.786
 253 273 1 W=1,1.708
 278 298 1 W=1,1.63
 303 323 1 W=1,1.553
 328 348 1 W=1,1.475
 353 373 1 W=1,1.397
 378 398 1 W=1,1.32
 403 423 1 W=1,1.242
 428 448 1 W=1,1.164
 453 473 1 W=1,1.086
 478 498 1 W=1,1.01
 503 523 1 W=1,0.93
 528 548 1 W=1,0.853
 553 573 1 W=1,0.776
 578 598 1 W=1,0.698
 603 623 1 W=1,0.62
 628 648 1 W=1,0.543
 653 673 1 W=1,0.465
 678 698 1 W=1,0.387
 703 723 1 W=1,0.31
 728 748 1 W=1,0.232
 753 773 1 W=1,0.154
 778 798 1 W=1,0.0767
 803 823 1 W=1,0

SHELL

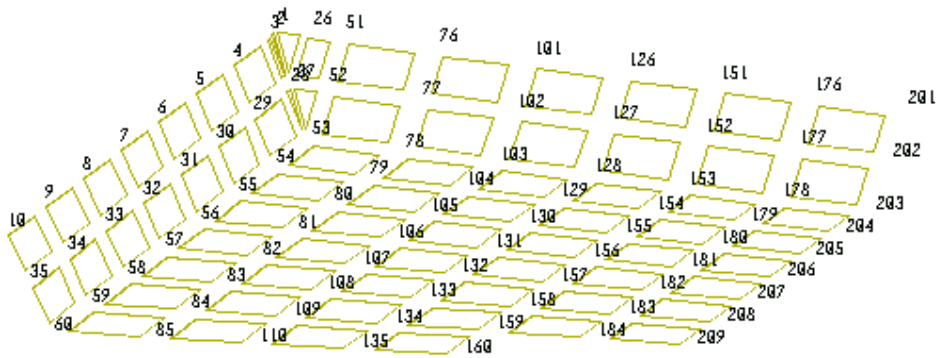
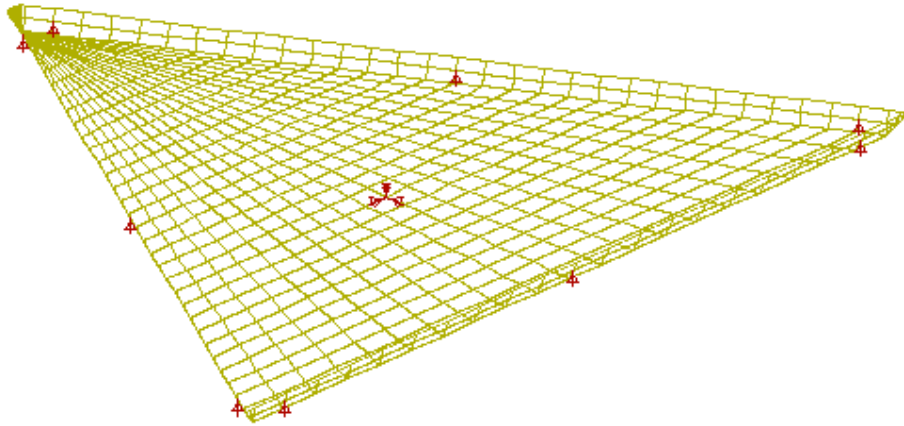
NM=1 Y=-1 P=1
 1 E=3000000 U=0 W=2.4
 1 JQ=3,4,28,29 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=20,2
 41 JQ=803,804,828,829 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=20,2
 82 JQ=51,52,76,77 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=2,30
 143 JQ=73,74,98,99 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=2,30
 245 JQ=53,54,78,79 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=20,30
 845 JQ=1,2,27 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=1,1
 846 JQ=2,3,27,28 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=1,1

847	JQ=27,28,53	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
848	JQ=1,26,27	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
849	JQ=26,27,51,52	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
850	JQ=27,52,53	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
851	JQ=23,24,48,49	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
852	JQ=24,25,49	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
853	JQ=48,49,73	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
854	JQ=49,73,74	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
855	JQ=49,50,74,75	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
856	JQ=25,49,50	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
857	JQ=801,802,826,827	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
858	JQ=802,803,827	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
859	JQ=826,827,851	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
860	JQ=827,851,852	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
861	JQ=827,828,852,853	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
862	JQ=803,827,828	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
863	JQ=823,824,849	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
864	JQ=824,825,849,850	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
865	JQ=849,850,875	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
866	JQ=823,848,849	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
867	JQ=848,849,873,874	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
868	JQ=849,874,875	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1

LOADS

C TRACCION POR EL BULON DEBIDA AL VECINO

29	29	0	L=1	F=-0.1771,-0.1979,0
38	38	0	L=1	F=0,-1.30545,0
47	47	0	L=1	F=0.1771,-0.1979,0
77	77	0	L=1	F=-0.0935,0.1045,0
427	427	0	L=1	F=-0.841,0.9399,0
777	777	0	L=1	F=-0.0066,0.0074,0
99	99	0	L=1	F=0.0935,0.1045,0,0
449	449	0	L=1	F=0.841,0.9399,0
799	799	0	L=1	F=0.0066,0.0074,0



PROYECTO INTEGRADOR- PIEZA DE LA CUBA – TRAPECIO

SYSTEM

N=1000 L=1

JOINTS

1	X=-0.0621	Y=-0.0358	Z=0.0934	
3	X=-0.0255	Y=-0.0358	Z=0.0934	G=1,3,1
23	X=2.7255	Y=-0.0358	Z=0.0934	
25	X=2.7621	Y=-0.0358	Z=0.0934	G=23,25,1
28	X=-0.0127	Y=-0.0179	Z=0.0467	
48	X=2.7127	Y=-0.0179	Z=0.0467	
851	X=0.8571	Y=1.5562	Z=0.0934	
51	X=-0.031	Y=0.0179	Z=0.0934	G=1,51,25
52	X=-0.0155	Y=0.009	Z=0.0467	
53	X=0.00	Y=0.00	Z=0.00	
801	X=0.8467	Y=1.5382	Z=0.0934	
73	X=2.70	Y=0.00	Z=0.00	G=801,851,25
802	X=0.8622	Y=1.5293	Z=0.0467	
74	X=2.7155	Y=0.009	Z=0.0467	
803	X=0.8778	Y=1.5203	Z=0.00	Q=3,23,28,48,1,25
75	X=2.731	Y=0.0179	Z=0.0934	Q=51,52,801,802,1,25
824	X=1.8378	Y=1.5293	Z=0.0467	
825	X=1.8523	Y=1.5382	Z=0.0934	
848	X=1.822	Y=1.5382	Z=0.0467	
828	X=0.8778	Y=1.5382	Z=0.0467	
823	X=1.8222	Y=1.5203	Z=0.00	Q=74,75,824,825,1,25
873	X=1.8223	Y=1.5562	Z=0.0934	Q=53,73,803,823,1,25
853	X=0.8778	Y=1.5562	Z=0.0934	
875	X=1.8429	Y=1.5562	Z=0.0934	Q=828,848,853,873,1,25
27	X=-0.031	Y=-0.0179	Z=0.0467	
49	X=2.731			
827	X=0.8674	Y=1.5382		
849	X=1.8326			
50	X=2.7466	Y=-0.009	Z=0.0934	
852	X=0.8674	Y=1.5562		
850	X=1.8481	Y=1.5472		
874	X=1.8326	Y=1.5562		

RESTRAINTS

29	R=0,0,1,0,0,0
38	R=0,0,1,0,0,0
47	R=0,0,1,0,0,0
77	R=0,0,1,0,0,0
99	R=0,0,1,0,0,0
427	R=0,0,1,0,0,0
449	R=0,0,1,0,0,0

777 R=0,0,1,0,0,0
 799 R=0,0,1,0,0,0
 829 R=0,0,1,0,0,0
 838 R=0,0,1,0,0,0
 847 R=0,0,1,0,0,0
 313 R=1,1,0,0,0,1

POTENTIAL

53 73 1 W=1,2.33
 78 98 1 W=1,2.3603
 103 123 1 W=1,2.3906
 128 148 1 W=1,2.421
 153 173 1 W=1,2.4513
 178 198 1 W=1,2.4816
 203 223 1 W=1,2.5119
 228 248 1 W=1,2.5423
 253 273 1 W=1,2.5726
 278 298 1 W=1,2.6029
 303 323 1 W=1,2.6332
 328 348 1 W=1,2.6635
 353 373 1 W=1,2.6939
 378 398 1 W=1,2.7242
 403 423 1 W=1,2.7545
 428 448 1 W=1,2.7848
 453 473 1 W=1,2.8152
 478 498 1 W=1,2.8455
 503 523 1 W=1,2.8758
 528 548 1 W=1,2.9061
 553 573 1 W=1,2.9365
 578 598 1 W=1,2.9668
 603 623 1 W=1,2.9971
 628 648 1 W=1,3.0274
 653 673 1 W=1,3.0577
 678 698 1 W=1,3.0881
 703 723 1 W=1,3.1184
 728 748 1 W=1,3.1487
 753 773 1 W=1,3.179
 778 798 1 W=1,3.2094
 803 823 1 W=1,3.24

SHELL

NM=1 Y=-1 P=1
 1 E=3000000 U=0 W=2.4
 1 JQ=3,4,28,29 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=20,2
 41 JQ=803,804,828,829 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=20,2
 82 JQ=51,52,76,77 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=2,30
 143 JQ=73,74,98,99 TH=0.05 ETYPE=0 M=1 G=2,30

245	JQ=53,54,78,79	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=20,30
845	JQ=1,2,27	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
846	JQ=2,3,27,28	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
847	JQ=27,28,53	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
848	JQ=1,26,27	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
849	JQ=26,27,51,52	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
850	JQ=27,52,53	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
851	JQ=23,24,48,49	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
852	JQ=24,25,49	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
853	JQ=48,49,73	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
854	JQ=49,73,74	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
855	JQ=49,50,74,75	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
856	JQ=25,49,50	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
857	JQ=801,802,826,827	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
858	JQ=802,803,827	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
859	JQ=826,827,851	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
860	JQ=827,851,852	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
861	JQ=827,828,852,853	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
862	JQ=803,827,828	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
863	JQ=823,824,849	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
864	JQ=824,825,849,850	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
865	JQ=849,850,875	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
866	JQ=823,848,849	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
867	JQ=848,849,873,874	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1
868	JQ=849,874,875	TH=0.05	ETYPE=0	M=1	G=1,1

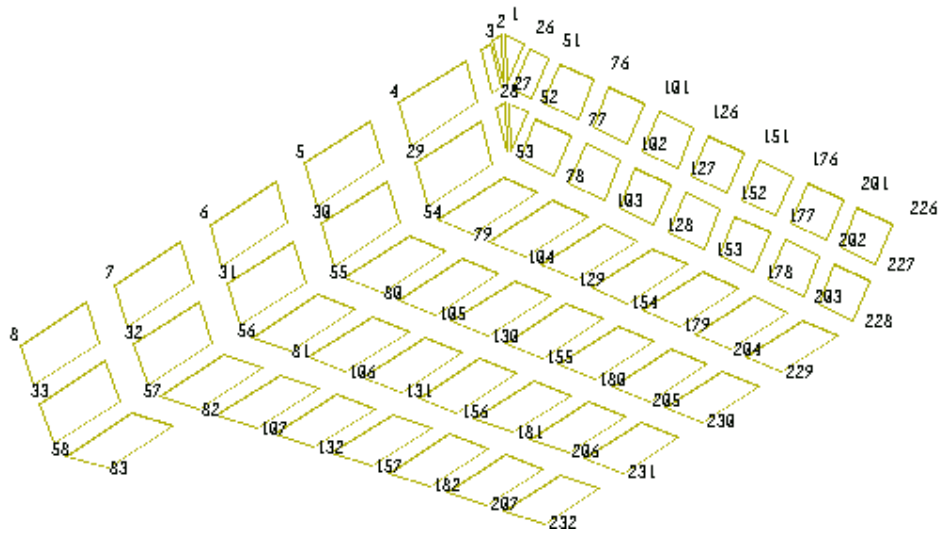
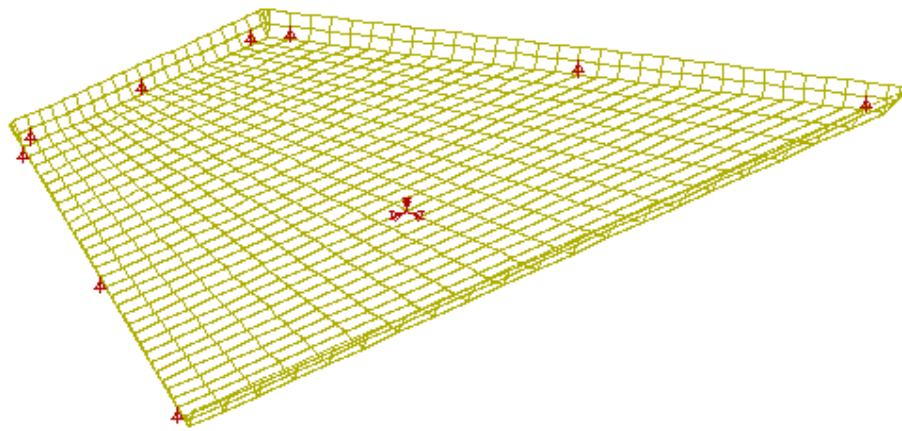
LOADS

C TRACCION POR EL BULON DEBIDA AL VECINO

29	29	0	L=1	F=-0.21252,-0.2374,0
38	38	0	L=1	F=0,-1.5665,0
47	47	0	L=1	F=0.21252,-0.2374,0
77	77	0	L=1	F=-0.11116,0.11495,0
427	427	0	L=1	F=-0.841,0.9399,0
777	777	0	L=1	F=-0.0066,0.0074,0
99	99	0	L=1	F=0.0935,0.1045,0,0
449	449	0	L=1	F=0.841,0.9399,0
799	799	0	L=1	F=0.0066,0.0074,0

C PESO PARTE SUPERIOR

53	73	0	L=1	F=0,0.037,0.0333
----	----	---	-----	------------------



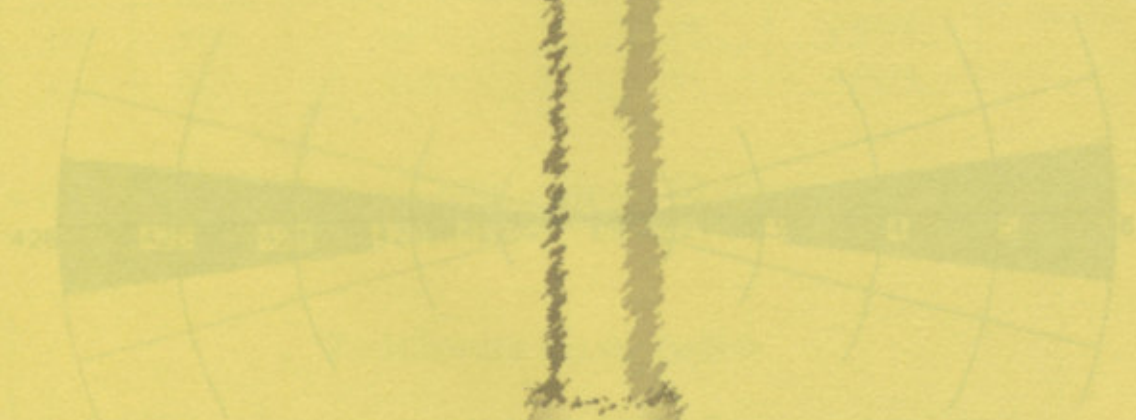
Capítulo VII. Dimensionamiento

En el presente capítulo se verá cómo dimensionar la torre definitiva y empleando los datos proporcionados por el programa de simulación, el cálculo de elementos finitos, todas las secciones de hormigón y los tipos de acero en la estructura, como así también la cuantía y dimensiones de la armadura a emplear en el hormigón armado.

1.- Verificación de las tensiones en el tallo

Modelizada y cargada la estructura de la torre por el programa, como dato de salida, nos muestra la fuerza aplicada en cada nodo de la estructura, desde la base.

Para obtener las tensiones que hace la estructura transmitida al suelo de fundación, se procederá a realizar el estudio sobre la zona de influencia mencionada y el área de influencia de dicho estotra. Para área de influencia se verá como lo muestra la figura.



Como fue mencionado en el capítulo anterior, el coeficiente de balasto utilizado para el cálculo de la constante k de los resortes que representan la fundación elástica, será de 5 kg/cm^3 .

En el cuadro siguiente se muestra la fuerza de reacción solicitadas por la carga de peso propio, viento y agua. Para cada uno de ellos se muestra el área de influencia, el balasto en correspondencia con cada área respectiva, la fuerza obtenida como resultado del análisis hecho por el programa, así como las fuerzas transmitidas al terreno de fundación calculadas mediante el coeficiente de balasto de cada nodo y el área de influencia.

CAPITULO VII DIMENSIONAMIENTO

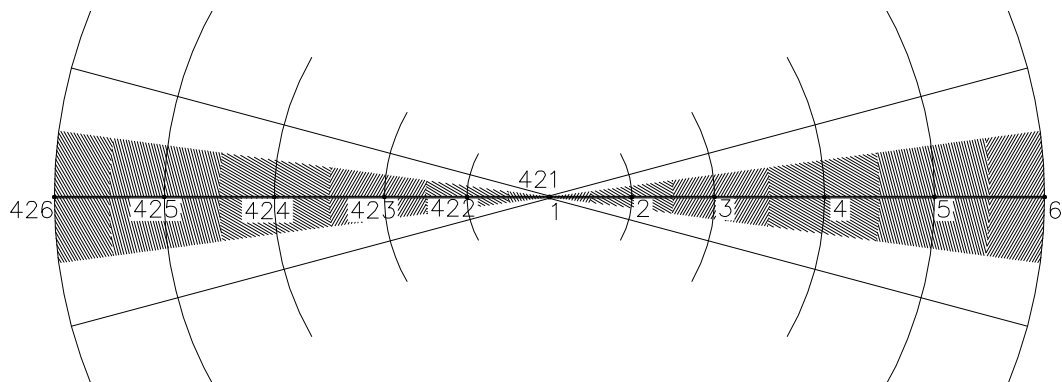
Capítulo VII – Dimensionamiento

En el presente capítulo se verá como obtener, ya de manera definitiva y empleando los datos proporcionados por el Programa de modelización y cálculo de elementos finitos, todas las secciones de hormigón de cada pieza a utilizar en la estructura, como así también la cuantía y dimensiones de las armaduras a colocar en el hormigón armado.

1.- Verificación de las tensiones en el terreno

Modelizada y cargada la estructura de la base, el programa, como dato de salida, nos muestra la fuerza aplicada en cada nudo del modelo de la base.

Para obtener las tensiones que toda la estructura le transmitirá al suelo de fundación, se procederá a realizar el cociente entre la fuerza antes mencionada y el área de influencia de dicho esfuerzo. Éste área de influencia se calcula como lo muestra la figura.



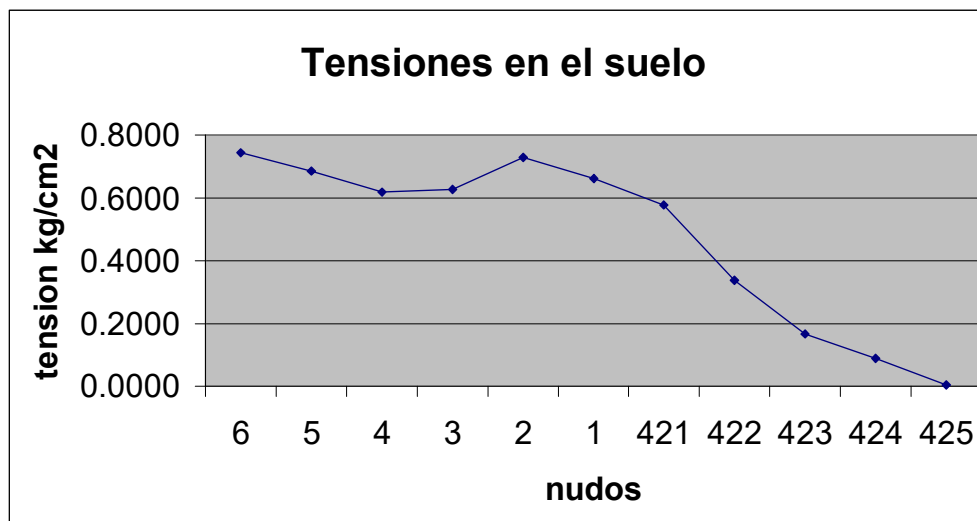
Como fue mencionado en el capítulo anterior, el coeficiente de balasto utilizado para el cálculo de la constante k de los resortes que simularán la fundación elástica, será de 5 kg/cm^3 .

En el cuadro siguiente se muestra la línea de nudos más solicitados por la carga de peso propio, viento y agua. Para cada uno de ellos se calcula el área de influencia, el balasto en correspondencia con cada área respectiva, la fuerza obtenida como resultado del análisis hecho por el programa SAP90 y las tensiones transmitidas al terreno de fundación calculadas mediante el cociente entre la fuerza resultante de cada nudo y el área de influencia.

Estado de carga 1: Peso propio + viento + agua + tapada

Nudo	Area	Constante K	Fuerza	Tension
n°	cm ²	kgcm	kg	kg/cm ²
6	2493	12465	1854.50	0.7439
5	4114	20570	2820.00	0.6855
4	2950	14750	1823.40	0.6181
3	1628	8140	1022.10	0.6278
2	685	3425	498.70	0.7280
1	98	490	64.80	0.6612
421	98	490	63.40	0.6469
422	685	3425	395.80	0.5778
423	1628	8140	549.70	0.3377
424	2950	14750	491.70	0.1667
425	4114	20570	361.20	0.0878
426	2493	12465	8.50	0.0034

A continuación se presenta un gráfico mostrando del cuadro anterior, la variación de tensión en los distintos puntos para el estado de carga 1.

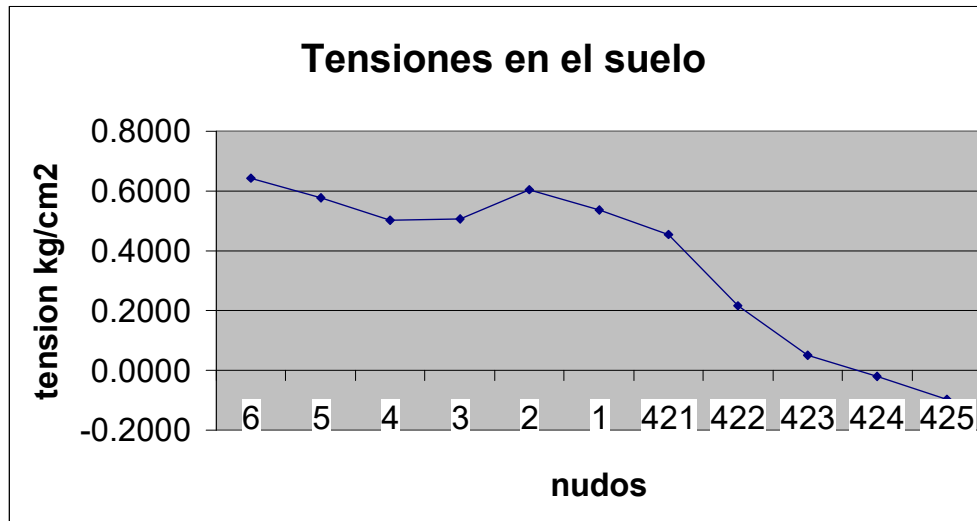


El mismo análisis se realizó para el estado de carga 2 que tiene en cuenta el caso del tanque vacío.

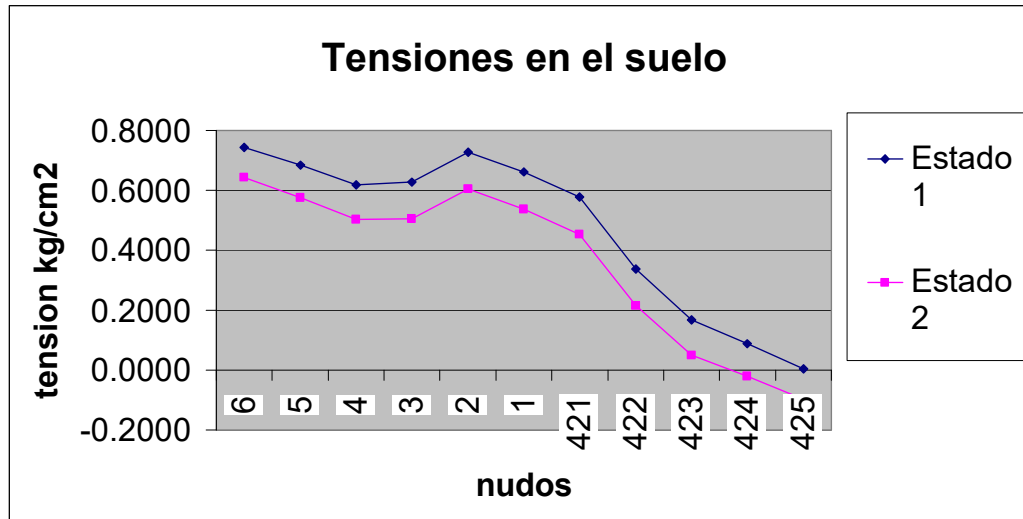
Estado de carga 2: Peso propio + viento + tapada

Nudo	Area	Constante K	Fuerza	Tension
n°	cm ²	kgcm	kg	kg/cm ²
6	2493	12465	1602.00	0.6426
5	4114	20570	2371.70	0.5765
4	2950	14750	1480.70	0.5019
3	1628	8140	824.10	0.5062
2	685	3425	413.80	0.6041
1	98	490	52.60	0.5367
421	98	490	51.10	0.5214
422	685	3425	311.00	0.4540
423	1628	8140	351.70	0.2160
424	2950	14750	149.10	0.0505
425	4114	20570	-87.10	-0.0212
426	2493	12465	-243.80	-0.0978

A continuación se presenta un gráfico mostrando del cuadro anterior, la variación de tensión en los distintos puntos para el estado de carga 2.



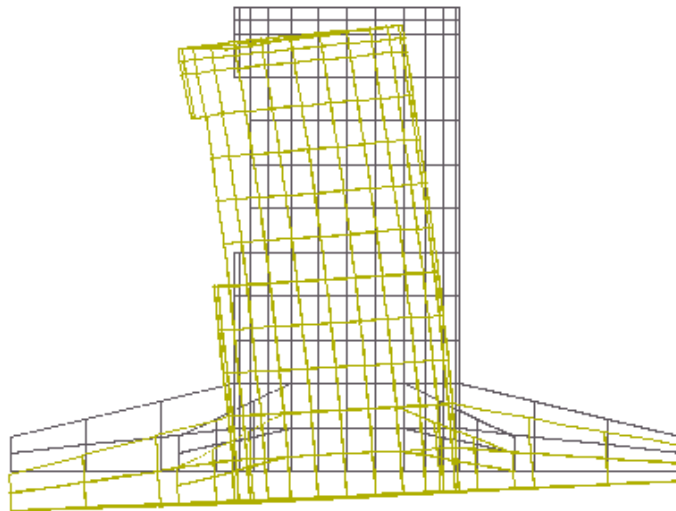
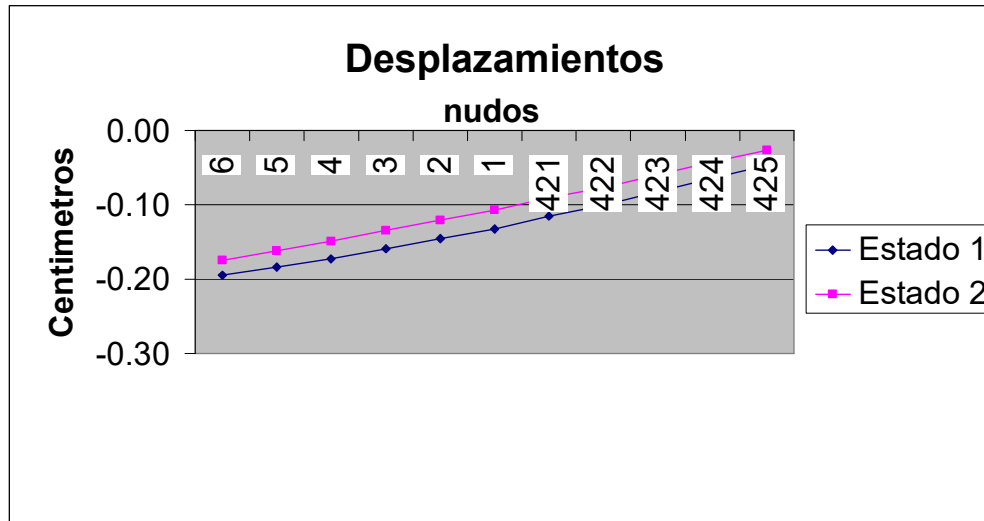
El gráfico siguiente muestra una comparación entre las tensiones producidas para ambos estados de carga.



Para verificar que no se produzcan levantamientos en ningún punto de la losa inferior de la base se buscaron los desplazamientos de los nudos en la salida de datos del programa que se presentan en el siguiente gráfico.

Estado de carga 1	
Nudo	Despl.
n°	cm
6	-0.19450
5	-0.18380
4	-0.17250
3	-0.15870
2	-0.14560
1	-0.13230
421	-0.12930
422	-0.11560
423	-0.10070
424	-0.08218
425	-0.06427
426	-0.04645

Estado de carga 2	
Nudo	Despl.
n°	cm
6	-0.17430
5	-0.16200
4	-0.14920
3	-0.13440
2	-0.12080
1	-0.10740
421	-0.10440
422	-0.09080
423	-0.07640
424	-0.05900
425	-0.04250
426	-0.02620



Podemos concluir diciendo que en el peor estado, que es cuando se produce la mayor carga de viento conjuntamente con el peso del agua almacenada en la cuba y el peso propio de la estructura, la tensión máxima que es transmitida al suelo es de 0.74 kg/cm^2 que es menor a la tensión admisible para este caso que es de 0.80 kg/cm^2 .

Luego de haber verificado que todas las deformaciones en los distintos nudos de los elementos como en los nudos con resortes de las bases no superen los valores de las deformaciones admisibles, se puede decir que se está en condiciones de comenzar con el dimensionamiento final de la estructura.

1.1.- Verificación al vuelco de toda la estructura

Antes de pasar al dimensionamiento, debemos verificar la estabilidad de toda la estructura respecto al plano de fundación. Lo haremos teniendo en cuenta el peso total de la estructura (sin agua), que actuará como estabilizante, contra la acción del viento actuando sobre el fuste y la cuba como factor desestabilizante. Se deberá verificar que el momento estabilizante supere en 1,5 veces o más al momento desestabilizante.

El momento producido por la acción del viento se calculará con los valores obtenidos en el capítulo V, punto 3:

Empuje en la cuba = 1118.38 kg. a una altura media de 17.50 mts.
Empuje en el fuste = 5277.82 kg. a una altura media de 10.20 mts.

Momento desestabilizante = 73405 kgm.

Según lo calculado en el capítulo V el peso de toda la estructura es de 75040 kg.

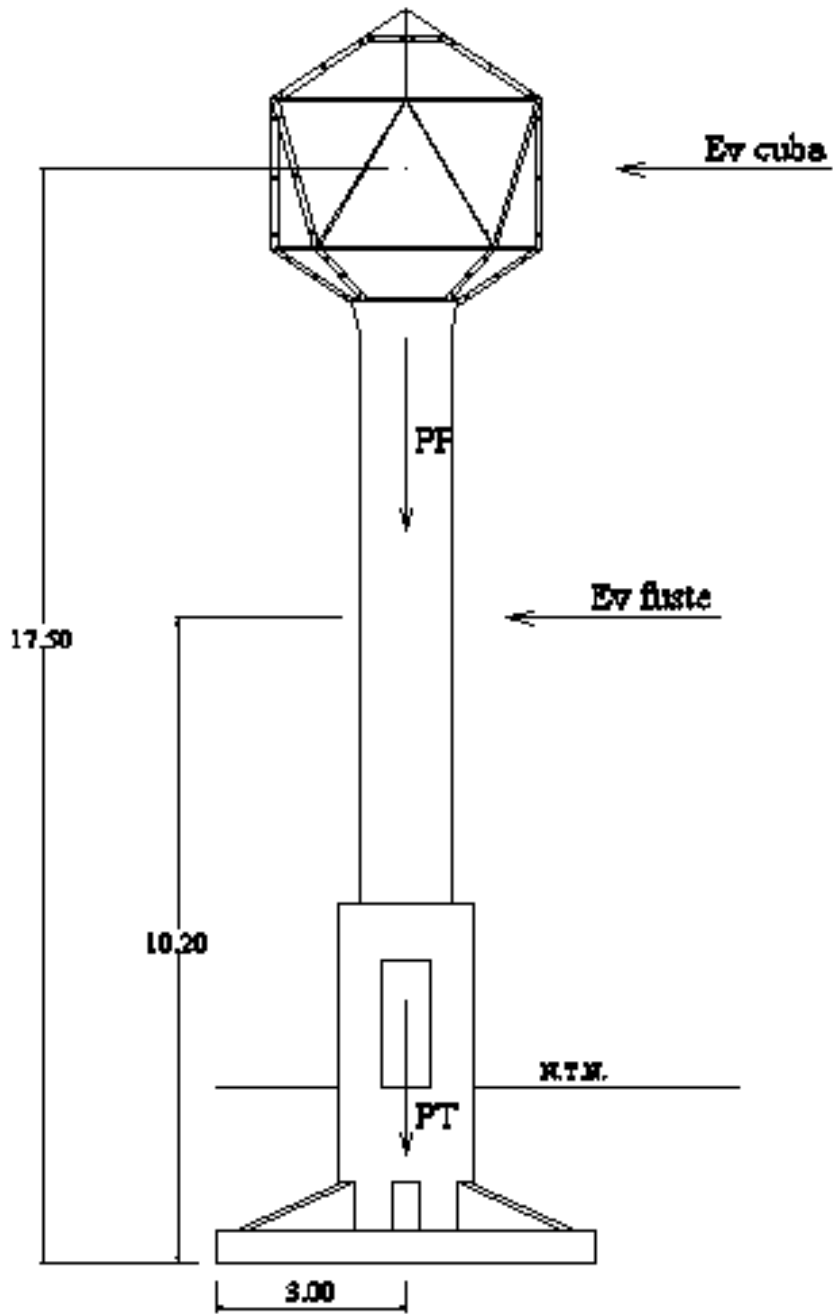
El peso de la tapada de tierra compactada es de 80000 kg.

El diámetro de la base es de 6 mts. usando para calcular el momento 3 mts. que es la distancia desde el centro hasta el borde.

Momento estabilizante = 465120 kgm

$Me/Md > 1.5$ por lo tanto $Me/Md = 6.33$

Como vemos, la relación entre el momento estabilizante y el desestabilizante es de 6.33, mayor al límite de 1,5.



2.- Dimensionamiento de la base

A continuación se muestra un resumen de los datos obtenidos del programa SAP90 sobre cada sección en estudio.

Dimensionamiento de losa inferior
Estado 1: Peso propio + Viento + agua + tapada

Elemento	Nudo	M11(tnm/m)	M22(tnm/m)
2	3	4.4737	2.526
3	3	4.2476	2.526
117	3	4.4737	2.526
118	3	4.2475	2.526
	Promedio	4.3606	2.526
57	423	-1.2668	-0.672
58	423	-1.4714	-0.672
62	423	-1.2668	-0.672
63	423	-1.4715	-0.672
	Promedio	-1.3691	-0.672
5	6	-0.311	2.811
120	6	-0.311	2.891
		-0.311	2.851
3,5,118,119	4		3.3228
111	806		-1.1339
116	806		-1.2232
	Promedio	0	-1.17855
7	73	4.5159	1.3767
8	73	4.3378	1.3767
12	73	4.3015	1.7608
13	73	4.0882	1.7608
	Promedio	4.31085	1.56875
10	76	0.009669	-0.2597
15	76	-0.1032	-0.1755
	Promedio	-0.0467655	-0.2176

Dimensionamiento de los nervios

Estado 1: Peso propio + Viento + agua + tapada

Elemento	Nudo	F11(tn/m)	F22(tn/m)	F12(tn/m)
516	3	6.5194	-17.491	6.836
516	7	-6.8459	-16.991	9.6683
519	7	-11.524	-32.764	27.302
	Promedio	-9.1849	-24.8775	18.4851
519	11	-83.1512	-30.57	24.117

Dimensionamiento de anillo superior

Estado 1: Peso propio + Viento + agua + tapada

		F11(tn/m)	F22(tn/m)	M11(tnm/m)	M22(tnm/m)
442	33	-1.4251	-28.439	1.771	11.904
443	33	-4.9863	-28.439	1.7526	11.904
511	33	-1.4251	-28.439	1.771	11.904
512	33	-4.9863	-28.439	1.752	11.904
	Promedio	-3.2057	-28.439	1.76165	11.904
444	35	-8.6416	-35.829	-3.6871	6.0932
513	35	-8.6416	-35.829	-3.6871	6.0932
	Promedio	-8.6416	-35.829	-3.6871	6.0932
447	105	-7.8839	-29.317	-3.339	4.6374
450	105	-10.796	-18.603	-3.7935	5.2968
	Promedio	-9.33995	-23.96	-3.56625	4.9671
490	628	0.71248	-5.0537	-1.5711	4.5447
491	628	-1.5017	-5.0537	-1.4729	4.5447
493	628	-2.6896	3.4588	1.5169	1.7526
494	628	-1.6633	3.4589	1.3124	1.7526
	Promedio	-1.28553	-0.797425	-0.053675	3.14865
442	32	-1.2975	-29.269	-0.0026388	13.29
511	32	-1.2975	-29.269	-0.0026285	13.29
	Promedio	-1.2975	-29.269	-0.0026337	13.29
475	452	-0.78948	-19.782	0.092422	-0.93048
478	452	-0.78949	-19.782	0.09243	-0.93049
	Promedio	-0.789485	-19.782	0.092426	-0.930485
475	453	-0.7494	-16.044	-1.035	-0.325
476	453	-2.3984	-16.044	-1.0887	-0.325

478	453	-0.7494	-16.044	-1.035	-0.325
479	453	-2.3984	-16.044	-1.0887	-0.325
	Promedio	-1.5739	-16.044	-1.06185	-0.325
476	454	-2.4634	-8.5066	-0.9949	0.5084
477	454	-2.847	-8.5066	-1.016	0.5084
479	454	-2.4634	-8.5066	-0.9949	0.5084
480	454	-2.847	-8.5066	-1.016	0.5084
	Promedio	-2.6552	-8.5066	-1.00545	0.5084
477	455	-2.779	-2.4595	-0.6336	0.8785
480	455	-2.779	-2.4595	-0.6336	0.8785
	Promedio	-2.779	-2.4595	-0.6336	0.8785

Dimensionamiento de Cáscara

Estado 3: Peso propio + Viento (sentido contrario) + agua + tapada

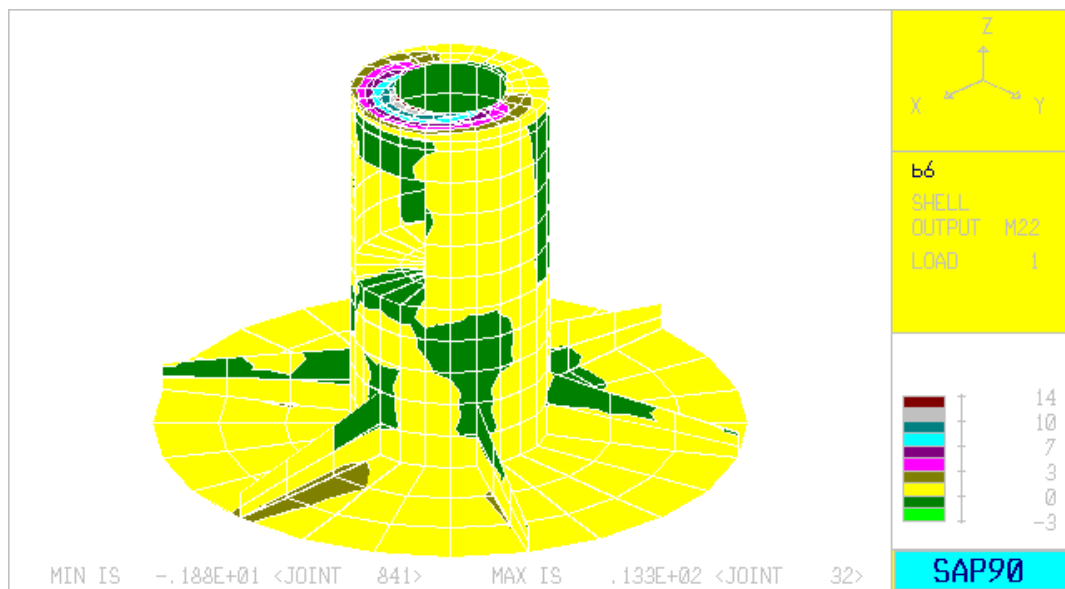
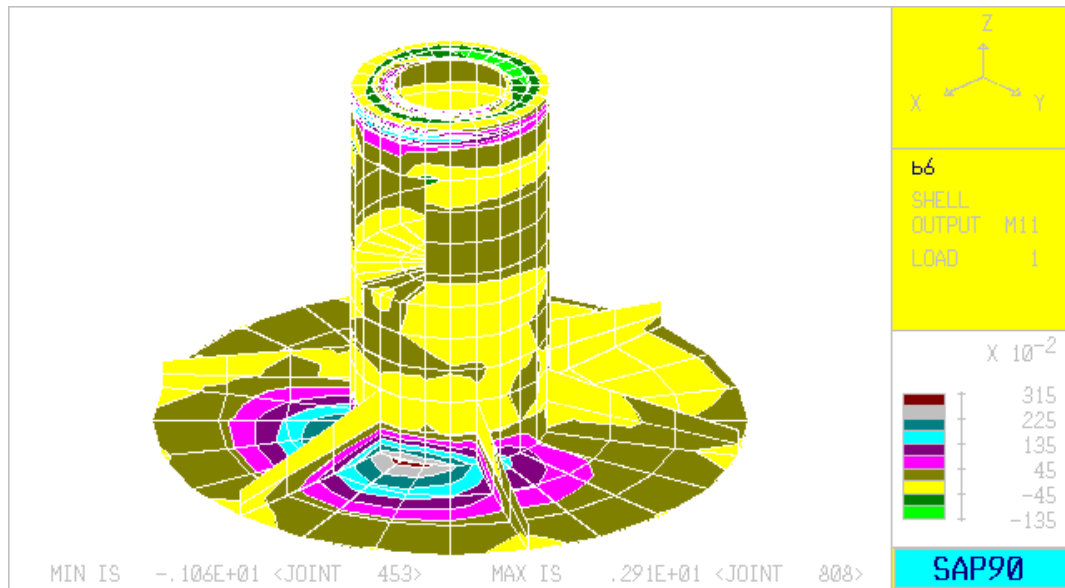
Elemento	Nudo	F11(tn/m)	F22(tn/m)	M11(tnm/m)	M22(tnm/m)
154	423	-11.186		-0.035387	
157	423	-11.186		-0.035387	
	Promedio	-11.186		-0.035387	
154	427	-11.186	5.0989	0.11905	-0.25841
155	427	-24.592	-5.0989	-0.3954	-0.25842
157	427	-11.186	-5.0989	0.11905	-0.25842
158	427	-24.592	-5.0989	-0.39542	-0.25842
	Promedio	-17.889	-2.54945	-0.13818	-0.2584175
155	431	-24.592	-5.8181	0.1	-0.31913
156	431	-38.971	-5.8181	-0.34329	-0.31913
158	431	-24.592	-5.8181	0.1	-0.31914
159	431	-38.971	-5.8182	-0.3433	-0.31914
	Promedio	-31.7815	-5.818125	-0.1216475	-0.319135
156	435	-38.971	-0.17542	0.085015	-0.00962
159	435	-38.971	-5.8182	0.085017	-0.009622
204	435	-35.35	-0.17539	0.058887	-0.009622
205	435	-35.35	-0.1754	0.058888	-0.0096223
	Promedio	-37.1605	-1.5861025	0.0719518	-0.0096216
204	436	-35.35	0.46563	-0.048894	0.0001948
205	436	-35.35	0.46563	-0.048894	0.0001948
228	436	-34.538	0.46563	-0.039866	0.0001949
229	436	-34.538	0.46563	-0.039866	0.0001948

	Promedio	-34.944	0.46563	-0.04438	0.0001948
228	439	-34.538	-0.44991	-0.04277	0.0023718
229	439	-34.538	-0.44991	-0.04277	0.0004684
325	439	-32.887	-0.44992	-0.10942	0.0023718
329	439	-32.887	-0.44991	-0.10943	0.0023718
	Promedio	-33.7125	-0.4499125	-0.0760975	0.001896
325	440	-32.887	-0.15071	-0.036504	0.0044297
326	440	-31.068	-0.1507	-0.036374	0.0044297
329	440	-32.887	-0.1507	-0.036504	0.0044297
330	440	-31.068	-0.1507	-0.036375	0.0044297
	Promedio	-31.9775	-0.1507025	-0.0364393	0.0044297
326	441	-31.068	0.20083	-0.0012048	0.0066013
327	441	-29.24	0.20082	-0.0012205	0.0066013
330	441	-31.068	0.20083	-0.0012046	0.0066013
331	441	-29.24	0.20083	-0.0012203	0.0066013
	Promedio	-30.154	0.2008275	-0.0012126	0.0066013
327	442	-29.24	-2.4248	-0.038781	0.0041171
328	442	-27.433	-2.4248	-0.040274	0.0041171
331	442	-29.24	-2.4248	-0.038781	0.0041171
332	442	-27.433	-2.4248	-0.040273	0.0041171
	Promedio	-28.3365	-2.4248	-0.0395273	0.0041171
328	443	-27.433	2.6997	-0.37756	0.0044981
332	443	-27.433	2.6998	-0.37756	0.0044981
380	443	-25.913	2.6999	-0.37535	0.0044982
381	443	-25.913	2.6998	-0.37535	0.0044981
	Promedio	-26.673	2.6998	-0.376455	0.0044981
380	447	-25.914	24.93	0.66315	0.011497
381	447	-25.913	24.93	0.66316	0.011497
415	447	-25.281	24.93	0.67058	0.011497
417	447	-25.281	24.93	0.67057	0.011497
	Promedio	-25.59725	24.93	0.66686	0.011497
415	451	-25.281	18.573	1.9334	0.0029015
416	451	-25.319	18.573	1.9359	0.0029014
417	451	-25.281	18.573	1.9334	0.0029015
418	451	-25.319	18.573	1.9359	0.0029015
	Promedio	-25.3	18.573	1.93465	0.0029015

Dimensionamiento de columnas puerta

Estado 1: Peso propio + Viento + agua + tapada

Elemento	Nudo	F11(tn/m)	F22(tn/m)	M11(tnm/m)	M22(tnm/m)
218	89	-30.788	4.1726	-0.054172	-0.065929
219	89	-30.788	-1.3653	-0.18662	-0.050826
289	89	-68.876	-1.3651	-0.32931	-0.050826
Promedio		-43.484	0.4807333	-0.190034	-0.0558603
289	90	-68.879	-1.9728	0.06277	0.0089054
290	90	-60.048	-1.9729	0.038672	0.0089054
Promedio		-64.4635	-1.97285	0.0524745	0.0089054
290	91	-60.048	1.8853	0.074173	0.013645
291	91	-59.447	1.8852	0.056776	0.013645
Promedio		-59.7475	1.88525	0.0654745	0.013645
291	92	-59.447	-2.1274	0.129	-0.062273
292	92	-78.067	-2.12	2.4265	-0.062273
Promedio		-68.757	-2.1237	1.27775	-0.062273
292	93	-78.067	-4.6929	-0.88951	0.24897
370	93	-34.458	2.4986	-0.42971	0.53948
371	93	-34.458	-4.6934	-0.54834	0.24897
Promedio		-48.994333	-2.2959	-0.62252	0.3458067
370	97	-34.458	26.552	0.6273	-0.1088
371	97	-34.458	29.726	0.646	0.00954
395	97	-23.435	26.553	0.6255	-0.10881
397	97	-23.435	29.726	0.4882	0.009544
Promedio		-28.9465	28.13925	0.59675	-0.0496315
395	101	-23.435	18.64	1.75	0.01165
396	101	-23.604	18.64	1.9484	0.01165
397	101	-23.435	18.977	1.9353	-0.05155
398	101	-23.604	18.977	1.7674	-0.05155
Promedio		-23.5195	18.8085	1.850275	-0.01995
396	105	-23.604	-14.658	3.3827	-0.098397
398	105	-23.604	-9.3017	3.6142	0.078553
Promedio		-23.604	-11.97985	3.49845	-0.009922

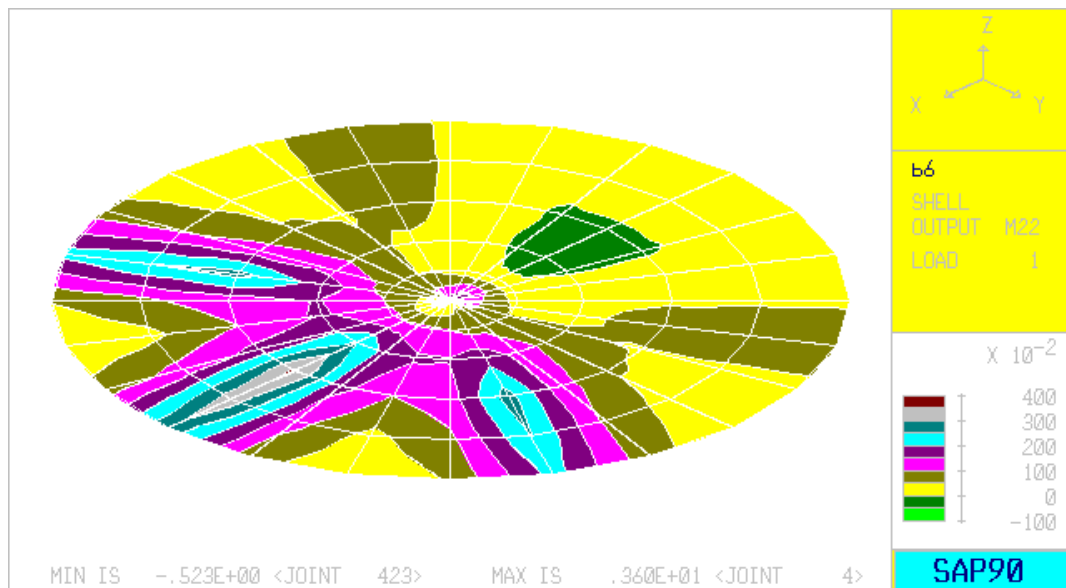
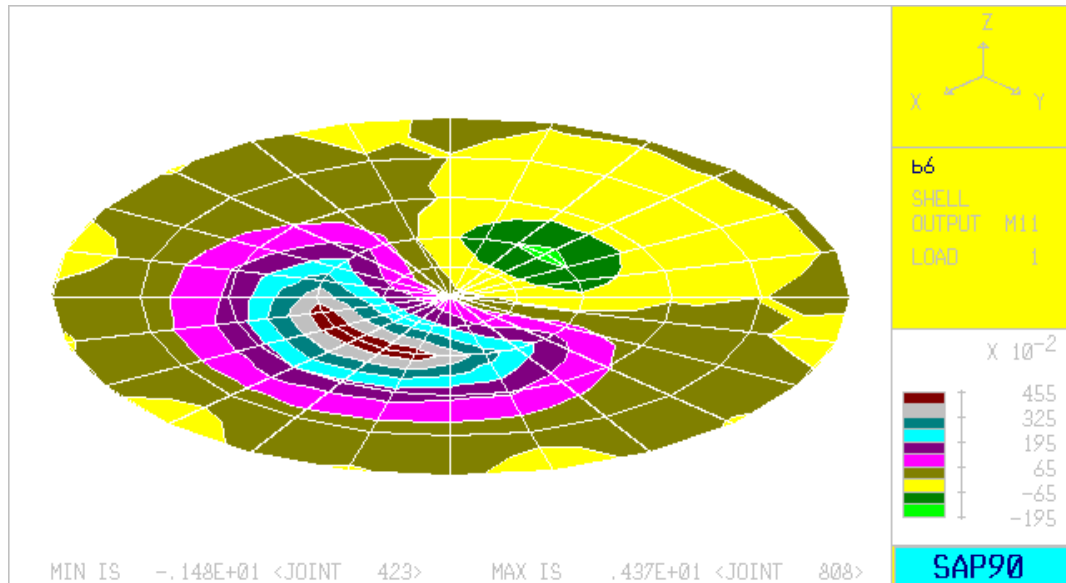


Dimensionamiento

Con los datos obtenidos se procederá a dimensionar cada una de las partes que conforman la estructura de la torre tanque.

2.1- Dimensionamiento de la losa inferior

Esta losa de sección circular y 50 cm de espesor, está rigidizada por seis nervios, lo cual genera un momento negativo entre nervios y un momento positivo exactamente debajo de los nervios. Verificaremos ambos momentos y adoptaremos la mayor armadura en ambos sentidos, tanto tangencial como radialmente.



Datos:

Nudo	Tramo		Apoyo	
	73	76	3	6
Tangencial M11(kgcm/m)=	431085	-4676.55	436062.5	-31100
Radial M22(kgcm/m)=	156875	-21760	252600	285100

$$\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2 \quad h = 35 \text{ cm} \quad b = 100 \text{ cm} \quad \beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

- Dimensionamiento tramo tangencial

$$m_s = M / b \times h^2 \times \beta_r = 0.020 \quad \text{de tabla:} \quad \omega = 0.037$$

Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega \times b \times h / (\beta_s/\beta_r) = 5.40 \text{ cm}^2$
 Adoptamos 1 ϕ 10 cada 14 cm

- Dimensionamiento apoyo tangencial

$m_s = M / b \times h^2 \times \beta_r = 0.020$ de tabla: $\omega = 0.037$
 Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega \times b \times h / (\beta_s/\beta_r) = 5.40 \text{ cm}^2$
 Adoptamos 1 ϕ 10 cada 14 cm

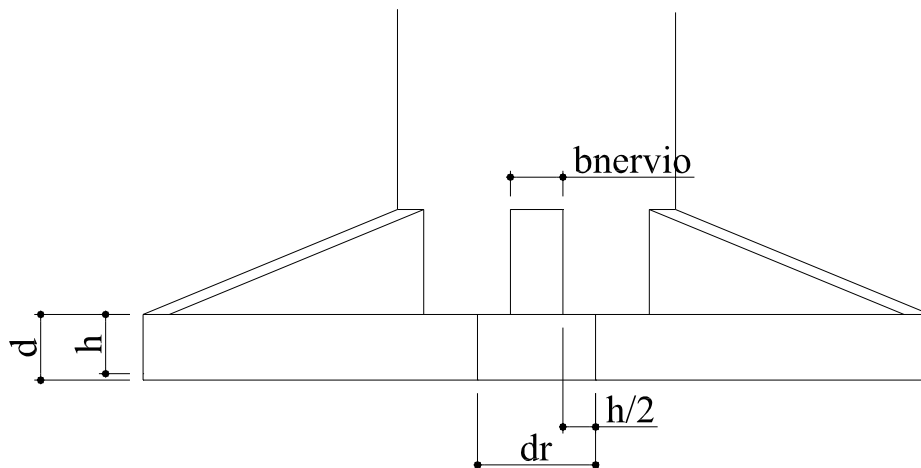
- Dimensionamiento tramo y apoyo radial

$m_s = M / b \times h^2 \times \beta_r = 0.013$ de tabla: $\omega = 0.024$
 Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega \times b \times h / (\beta_s/\beta_r) = 3.50 \text{ cm}^2$
 Adoptamos 1 ϕ 10 cada 20 cm

Verificación del corte en la losa de base

Datos

- $h = d_0 - 5 \text{ cm} = 45 \text{ cm}$
- $d_r = b_{\text{nervio}} + h = 40 \text{ cm} + 45 \text{ cm} = 85 \text{ cm}$
- Altura en la sección $h/2 = 45 \text{ cm}$
- $l_{y1} = \text{perímetro ext}/6 = 314 \text{ cm}$
- $l_{y2} = \text{perímetro int}/6 = 111 \text{ cm}$
- $l_x = (600 - 212)/2 = 194 \text{ cm}$
- $p = \text{tension adm del suelo} = 0.80 \text{ kg/cm}^2$
- $z' = 0.85 \times h = 38.25 \text{ cm}$



Corte en la sección $h/2 = Q' = \frac{1}{2} \times ((ly_1 + ly_2)/2 - dr) \times lx \times p$
 $Q' = 9894 \text{ kg}$

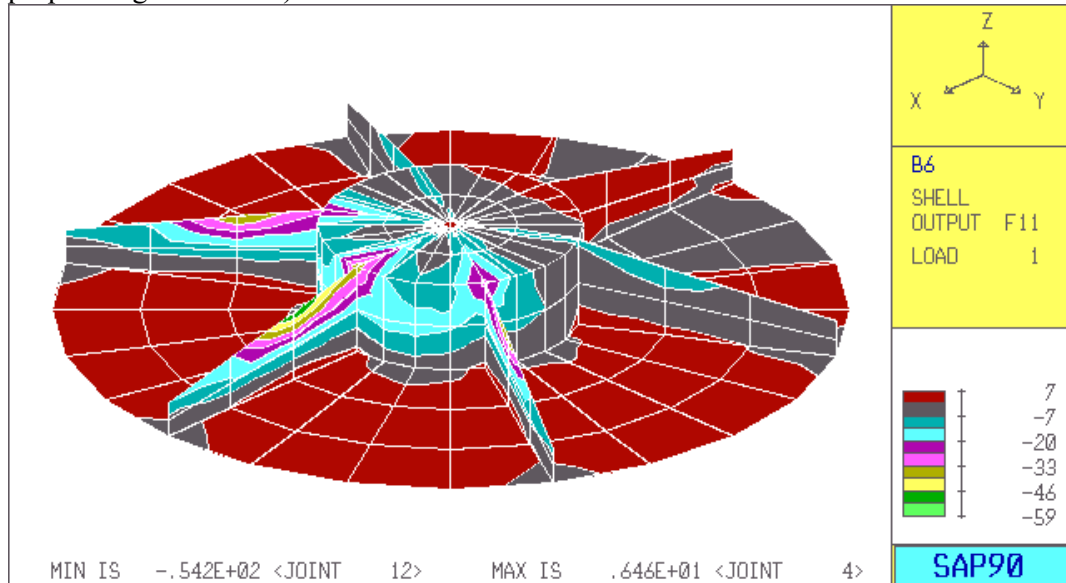
$$\tau = Q' / (z' \times lx) = 1.333 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{011adm} = 4 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto el h adoptado verifica al corte.

2.2 - Dimensionamiento de los nervios

Estos nervios rigidizadores de la losa tendrán una dimensión de 40 cm de ancho y su altura varía desde 1 metro hasta 50 cm en su parte extrema. Los dimensionaremos con los valores obtenidos en los nudos extremos contra la cáscara, que nace en la losa inferior de la base, tanto a flexocompresión como a corte. Además verificaremos la tracción y la compresión a lo largo de su parte superior para los nervios alineados a la dirección del viento.

Todo esto teniendo en cuenta los valores obtenidos con el estado de carga 1 (peso propio + agua + viento)



Datos:

	Superior	Medio	Inferior
Nudo	11	7	3
Longitudinal F11(kg/m)=	-83151.2	-9184.95	6519.4
Transversal F22(kg/m)=	-30570	-24877.5	-17491

$$\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2 \quad h = 93 \text{ cm} \quad b = 40 \text{ cm} \quad \beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad z_s = 45 \text{ cm}$$

- Dimensionamiento a flexocompresión

El valor de los esfuerzos F11 y F22 vienen dados por unidad de longitud, por lo tanto debemos adaptarlo a la longitud de nuestro elemento. Ésta longitud es de 0.66 mts, por lo que a los valores indicados anteriormente se los debe multiplicar por 0.66 mts.

	Superior	Medio	Inferior
Nudo	11	7	3
Longitudinal F11(kg/m)=	-54879.8	-6062.1	4302.8
Transversal F22(kg/m)=	-20176.2	-16419.2	-11544.1

El momento se obtiene multiplicando los esfuerzos en el nudo 11 y 7 por su distancia al fondo de la base, y el normal es la suma de los tres esfuerzos F11.

$$M = -5791082.6 \text{ kgcm} \quad N = -56639.05 \text{ kg}$$

$$n = N / b \times d \times \beta_r = -0.087$$

$$m = M / b \times d^2 \times \beta_r = -0.096$$

de tabla 1,11c pg 54 $\omega_{01} = 0.08$ mínima

Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega_{01} \times d \times b / (\beta_s / \beta_r) = 12.40$
 Adoptamos 4 ϕ 20 en ambas caras

- Dimensionamiento a corte

La tensión de corte será $\tau_0 = Q / z \times b_0 = 6.10 \text{ kg/cm}^2$

Donde $z_0 = 0.90 \times h = 0.837 \text{ m}$

$$b = 0.4 \text{ m}$$

$$\sigma_e = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

Este caso está dentro de la Zona 1 que tiene una tensión límite $\tau_{01} = 7.50 \text{ kg/cm}^2$

La relación $\eta = 0.4$

Por lo tanto la tensión de corte será $\tau = \eta \times \tau_0 = 2.50 \text{ kg/cm}^2$

La armadura necesaria será $f_{e_b} = \tau \times b / \sigma_e = 4.10 \text{ cm}^2/\text{m}$

Adoptamos estribos ϕ 10 cada 19 cm.

- Verificación de los nervios

Transcribimos los esfuerzos de compresión en toneladas y de tracción a los que están sometidos los cordones superiores de los nervios alineados con la acción del viento.

Cordón superior traccionado				
Nudo	431	432	433	434
F11(kg/m)=	6072	1791.95	929.55	3362.3
F22(kg/m)=	12318	-4689.25	2319.5	-2858

Como vemos, los esfuerzos de tracción son muy reducidos, por lo que la armadura prevista para la flexocompresión alcanza para absorberlos.

Cordón superior comprimido				
Nudo	11	12	13	14
F11(kg/m)=	-83152	-54217	-19135	-13693
F22(kg/m)=	-30570	3495	-5480	2676

De éste último cuadro se desprende que podríamos adoptar armadura escalonada a lo largo del nervio, pero al ser de tan poca longitud, adoptamos poner la misma armadura en toda la sección.

2.3- Dimensionamiento de la cáscara

La sección de la cáscara más comprometida, excluyendo la zona de la puerta (que se analizará más adelante), será la zona opuesta a la dirección del viento. Allí se generarán fuertes compresiones acompañadas de momentos, esfuerzos con los que se dimensionará la cáscara cilíndrica.

Datos:

Nudo	451	431
M11(kgcm/m)=	193465	-12164.75
M22(kgcm/m)=	290.147	-31913.5
F11(kgcm/m)=	-25300.0	-31781.5
F22(kgcm/m)=	18573.0	-5818.1

$$\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2 \quad d = 12 \text{ cm} \quad b = 100 \text{ cm} \quad \beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Nudo 451

$$n = N / b \times d \times \beta_r = -0.12$$

$$m = M / b \times d^2 \times \beta_r = 0.077$$

$$\text{de tabla 1,11c pg 54} \quad \omega_{01} = 0.08 \text{ mínima}$$

Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega_{01} \times d \times b / (\beta_s / \beta_r) = 4.00 \text{ cm}^2$
 Armadura necesaria 1 ϕ 8 cada 12 cm.

Nudo 431

$$n = N / b \times d \times \beta_r = -0.151$$

$$m = M / b \times d^2 \times \beta_r = -0.005$$

de tabla 1,11c pg 54 $\omega_{01} = 0.02$

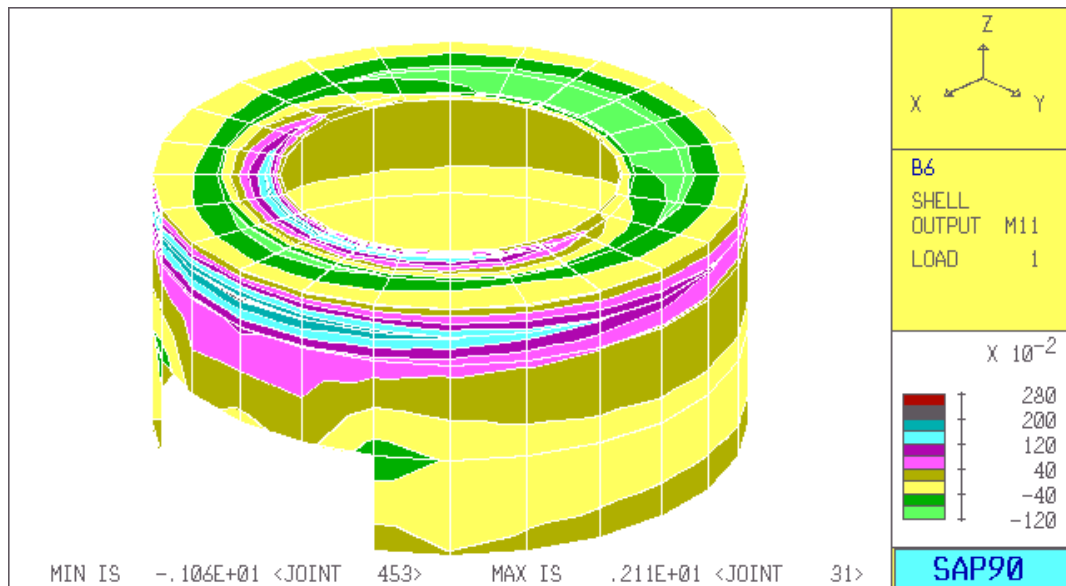
Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega_{01} \times d \times b / (\beta_s/\beta_r) = 4.00 \text{ cm}^2$

Armadura necesaria 1 ϕ 8 cada 12 cm.

Adoptamos como armadura en los dos sentidos, 1 ϕ 8 cada 12 cm. en ambas caras.

2.4 - Dimensionamiento del anillo superior

El anillo superior, que soportará el peso del fuste y la cuba llena, lo dimensionaremos a flexocompresión en ambos sentidos, con los esfuerzos obtenidos del programa SAP90.



Datos:

Nudo	35	455	32
Radial M11(kgcm/m)=	-368710	-63360	-263.36
Tangencial M22(kgcm/m)=	609320	87850	1329000
F11(kg/m) =	-8641.6	-2779	-1297.5
F22(kg/m)=	-35829	-2459.5	-29269

El valor de los esfuerzos F11, F22, M11 y M22 vienen dados por unidad de longitud, por lo tanto debemos adaptarlo a la longitud de nuestro elemento. Ésta longitud es de 0.30 mts, por lo que a los valores indicados anteriormente se los debe multiplicar por 0.30 mts.

		Nudo	35	455	32
Radial	M11 (kgcm)=		-110613	-19008	-79.0095
Tangencial	M22(kgcm)=		182796	26355	398700
	F11 (kg)=		-2592.48	-833.7	-389.25
	F22(kg)=		-10748.7	-737.85	-8780.7

$$\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2 \quad d = 35 \text{ cm} \quad b = 30 \text{ cm} \quad \beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

- Dimensionamiento nudo 35 tangencial

$$n = N / b \times d \times \beta_r = -0.014$$

$$m = M / b \times d^2 \times \beta_r = -0.017$$

de tabla 1,11c pg 54 $\omega_{01} = 0.08$ mínima

Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega_{01} \times d \times b / (\beta_s / \beta_r) = 3.50 \text{ cm}^2$
 Adoptamos 1 ϕ 8 cada 14 cm.

- Dimensionamiento nudo 35 radial

Para este caso los datos serán $d = 30 \text{ cm} \quad b = 30 \text{ cm}$

$$n = N / b \times d \times \beta_r = -0.227$$

$$m = M / b \times d^2 \times \beta_r = 0.095$$

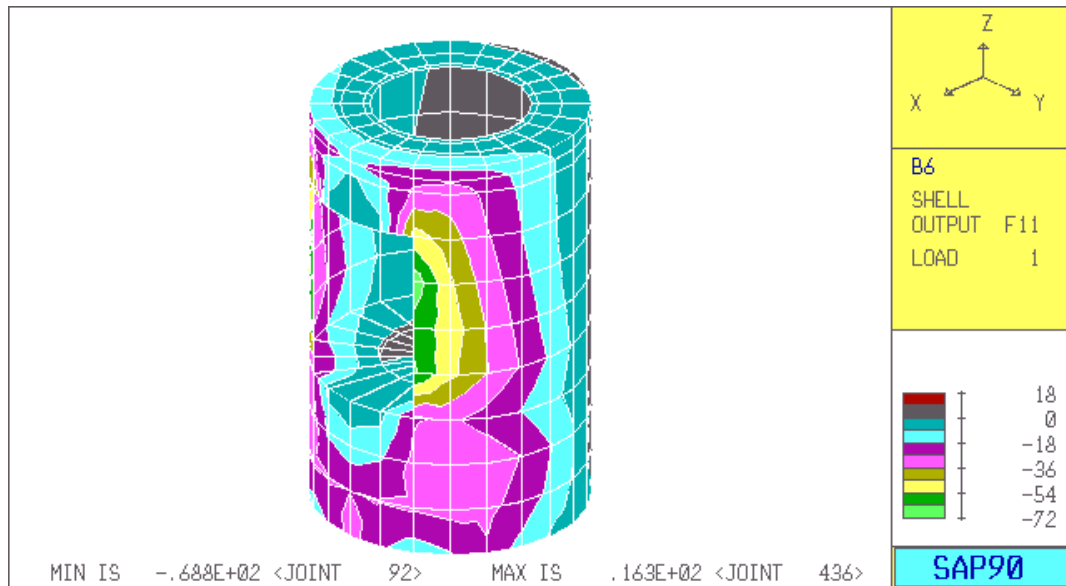
de tabla 1,11c pg 54 $\omega_{01} = 0.08$

Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega_{01} \times d \times b / (\beta_s / \beta_r) = 3.50 \text{ cm}^2$
 Adoptamos 1 ϕ 8 cada 14 cm.

Con la armadura que viene de la cáscara (1 del 8 cada 12 cm) la continuo en el anillo y me verifica.

2.5- Dimensionamiento de las columnas de la puerta

El sector de la puerta es un sector conflictivo, ya que la cáscara pierde su continuidad, apareciendo concentración de tensiones en las zonas limítrofes a la apertura. Esto hace necesario un estudio especial en esta zona.



Datos:

Nudo	89	90	91	92	93	105
M11(kgcm/m)=	-19003.4	5247.45	6547.45	127775	-62252	349845
M22(kgcm/m)=	-5586.03	890.54	1364.5	-6227.3	34580.66	-992.20
F11(kg/m)=	-43484	-64463.5	-59747.5	-68757	-48994.33	-23604
F22(kg/m)=	480.73	-1972.85	1885.25	-2123.70	-2295.90	-11979.85

A raíz de los grandes esfuerzos encontrados y luego de varios tanteos, se decidió adoptar un espesor mayor al resto de la cáscara en una longitud de 50 cm a cada lado de la abertura.

El valor de los esfuerzos F11, F22, M11 y M22 vienen dados por unidad de longitud, por lo tanto debemos adaptarlo a la longitud de nuestro elemento. Ésta longitud es de 0.50 mts, por lo que a los valores indicados anteriormente se los debe multiplicar por 0.50 mts.

Nudo	89	90	91	92	93	105
M11(kgcm/m)=	-9501.70	2623.73	3273.73	63887.50	-31126.00	174922.50
M22(kgcm/m)=	-2793.02	445.27	682.25	-3113.65	17290.33	-496.10
F11(kg/m)=	-21742.00	-32231.75	-29873.75	-34378.50	-24497.17	-11802.00
F22(kg/m)=	240.37	-986.43	942.63	-1061.85	-1147.95	-5989.93

$$\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2 \quad d = 14 \text{ cm} \quad b = 50 \text{ cm} \quad \beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Nudo 92

$$n = N/b \times d \times \beta_r = -0.281$$

de tabla 1,11c pg 54 $\omega_{01} = 0.08$

$$m = M/b \times d^2 \times \beta_r = 0.037$$

Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega_{01} \times d \times b / (\beta_s/\beta_r) = 2.33 \text{ cm}^2$

Armadura necesaria 1 ϕ 8 cada 10 cm.

Nudo 105

$$n = N/b \times d \times \beta_r = -0.193$$

de tabla 1,11c pg 54 $\omega_{01} = 0.08$

$$m = M/b \times d^2 \times \beta_r = 0.204$$

Por lo tanto la armadura será de $A_s = \omega_{01} \times d \times b / (\beta_s/\beta_r) = 2.33 \text{ cm}^2$

Armadura necesaria 1 ϕ 8 cada 10 cm.

3.- Dimensionamiento del fuste

Datos de la sección

Cantidad de piezas = 25

Altura = 50 cm

Radio interior = 57 cm

Espesor mínimo = 8 cm

área = 4998.993 cm^2 descontando 5 agujeros de ϕ 6 cm

Momento de inercia = 10438028.943 cm^4

Fibra 1 mas alejada = 80.343 cm

Fibra 2 mas alejada = 65.002 cm

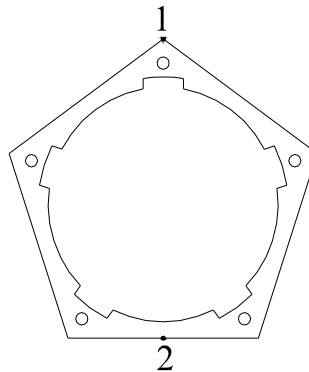
Modulo resistente W1 = 129918.984 cm^3

Modulo resistente W2 = 160580.614 cm^3

Volumen de una pieza = 249949.635 cm^3

Peso de una pieza = 603.128 kg

Peso total de la columna = 15078.212 kg



Datos del Icosaedro

Espesor pared medio = 0.070 m
Lado arista icosaedro = 2.700 m
área del icosaedro = 59.220 m²
Volumen de hormigón = 4.145 m³
Peso del icosaedro = 9948.960 kg
Altura al centro del icosaedro = 11.80 m

Estados de carga

El estudio se realizará para los siguientes estados de carga:

Estado 1 (peso propio)	Estado 2 (con agua)
PP columna = 15078.212 kg	Peso del agua = 32000 kg
PP tanque = 9948.96 kg	
Accesorios = 500 kg	
Total = 25527.172 kg	

Estado 3 (viento)

Empuje en la cuba = 1118.38 kg Mapoyo(kgcm)= 3826738
Empuje en la columna = 5278 kg

Antes de pasar al cálculo de la tensión y la cantidad de cables de pretensado, adjuntamos un resumen del manual técnico de la firma Precon para conocer las generalidades y exigencias del método pretensado con adherencia a posteriori.

3.1 Generalidades del pretensado
Pretensado con adherencia a posteriori
Generalidades

Es importante recordar que básicamente todos los sistemas de pretensado (postesado en este caso) son semejantes.

Por consiguiente, el producto final, el Hormigón Pretensado, es el mismo, con la única diferencia de que puede ser pretensado por alguno de los distintos tipos y calidades de acero (barra, alambres, cordón).

No es por tanto necesaria la elección del sistema de pretensado a ser utilizado, antes de calcular. Existe, sin embargo, una serie de consideraciones técnicas que podrán influir en el cálculo inicial de una estructura. El cálculo se realiza para un número total de cordones de ϕ 1/2" o ϕ 5/8" siendo escogido posteriormente, el número y la fuerza de los cables en función de las condiciones del proyecto.

Cables – Armado y Colocación

Para trabajos in-situ se utiliza el pretensado, colocando cordones desnudos dentro de vainas y éstas dentro de las estructuras, según un trazado proyectado, antes de hormigonar.

Trazado

Se deben evitar los cambios bruscos en la dirección de los cables, ya que estos pueden causar pérdidas extras de fricción. Para el trazado de los cables se deben utilizar curvas en correspondencia con la carga externa que solicita la estructura, así por ejemplo, curvaturas suaves para carga uniforme a lo largo del vano, o curvaturas acentuadas para cargas concentradas o reacción de apoyo.

En la tabla siguiente se indican los radios mínimos:

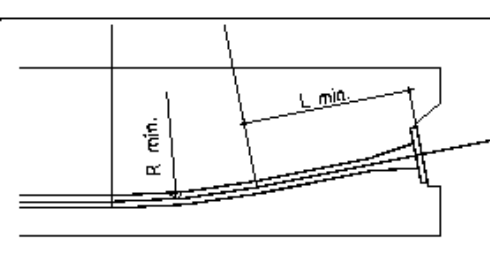
Esfuerzo de pretensado N	R min.	L min.	
Hasta 1.0MN	3.50 m	0.80m	
1MN a 3.5MN	5.00 m	1.00m	
3.5MN a 10.0MN	8.00m	1.50m	

FIGURA 1

Distancias y Dimensiones Mínimas

Las estructuras de hormigón pretensado requieren materiales de calidad superior. Un factor preponderante en la calidad del hormigón (aparte del contenido de cemento) es una vibración perfecta y completa.

Por tanto, es interesante que los cables estén colocados de manera de permitir que un vibrador normal pueda penetrar fácilmente entre éstos y la armadura secundaria sin mover o dañar las vainas.

Se aconseja que los cables curvos adyacentes sean separados por un espesor de hormigón de modo que la vaina del cable posicionado del lado interno de la curva, no sufra las reacciones resultantes de la curvatura del cable posicionado del lado externo. A continuación se presentan detalles con indicaciones de las distancias mínimas aconsejadas.

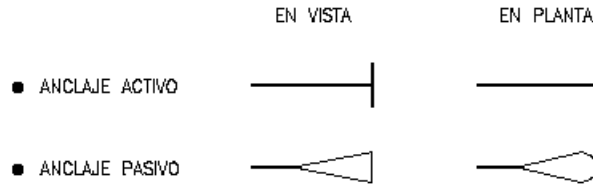
Esfuerzo de pretensado	e_1	e_2	e_3	
Hasta 1.0MN	3cm	4cm mínimo	7cm mínimo	
1.0MN a 3.5MN	5cm	5cm preferible	10cm preferible	
3.5MN a 10.0MN	8cm			

Desvío del centro de gravedad de los cables

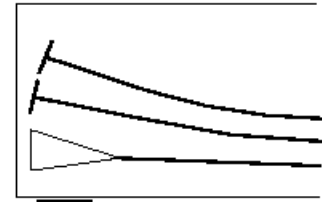
En los tramos donde el cable posee curvatura, con el pretensado, los diversos cordones de un cable se desplazan dentro de la vaina, en el sentido del centro de la curvatura, originando un desvío del centro de gravedad de la fuerza de pretensado, diferente del centro de gravedad de la vaina.

Unidad	Nº de Cord. Por cable	Vaina normal		C - i : cable de i cordones. *: φ interior / φ exterior
		φ mm *	Δy mm	
C-1	1	18/20	2	
C-3	2	30/35	4	
	3	35/40	5	
C-4	4	40/45	5	
C-7	5	40/45	5	
	6 - 7	45/50	6	
C-12	8	50/55	6	
	9 - 10	55/60	7	

3.6.- Tipos de anclajes



Esquemas de anclajes típicos



Ejemplo: Elevación de una viga con trazado de cables

Dimensiones principales de los anclajes activos (medidas en mm)

	Placa de anclaje		Cabezal		Trompetas			Espiral			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
A-1	80	10	42	45	20	20	60				
A-3	130	15	80	60	50	40	75	130	10	45	4
A-4	150	15	85	60	60	45	100	150	10	45	4
A-7	190	20	110	60	75	50	170	190	10	50	5
A-12	250	30	150	60	105	70	270	250	12	60	5

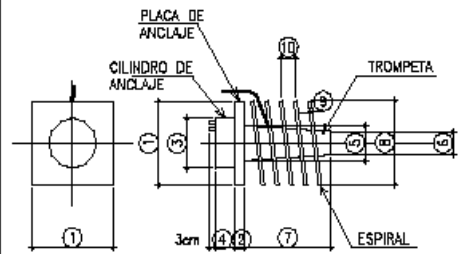


FIGURA 4

A-i – Activo de i cordones

n– número de vueltas

Dimensiones principales de los anclajes pasivos (medidas en mm)

	Parrilla			Parrilla Espiral		Espiral		Vaina
	1	2	3	4	5	6	n	7
P-3	230	70	600	45	10	130	4	35/40
P-4	230	80	600	45	10	130	4	40/45
P-7	230	160	600	50	10	190	5	45/50
P-12	230	280	700	60	12	230	5	60/65

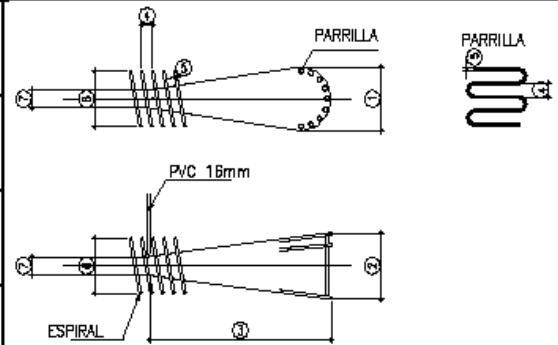


FIGURA 5

P-i – Pasivo de i cordones

n: número de vueltas

Dimensiones mínimas para colocación del gato (medidas en mm)

a	b	c	d	e	f
180	130	120	60	900	1500

Extremos de Cables

Nicho para salidas de cables por arriba o por debajo de vigas:

Dos condiciones llevan a escoger el ángulo de salida de los cables en la cara superior o inferior de la viga:

- Los ángulos de salida deben permitir un trazado suave ya que los radios pequeños de curvatura generan esfuerzos muy concentrados y aumentan las pérdidas extras de fricción.

- Los ángulos de salida de los cables deben ser tales que se tenga el menor espacio necesario para el gato hidráulico durante la ejecución del pretensado.

Deben ser evitados nichos de grandes dimensiones que puedan debilitar en ciertos casos la estructura.

Los ángulos para salidas superiores o inferiores de los cables varían en general en una gama de 20° a 35°, razón por la cual en las figuras 7 a 9 provee información para esa lista de valores.

A-4 Nicho Superior e Inferior

Grados	a(cm)	b(cm)	c(cm)	d(cm)	e(cm)	f(cm)
20	35.1	32.2	18.8	54.6	9.2	6.8
21	33.5	30.7	18.7	52.4	8.1	7.2
22	32.0	29.4	18.5	49.6	7.9	7.5
23	30.7	28.1	18.4	47.0	7.7	7.8
24	29.5	27.0	18.3	44.7	7.6	8.1
25	28.4	26.0	18.1	42.6	7.4	8.4
26	27.4	25.1	18.0	41.2	6.7	8.8
27	26.4	24.2	17.8	39.4	6.4	9.1
28	25.5	23.4	17.6	37.6	6.3	9.4
29	24.7	22.7	17.5	36.1	6.1	9.7
30	24.0	22.0	17.3	34.6	6.0	10.0
31	23.3	21.3	17.1	33.2	5.8	10.3
32	22.6	20.7	17.0	32.0	5.6	10.6
33	22.0	20.2	16.8	30.9	5.4	10.9
34	21.4	19.7	16.6	29.7	5.3	11.2
35	20.9	19.2	16.4	28.7	5.1	11.5

A-7 Nicho Superior e Inferior

Grados	a(cm)	b(cm)	c(cm)	d(cm)	e(cm)	f(cm)
20	52.6	38.0	23.0	67.5	18.8	8.4
21	50.2	36.3	22.9	64.0	17.9	8.8
22	48.0	34.7	22.7	60.8	17.1	9.2
23	46.1	33.3	22.5	57.9	16.5	9.6
24	44.2	31.9	22.4	55.2	15.7	10.0
25	42.6	30.8	22.2	52.6	15.7	10.3
26	41.0	29.6	22.0	50.1	14.9	10.7
27	39.6	28.6	21.8	48.0	14.3	11.1
28	38.3	27.7	21.6	46.1	13.8	11.5
29	37.1	26.8	21.4	44.2	13.3	11.9
30	36.0	26.0	21.2	42.3	13.2	12.2
31	34.9	25.2	21.0	40.7	12.6	12.6
32	34.0	24.5	20.8	39.3	12.2	13.0
33	33.0	23.8	20.5	37.6	11.9	13.3
34	32.2	23.2	20.3	36.3	11.6	13.7
35	31.4	22.7	20.1	34.9	11.5	14.0

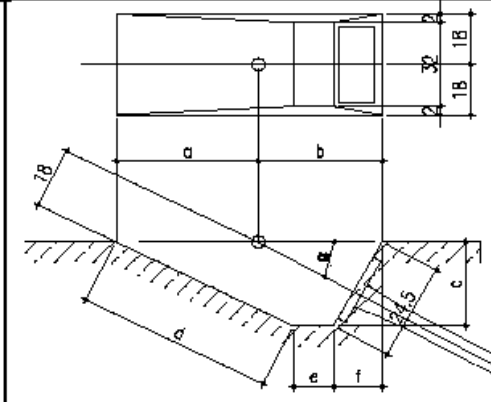


FIGURA 8: NICHOS SUPERIOR E INFERIOR

A-12 Nicho Superior e Inferior

Grados	a(cm)	b(cm)	c(cm)	d(cm)	e(cm)	f(cm)
20	52.6	46.8	28.6	83.5	10.5	10.4
21	50.2	44.7	28.5	79.3	10.0	10.9
22	48.0	42.7	28.2	75.4	9.4	11.4
23	46.1	41.0	28.0	71.8	9.1	11.9
24	44.2	39.4	27.9	68.4	8.7	12.4
25	42.6	37.9	27.6	65.4	8.3	12.9
26	41.0	36.4	27.4	62.2	8.2	13.3
27	39.6	35.2	27.1	59.7	7.8	13.8
28	38.3	34.1	26.9	57.3	7.5	14.3
29	37.1	33.0	26.7	55.1	7.1	14.8
30	36.0	32.0	26.4	52.8	7.0	15.3
31	34.9	31.0	26.1	50.7	6.7	15.7
32	34.0	30.2	25.9	48.9	6.6	16.2
33	33.0	29.4	25.5	46.8	6.6	16.6
34	32.2	28.6	25.3	45.2	6.3	17.0
35	31.4	27.9	25.0	43.6	6.1	17.5

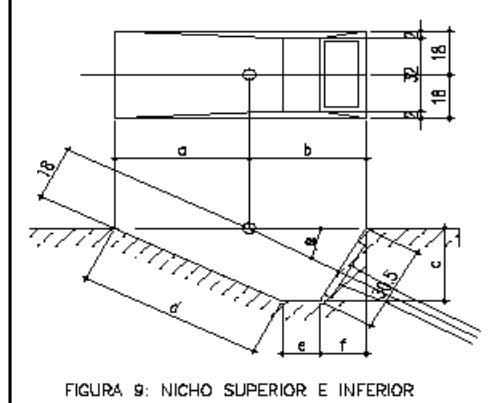


FIGURA 9: NICHOS SUPERIOR E INFERIOR

Debido a problemas ejecutivos (interferencia con estructuras y apoyo) se recomienda evitar salidas por debajo de vigas siempre que fuera posible.

Nichos para anclajes en los extremos de vigas

Las salidas de cables en los extremos de vigas presentan dos hipótesis:

- Existen varios cables en los extremos de la viga con los anclajes próximos unos de los otros. Para este caso, se aconseja preparar la estructura de modo que toda la superficie de los anclajes presente continuidad. De este modo, se facilita la ejecución de las estructuras y, al mismo tiempo, se garantiza libre acceso para los gatos hidráulicos durante la operación de pretensado.
- Existen pocos cables en los extremos de la viga con los anclajes razonablemente distanciados unos de los otros. En este caso, se pueden utilizar nichos individuales, cuyas dimensiones varían con la unidad de pretensado utilizada.

La placa de anclaje, trompeta y la espiral de confinamiento, forman un conjunto que es ajustado al encofrado por medio de tornillos. Se recomienda que sean detalladas las extremidades de las vigas de la siguiente manera: ver figura 10

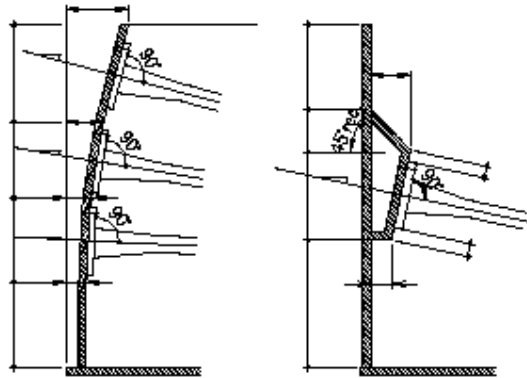


FIGURA 10

Elección del Cable

Conforme fue mencionado anteriormente, se deben tener en consideración posibles problemas ejecutivos en relación a movimientos y acceso para el equipamiento de pretensado ya en la fase de la elección del esquema del cableado.

Teóricamente existen siempre varias soluciones tanto para la capacidad como para los complementos de los cables.

El Sistema PRECON ofrece la posibilidad de pretensar cables de esfuerzos diferentes con el mismo gato hidráulico. De esta manera se puede pretensar cables de 5 a 12 cordones con un gato hidráulico de 2MN.

PROCEDIMIENTO DE TESADO

Introducción

Este procedimiento se ocupa del proceso de tesado de cables dentro de miembros de hormigón.

Vainas y Armaduras

La ubicación de las vainas dentro de la estructura de hormigón deberá ser verificada con los planos de construcción previa a la operación de tesado. También se deberá verificar la correcta ubicación de las armaduras de confinamiento, previo a la operación de hormigonado.

Equipos

- Requerimientos

El equipo para el proceso de tesado consistirá en:

- Gato hidráulico
- Bomba hidráulica con mangueras de conexión al gato, provista de equipamiento para medición de presión de tesado (manómetro calibrado)
- Peines guías
- Cilindros de anclajes de acuerdo al tipo de cables a tesar

- Cuñas de anclaje
- Elementos de medición de elongación
- Carro para traslado de gato dentro de la obra
- Aparejo para izaje de gato hasta la altura del cable a tesar
- Juego de herramientas de mano para reparaciones menores

Conexiones a la entrada del gato

Las mangueras deberán ser herméticamente conectada a la entrada del gato. Se recomiendan grampas, abrazaderas o conexiones similares. Se deben evitar pérdidas en las conexiones.

Prueba de equipos

Se recomienda realizar una prueba de la bomba hidráulica, y del gato de tesado, previo al traslado a la obra, a los efectos de detectar anomalías y subsanarlas en taller.

Dentro de la prueba se recomienda chequear detalladamente toda la instalación eléctrica de la bomba hidráulica.

Materiales

Durante el transporte, almacenamiento, construcción, y después de la instalación de los elementos pretensados, antes de la inyección, el acero de pretensado, los anclajes y las vainas deben ser protegidos para evitar la corrosión.

Tipos de materiales a utilizar:

- Cordones $\phi = 1/2"$ o $5/8"$ Grado 270 Baja Relajación Normas IRAM -IAS U 517, ASTM A421
- Cilindro de anclaje Acero SAE 1045
- Cuñas de anclaje Acero SAE 8620 - Cementación 0.5 mm - Dureza RC 55
- Placas de apoyo Acero SAE 1010

Protocolo de tesado

Previo al comienzo de la operación de tesado se deberá disponer de la siguiente información:

- Planilla con la numeración de los distintos cables con los datos técnicos de fuerza de tesado, elongación prevista, tipo de cable, etc.
- Planos con la disposición de los distintos cables, sus anclajes, etc.
- Planilla con datos de hormigonado, donde se destaquen los siguientes datos: calidad de hormigón, fecha de hormigonado, etapas de hormigonado, tipo de curado (aclarar aditivos o curado con vapor), ensayos de probetas certificado por laboratorio, etc.

La operación de tesado

- Coordinación de tiempos

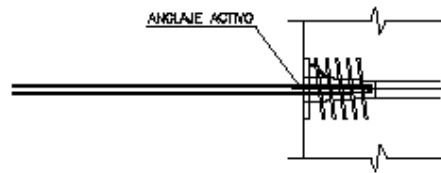
El tesado deberá ser realizado tan pronto como sea posible, dependiendo de la edad del hormigón, especificada por el proyectista.

Como regla general se tesará un cable en una sola operación. De ser necesarias varias operaciones (cables muy extensos), se realizará, en lo posible, en el mismo día.

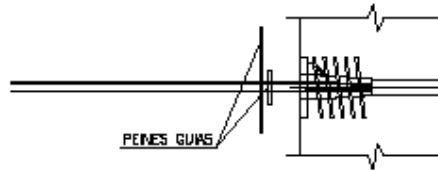
- Velocidad

El tesado de un cable deberá ser realizado sin interrupciones.

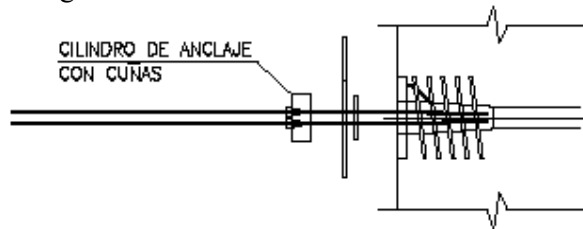
- Procedimiento de ejecución
- Colocación



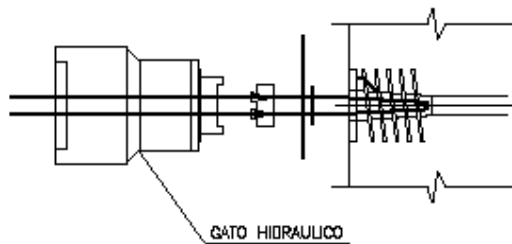
- Limpieza de la zona



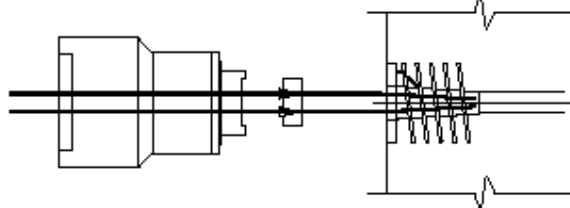
- Peines guías



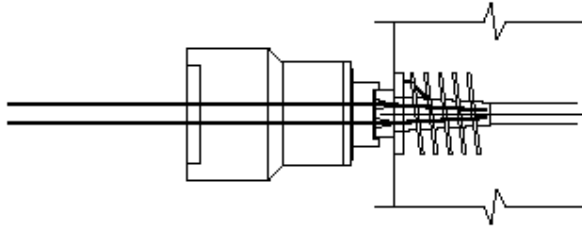
- Bloque de anclaje cilindro con cuñas



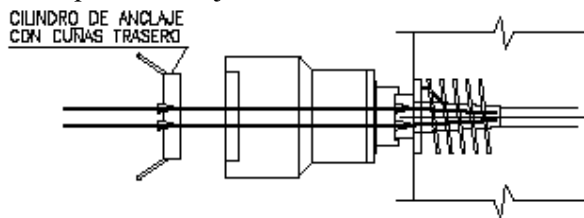
- Enhebrado de cables en cabezal del gato



-Ajuste bloque cilindro anclaje

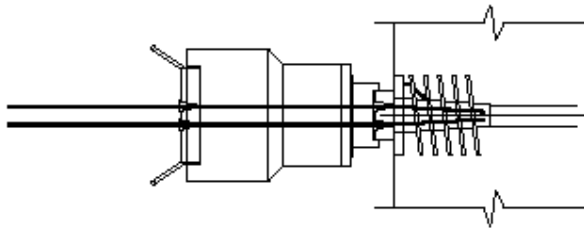


-Bloque de anclaje trasero con cuñas



- Tesado

- Se fijan los cordones en el bloque trasero del gato
- Se acciona la bomba para dar presión al aceite en el cilindro de tesado
- Se controla la presión en manómetro correspondiente al esfuerzo deseado en el cable. Se mide elongación de los cables.



- Desmonte del gato
- Se acciona la Bomba para el vaciado del cilindro
- Se mide el retroceso de cuñas
- Se desmonta el gato

- Seguridad

Se deberán tomar medidas precautorias con los operarios, los que deberán contar con todos los elementos de seguridad.

- Limpieza

Todos los equipos deberán ser cuidadosamente limpiados luego de la operación de tesado.

Control en Obra

- Operadores

Todas las operaciones de tesado serán realizadas por operarios y personal especializado.

- Abastecimiento

Antes de comenzar la operación de tesado, se deberá contar con un adecuado abastecimiento de cilindros de anclaje y cuñas. Se recomienda que la bomba y las mangueras auxiliares se mantengan en posición para un eventual cambio. Se deberá contar con piezas de repuesto en Obra.

- Extremo anclaje activo

Cuando la operación de tesado esté finalizada, los extremos de los cables del lado activo deberán ser cortados detrás de las cuñas de anclajes (aproximadamente 3 cm). Los huecos se rellenarán y sellarán de forma adecuada usando hormigón.

Los anclajes deberán ser protegidos ante un eventual ingreso de agua o agentes agresivos.

- Inspección

Se recomienda una inspección detallada de los equipos y materiales, antes, durante y después de la operación de tesado.

- Reporte de tesado

Se completará la planilla de reporte de tesado, con los datos de obra. Se recomienda realizar todos los comentarios referentes a las novedades surgidas durante el tesado. Se adjunta una copia de la planilla de reporte de tesado y de control de calidad.

PROCEDIMIENTO DE INYECCION

Introducción

Este procedimiento se ocupa del proceso de inyección de vainas de cables de pretensado dentro de miembros de hormigón.

Vainas, Entrada y Salidas

La ubicación de las vainas dentro de la estructura de hormigón deberá ser verificada con los planos de construcción previa a la operación de tesado.

Equipos

- Requerimientos

El equipo para el proceso de inyección consistirá en un mezclador, un tamiz, un recipiente de almacenamiento, una bomba con las necesarias mangueras, válvulas, elementos de medición para agua, cemento, aditivos y equipos de ensayos.

- Conexiones a la entrada de la vaina

Las mangueras deberán ser herméticamente conectadas a la entrada de la vaina. Se recomiendan grampas, abrazaderas o conexiones similares. Se deben evitar orificios angostos por donde el mortero no pueda pasar.

- Equipos de preparación

Se requiere de un compresor de aire para probar el libre paso a través de la vaina y para eliminar el exceso de agua.

Cuando se encuentre una vaina bloqueada o la operación de llenado se deba interrumpir, se deberá bombear agua a presión para limpiar la vaina. Donde no haya agua potable se deberá disponer de un tanque y una bomba. Se recomienda disponer de un equipo de mezclado, un equipo de bombeo, mangueras y repuestos auxiliares.

- Condiciones extremas

- Climas cálidos

Para evitar que la temperatura del mortero exceda, por causas climáticas, los 40° C el mortero deberá ser producido y mantenido a temperaturas mas bajas mediante el uso de una aislación térmica o un sistema de refrigeración. También se puede considerar el uso de hielo.

- Climas fríos

La instalación completa deberá ser aislada de forma que la temperatura del mortero pueda ser mantenida por encima de los 10°C antes de su entrada a la bomba. Para obtener esto puede ser de utilidad el precalentamiento de los equipos incluyendo mangueras y conexiones.

Mortero de inyección

El mortero de inyección será definido por el responsable técnico de la operación. Deberá cumplir con los requerimientos normativos en cuanto a características de los materiales, tiempo de mezclado, características del mortero (fluidez, expansión y exudación). Se deberán registrar el resultado de los ensayos de aptitud del mortero antes de la inyección.

La operación de llenado

- Coordinación de tiempos

El llenado deberá ser realizado tan pronto como sea posible después de la operación de tesado.

Como regla general se llenará una vaina en una sola operación.

- Velocidad

El llenado de una vaina deberá ser realizado sin interrupciones.

La velocidad de bombeo del mortero puede variar de 5 a 15 m/min dependiendo de las circunstancias.

Se recomienda velocidad baja para vainas verticales.

Es necesaria una velocidad mayor para cables largos o de gran diámetro

En climas cálidos es recomendable una alta velocidad.

- Procedimiento

Se deberá mantener un flujo continuo y unidireccional. El mortero deberá ser bombeado a través de la vaina y se dejara fluir a través de las salidas hasta que se note la misma viscosidad que en la entrada. Las salidas quedarán herméticamente cerradas a medida que el llenado de la vaina progrese. Se deberá chequear que no ocurra ninguna pérdida por fisura.

Con el fin de asegurarse que el cable quedó lleno de mortero se deberán tomar precauciones para evitar que el mortero fluya fuera de la vaina después de la operación de llenado.

En general los cables deberán ser llenados desde la entrada más baja. El mortero se usara dentro de los 30 minutos de mezclado para asegurar la trabajabilidad de la mezcla.

Se podrán usar retardadores de fragüe cuando un tiempo mayor sea necesario.

- Agua de exudación

Si se usa un agente expansor en el mortero, los puntos altos deberán ser abiertos después del llenado para permitir que el agua de exudación salga de las vainas.

- Re-inyección

El llenado puede ser complementado por una re-inyección en casos donde la acumulación de agua sea posible.

- Seguridad

Se deberán tomar medidas precautorias en los ojos y la piel de los operadores ante el contacto con el mortero.

- Limpieza

Todos los equipos deberán ser cuidadosamente limpiados luego de la operación de llenado.

Control en Obra

- Operadores

Todas las operaciones de llenado serán realizadas por operarios y personal especializado.

- Abastecimiento

Antes de comenzar la operación de llenado, se deberá contar con un adecuado abastecimiento de agua y aire comprimido. Se recomienda que la mezcladora, la bomba y las mangueras auxiliares se mantengan en posición para un eventual cambio rápido. Se deberá contar con piezas de repuesto en obra.

- Equipo de ensayos

Se deberá asegurar la presencia en obra de los equipos de ensayo de exudación, expansión y trabajabilidad del mortero.

- Bloqueos

En el caso de un bloqueo, se deberá tener la certeza de su ubicación, ya sea en la vaina o en la manguera. Una manguera puede ser desacoplada y desbloqueada con agua a presión, o eventualmente reemplazada por una manguera nueva. Una vaina puede ser desbloqueada con el uso de agua o aire a presión.

Medidas a tomar luego de la inyección

- Completamiento del llenado

Aproximadamente 30 min. después del llenado, antes de que el mortero endurezca, se deberán chequear todas las salidas. En los casos donde se formen vacíos, se deberá agregar mortero a través de la salida, o se deberá realizar una operación de re-inyección usando una entrada y salida.

- Salidas

Cuando el mortero esté fraguado, las salidas deberán ser cortadas por debajo de la superficie del hormigón. Los huecos se rellenarán y sellarán de forma adecuada usando materiales que eviten el ingreso de agua.

- Anclajes

Los anclajes deberán ser protegidos ante un eventual ingreso de agua o agentes agresivos.

- Inspección

En caso de dudas (por ej. cuando ocurrieron anomalías durante el proceso de inyección) puede ser posible analizar el fraguado del mortero mediante gamagrafía. Una Inspección detallada de áreas sospechosas puede ser obtenida taladrando agujeros y usando un endoscopio.

3.2 Sistema a utilizar

En nuestro caso, utilizaremos el postesado con adherencia a posteriori. Ésta adherencia se logrará por medio de la inyección de mortero llenando completamente los orificios previstos en las piezas para el pasaje de los cables.

De acuerdo al diseño de la estructura, el trazado de los cables será recto a lo largo de todo el fuste, evitando de ésta forma pérdidas por desvío y fricción.

En la cara inferior del anillo superior del tronco de la base irán cinco placas de acero, en correspondencia con los orificios, que servirán de apoyo para los anclajes. Las dimensiones de estas placas serán de 15 cm de lado y 1,5 cm de espesor. Tendrán cuatro orificios de 15 mm de diámetro cada uno para permitir el pasaje de los cables de ϕ 12,7 mm.

Otras cinco placas de acero de las mismas características irán en la última pieza del fuste, en nichos especialmente proyectados, donde se anclarán los cables para su tesado.

Cada cable tendrá en sus extremos una placa de anclaje en la cual apoya el sistema de anclaje compuesto por un juego de cuña y portacuña, diseñados para soportar la carga de rotura del cordón.

Este sistema con adherencia a posteriori nos da mayor seguridad en el caso de falla de uno o más de los anclajes de cuña y portacuña, ya que la transmisión del esfuerzo de tesado se producirá por adherencia entre el cordón y las piezas por medio del mortero inyectado.

3.3 Cálculo de la tensión de los cables (Servicio)

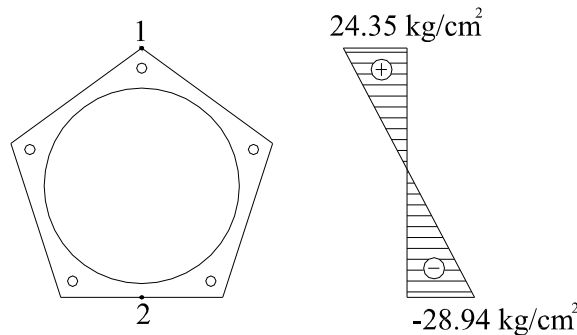
Para realizar este cálculo tendremos en cuenta el peso propio y el viento.

La tensión de tracción en la base del fuste provocada por el peso propio de la estructura y el viento en la dirección 1-2 será:

$$\sigma_1 = -N/A + M/W_1 = 24.35 \quad \text{kg/cm}^2$$

y la de compresión será de:

$$\sigma_2 = -N/A - M/W_2 = -28.94 \quad \text{kg/cm}^2$$

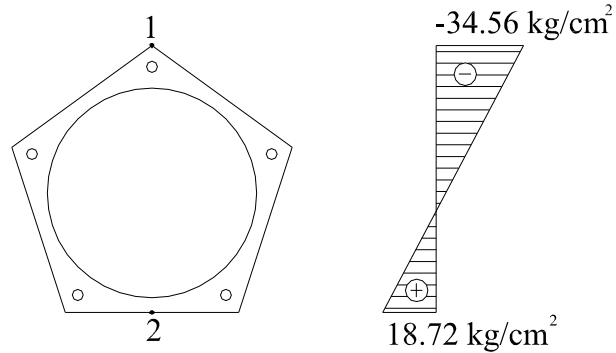


La tensión de tracción en la base del fuste provocada por el peso propio de la estructura y el viento en la dirección 2-1 será:

$$\sigma_1 = -N/A - M/W_1 = -34.56 \quad \text{kg/cm}^2$$

y la de compresión será de:

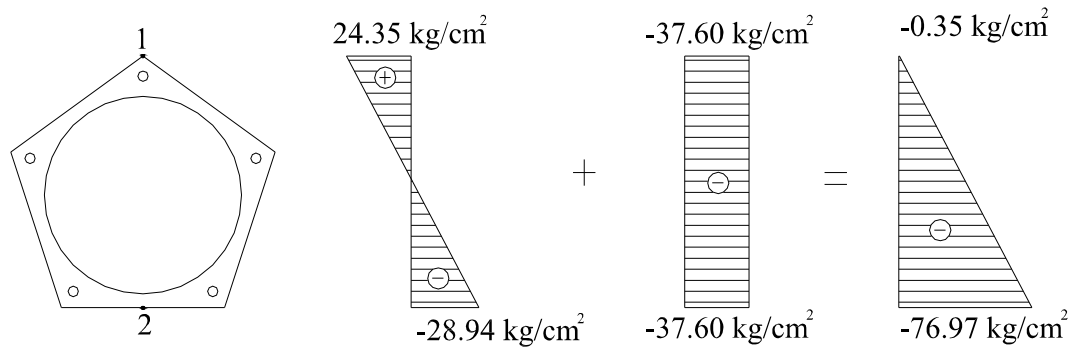
$$\sigma_2 = -N/A + M/W_2 = 18.72 \text{ kg/cm}^2$$



Cabe aclarar que en estas tensiones no se tuvo en cuenta el peso del agua. Por lo tanto, la máxima tensión de tracción que se genera, es de 24.35 kg/cm². La carga necesaria V de compresión para que la tensión de tracción $\sigma = 24.35 \text{ kg/cm}^2$ obtenida anteriormente sea nula será:

$$V(\text{kg}) = -\sigma \times A = 121717.19 \text{ kg}$$

Con esta fuerza de compresión se logrará eliminar las tensiones de tracción que provocarían fisuras perjudiciales para cualquier estructura.



Propiedades mecánicas de los cordones para postesado marca Acindar

Designación del cordón(1)	Diámetro nominal del cordón	Área nominal de la sección transversal del cordón	Masa por unidad de long.	Carga de rotura mínima
	mm	mm ²	kg/m	Qt / kN
C1900	9.5	54.8	0.434	102
C1900	12.7	98.7	0.778	184
C1900	15.2	140	1.134	261

3.3.1 Calculo de las pérdidas

- Pérdidas debidas a deformación elástica, fluencia lenta y retracción del hormigón

$$\epsilon_b(t) = \epsilon_{el} + \epsilon_{kt} + \epsilon_{st}$$

$\epsilon_b(t)$ = deformación del hormigón en función del tiempo, bajo tension constante.

- deformación elástica ϵ_{el}

$$\epsilon_{el} = \sigma_b / E_b \quad \text{donde} \quad \sigma_b = V / A_b = 24.35 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b \text{ para H-30} = 340000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_{el} = \sigma_b / E_b = 0.00007161 \text{ m}$$

- Fluencia lenta ϵ_{kt}

$$\epsilon_{kt} = \sigma_b \times \phi_t / E_b \quad \phi_t = \text{factor de fluencia}$$

Se dimensiona para $t = \text{infinito}$

Espesor medio = $2x A / \text{perímetro}$ donde perímetro = 475 cm

Espesor medio = 21.05 Curva 2 90 días $\phi = 1.5$

$$\epsilon_{kt} = \sigma_b \times \phi_t / E_b = 0.0001074$$

- Retracción ϵ_s

$$\text{Curva 2 a 90} \quad \epsilon_s = 0.00022$$

Deformación total $\epsilon_b(t)$

$$\epsilon_b(t) = \epsilon_{el} + \epsilon_{kt} + \epsilon_{st} = 0.000399 \text{ m}$$

Luego como $\epsilon_{bt} = \epsilon_{tt}$ tenemos que la perdida de tension en el cable es:

$$\Delta\sigma t = \epsilon b(t) \times E t = 818.015 \text{ kg/cm}^2$$

Donde $E t = 2050000 \text{ kg/cm}^2$

Por lo tanto $\Delta\sigma t / \sigma_{t0} = 0.09975$ o sea 9.97%

- Perdidas por entrada de conos

En nuestro caso al ser la excentricidad = 0 α_k es igual a cero

$\gamma_k = \alpha_k + \beta \times \lambda_k$ Donde $\beta = 0.013 \text{ rad/m}$
 $\lambda_k = 14 \text{ m}$

$\gamma_k = 0.182$

$V_k = V_0 \times (1 - \mu \times \gamma_k)$ Donde $\mu = \text{coeficiente de fricción} = 0.23$

$V_k = 116622.1 \text{ kg}$

Perdida $\Delta v_k = 10190.162 \text{ kg}$

Deslizamiento de la cuña

$\Delta l_k = \Delta v_k \times (l_k/2) / A t / E t = 0.1369 \text{ cm}$

Donde $A t$ es el área total de acero $A t = 25.4$

$\Delta v_k / V_0 = 0.08372 \text{ m}$ o sea 8.37%

- Pérdidas por relajamiento del acero

Según Leonhardt se adopta entre 1 y 2%. Adoptamos una pérdida de 2%

- Perdidas totales

Fluencia, Def. elástica y ret	9.97%
Entrada de conos	8.37%
Relajamiento del acero	2.00%
Total	20.34%

Según esta tabla, la carga de rotura mínima para cada cordón es de:

Diámetro nominal del cordón	Carga de rotura mínima	Carga a aplicar	Perdidas	Carga de trabajo
mm	Tn	20%	20.34%	tn
9.5	10.2	8.16	6.50	6.50
12.7	18.4	14.72	11.73	11.73
15.2	26.1	20.88	16.63	16.63

Diámetro nominal del cordón	Carga de trabajo	Esfuerzo de pretensado total V	Cant. Cables necesarios V total / Carga de trabajo
mm	tn	tn	n°
9.5	6.50	121.72	18.72
12.7	11.73	121.72	10.38
15.2	16.63	121.72	7.32

Según la tabla anterior necesitaríamos 10.38 cables, pero al tener 5 orificios donde pasarlos adoptamos 15 cordones de 12,7 mm de diámetro nominal, o sea cinco grupos de tres cables cada uno.

Como son 15 cables los que tensan la columna, la tensión en cada cable va a ser :

$$\frac{121717.19 \text{ Kg}}{15 \text{ n}^\circ \text{ de cables}} = 8114.48 \text{ kg}$$

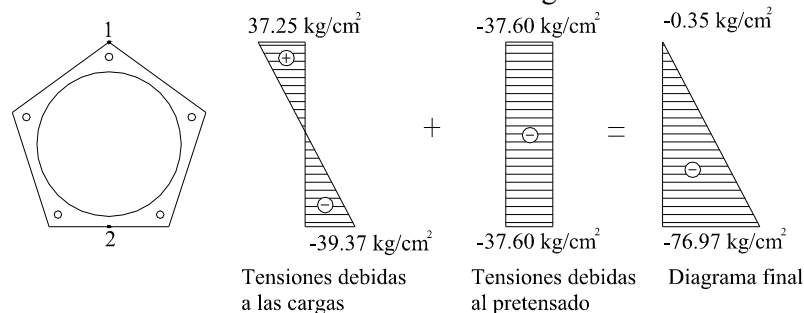
Por lo tanto adoptamos una tensión por cable de 8200 kg

3.3.2 Verificación de tensiones en el hormigón:

1º con el tanque vacío mas el esfuerzo de viento.

$$\sigma_1 = -N_{\min}/A + M/W_1 = -0.257 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{mínima Compresión}$$

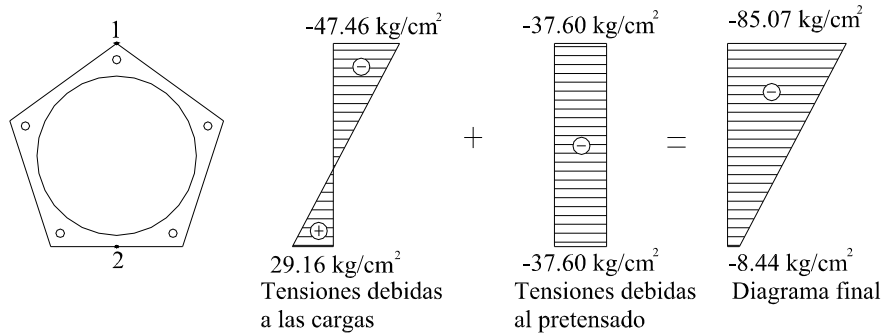
$$\sigma_2 = -N_{\min}/A - M/W_2 = -53.54 \text{ kg/cm}^2$$



2º con el tanque vacío mas el esfuerzo de viento (sentido inverso).

$$\sigma_1 = N_{\min}/A + M/W_1 = -59.16 \text{ kg/cm}^2$$

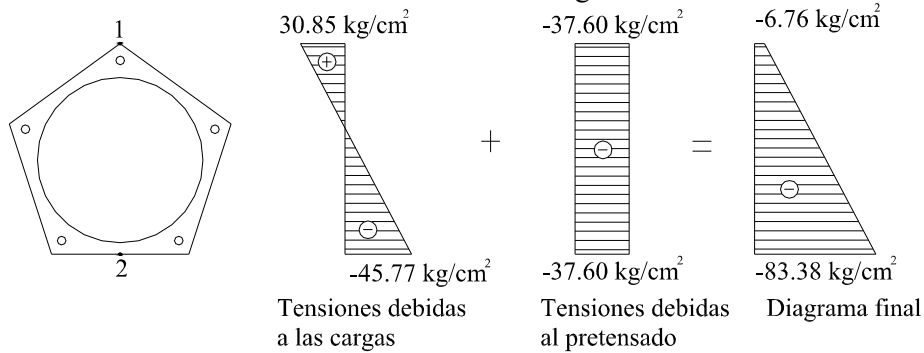
$$\sigma_2 = N_{\min}/A - M/W_2 = -5.88 \text{ kg/cm}^2$$



3° con el tanque lleno mas el esfuerzo de viento.

$$\sigma_1 = N_{MAX}/A + M/W_1 = -6.658 \text{ kg/cm}^2$$

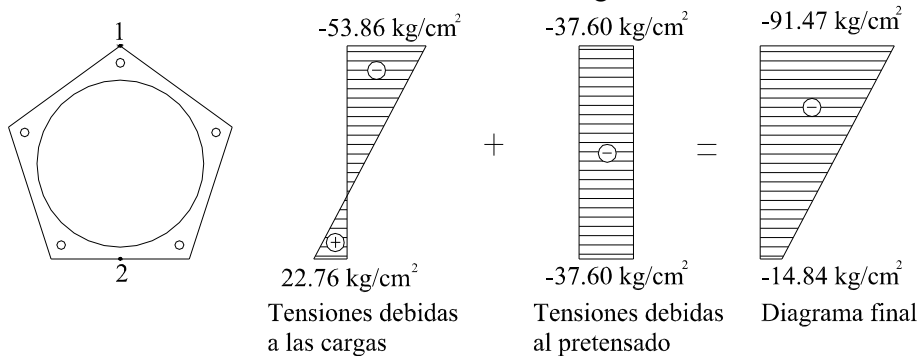
$$\sigma_2 = N_{MAX}/A - M/W_2 = -59.94 \text{ kg/cm}^2$$



4° con el tanque lleno mas el esfuerzo de viento (sentido inversos).

$$\sigma_1 = -N_{MAX}/A + M/W_1 = -65.56 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{MAXIMA Compresion}$$

$$\sigma_2 = N_{MAX}/A - M/W_2 = -12.28 \text{ kg/cm}^2$$



Como se puede observar aún en las peores condiciones, el hormigón está comprimido y en la parte más comprometida la tensión es menor a 109 kg/cm^2 que es la tensión de trabajo de un hormigón de calidad H-30.

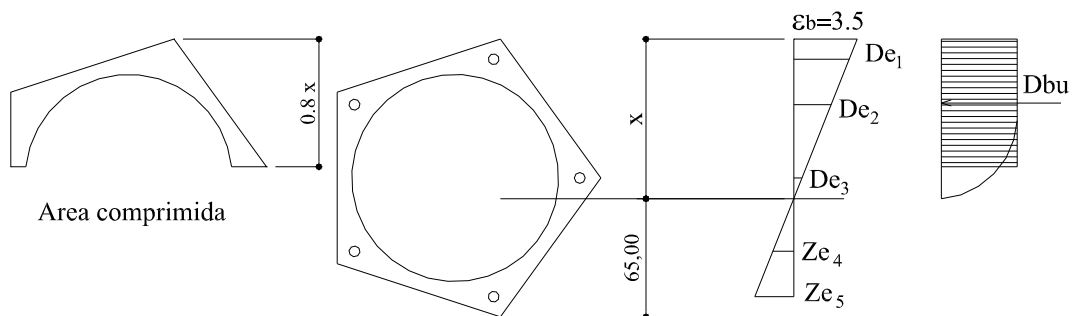
3.4 Verificación de la tensión de los cables (Rotura)

Verificaremos la situación de los 15 cables bajo la acción de los esfuerzos últimos. Para ello analizaremos la sección en tres posibles posiciones distintas entre sí.

El análisis se realiza por tanteos, adoptando diferentes configuraciones de tensiones hasta conseguir el equilibrio. Éste último se dará cuando el coeficiente de seguridad υ respecto al esfuerzo normal sea aproximadamente igual al coeficiente de seguridad υ con respecto al momento.

$$\upsilon = N_u/N_s = M_u/M_s$$

3.4.1 Posición 1



En la tabla siguiente obtenemos las deformaciones del acero debidas al gráfico anterior y a la tensión del pretensado. Con ellas obtenemos la fuerza en cada cable y la fuerza total.

	ϵ (1)	Tension	Def.inicial (2)	Def. final	Fuerza / cable	Fuerza total
	cm	Kg/m ²	cm	1+2	kg	kg
De1 =	-0.00306	8307.162	0.00415	0.00110	2191.962	6575.887
De2 =	-0.00206	8307.162	0.00415	0.00209	4180.322	12540.967
De3 =	-0.00045	8307.162	0.00415	0.00370	7397.442	22192.327
Ze4 =	0.00115	8307.162	0.00415	0.00531	10614.802	31844.407
Ze5 =	0.00215	8307.162	0.00415	0.00630	12603.162	37809.487
					Suma de tracciones	69653.894

- Compresión del hormigón

La tensión β_r del hormigón para una deformación de 3.5 por mil es de 218 kg/cm²
 El área comprimida de la pieza (0.8 x) es de 2390.14 cm²
 Por lo tanto la fuerza total de compresión es el resultado de multiplicar $\beta_r \times$ Area comp
 $Db = 521050.5$ kg

La resultante de compresión será la resta entre $Db - (De1+De2+De3) = 479741.3$ kg

- Coeficiente de seguridad

La diferencia entre las fuerzas de compresión y las de tracción sería el esfuerzo normal último $Nu = 410087.4$ kg

Como obtuvimos anteriormente, el esfuerzo normal en servicio es $Ns = 57527$ kg

Por lo que obtenemos el coeficiente de seguridad $\nu = Nu/Ns = 7.13$

- Cálculo del momento último

Para obtener el momento debemos multiplicar cada fuerza por su respectiva distancia al eje neutro, teniendo en cuenta el signo del momento generado por cada una de ellas, como se muestra en la siguiente tabla.

El momento total con respecto al eje neutro será la sumatoria de los momentos generados por las fuerzas en juego.

	Fuerza	Dist al eje	Momento
	kg	cm	kgcm
De1 =	-6575.89	76.72	-504523.11
De2 =	-12540.97	51.78	-649328.64
De3 =	-22192.33	11.41	-253261.06
Ze4 =	-31844.41	28.95	-921972.01
Ze5 =	-37809.49	-53.90	2037897.33
Dbu =	-521050.48	-55.21	28765581.55

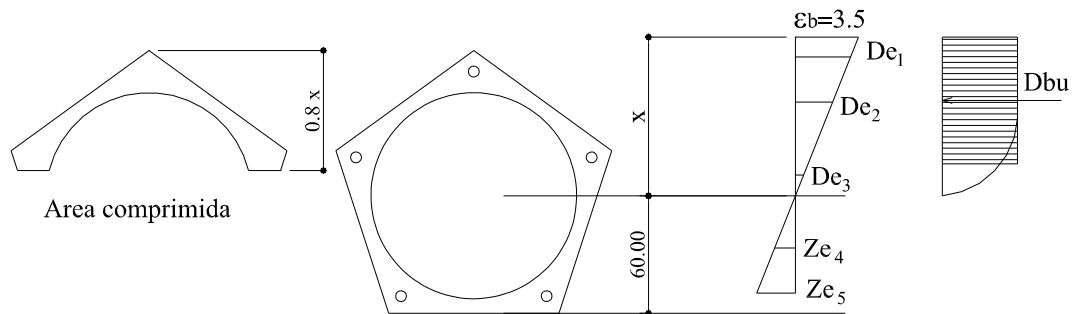
$$M \text{ total} = 28474394.06 \text{ kgcm}$$

Como obtuvimos anteriormente, el momento en servicio es $M_s = 3826738.4 \text{ kgcm}$

Por lo que obtenemos el coeficiente de seguridad $\nu = M_u/M_s = 7.44$

Por lo tanto el coeficiente de seguridad de el esfuerzo normal es aproximadamente igual al coeficiente de seguridad debido al momento, (diferencia del 4 %), por lo que se encuentra en equilibrio.

3.4.2 Posición 2



En la tabla siguiente obtenemos las deformaciones del acero debidas al gráfico anterior y a la tensión del pretensado. Con ellas obtenemos la fuerza en cada cable y la fuerza total.

	ϵ (1)	Tension	Def.inicial (2)	Def. final	Fuerza / cable	Fuerza total
	cm	Kg/m ²	cm	1+2	kg	kg
De1 =	-0.00301	8307.162	0.00415	0.00114	2280.762	6842.287
De2 =	-0.00108	8307.162	0.00415	0.00308	6156.502	36939.014
Ze3 =	0.00206	8307.162	0.00415	0.00622	12434.362	74606.174

Suma de tracciones	74606.174
--------------------	-----------

- Compresión del hormigón

La tensión β_r del hormigón para una deformación de 3.5 por mil es de 218 kg/cm^2

El área comprimida de la pieza (0.8 x) es de 2433.9244 cm^2

Por lo tanto la fuerza total de compresión es el resultado de multiplicar $\beta_r \times \text{Area comp}$

$Db = 530595.52 \text{ kg}$

La resultante de compresión será la resta entre $Db - (De1+De2+De3) = 486814.2 \text{ kg}$

- Coeficiente de seguridad

La diferencia entre las fuerzas de compresión y las de tracción sería el esfuerzo normal último $Nu = 412208.4 \text{ kg}$

Como obtuvimos anteriormente, el esfuerzo normal en servicio es $Ns = 57527 \text{ kg}$

Por lo que obtenemos el coeficiente de seguridad $v = Nu/Ns = 7.16$

- Cálculo del momento último

Para obtener el momento debemos multiplicar cada fuerza por su respectiva distancia al eje neutro, teniendo en cuenta el signo del momento generado por cada una de ellas, como se muestra en la siguiente tabla.

El momento total con respecto al eje neutro será la sumatoria de los momentos generados por las fuerzas en juego.

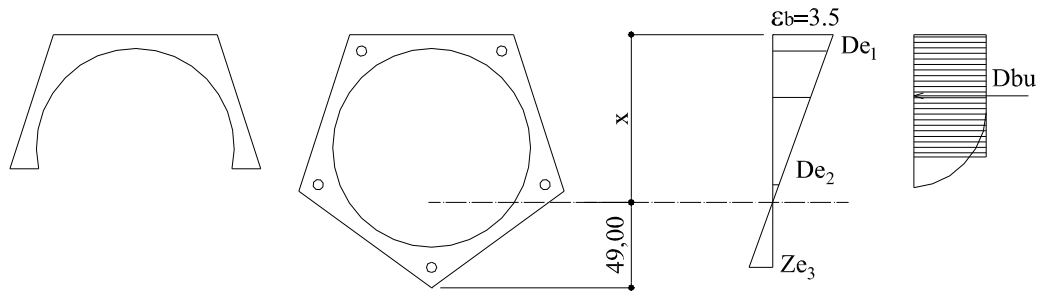
	fuerza	dist al eje	Momento
	kg	cm	kgcm
De1 =	-6842.287	73.672	-504086.350
De2 =	-36939.014	26.221	-968574.202
Ze3 =	-74606.174	-50.557	3771864.358
Dbu =	-530595.519	-49.525	26277477.791
		M total =	28576681.596

Como obtuvimos anteriormente, el momento en servicio es $Ms = 3826738.4 \text{ kgcm}$

Por lo que obtenemos el coeficiente de seguridad $v = Mu/Ms = 7.46$

Por lo tanto el coeficiente de seguridad de el esfuerzo normal es aproximadamente igual al coeficiente de seguridad debido al momento, (diferencia del 4 %), por lo que se encuentra en equilibrio.

3.4.3 Posición 3



	ϵ	Tension	Def.inicial	Def. final	Fuerza / cable	Fuerza total
	cm	Kg/m ²	cm	1+2	kg	kg
De1 =	-0.00316	8307.16239	0.00415	0.00100	1993.262	15946.099
De2 =	0.00037	8307.16239	0.00415	0.00452	9042.562	72340.499
Ze3 =	0.00136	8307.16239	0.00415	0.00551	11019.242	44076.970

Suma de tracciones	44076.970
--------------------	-----------

- Compresión del hormigón

La tensión β_r del hormigón para una deformación de 3.5 por mil es de 218 kg/cm²
 El área comprimida de la pieza (0.8 x) es de 2740.44 cm²
 Por lo tanto la fuerza total de compresión es el resultado de multiplicar $\beta_r \times$ Area comp
 $Db = 597416.53$ kg

La resultante de compresión será la resta entre $Db - (De1+De2+De3) = 581470.43$ kg

- Coeficiente de seguridad

La diferencia entre las fuerzas de compresión y las de tracción sería el esfuerzo normal último $Nu = 537393.46$ kg
 Como obtuvimos anteriormente, el esfuerzo normal en servicio es $Ns = 57527$ kg

Por lo que obtenemos el coeficiente de seguridad $\nu = Nu/Ns = 9.34$

- Cálculo del momento último

Para obtener el momento debemos multiplicar cada fuerza por su respectiva distancia al eje neutro, teniendo en cuenta el signo del momento generado por cada una de ellas, como se muestra en la siguiente tabla.

El momento total con respecto al eje neutro será la sumatoria de los momentos generados por las fuerzas en juego.

	fuerza	dist al eje	Momento
	kg	cm	kgcm
De1 =	-15946.0992	86.9014	-1385738.341
De2 =	-72340.4992	10.1235	-732339.0432
Ze3 =	-44076.9696	-37.3278	1645296.305
Dbu =	-597416.53	-63.08	37685034.74
		M total =	37212253.66

Como obtuvimos anteriormente, el momento en servicio es $M_s = 3826738.4 \text{ kgcm}$

Por lo que obtenemos el coeficiente de seguridad $\nu = M_u/M_s = 9.72$

Por lo tanto el coeficiente de seguridad de el esfuerzo normal es aproximadamente igual al coeficiente de seguridad debido al momento, (diferencia del 4 %), por lo que se encuentra en equilibrio.

Como conclusión final podemos decir que el coeficiente de seguridad será el más bajo de los tres casos estudiados, o sea la posición nº 1 con coeficiente de seguridad promedio de 7.27 aproximadamente.

Como vemos, estamos muy por encima del mínimo reglamentario, que es 1.75.

Esto se debe a que el fuste fue diseñado para soportar cargas mayores (ó sea para cubas de mayor tamaño para la cual fue verificado), tema que no será abordado en el presente trabajo.

Queda a disposición del lector realizar las verificaciones para cualquiera de las posiciones restantes de las piezas.

3.5 Cálculo de armadura pasiva

La armadura pasiva será el 25% de la necesaria si la columna estuviera sometida a estas sollicitaciones sin contar con el tesado de los cables.

- Calculo con el tanque vacío

$$N \text{ (kg)} = 25527.172$$

$$M \text{ (kgcm)} = 5502750$$

$$\beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_r = 230 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensionamiento del hormigón

$$A_b \text{ (cm}^2\text{)} = 4998.993$$

Dimensionamiento del acero

$$n = N / A_b \times \beta_r = -0.022$$

$$\text{De tabla 1.29b } \omega_1 = 0$$

$$m = M / A_b \times d \times \beta_r = 0.023$$

Por lo tanto adoptamos la cuantía mínima $\mu_{ot} = 0.008$

$$A_s = \mu_{ot} \times A_b = 39.99 \text{ cm}^2$$

Armadura longitudinal 1 ϕ 8 cada 10 cm en cada cara

Estribos 6 ϕ 6 en toda la pieza

- Cálculo con el tanque lleno

$$N \text{ (kg)} = 57527.172$$

$$M \text{ (kgcm)} = 5502750$$

$$\beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_r = 230 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensionamiento del hormigón

$$A_b \text{ (cm}^2\text{)} = 4998.993$$

Dimensionamiento del acero

$$n = N / A_b \times \beta_r = -0.005$$

$$\text{De tabla 1.29b } \omega_1 = 0$$

$$m = M / A_b \times d \times \beta_r = 0.023$$

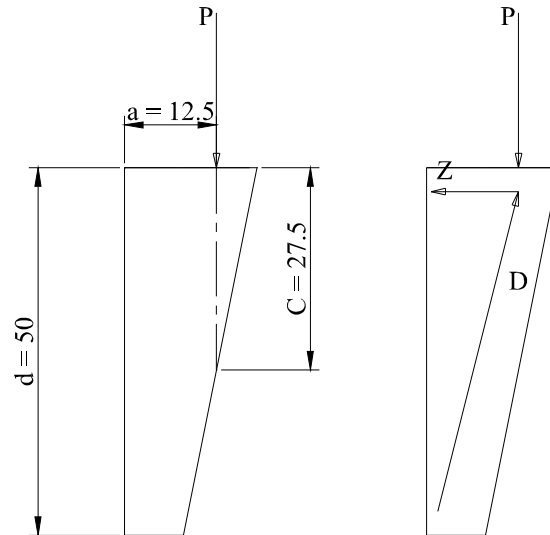
Por lo tanto adoptamos la cuantía mínima $\mu_{ot} = 0.008$

$$A_s = \mu_{ot} \times A_b = 39.99 \text{ cm}^2$$

Armadura longitudinal 1 ϕ 8 cada 10 cm en cada cara

Estribos 6 ϕ 6 en toda la pieza

3.6- Dimensionamiento pieza especial



Para dimensionar ésta pieza especial usaremos el método de dimensionamiento de ménsulas cortas. Una ménsula trabaja con un cordón traccionado en su parte superior y una diagonal comprimida. Las tensiones σ son constantes en la longitud “a”. La diagonal comprimida se estrecha en la parte inferior. Las tensiones principales de tracción y compresión pueden resumirse en los esfuerzos D y Z.

Datos:

$$P = 8400 \text{ kg}$$

$$z = 0.8 \times h = 36 \text{ cm}$$

$$a = 12.5 \text{ cm}$$

$$\beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = d - 0.1d = 45 \text{ cm}$$

$$\beta_r = 230 \text{ kg/cm}^2$$

$$\upsilon = 1.75$$

$$b = 94.45 \text{ cm}$$

El esfuerzo Z de tracción en la parte superior será:

$$Z = \upsilon \times P \times a / 0.8 \times h = 5133.33 \text{ kg}$$

La armadura necesaria para absorber ésta tracción será:

$$F_e = Z / \beta_s = 1.222 \text{ cm}^2$$

Al ser tan bajo el esfuerzo, la armadura pasiva supera a la armadura necesaria F_e .

- Verificación de la diagonal comprimida

$$\sigma = 6.2 \times P \times (1.6 + a/h) / h \times b = 23.01 \text{ kg/cm}^2$$

Como se observa, la tensión s de la diagonal comprimida está muy por debajo de la tensión admisible $\sigma_{adm} = 109 \text{ kg/cm}^2$

- Tensión de corte ficticia

$$\tau = P / (b \times z) = 2.47 \text{ kg/cm}^2 < \beta r/11 = 20.90 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Buenas condiciones)}$$

4.- Dimensionamiento del triángulo

A continuación se muestra un resumen de los datos obtenidos del programa SAP90 sobre cada sección en estudio.

LOSA Estado 1: Peso propio + Viento + agua

Elemento	Nudo	M11(tnm/m)	M22(tnm/m)	F11(tn/m)	F22(tn/m)
554	463	-0.2112	-0.0168	1.3825	-0.1032
555	463	-0.2112	-0.0168	1.3825	-0.1032
574	463	-0.2112	-0.0168	1.3825	-0.1054
575	463	-0.2112	-0.0168	1.3825	-0.1054
	Promedio	-0.2112	-0.0168	1.3825	-0.1043
254	63	0.247	-0.227	18.32	12.91
255	63	0.247	0.2278	18.326	12.91
	Promedio	0.247	0.0004	18.323	12.91
354	213	-0.0823	-0.247	-0.499	3.99
355	213	-0.0823	-0.247	-0.499	3.99
374	213	-0.0823	-0.247	-0.499	3.36
375	213	-0.0823	-0.247	-0.499	3.36
	Promedio	-0.0823	-0.247	-0.499	3.675

Nervio Horizontal Estado 1: Peso propio + Viento + agua

1	4			2.016	0.2338
2	4			7.536	0.2996
	Promedio	0	0	4.776	0.2667
21	54			0.7174	-0.6874
22	54			0.9298	-0.3278
	Promedio	0	0	0.8236	-0.5076

5	8	-0.03568	0.000837	28.217	-0.1346
6	8	-0.0376	0.000583	27.857	-0.108
	Promedio	-0.03664	0.00071	28.037	-0.1213

25	58			-4.89	-0.436
26	58			-5.699	-0.582
	Promedio	0	0	-5.2945	-0.509

10	13	0.402	-0.0054	-37.852	3.3565
11	13	0.40195	-0.0054	-37.858	3.3565
	Promedio	0.401975	-0.0054	-37.855	3.3565
30	63			18.326	-3.373
31	63			18.326	-3.373
	Promedio	0	0	18.326	-3.373

Nervio vertical Estado 1: Peso propio + Viento + agua

82	76			0.38	2.8733
84	76			0.38	7.712
	Promedio	0	0	0.38	5.29265
83	78			-0.219	-1.8132
85	78			-0.219	-2.254
	Promedio	0	0	-0.219	-2.0336

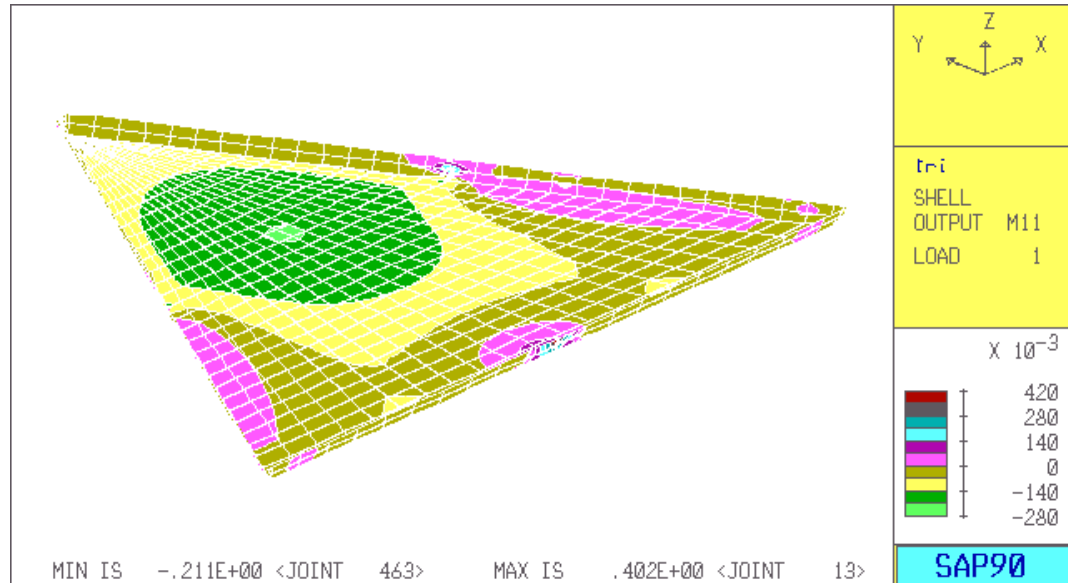
96	251			-0.1143	30.924
98	251			-0.1143	29.895
	Promedio	0	0	-0.1143	30.4095
97	253			-0.459	-6.61
99	253			-0.459	-6.81
	Promedio	0	0	-0.459	-6.71
110	426			3.544	-31.432
112	426			3.544	-33.849
	Promedio	0	0	3.544	-32.6405
111	428			-3.319	15.739
113	428			-3.319	15.768
	Promedio	0	0	-3.319	15.7535

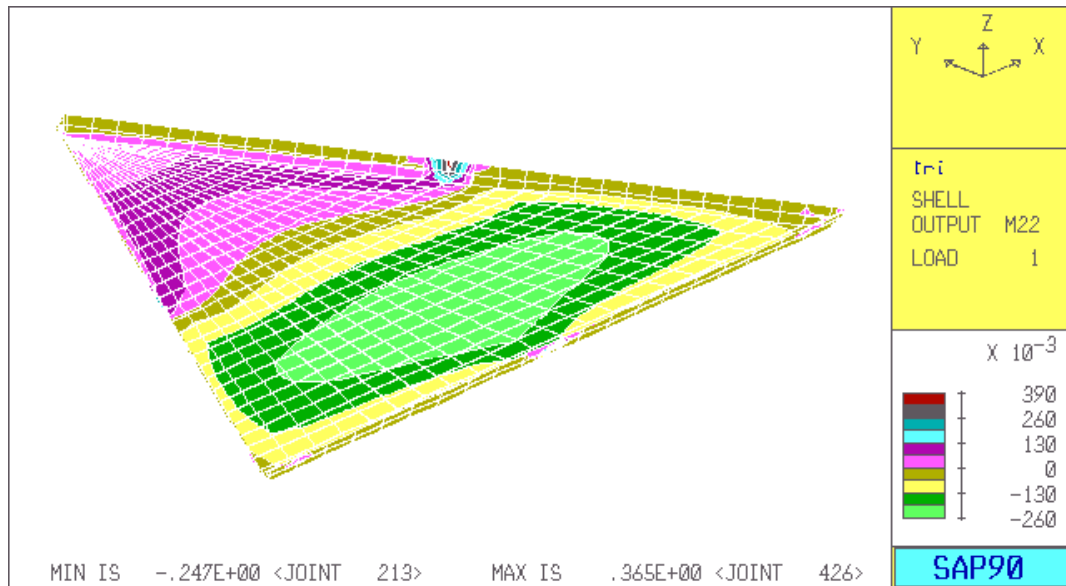
124	601			-0.04895	7.386
126	601			-0.04895	7.906
	Promedio	0	0	-0.04895	7.646
125	603			-0.2414	-3.14
126	603			-0.2414	-2.742
	Promedio	0	0	-0.2414	-2.941

138	776			-0.0877	2.674
140	776			-0.0877	1.821
	Promedio	0	0	-0.0877	2.2475
139	778			0.2694	-0.6717
141	778			0.2694	-0.8496
	Promedio	0	0	0.2694	-0.76065

4.1 Dimensionamiento de la losa

Estos son los gráficos de momento en ambas direcciones mostrados por el programa SAP90.





Datos:

		Tramo	
		463	213
Arm // base	M11(kgcm/m)=	-21120	-8230
Arm perp.	M22(kgcm/m)=	-1680	-24700

$$\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2 \quad d = 3 \text{ cm} \quad b = 100 \text{ cm} \quad \beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensionamiento armadura paralela a la base (m11)

$$m_s = -0.134 \quad \text{de tabla } \omega = 0.27 \quad A_s = 3.43 \quad 1 \phi 8 \text{ cada } 14 \text{ cm}$$

Dimensionamiento armadura perpendicular a la base (m22)

$$m_s = -0.157 \quad \text{de tabla } \omega = 0.33 \quad A_s = 4.14 \quad 1 \phi 8 \text{ cada } 12 \text{ cm}$$

Para evitar confusiones en el armado y dado que no es mucha la diferencia, adoptamos 1 hierro $\phi 8$ cada 12 cm.

4.2 Dimensionamiento de los nervios

Tenemos como dato las fuerzas de compresión y tracción en el nervio. Las sumamos algebraicamente y a la resultante la trasladamos al centro del nervio generando su momento correspondiente. Esto lo hacemos en cada sección crítica (puntos 4-54, 8-58, 13-63, 76-78, 251-253, 426-428, 601-603, 776-778)

$$h = 10 \text{ cm}$$

Nervio horizontal

Nudos 4-54

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 4776 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 5599.6 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 823.6 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= 27998 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 8-58

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 28037 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 22742.5 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -5294.5 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= 113712.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 13-63

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -37855 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -19529 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 18326 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= -97645 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nervio Vertical

Nudos 76-78

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 380 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 161 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -219 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= 805 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 251-253

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -114.3 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -573.3 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -459 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= -2866.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 426-428

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 3544 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 225 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -3319 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= 1125 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 601-603

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -48.95 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -290.35 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -241.4 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= -1451.75 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 776-778

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -87.7 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 181.7 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 269.4 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= 908.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Dimensionamiento

Dimensionamos los peores casos que son los nudos 8-58 y 13-63 a flexotraccion
 $\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2$ $d = 12 \text{ cm}$ $b = 9 \text{ cm}$ $\beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$

El valor de los esfuerzos F_{11} , F_{22} vienen dados por unidad de longitud, por lo tanto debemos adaptarlo a la longitud de nuestro elemento. Ésta longitud es de 0.10 mts, por lo que a los valores indicados anteriormente se los debe multiplicar por 0.10 mts.

Nudos 8-58

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 2803.7 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 2274.25 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -529.45 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= 11371.25 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= N/bd\beta_r = 0.120 \\ &\text{de tabla 1,11c pg 54 } \omega_{01} = 0.22 \\ m &= M/bd^2\beta_r = 0.050 \end{aligned}$$

$$A_s = \omega_{01} d \times b / (\beta_s / \beta_r) = 0.990 \quad 2 \phi 8 \text{ en ambas caras}$$

Nudos 13-63

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -3785.5 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -1952.9 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 1832.6 \text{ kg} \\ \text{Momento (R x h/2)} &= -9764.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= N/bd\beta_r = -0.103 \\ &\text{de tabla 1,11c pg 54 } \omega_{01} = 0.02 \\ m &= M/bd^2\beta_r = -0.043 \end{aligned}$$

$$A_s = \omega_{01} d \times b / (\beta_s / \beta_r) = 0.090 \quad 2 \phi 6 \text{ en ambas caras}$$

Adoptamos para todos los nervios una armadura de 2 ϕ 8 en ambas caras

5.- Dimensionamiento del trapecio

A continuación se muestra un resumen de los datos obtenidos del programa SAP90 sobre cada sección en estudio.

Losa Estado 1: Peso propio + Viento + agua

Elemento	Nudo	M11(kgcm/m)	M22(kgcm/m)
554	463	-0.211	-0.2917
555	463	-0.211	-0.2917
574	463	-0.211	-0.2917
575	463	-0.211	-0.2917
	Promedio	-0.211	-0.2917
254	63	0.286	0.00434
255	63	0.286	0.00434
	Promedio	0.286	0.00434
354	213	-0.04517	-0.2539
355	213	-0.04517	-0.2539
374	213	-0.04517	-0.2542
375	213	-0.04517	-0.2542
	Promedio	-0.04517	-0.25405

Nervio vertical Estado 1: Peso propio + Viento + agua

Elemento	Nudo	F11(tn/m)	F22(tn/m)
82	76	-3.3458	9.0516
84	76	-3.3459	13.998
	Promedio	-3.34585	11.5248
83	78	7.6914	-5.4139
85	78	7.6912	-9.6
	Promedio	7.6913	-7.50695
96	251	-0.1156	12.113
98	251	-0.1156	9.9946
	Promedio	-0.1156	11.0538
97	253	-0.5545	-3.35
99	253	-0.5545	-2.58
	Promedio	-0.5545	-2.965

110	426	9.4363	-34.768
112	426	9.4363	-32.366
	Promedio	9.4363	-33.567
111	428	-15.289	16.765
113	428	-15.289	16.204
	Promedio	-15.289	16.4845

124	601	-0.22137	35.485
126	601	-0.22137	39.227
	Promedio	-0.22137	37.356
125	603	-1.023	-8.753
127	603	-1.023	-9.4279
	Promedio	-1.023	-9.09045

138	776	5.5625	21.98
140	776	5.5625	18.916
	Promedio	5.5625	20.448
139	778	-13.468	1.6824
141	778	-13.468	-0.565
	Promedio	-13.468	0.5587

Nervio horizontal menor Estado 1: Peso propio +
Viento + agua

Elemento	Nudo	F11(tn/m)	F22(tn/m)
41	804	-18.018	9.62
42	804	-19.846	9.6197
	Promedio	-18.932	9.61985
61	854	43.32	-9.5226
62	854	54.39	-9.52
	Promedio	48.855	-9.5213

45	808	-8.9838	-1.2224
46	808	-5.9129	-1.2229
	Promedio	-7.44835	-1.22265

65	858	38.712	0.03179
66	858	31.238	0.03041
	Promedio	34.975	0.0311

50	813	17.137	-19.826
51	813	17.109	-19.816
	Promedio	17.123	-19.821
70	863	-16.548	13.412
71	863	-16.43	13.388
	Promedio	-16.489	13.4

59	822	-19.83	9.5969
60	822	-18.012	9.5787
	Promedio	-18.921	9.5878
79	872	54.38	-9.6
80	872	43.035	-9.55
	Promedio	48.7075	-9.575

Nervio horizontal mayor Estado 1: Peso propio +
Viento + agua

Elemento	Nudo	F11(tn/m)	F22(tn/m)
1	4	-8.2758	-2.4549
2	4	-13.466	3.2576
	Promedio	-10.8709	0.40135
21	54	8.6269	-5.9133
22	54	9.2237	-2.979
	Promedio	8.9253	-4.44615

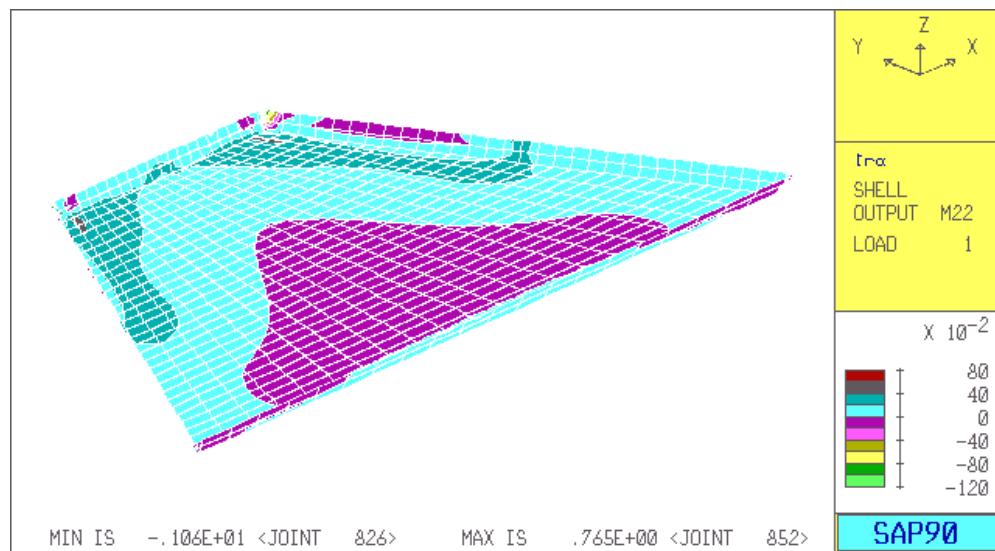
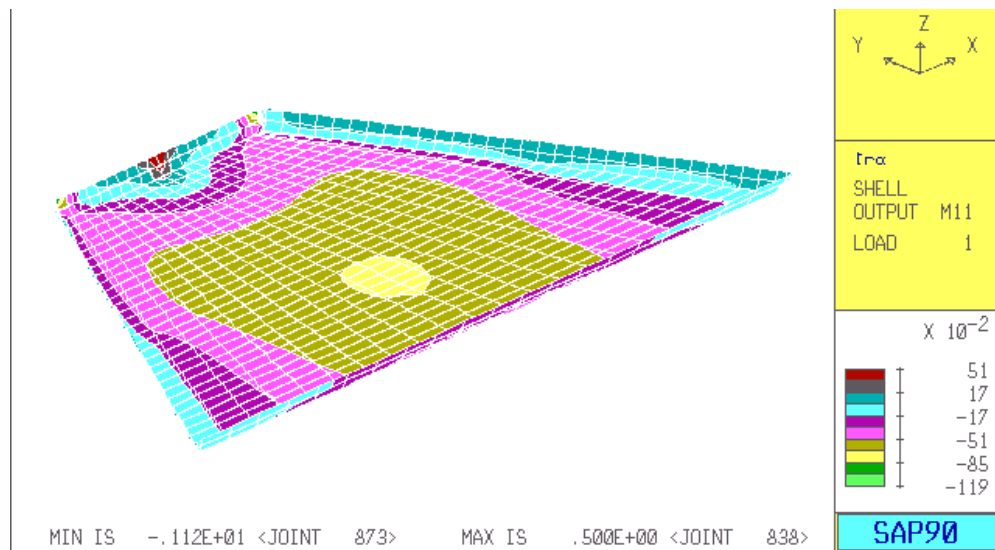
5	8	27.93	-0.18025
6	8	31.378	-0.2513
	Promedio	29.654	-0.215775
25	58	-7.74	-0.535
26	58	-8.865	-0.802
	Promedio	-8.3025	-0.6685

10	13	-46.452	5.137
----	----	---------	-------

11	13	-46.451	5.137
	Promedio	-46.4515	5.137
30	63	20.486	-11.111
31	63	20.485	-11.111
	Promedio	20.4855	-11.111

5.1 Dimensionamiento de la losa

Estos son los gráficos de momento en ambas direcciones mostrados por el programa SAP90.



Datos

		Tramo	
		463	213
Arm // base	M11(kgcm/m)=	-21100	-4517
Arm perp.	M22(kgcm/m)=	-29170	-25405

$$\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2 \quad d = 3 \text{ cm} \quad b = 100 \text{ cm} \quad \beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensionamiento armadura paralela a la base (m11)

$$m_s = -0.134 \quad \text{de tabla } \omega = 0.27 \quad A_s = 3.43 \quad 1 \phi 8 \text{ cada } 14 \text{ cm}$$

Dimensionamiento armadura perpendicular a la base (m22)

$$m_s = -0.161 \quad \text{de tabla } \omega = 0.34 \quad A_s = 4.26 \quad 1 \phi 8 \text{ cada } 11 \text{ cm}$$

Para evitar confusiones en el armado y dado que no es mucha la diferencia, adoptamos 1 hierro $\phi 8$ cada 11 cm.

5.2 Dimensionamiento de los nervios

Tenemos como dato las fuerzas de compresión y tracción en el nervio. Las sumamos algebraicamente y a la resultante la trasladamos al centro del nervio generando su momento correspondiente. Esto lo hacemos en cada sección crítica.

$$h = 10 \text{ cm}$$

Nervio horizontal mayor
Nudos 4-54

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -10870.9 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -1945.6 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 8925.3 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= -9728 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 8-58

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 29654 & \text{Resultante} &= 21351.5 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -8302.5 \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= 106757.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 13-63

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -46451.5 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -25966 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 20485.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Momento (Rxh/2)} = -129830 \text{ kgcm}$$

Nervio horizontal menor
Nudos 804-854

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -18932 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 29923 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 48855 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= 149615 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 808-858

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -7448.35 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 27.52665 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 34975 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= 137633.25 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 813-863

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 17123 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 634 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -16489 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= 3170 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nervio Vertical
Nudos 76-78

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -3345.85 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 4345.45 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 7691.3 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= 21727.25 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 251-253

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -115.6 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -670.1 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -554.5 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= -3350.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 426-428

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 9436.3 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -5852.7 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -15289 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= -29263.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 601-603

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -221.37 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -1244.37 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -1023 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= -6221.85 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Nudos 776-778

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= 5562.5 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -7905.5 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= -13468 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= -39527.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Dimensionamiento

Dimensionamos los peores casos que son los nudos 804-854 y 13-63 a flexotracción
 $\beta_r = 175 \text{ kg/cm}^2$ $d = 12 \text{ cm}$ $b = 9 \text{ cm}$ $\beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Nudos 804-854

El valor de los esfuerzos F_{11} , F_{22} vienen dados por unidad de longitud, por lo tanto debemos adaptarlo a la longitud de nuestro elemento. Ésta longitud es de 0.10 mts, por lo que a los valores indicados anteriormente se los debe multiplicar por 0.10 mts.

$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -1893.2 \text{ kg} & \text{Resultante} &= 2992.3 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 4885.5 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= 14961.5 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= N/bd\beta_r = 0.158 \\ &\text{de tabla 1,11c pg 54} \quad \omega_{01} = 0.24 \\ m &= M/bd^2\beta_r = 0.066 \end{aligned}$$

$$A_s = \omega_{01}db/(\beta_s/\beta_r) = 1.08 \quad 2 \phi 10 \text{ en ambas caras}$$

Nudos 13-63

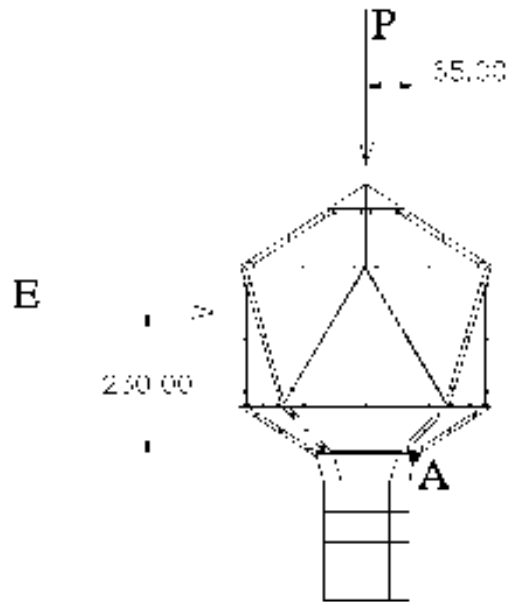
$$\begin{aligned} F_{11}(\text{sup}) &= -4645.15 \text{ kg} & \text{Resultante} &= -2596.6 \text{ kg} \\ F_{11}(\text{inf}) &= 2048.55 \text{ kg} \\ \text{Momento (Rxh/2)} &= -12983 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= N/bd\beta_r = -0.137 \\ &\text{de tabla 1,11c pg 54} \quad \omega_{01} = 0.02 \\ m &= M/bd^2\beta_r = -0.057 \end{aligned}$$

$$A_s = \omega_{01}db/(\beta_s/\beta_r) = 0.090 \quad 2 \phi 6 \text{ en ambas caras}$$

Adoptamos para todos los nervios una armadura de 2 ϕ 10 en ambas caras

6. Estabilidad de la cuba respecto al fuste



Para garantizar la estabilidad de la cuba respecto al fuste, plantearemos la ecuación de momentos respecto al punto “A”, indicado en la figura, la cual me garantizará la estabilidad del conjunto.

El agente que me provocará el vuelco será el viento, generando un momento respecto del punto A de:

$$M_v = 1611\ \text{kg} \times 2.3\ \text{mts} = 3705.3\ \text{kgm}$$

El momento estabilizante lo generará el peso propio de la cuba que será de:

$$M_e = 9949\ \text{kg} \times 0.65\ \text{mts} = 6466.82\ \text{kgm}$$

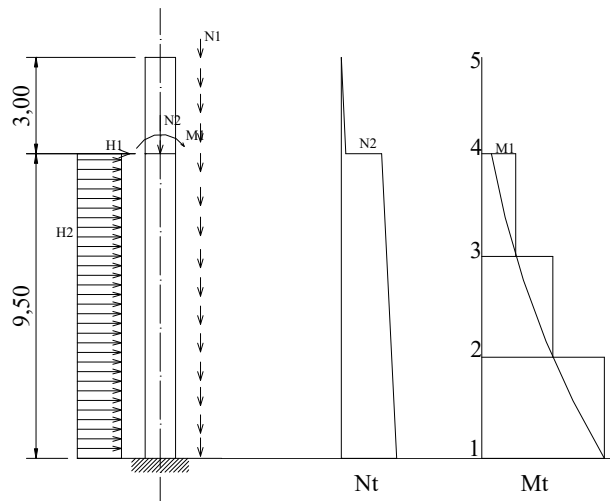
Como se observa, el momento estabilizante es 1.75 veces mayor que el vuelco producido por el viento, con lo cual queda demostrada la estabilidad de la estructura.

7. Verificación al pandeo

La seguridad al pandeo de elementos comprimidos esbeltos de hormigón armado se considera satisfactoria si, bajo las cargas de servicio mayoradas en $\nu=1.75$ veces y ubicadas en la posición más desfavorable, habida cuenta de las excentricidades no previstas y deformaciones por fluencia, es posible lograr una configuración de equilibrio con teoría de segundo orden.

Aplicar esta teoría a un material no lineal no es simple, se deberá seguir el siguiente proceso iterativo.

Comenzamos planteando el estado de carga actuante y sus sollicitaciones, donde se ha dividido la estructura en cuatro elementos.



En el primer gráfico se muestran todas las cargas actuantes sobre la estructura (peso propio, carga de agua, viento y el efecto de la cuba sobre la columna), y luego los diagramas de esfuerzo normal N_t y de momento flector M_t .

La iteración se efectúa de la siguiente manera:

Conocido el estado de sollicitaciones N y M en la pieza, (sería las sollicitaciones de primer orden), se determina, a través de la relación momento-curvatura de las secciones, el diagrama de la curvatura K en toda la estructura. Integrando este diagrama se calculan las deformaciones de la pieza. Se carga ahora la estructura así deformada y se determina un nuevo estado de sollicitaciones (en nuestro caso el esfuerzo normal es prácticamente constante a lo largo de toda la pieza, sólo varía el momento). El proceso se repite de la misma forma obteniéndose una sucesión de deformaciones.

Como conclusión podemos decir que:

Si el número de iteraciones tiende a infinito y la deformación de la estructura tiende a un valor finito, la pieza no padea, por haber alcanzado una posición de equilibrio estable.

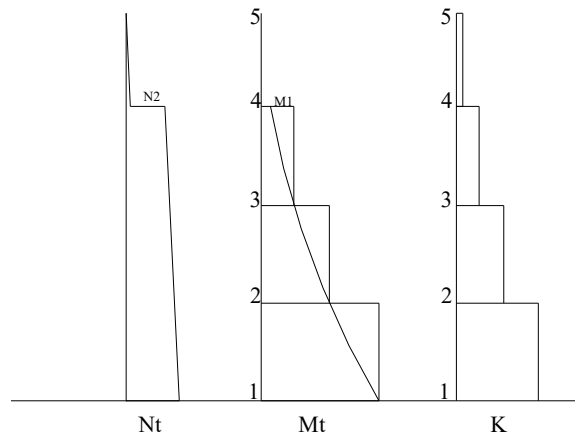
Ahora, si el número de iteraciones tiende a infinito y la deformación de la estructura también tiende a un valor infinito, la pieza padea.

Al no existir tablas ni gráficos para nuestra sección, debemos obtener nuestras leyes de momento-curvatura, que pueden determinarse mediante ensayos o bien pueden calcularse analíticamente si se adoptan determinadas leyes de tenso-deformación para el hormigón y el acero.

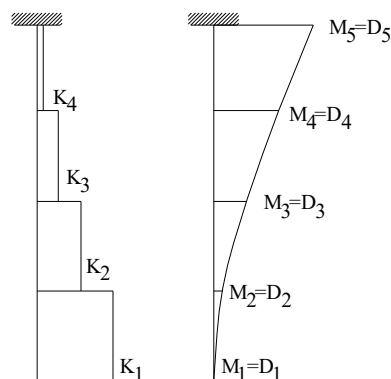
Pueden utilizarse las hipótesis hechas para ambos materiales en estudio, es decir una ley bi-lineal para el acero con límite β_s y una ley parábola-rectangular para el hormigón con tensión máxima β_r .

La curva M-k puede trazarse por puntos (tres o cuatro), es decir, dada una curvatura k calcular (por tanteos) cual es el estado de tensiones internas en equilibrio con la carga N_t . Una vez alcanzado el equilibrio, se calcula el valor del momento M resultante, obteniendo así las dos coordenadas del primer punto de la curva M-k. Así, para distintas curvaturas k y el mismo procedimiento obtenemos otros puntos de la curva.

Una vez trazada la curva M-k, podemos trazar el diagrama de curvaturas k de la estructura de la siguiente manera:



Éste diagrama de curvaturas es cargado en el conjugado de la estructura, o sea, la misma pieza con su vinculación contraria, y con ello obtenemos el valor del momento de las distintas secciones (1,2,3,4 y 5) y que son directamente la deformación en la estructura real.



Con esto obtuvimos la deformación de la estructura. Ahora cargándola así deformada con las solicitaciones iniciales, se conseguirá otro diagrama de momentos y por lo tanto otro diagrama de curvatura y en consecuencia otra deformada. Iterando varias veces (tres o cuatro) se llegará a lograr la deformación final de la estructura.

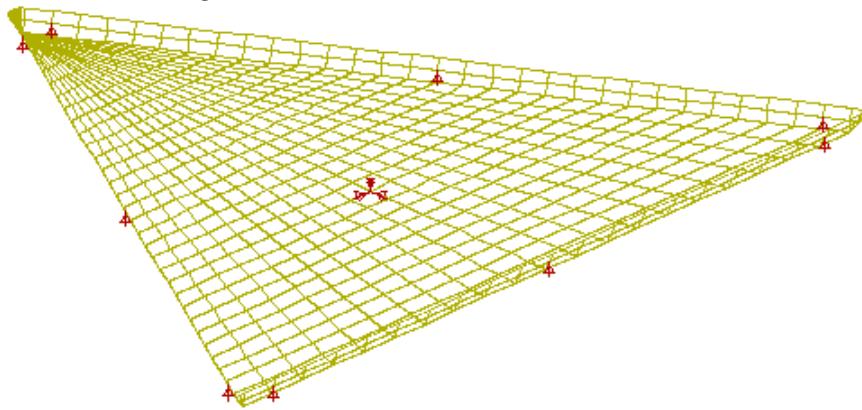
Con esta deformación final y las cargas mayoradas en 1,75 calculamos el momento de segundo orden que deberá ser menor al momento máximo que resiste la sección de la estructura.

Nota: hemos prescindido del cálculo numérico de ésta verificación por estar fuera del alcance del presente trabajo.

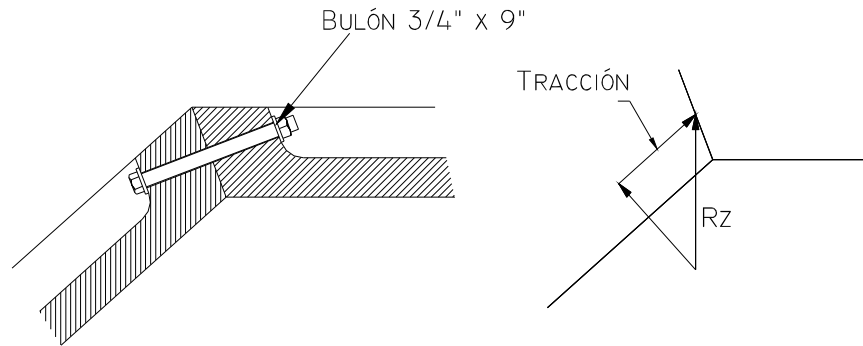
8. Dimensionamiento de los bulones

Para realizar el dimensionamiento de los bulones, tanto los que unen cada pieza de la cuba entre sí, como los que unen la cuba con el fuste, necesitamos conocer el esfuerzo al que están sometidos. Para ello se procederá con los siguientes pasos en el cálculo de la pieza triangular:

- Se le colocaron vínculos en el lugar donde irán los bulones para obtener las reacciones según la dirección z.



- A éstas reacciones se las proyectaron según la dirección del triángulo vecino, descomponiéndolas en dos fuerzas, una en dirección al plano del triángulo vecino y la otra perpendicular a éste.



- Con estos valores obtenidos en el paso anterior, se cargó nuevamente el triángulo y se obtuvieron nuevas reacciones según z, a las que proyectamos de la misma manera que el paso anterior.
- Este proceso es iterativo, hasta que los resultados convergen en un valor único para ambas componentes.
- La fuerza de tracción que deberá soportar cada bulón, será la componente proyectada en la dirección del plano del triángulo vecino, actuando en el lugar del bulón y con dirección paralela al plano del triángulo analizado.

Cabe aclarar que éste análisis se realizó para todos los bulones que posee cada pieza, tanto el triángulo como el trapecio.

El peor estado, como era de esperar, se encontró en la pieza trapezoidal, ya que ésta es la que soporta la mayor carga de agua.

De todos los bulones de la pieza, los más solicitados fueron los que se encuentran en los nudos 427 y 449, con un valor de 2240 kg.

Por lo tanto si $A = N / \sigma_{adm}$ y $\sigma_{adm} = 1400 \text{ kg/cm}^2$

$A = 1.60 \text{ cm}^2$ que sumándole el factor de rosca nos da $= 1.92 \text{ cm}^2$

Adoptamos entonces bulones de $\frac{3}{4}$ " o sea 19,05 mm de diámetro con un proceso de cincado para prevenir la corrosión provocada por los agentes atmosféricos.

Capítulo VIII : Generalidades acerca de los encofrados

I. Sistemas de encofrado

Se encuentran distribuidos en el mundo los sistemas de fabricación de sistemas de encofrado, los que van desde el uso de la madera hasta el metal. El uso de uno u otro material para estos fines, depende de los factores económicos, de funcionalidad y otros.

Para describir el sistema de encofrado, es necesario considerar la presión del hormigón sobre el encofrado, los ángulos de inclinación y otros parámetros.

- Presión del hormigón
- Ángulos de inclinación
- Tipo de encofrado
- Capacidad de trabajo
- Velocidad de trabajo del hormigón
- Tipo de construcción
- Situación y cantidad de encofrados
- Se debe considerar el viento y la lluvia.

A continuación se van a describir los sistemas de encofrado, como muestra la diferencia entre ambos radica en el material y características que ofrece para uno de ellos.

• Sistemas de encofrado de madera

El encofrado no metálico más común, se construye de tableros de madera; el uso de tabla de encofrado es muy limitado, por lo que se utilizará únicamente el tablero y sus componentes.

Este tipo de encofrado, presenta la ventaja de ser económico, de poca inversión inicial, de relativa fácil adaptación y es muy versátil, debido a su tamaño y forma, para adaptarse a varios tipos de obra.

Por otra parte, se aconseja que no se utilice más de 5 u 6 veces, puesto que sufre de pandeo y respaldamiento. Requiere de mayor tiempo de instalación, y debe tenerse especial cuidado en el apuntalamiento y el acabado final del hormigón.

CAPÍTULO VIII ENCOFRADOS

Capítulo VIII - Generalidades acerca de los encofrados

1. Sistemas de encofrado

Se encuentran disponibles en el mercado dos materiales para la fabricación de sistemas de encofrado, los que son de forma genérica: la madera y el metal. El uso de uno u otro material para constituir encofrados, depende principalmente de factores económicos, de funcionalidad y estética.

Para desarrollar el cálculo de los encofrados es necesario considerar la presión del hormigón sobre el armazón, y ésta depende de los siguientes parámetros:

- Fluidez del hormigón;
- Dosificación y granulometría;
- Temperatura;
- Velocidad de llenado;
- Altura de vertido del hormigón fresco;
- Tipo de compactación;
- Secciones y cantidad de armaduras;
- Se debe establecer el valor de la flecha elástica.

A continuación se van a describir los sistemas de encofrado, en los cuales la diferencia entre ambos radica en el material y características que ofrece cada uno de ellos:

- **Sistemas de encofrado de madera:**

El encofrado no metálico más común, se compone de tableros de madera; el uso de tabla de encofrado es muy limitado, por lo que se analizará únicamente el tablero y sus componentes.

Este tipo de encofrado, presenta la ventaja de ser económico, de poca inversión inicial, de relativa fácil adquisición y su capacidad de ser modificado en su tamaño y forma, para acoplarse a varios tipos de obras.

Por otra parte, se aconseja que no se utilice más de 5 o 6 veces, puesto que sufre de pandeos y resquebrajamientos. Requiere de mayor tiempo de instalación, y debe tenerse especial cuidado en el apuntalamiento y el acabado final del hormigón.

En la siguiente tabla se pueden observar las dimensiones de las tablas y tirantes de madera que se utilizan para realizar los encofrados:

Medidas (pulgadas)				
Tablas	1 x 3	1 x 4	1 x 5	1 x 6
Tirantes	2 x 3	2 x 4	2 x 5	2 x 6
Tirantes	3 x 3	3 x 4	3 x 5	3 x 6

En el mercado también se encuentran tableros de madera compensada formado por láminas de 1; 2; ó 3 mm de espesor firmemente encoladas entre sí con adhesivos a base de resinas fenólicas. Las maderas que se utilizan comúnmente son pino, eucaliptos.

Las medidas de éstos tableros son: 2500 x 1600; 2440 x 1220; 2200 x 1600, y sus espesores: 4 mm, 5.4 mm, 6 mm , 8 mm, 9 mm, 12 mm, 15 mm, 18 mm, 22 mm, 25 mm, 28 mm, 30 mm.

- **Sistemas de encofrado metálico:**

Éstos sistemas, a diferencia de los encofrados anteriores, son de alta inversión inicial; sus ventajas consisten en un excelente acabado del hormigón, fácil y rápida instalación, y el uso repetido que soportan sin sufrir mayores daños.

Éste uso repetido, hace que los costos por rubro de encofrado se vean ampliamente reducidos, siempre que se trate de construir obras similares y consecutivas, puesto que estos módulos de encofrado metálico no son factibles de modificar en su tamaño ni su forma.

2. Exigencias generales

Todas las estructuras de carácter temporario, tales como apuntalamientos, cimbras, encofrados, andamios y otras similares que se requieran por razones de orden constructivo, deben cumplir con las siguientes condiciones establecidas en el Reglamento CIRSOC 201:

- Se construirán con materiales de características tales que les permitan cumplir las funciones que les corresponden, con un grado de seguridad adecuado.
- Las secciones y dimensiones se calcularán con la combinación de esfuerzos de cualquier naturaleza, que al actuar y superponerse produzcan las tensiones más desfavorables.
- Se ejecutarán de manera tal que hasta el momento de su remoción o sustitución por las estructuras permanentes, proporcionen el mismo grado de seguridad que éstas.

En cuanto a las exigencias propias que deben cumplir los **encofrados** se pueden citar las siguientes:

- Serán resistentes, rígidos y suficientemente indeformables como para mantener las formas, dimensiones, niveles y alineamientos especificados en los planos, con las correspondientes tolerancias.
- Se construirán con madera, chapas de acero, de madera compensada, fenólico, plástico o con cualquier otro material que cumpla con las condiciones adecuadas, debiendo ser estancos para evitar las pérdidas de mortero durante las operaciones de hormigonado. Dichos materiales al ponerse en contacto con el hormigón fresco no ablandarán, decolorarán, mancharán ni perjudicarán en forma alguna su superficie.
- Cuando no se establezca lo contrario, en todos los ángulos y rincones de los encofrados se colocarán molduras de madera cepillada, conformando un triángulo rectángulo cuyos catetos midan 2,5 cm.
- Los encofrados deberán ser proyectados y construidos con la contraflecha que sea necesaria, para que la forma y perfil de la estructura terminada y expuesta a las condiciones de servicio sean las establecidas en los planos.
- Para facilitar la inspección y limpieza de los encofrados y la colocación y compactación del hormigón, se dejarán aberturas provisionales de dimensiones adecuadas, a distintas alturas y a distancias horizontales máximas de 2,50 metros entre sí.
- Los encofrados de madera no deben quedar expuestos al viento y al sol durante un tiempo prolongado.

- Los bulones, pernos y otros elementos metálicos que se utilicen como uniones internas para armar y mantener a los encofrados en sus posiciones definitivas, y que posteriormente queden incluidos en el hormigón, deberán tener los recubrimientos mínimos de hormigón en función del tipo de exposición de la estructura al medio ambiente.
- Los moldes para construir elementos premoldeados serán resistentes y tendrán la rigidez adecuada como para resistir sin deformaciones, los esfuerzos y movimientos provocados durante la colocación y compactación del hormigón.

También es conveniente considerar los requerimientos que presentan los **apuntalamientos y elementos de sostén**:

- Se construirán con madera estacionada sin nudos, perfiles o tubos metálicos o con otros materiales de características y condiciones igualmente satisfactorias.
- Deberán resistir sin hundimientos, deformaciones ni desplazamientos perjudiciales, la combinación más desfavorable de los esfuerzos estáticos derivados del peso del hormigón, de las armaduras y sobrecargas y de los esfuerzos dinámicos ocasionados por la colocación y compactación del hormigón, la acción del viento y cualquier otro a que puedan verse sometidos en las condiciones de trabajo hasta su remoción.
- Con el objeto de asegurar la estabilidad y rigidez de las estructuras temporarias, las mismas se arriostrarán longitudinal y transversalmente.
- Las deformaciones que se produzcan durante el proceso constructivo serán iguales o menores que las que pueden ocurrir en las construcciones permanentes ejecutadas con los mismos materiales.
- Los puntales y elementos de sostén deberán estar provistos de cuñas, gatos, tornillos u otros dispositivos, que permitan corregir posibles asentamientos durante las tareas de hormigonado. Los apuntalamientos no deberán ser fundados directamente sobre terrenos erosionables.

3. Remoción de encofrados, apuntalamientos y elementos de sostén

- La remoción de los encofrados, apuntalamientos y elementos de sostén se realizará cuando la resistencia del hormigón sea la necesaria para que el elemento estructural tenga la capacidad

portante para resistir las cargas actuantes en el momento de realizar dicha operación.

- Antes de iniciar las tareas de remoción de los encofrados, apuntalamientos y elementos de sostén, el Constructor pondrá en conocimiento del Director de Obra el programa de trabajos, la fecha en que se realizarán las tareas y la resistencia obtenida para el hormigón. La remoción se realizará cuidadosa y gradualmente utilizando métodos y procedimientos que se traduzcan en esfuerzos estáticos, sin aplicación de golpes ni vibraciones.
- En estructuras constituidas por elementos premoldeados y elementos moldeados in situ, el momento de iniciar la remoción de los encofrados, apuntalamientos y elementos de sostén, se regirá por la menor de las resistencias de ambos hormigones, determinadas mediante ensayos .
- En estructuras pretensadas, además de cumplirse todo lo establecido precedentemente, la remoción de las cimbras y puntales se iniciará después de haber aplicado esfuerzos de postensado de intensidad suficiente como para que la estructura sea capaz de resistir su peso propio y las sobrecargas previstas para el proceso constructivo.
- Con el objeto de reducir las flechas y deformaciones debidas al efecto de fluencia lenta y de la contracción por secado del hormigón, los puntales y elementos de sostén permanecerán colocados, o se los volverá a colocar inmediatamente después de que se removieron los encofrados, y deberán permanecer colocados durante todo el tiempo que sea posible.
- En losas y vigas de luz igual o menor de 8 metros, se colocará un apoyo en el centro de la luz. Para luces mayores de 8 metros se colocará mayor cantidad de apoyos. Para losas de luz igual o menor de 3 metros, no se colocarán apoyos, salvo el caso de espesores de carácter excepcional.
- Sobre las estructuras recientemente desencofradas o descimbradas, no se deberán acumular cargas, materiales ni equipos que hagan peligrar la estabilidad de la estructura.
- La remoción de los encofrados, apuntalamientos y elementos de sostén se podrá iniciar cuando la resistencia del hormigón determinada por ensayos, sea igual o mayor que una de las dos condiciones siguientes:

- El setenta y cinco por ciento (75 %) de la resistencia característica especificada.
- El doble de la resistencia necesaria para resistir las máximas tensiones que se producen en el momento de la remoción.

Tipo de estructura	Cemento pórtland : normal, moderada y altamente resistentes a los sulfatos, sin adiciones y resistente a la reacción álcali-agregado
Túneles y conductos circulares.	3
Encofrados laterales de vigas, muros y columnas.	3
Encofrados de losas, dejando puntales de seguridad.	14
Fondos de vigas y cimbras de arcos, dejando puntales de seguridad.	14
Remoción de puntales de seguridad y otros elementos de sostén en vigas, pórticos y losas.	21

Plazos mínimos en días, para remoción de encofrados, apuntalamientos y otros elementos de sostén, cuando se usen los cementos indicados

4. Normas de seguridad para desencofrado de las estructuras

- No se deberá desmontar ningún encofrado hasta que lo autorice una persona competente después de haber comprobado que el hormigón tiene suficiente resistencia para soportar su propio peso y el de cualquier carga que se le aplique.
- A fin de prevenir todo riesgo de accidente al desmontar un encofrado a causa de la caída de elementos, siempre que sea posible, se deberá retirar el mismo en una sola pieza, o de lo contrario se deberían apuntalar los elementos que quedan instalados.
- Cuando se proceda a desmontar un encofrado se deberán retirar los puntales y paneles, de manera uniforme y sin golpearlos.
- No se deberá aplicar ninguna carga sobre el hormigón helado.

- En caso de ser necesario, los trabajadores que efectúen las operaciones de desencofrado deberán llevar arneses de seguridad.
- Una vez desmontado el material de los encofrados, deberán colocarse de tal manera que no obstruya los lugares de trabajo o de paso ni las vías de tránsito.

5. Sistema a utilizar para cada pieza de la estructura

Para la ejecución de la estructura de hormigón armado que compone la base, se pensó en encofrados de hormigonado “in situ”, es decir en el mismo lugar, que presenten un buen acabado superficial. El hormigonado de nuestra base se realizará en tres etapas bien diferenciadas.

- La primer etapa será la losa de la base con sus nervios rigidizadores y el primer tramo del cilindro que será macizo. Ésta parte de la base no estará visible, por lo que para economizar se usarán listones de madera para encofrado.
- La segunda etapa será el hormigonado de el tronco cilíndrico hasta la losa intermedia, o sea, hasta el nivel de terreno natural. Como consecuencia de esto, al no estar visible, utilizaremos el mismo método de encofrado que el punto anterior.
- La tercer etapa será la cáscara cilíndrica con la puerta de ingreso y el anillo superior. Esta parte de la estructura quedará a la vista, por lo que es necesario un perfecto acabado superficial. Entonces se podrían utilizar dos tipos de materiales de encofrados, metálicos o fenólicos. En el caso de que esta estructura sea construida en forma industrializada se justificaría la utilización de un encofrado metálico, ya que éste me proporciona un excelente acabado y a la vez una perfecta precisión en la ejecución de los orificios para el pasaje de los cordones de acero para el postesado. Si en cambio, la estructura fuera construida tan pocas veces, no sería conveniente la inversión en un encofrado metálico sino en un encofrado de madera fenólica, con la precaución de alinear al milímetro los orificios antes mencionados.

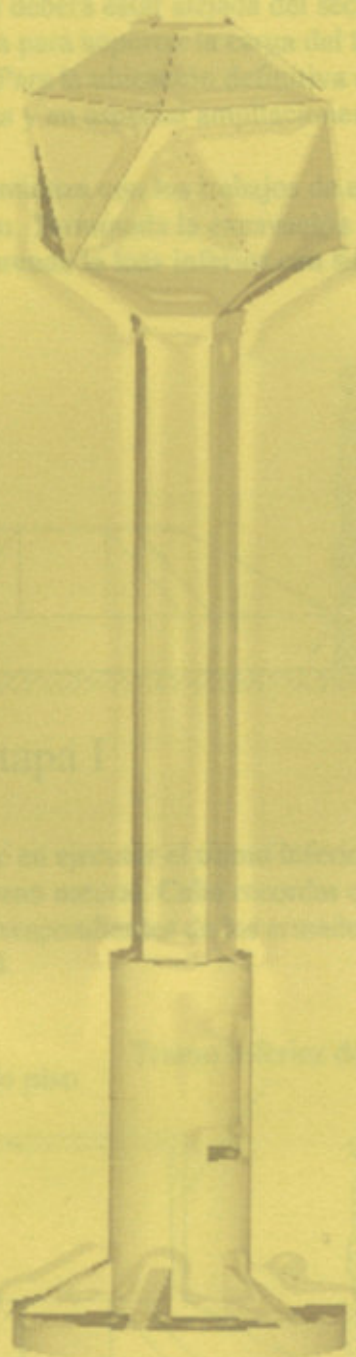
Para el resto de las piezas, que serán construidas en forma industrializada, sí se justifica sin ninguna duda la utilización de encofrados metálicos, debido a la excelente terminación superficial y al precisión de los orificios e insertos que llevarán las piezas.

Éstos encofrados metálicos serán fabricados exclusivamente para estas piezas, ya que éstas son especiales y no existe en el mercado encofrados metálicos de estas características.

Capítulo XI - Montaje en obra

La ubicación del tanque elevado no deberá estar al ras de la superficie y el suelo deberá tener la suficiente resistencia para soportar el peso del tanque lleno y con las holguras del viento previstas. Para el diseño de la cimentación se deberá tener en cuenta algunas consideraciones arquitectónicas y las condiciones sanitarias.

Una vez elegida la ubicación, se comienza con la excavación para ejecutar la base que será horneada in situ. En esta etapa se coloca la armadura de la primera etapa (etapa I) que comprende el tanque y las respectivas nervaduras de refuerzo y se hornean.



Nervios

Casa de base

Etapa I

La segunda etapa (etapa II) consiste en ejecutar el cuerpo inferior del tanque cilíndrico hasta la zona ubicada a nivel de terreno actual. En esta etapa que entre estas etapas se deberán provisionar los conductos correspondientes y terminados para lograr el perfecto funcionamiento estructural.

Casa nivel de piso

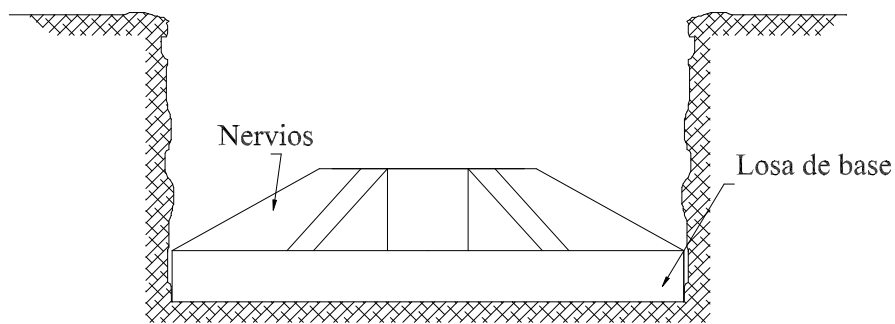
Tanque inferior del tanque

CAPÍTULO IX MONTAJE EN OBRA

Capítulo IX - Montaje en obra

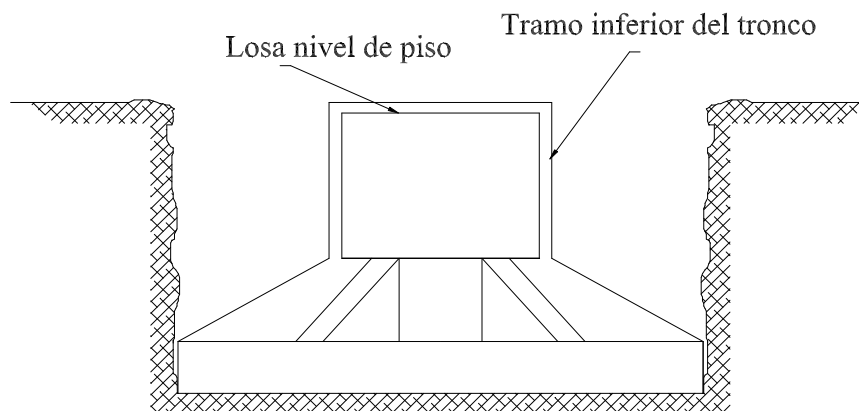
La ubicación del tanque elevado no deberá estar alejada del sector a abastecer y el suelo deberá tener la suficiente resistencia para soportar la carga del tanque lleno y con las inclemencias del tiempo previstas. Para la ubicación definitiva se deberá tener en cuenta futuras ampliaciones arquitectónicas y en especial ampliaciones sanitarias.

Una vez elegida la ubicación, se comienza con los trabajos de excavación para ejecutar la base que será hormigonada in situ. Terminada la excavación se coloca la armadura de la primera etapa (etapa I) que comprende la losa inferior con sus respectivos nervios de refuerzo y se hormigona.



Etapa I

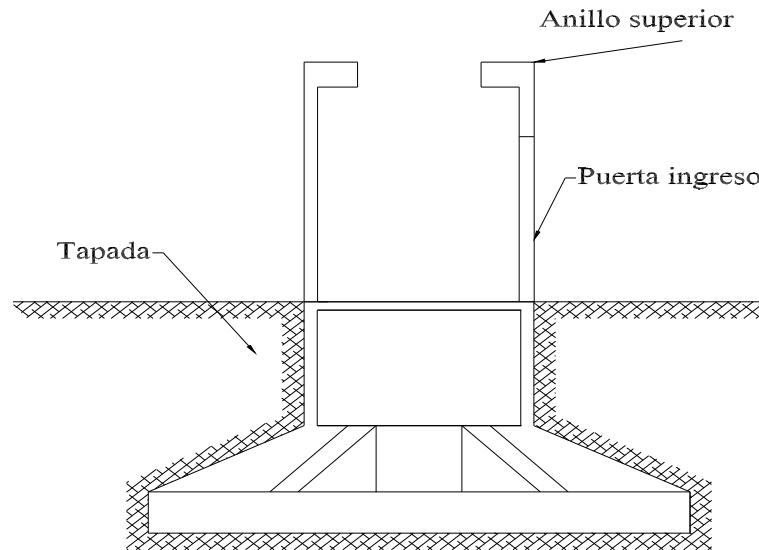
La segunda etapa (etapa II) consiste en ejecutar el tramo inferior del tronco cilíndrico hasta la losa ubicada a nivel de terreno natural. Cabe recordar que entre éstas etapas se dejarán previstos los empalmes correspondientes de las armaduras para lograr el perfecto funcionamiento estructural.



Etapa II

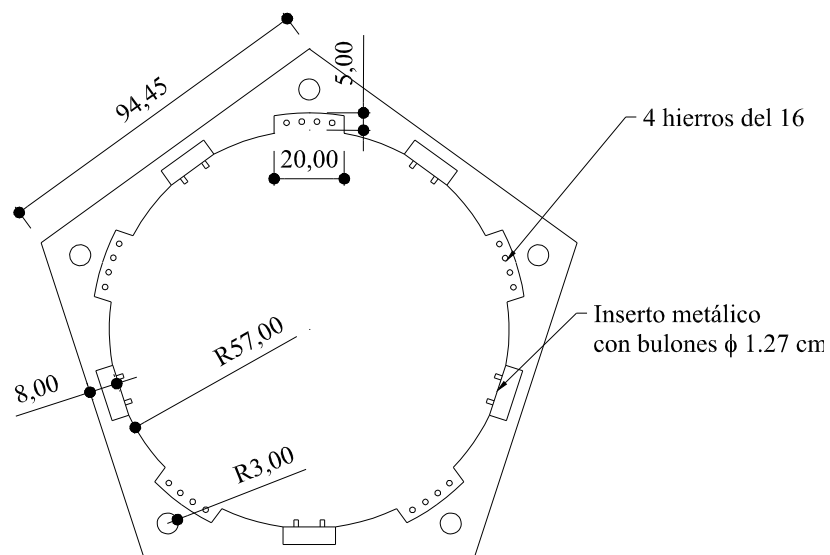
La tercera etapa (etapa III) será finalmente la parte superior del tronco con el vano de la puerta y el anillo superior, cada una de estas partes con su respectiva armadura previamente calculada.

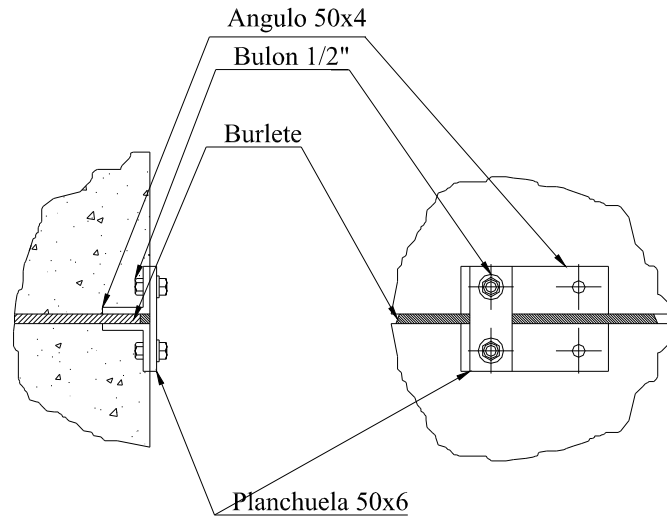
Cuando las condiciones del fraguado del hormigón lo permitan, se realizará la tapada con tierra compactada hasta el nivel correspondiente y se comenzarán los trabajos de montaje del fuste.



Etapa III

Cabe recordar que tanto las piezas del fuste como el anillo superior contarán con huecos de 5 cm x 20 cm en la sección, previstos para realizar la unión húmeda entre las piezas. Además, en las piezas se dejarán amurados una serie de insertos metálicos que servirán para la sujeción al final del montaje, de la escalera, caños de subida y bajada, etc.





Mediante el uso de una grúa, se sube la primer pieza hasta su correspondiente posición que será sobre el anillo superior del tronco de la base. Una vez posicionada y con los orificios (para el pasaje de los cordones de acero para pretensar el fuste) perfectamente alineados, se procederá a su nivelación mediante arandelas de neopreno ubicadas alrededor de cada uno de los cinco orificios. Estas arandelas, además de cumplir la función de tacos niveladores, servirán también para evitar filtraciones cuando se inyecte el mortero.

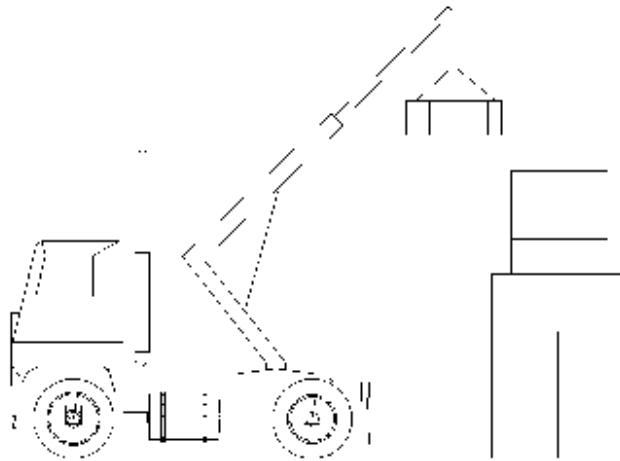
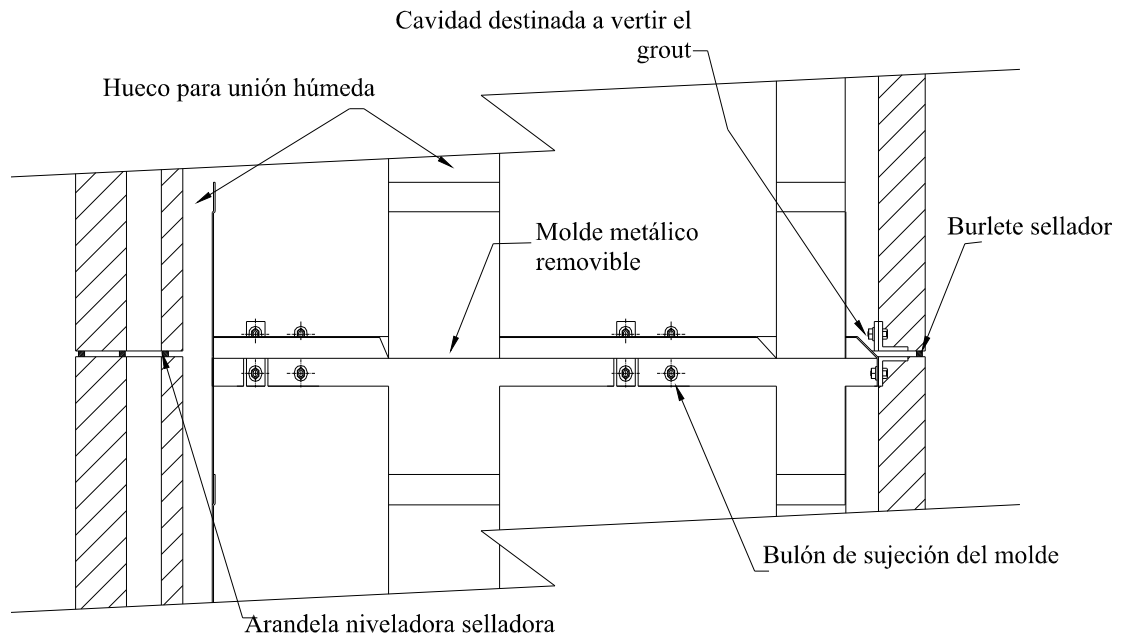
Una vez colocadas y niveladas las tres primeras piezas se procederá a la colocación de la armadura de unión dentro de los huecos para tal fin, que serán cuatro barras de ϕ 16 de 2 mts de largo cada una. Con éste largo se tiene en cuenta la longitud de empalme de las barras.

Entre pieza y pieza entonces, quedará una luz de aproximadamente 1 cm. que será sellada luego con una mezcla de cemento y un aditivo de alta resistencia a la compresión y que además evita que la mezcla se contraiga (por ejemplo Sika Grout). Para esto se prevé la colocación de burletes de goma entre las piezas en su parte exterior y un encofrado metálico especialmente diseñado en su parte interior, como lo muestra la figura.

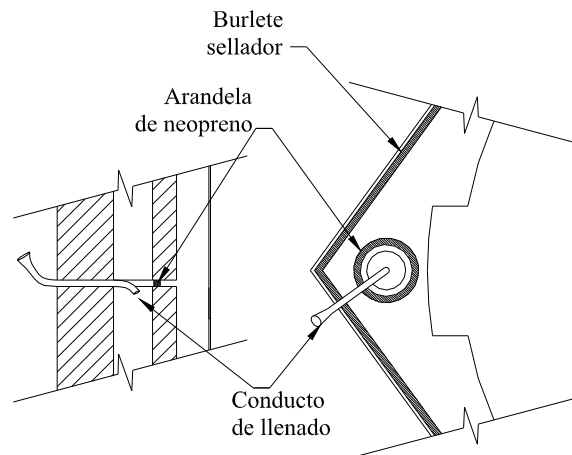
Tanto los huecos para la unión húmeda como los de separación entre piezas se llenarán con dicha mezcla.

Cabe aclarar que la separación entre las piezas del fuste se realizó por los siguientes motivos:

- Proveer un espacio suficiente para la correcta nivelación de las piezas, evitando el posible desvío de la verticalidad de la estructura.
- Permite la inyección del mortero antes descrito que garantiza un contacto perfecto entre las piezas permitiendo la uniformidad de tensiones a través de los distintos elementos y además asegura el monolitismo de la estructura.



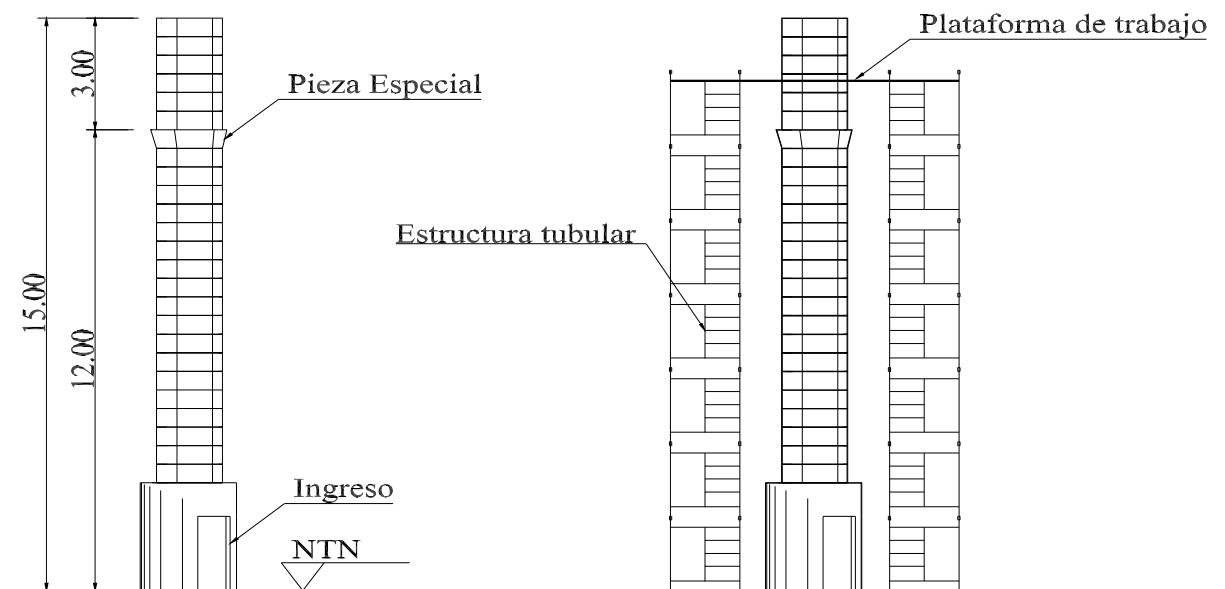
Además, se prevé la colocación de conductos que conectarán los orificios para el pasaje de los cables con el exterior, con el fin de facilitar la inyección de la mezcla y permitir la expulsión del aire asegurando el completo llenado de los huecos. Éstos conductos se colocarán cada tres piezas y se hará como lo muestra la siguiente figura.



De la misma manera se colocarán las piezas restantes que se irán uniendo entre sí de a tres piezas de la forma antes descrita.

A medida que el fuste gana altura, armaremos alrededor del mismo una estructura tubular, la cual se utilizará para que los operarios de montaje puedan realizar la tarea de alinear las piezas y unir las entre sí con la mayor seguridad posible.

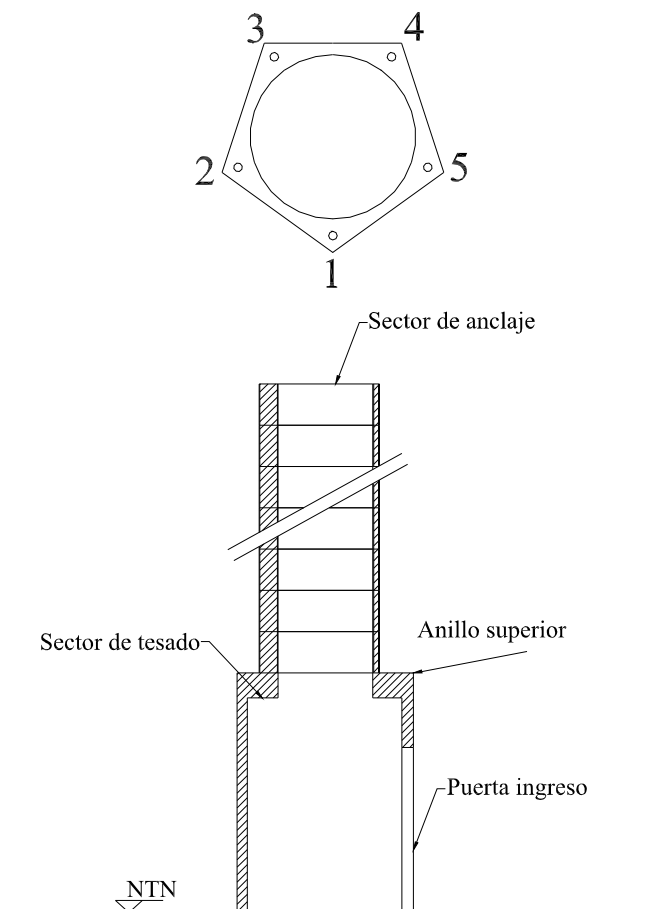
Todas las piezas que forman el fuste son idénticas excepto la pieza n° 19, contando de abajo hacia arriba, la que tendrá una forma especial para poder ensamblar la cuba con el fuste. Ver plano de detalle n° 6



Luego de haber finalizado el montaje del fuste se procederá a ejecutar el pasaje de los quince cordones de acero de 12,7 mm Acindar por los cinco orificios especialmente diseñados para este fin. Estos cordones se anclarán desde la parte superior mediante la colocación de piezas especiales de acero colocadas en la última pieza del fuste (Ver

plano de detalles n° 16) y se efectuará el tesado desde el anillo superior del tronco de la base de la siguiente manera:

- En primer lugar se tesará uno de los cordones del orificio n° 1 hasta alcanzar la máxima carga calculada para cada cordón.
- En segundo lugar se tesará uno de los cordones del orificio n° 3 hasta alcanzar la máxima carga calculada.
- En tercer lugar se tesará uno de los cordones del orificio n° 5 hasta alcanzar la máxima carga calculada.
- En cuarto lugar se tesará uno de los cordones del orificio n° 2 hasta alcanzar la máxima carga calculada.
- En quinto lugar se tesará uno de los cordones del orificio n° 4 hasta alcanzar la máxima carga calculada.
- Luego se repite la operación para el resto de los cordones siguiendo la misma secuencia antes descrita hasta que todos los cordones lleguen a la carga de cálculo.

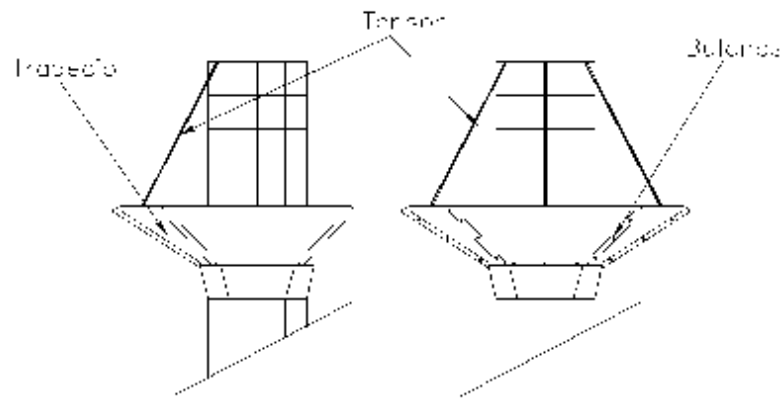


Una vez finalizada la tarea de tesar los cordones, habrá que inyectar mortero en los orificios con el fin de, una vez fraguada esta pasta, lograr la máxima adherencia del

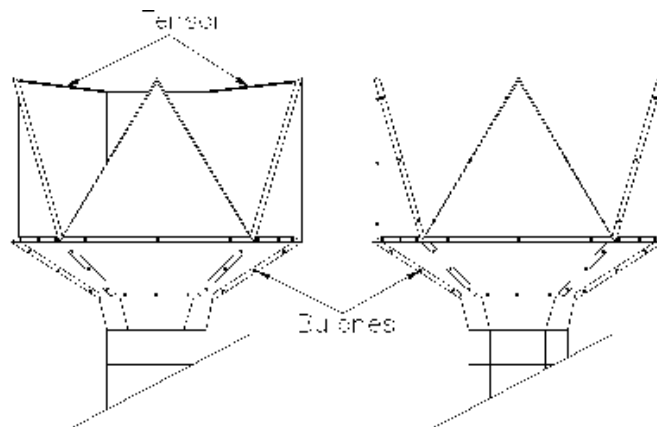
cordón con los orificios del fuste en toda su longitud. Además este recubrimiento evita la corrosión de los cables ya que se genera un ambiente alcalino. La inyección se realizará mediante un conducto previamente colocado en las piezas del fuste, cada tres de ellas. Se irá llenando desde abajo hacia arriba por el primer conducto hasta que la mezcla llegue al nivel de llenado, donde se comenzará a verter el mortero por el conducto inmediato superior. Esta operación se realizará de ésta manera para lograr la total expulsión de aire evitando así la formación de burbujas perjudiciales para la vida útil del acero.

Fraguada esta mezcla comenzamos con el izaje pieza por pieza de la cuba del tanque, el cual se realizará de la siguiente manera:

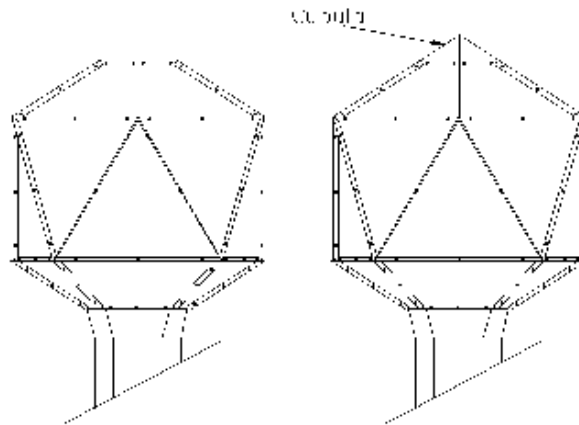
- Primero se colocará el primer trapecio de la parte inferior de la cuba, del cual se abulonará su parte inferior a la pieza especial y su parte superior (del trapecio) se mantendrá en su posición final mediante una varilla de acero telescópica sujeta a los insertos metálicos previamente amurados a las piezas que componen el fuste y por medio de ganchos y bulones.
- De la misma forma se colocarán los restantes trapecios que forman el casquete inferior de la cuba.
- Con estos cinco trapecios en posición, se abulonarán entre sí permitiendo sacar los puntales ya que la estructura se autosostendrá.



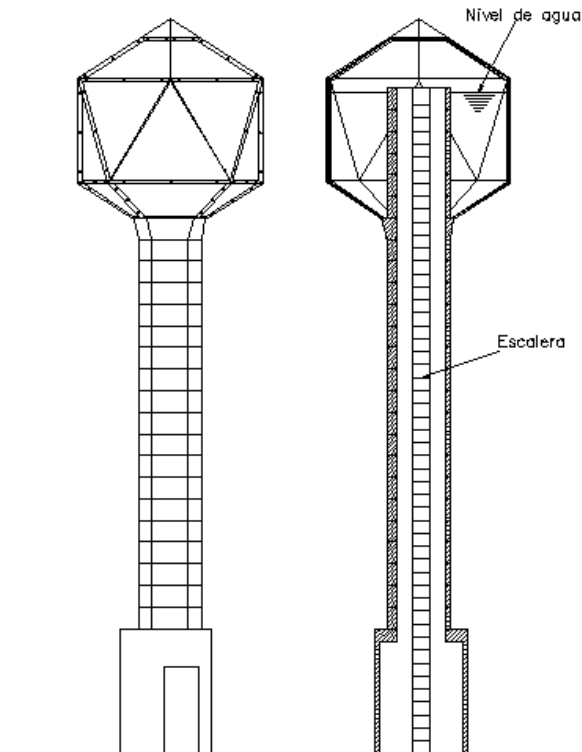
- Ya retirados los puntales, se continúa con la colocación de las piezas triangulares cuya base irá hacia abajo, como muestra la figura, una a una de la misma forma que se colocaron los trapecios. También éstos se sostendrán con los tensores antes mencionados.



- De la misma forma se colocarán y abulonarán los triángulos con el vértice hacia abajo para completar así el sector medio de la cuba.
- El casquete superior de la cuba, formado por cinco trapecios idénticos a los del casquete inferior, se dispondrán de la misma manera que las demás piezas, usando puntales para su provisoria sujeción.



- Para finalizar el montaje, se colocará una cúpula de acero con vidrio armado para que ingrese luz en el fuste y permita la salida al exterior.



Una vez finalizado el montaje de la cuba, para prevenir las posibles filtraciones en las uniones entre las distintas piezas, se colocará por dentro una membrana especial de PVC aplicada por medio de termofusión. Ésta membrana, de 1.4 milímetros de espesor, se adhiere a la superficie del tanque ayudada por flejes de acero que evitan la formación de globos.

Capítulo X – Cálculo y presupuesto

I. Cálculo métrico

A través del cálculo métrico se asigna los volúmenes que forman parte de una obra de ingeniería o arquitectura, con diferentes procedimientos.

- Establecer el costo de obra, a partir de los volúmenes que se van a llevar a cabo
- Determinar la cantidad de materiales que se necesitan para llevarla a cabo
- Elegir el método o la opción más adecuada

Se trata de un problema de medición de los volúmenes, áreas y volúmenes, que requiere el manejo de fórmulas geométricas y planteamiento de ecuaciones. El trabajo de medición puede ser ejecutado de dos maneras: sobre la obra misma, o sobre los planos. Debido a que cada obra presenta particularidades distintas que le diferencian de las demás y obligan a un estudio especial en cada caso, es conveniente seguir los principios generales que se detallan a continuación:

- 1- Estudiar la documentación: ésta es una de las operaciones que reviste la mayor importancia; da la primera idea sobre el alcance del cómputo y el tiempo que permite planificarlo, informa sobre el alcance de la obra y el contenido de la documentación.
- 2- Respetar los planos: la medición debe compararse con la obra, y el cómputo se hará siguiendo las indicaciones de los planos y los pliegos.
- 3- Ajustarse a normas: las normas que se aplican al cómputo tanto en la medición de proyectos como en la de obras, son las normas vigentes, por lo tanto es necesario ajustarse a normas las mediciones.
- 4- Medir con exactitud: dentro de los límites de las tolerancias se debe lograr un grado de exactitud que sea el mayor posible, mayor sea el costo del rubro que se calcula.

La técnica del cómputo, consiste en dividir el trabajo por etapas, cada una de las cuales constituye un rubro del presupuesto. La clasificación por ítem debe ser hecha con criterio de separar todas las obras que forman parte de costo distinto, ya que esto sirve para facilitar la formación de un presupuesto, como lista indicativa de los trabajos a ejecutar. Se debe tener en cuenta la disposición que permita reducir al mínimo el número de operaciones y el de mediciones. No deben descuidarse ciertas operaciones de control que permitan asegurarse contra errores graves.

Para determinar la cantidad de materiales, se requiere la ejecución previa del cómputo métrico. También se necesita el conocimiento de las características de los materiales, es decir, sus dimensiones, pesos, etc.

CAPÍTULO X CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

Capítulo X – Cómputo y presupuesto

1. Cómputo métrico

A través del cómputo métrico se miden las estructuras que forman parte de una obra de ingeniería o arquitectura, con diferentes propósitos:

- Establecer el costo de obra, o de una de sus partes
- Determinar la cantidad de materiales necesarios para llevarla a cabo
- Elegir el método o la opción más adecuada.

Se trata de un problema de medición de longitudes, áreas y volúmenes, que requiere el manejo de fórmulas geométricas y planteo aritméticos.

El trabajo de medición puede ser ejecutado de dos maneras: sobre la obra misma, o sobre los planos. Debido a que cada obra presenta particularidades distintas que la diferencian de las demás y obligan a un estudio especial en cada caso, es conveniente seguir los principios generales que se detallan a continuación:

- 1- Estudiar la documentación: ésta es una de las operaciones que reviste la mayor importancia; da la primera idea sobre la marcha del cómputo y al tiempo que permite planificarlo, informa sobre el carácter de la obra y el contenido de la documentación.
- 2- Respetar los planos: la medición debe corresponderse con la obra, y el cómputo se hará siguiendo las indicaciones de los planos y los pliegos.
- 3- Ajustarse a normas: las normas que rigen el cómputo, tanto en la medición de proyectos como en la de obras, tienen distintos orígenes, por lo tanto es necesario ajustarse a normas invariables.
- 4- Medir con exactitud: dentro de los límites razonables de tolerancia se debe lograr un grado de exactitud tanto mayor, cuanto mayor sea el costo del rubro que se estudia.

La técnica del cómputo, consiste en dividir el trabajo por etapas, cada una de las cuales constituye un rubro del presupuesto. Esta clasificación por ítem debe ser hecha con criterio de separar todas las partes que sean susceptibles de costo distinto, ya que esto sirve para facilitar la formación del presupuesto, y además como lista indicativa de los trabajos a ejecutar. Se debe buscar un orden, es decir una disposición que permita reducir al mínimo el número de operaciones y el de mediciones. No deben descuidarse ciertas operaciones de control que permiten asegurarse contra errores groseros.

Para determinar la cantidad de materiales, se requiere la ejecución previa del cómputo métrico. También se necesita el conocimiento de las características de los materiales, es decir, sus dimensiones, pesos, rendimientos, formas de expendio en el mercado, etc.

El detalle de los materiales necesarios para hacer la obra, o una de sus partes, sea para confeccionar una lista de compra o formular un análisis de precios, no puede realizarse sin conocer las clases de materiales que la componen y la cantidad con que cada uno de ellos interviene.

En nuestro caso particular, debemos dividir el cómputo en dos partes:

1. La ejecución de la base y el tronco in situ, desde la preparación del terreno hasta el desencofrado del hormigón.
2. El armado y hormigonado de las piezas prefabricadas en taller y su traslado y montaje en obra.

A continuación se presenta un cómputo métrico detallado, incluyendo los distintos rubros que intervienen en el proyecto considerando la ejecución completa de la estructura.

Base

Rubro	Ítem	Designación	Unidad	Cant	Total	Total Ítem	Total rubro
1		Trabajos preliminares	gl				
	1	Limpieza del terreno	gl	1			
	2	Replanteo	gl	1			
2		Movimiento de suelos	m ³				79.16
	1	Excavación para base	m ³	1	79.156	79.16	
3		Doblado hierros	ml				1242.66
	1	Losa de base	ml	1	171.84	171.84	
	2	Nervios	ml	6	165.42	992.50	
	3	Cáscara	ml	1	0.00	0.00	
	4	Losa intermedia	ml	1	78.32	78.32	
	5	Anillo superior	ml	1	0.00	0.00	
4		Armado encofrado	gl	1			
5		Hormigonado	m ³				20.51
	1	Losa de base	m ³	1	14.14	14.14	
	2	Nervios	m ³	6	0.19	1.16	
	3	Tronco cilíndrico	m ³	1	5.21	5.21	
6		Desencofrado	gl	1			
7		Tapada	m ³				63.85

Piezas

Rubro	Ítem	Designación	Unidad	Cant	Total	Total Ítem	Total rubro
8		Armado de encofrados	kg				672.00
	1	Pentágono	m ²	1	6	7	
	2	Pieza Esp.	m ²	1	6.5	9	
	3	Triángulo	m ²	1	4.5	6	
	4	Trapecio	m ²	1	4	6	
9		Doblado de hierros					4025.22
	1	Pentágono fuste	ml	25	75.55	1888.75	
	2	Triangulo	ml	10	108.81	1088.12	
	3	Trapecio	ml	10	104.84	1048.35	
10		Hormigonado					9.85
	1	Pentágono fuste	m ³	25	0.25	6.25	
	2	Triangulo	m ³	10	0.19	1.90	
	3	Trapecio	m ³	10	0.17	1.70	
11		Desencofrado	gl	1			
12		Transporte	kg	1	23640.00	23640.00	23640.00
13		Montaje		1			136
	1	Horas hombre	horas	1	120	120	120
	2	Horas grúa	horas	1	16	16	16
14		Dispositivo de tesado	kg	240			240
15		Bulones cuba	kg	120.00			
16		Bulones fuste	kg	250.00			
17		Herrería	kg				303
	1	Escalera	kg				
	2	Cúpula superior	kg				
	3	Insertos metálicos	kg				
18		Pintura interior	m ²			63	63
19		Pintura exterior	m ²			117	117
20		Vidrio armado	m ²			1.8	1.8
21		Impermeabilización	m ²			61.00	61.00
22		Grout	m ³			1.40	1.40

2. Presupuesto

El presupuesto es el cálculo anticipado del costo de una obra, o de una de sus partes, cuya magnitud debe representarse con toda la exactitud con que pueda determinarse.

Según sea la finalidad de la estimación será el método por aplicarse. Existen tres tipos de métodos para la valoración:

- Por analogía: este método tiene fundamentos muy simples. Se basa en el hecho cierto de que dos obras semejantes por su función y sus características técnicas, deben tener un costo proporcionado a su magnitud, porque la unidad de edificación tendrá el mismo valor para ambas.
- Por equivalencia: se basa en la aplicación de los números índices del costo de la construcción establecidos con el objeto de dar las variaciones relativas de éste a lo largo de los años.
- Por analogía de precios: en aquellos casos en que el presupuesto significa el compromiso de la ejecución, por ejemplo en los concursos de precios y contrataciones, es necesario determinar el costo con la máxima aproximación. Éste método da mayor seguridad con respecto a los anteriores. Un presupuesto desarrollado por análisis de costos se convierte en el documento más importante de la obra, que debe servir de guía a la organización operativa de la misma y al contralor de su rendimiento económico.

Por lo tanto, el presupuesto se planea y detalla para poder derivar, de acuerdo a los requerimientos, de su estudio los siguientes aspectos:

- la cantidad y costo total de los materiales;
- la cantidad y costo total de las especialidades de la mano de obra;
- el plan de trabajo;
- el plan de inversiones;
- el plan financiero.

Es importante tener presente que los gastos que se pueden producir en la construcción de una obra, intervienen en el presupuesto final a través del Costo Directo, y del Costo Indirecto, los cuales se detallan a continuación:

- Costo Directo

Son los gastos y consumos que pueden ser claramente aplicados a una actividad por existir una determinación concreta de cantidad y valoración de los recursos empleados.

Por lo tanto, se reconocen como costos directos, los que corresponden a la obra principal, propiamente dicha, excluyendo los costos directos que demanden las obras accesorias. Sus elementos componentes son:

- Materiales;
- Mano de obra;
- Máquinas, instalaciones, herramientas y medios auxiliares,
- Transportes,
- Plantas de producción de materiales, elementos elaborados o semielaborados,
- Subcontratos.

- Costo Indirecto

Son los gastos que no pueden llevarse a una actividad por no resultar posible o práctica, la determinación precisa de la parte consumida en cada trabajo, siendo entonces necesario recurrir a la imputación indirecta, mediante prorrateo, que se realiza empleando algún criterio determinado. Se considera el costo indirecto como un determinado porcentaje del costo directo. Se dividen en:

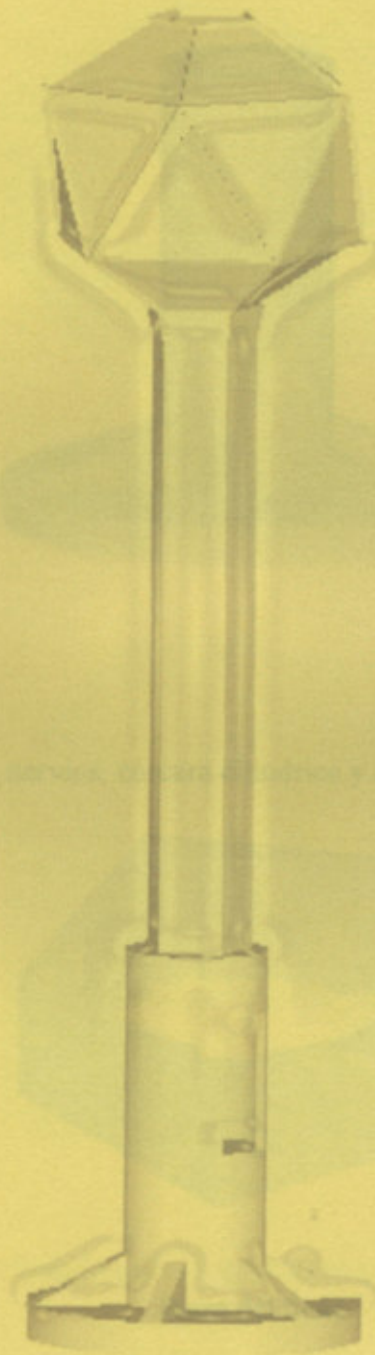
- Gastos comunes de obra;
- Gastos indirectos de producción;
- Gastos generales de obra;
- Gastos generales de empresa;
- Gastos fiscales, impuestos y tasas;
- Gastos de financiación;
- Beneficio.

El presupuesto de los rubros computados anteriormente, incluyendo materiales, mano de obra y costo indirecto, conforman el costo total de la obra:

Rubro	Designación	Unidad	Computo	Costo unit. Materiales	Costo unit. Mano obra	Costo total materiales	Costo total Mano obra	Costo Total
1	Trabajos preliminares	gl	1		\$ 100.00		\$ 100	\$ 100.00
2	Movimiento de suelos	m ³	79.16		\$ 12.00		\$ 950	\$ 949.87
3	Doblado hierros base	kg	566.77	\$ 1.50	\$ 1.00	\$ 850.16	\$ 567	\$ 1,416.93
4	Armado encofrado base	gl	1		\$ 2,051		\$ 2,051	\$ 2,051.12
5	Hormigonado base	m ³	20.51	\$ 270.00	\$ 150.00	\$ 5,538	\$ 3,077	\$ 8,614.68
6	Desencofrado base	gl	1		\$ 410.22		\$ 410	\$ 410.22
7	Tapada	m ³	63.85		\$ 11.00		\$ 702	\$ 702.40
8	Encofrados piezas	kg	672.00	\$ 2.00	\$ 4.00	\$ 1344	\$ 2688	\$ 4032.00
9	Doblado de hierros piezas	kg	566.77	\$ 1.50	\$ 1.00	\$ 850.16	\$ 567	\$ 1,416.93
10	Hormigonado piezas	m ³	9.85	\$ 270.00	\$ 150.00	\$ 2,660	\$ 1,478	\$ 4,137
11	Desencofrado piezas	gl	1		\$ 197.00		\$ 197	\$ 197.00
12	Transporte *	Tn	23.64		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0	\$ 0.00
13	Montaje grúa	horas	16		\$ 100.00		\$ 1,600	\$ 1,600
	Montaje hombres	horas	120		\$ 6.00		\$ 720	\$ 720.00
14	Dispositivo de tesado	kg	240.00		\$ 7.50		\$ 1,800	\$ 1,800.00
15	Bulones cuba	u	120.00	\$ 5.00		\$ 600.00		\$ 600
16	Bulones fuste	u	250.00	\$ 0.25		\$ 62.50		\$ 62.50
17	Herrería	kg	303.00	\$ 6.00		\$ 1,818		\$ 1,818
18	Pintura interior	m ²	63	\$ 9.30	\$ 9.00	\$ 585.90	\$ 567	\$ 1,152.90
19	Pintura exterior	m ²	117	\$ 3.50	\$ 6.00	\$ 409.50	\$ 702	\$ 1,111.50
20	Vidrio armado	m ²	1.8	\$ 95.00	\$ 60.00	\$ 171.00	\$ 108	\$ 279.00
21	Impermeabilización	m ²	61.00	\$55.00	\$50.00	\$3355.00	\$3050.00	\$6405.00
22	Grout	m ³	1.40	\$810.00	\$600.00	\$1134.00	\$840.00	\$1974.00

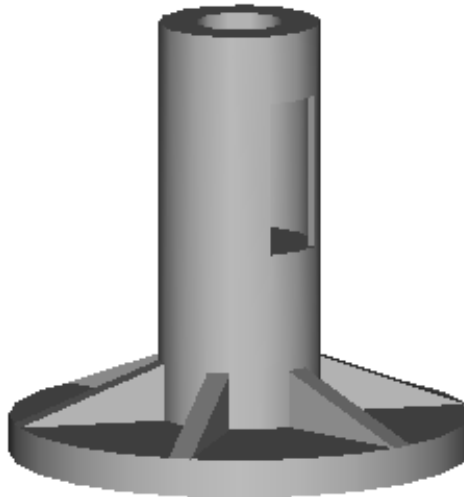
TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 41551.05
TOTAL COSTO INDIRECTO (10%)	\$ 4155.10
IVA (21%)	\$ 9598.29
TOTAL COSTO DE OBRA	\$ 55304.44

* No se presupuesta transporte ya que depende de la distancia desde la planta a la ubicación del tanque.

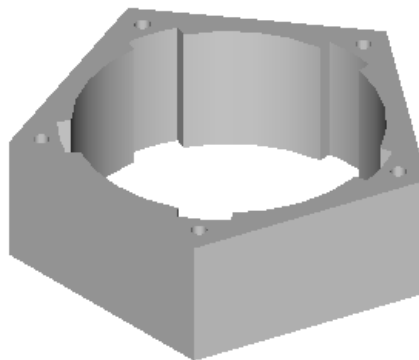


Detalle de la base, del tronco, del torjón superior y del elemento superior

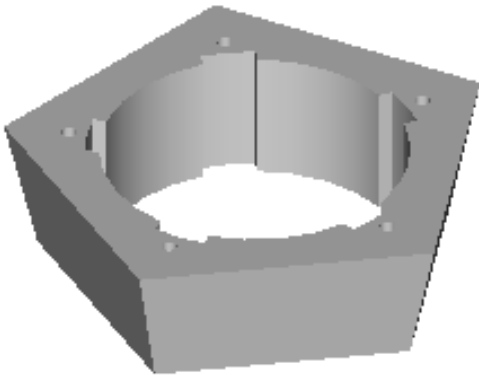
*CAPÍTULO XI
DETALLES CONSTRUCTIVOS*



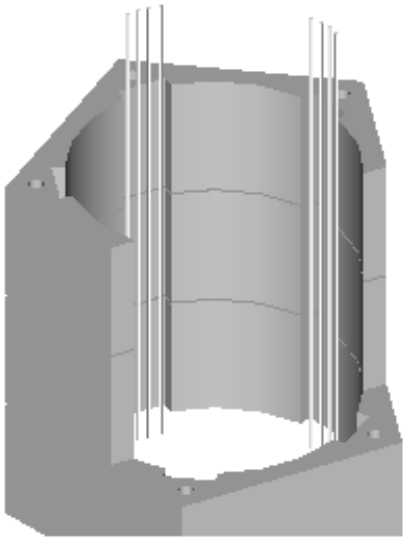
Losa de base, nervios, cáscara cilíndrica y anillo superior



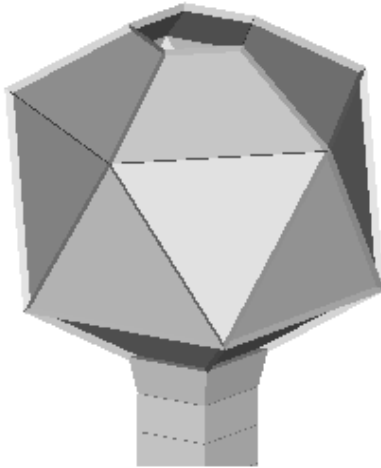
Pieza del fuste



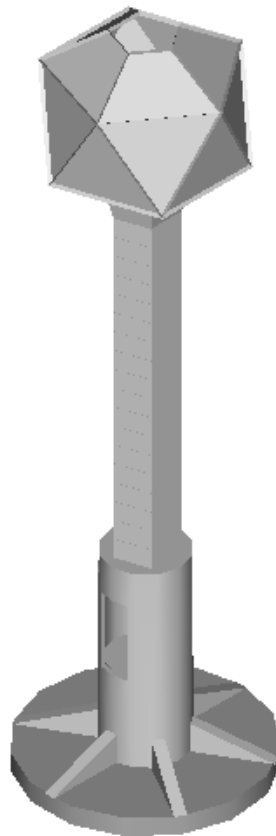
Pieza especial del fuste



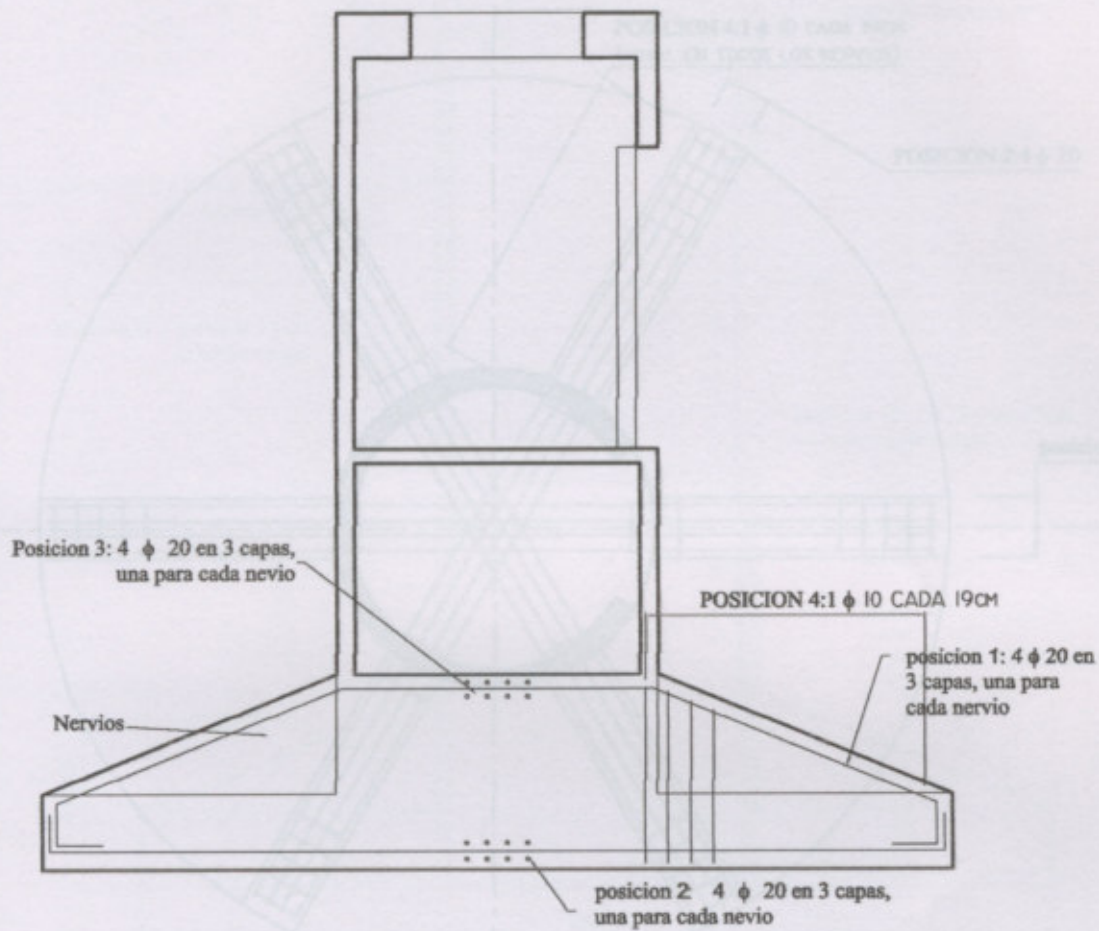
Detalle unión entre piezas del fuste



Cuba del tanque



Tanque completo



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

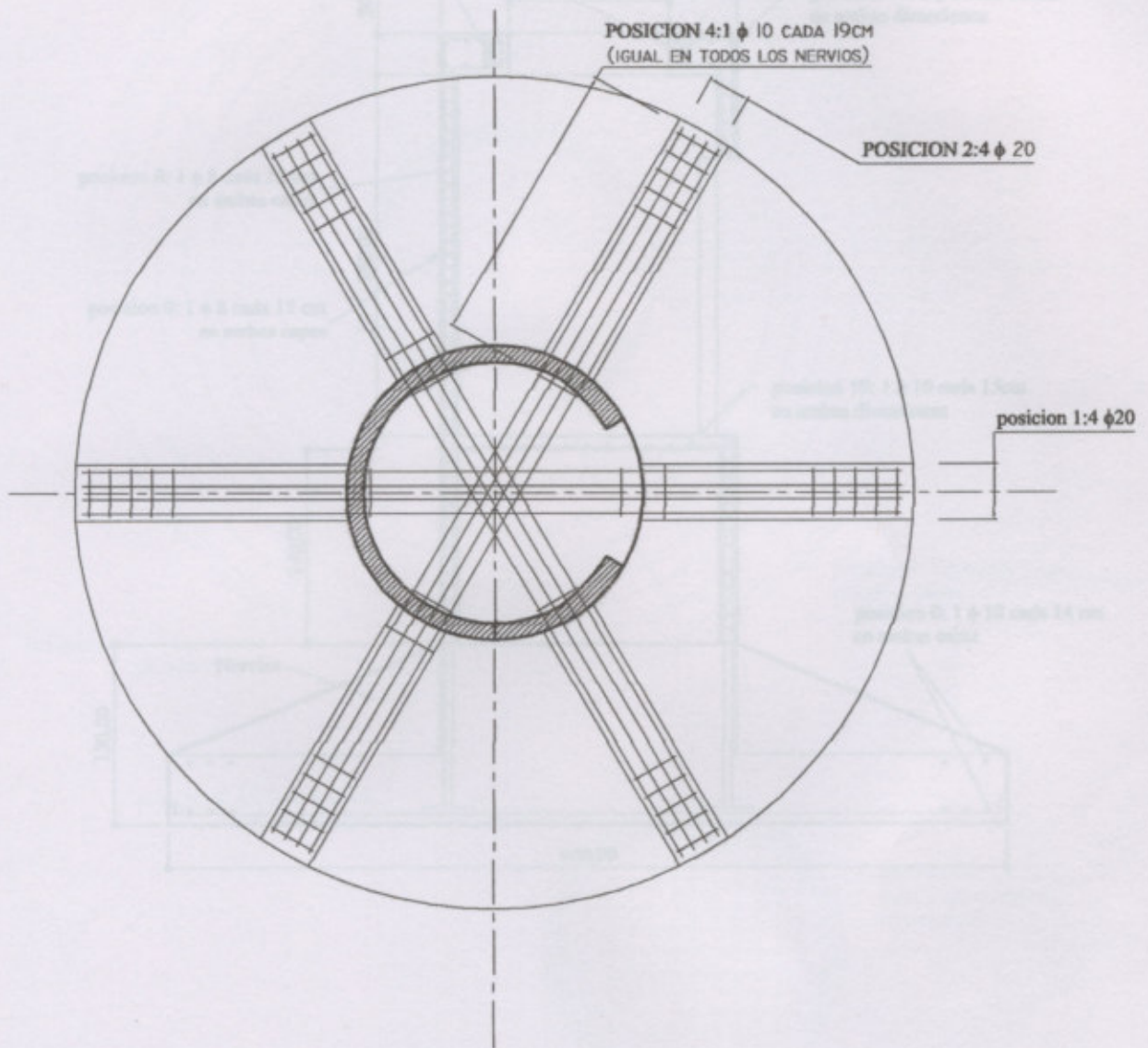
PLANO N°:

001

ESC.

1:50

DETALLES ARMADURA BASE



UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
002

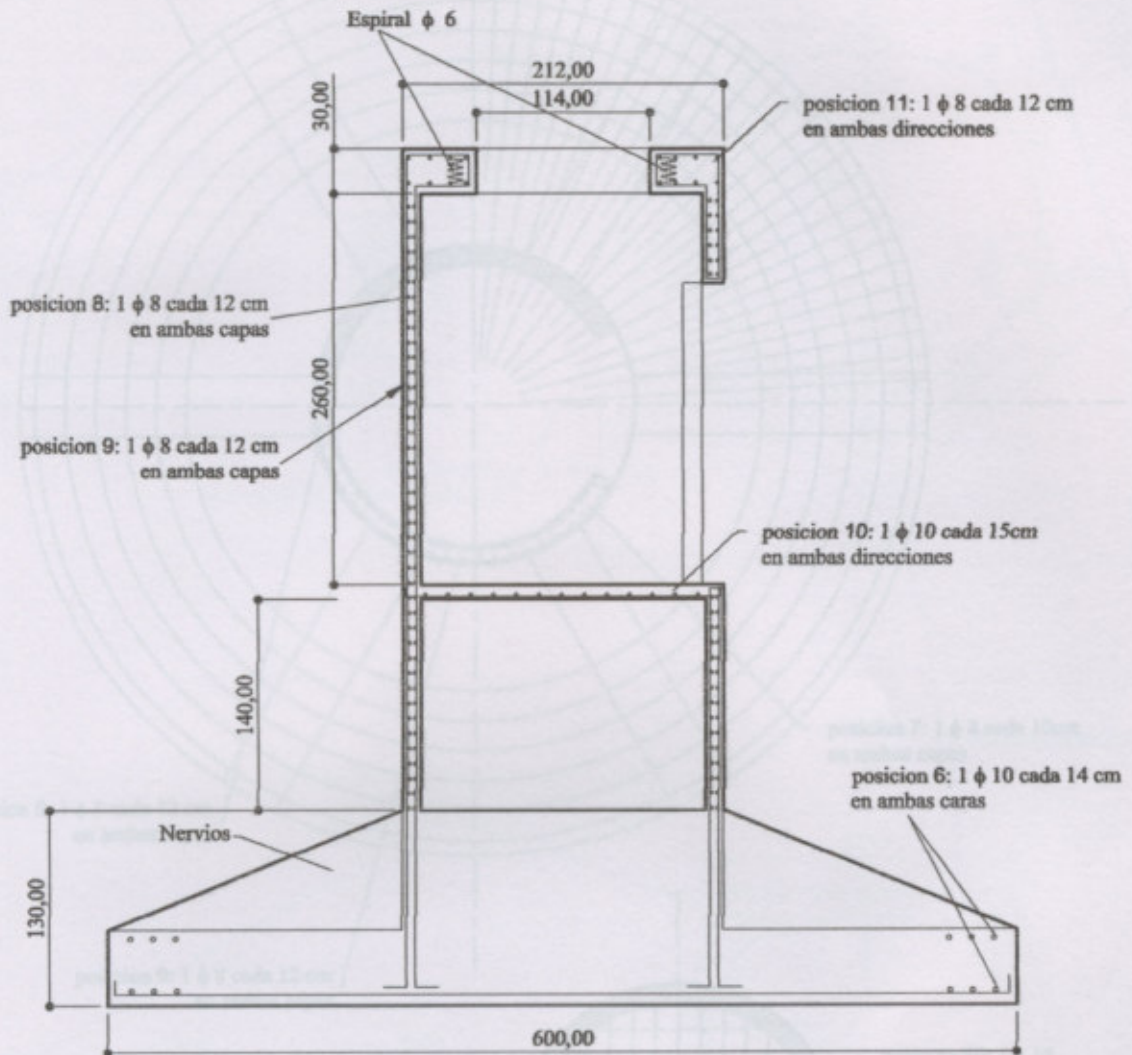
ESC.

1:50

DETALLES ARMADURA BASE

posicion 5: 1 ϕ 10 cada 14 cm
en ambas caras

posicion 5: 1 ϕ 10 cada 14 cm



UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

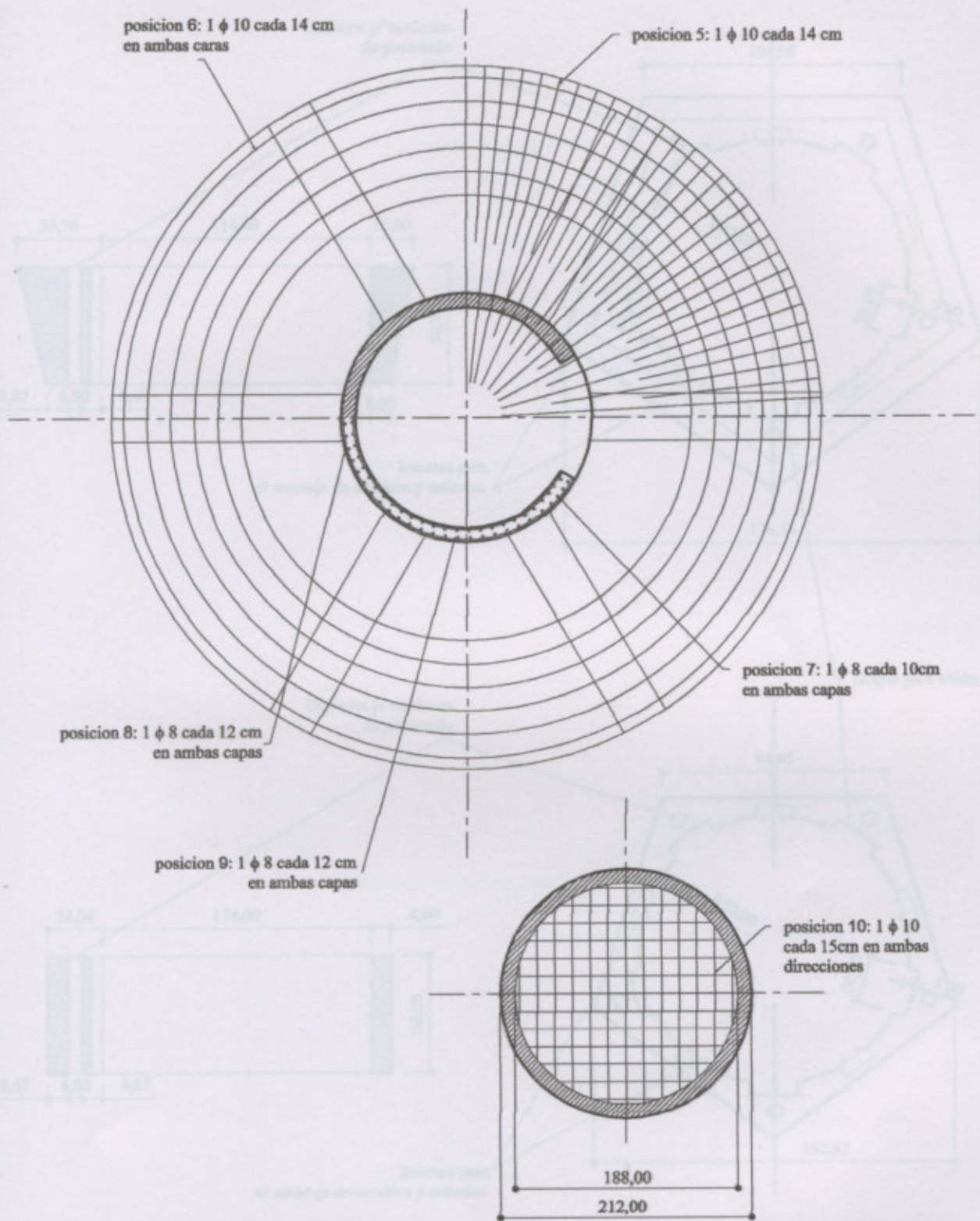
PLANO N°:

003

ESC.

1:50

DETALLES ARMADURA BASE



DETALLE LOSA DE PISO PARA INGRESO DE PERSONAL DE MANTENIMIETO

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

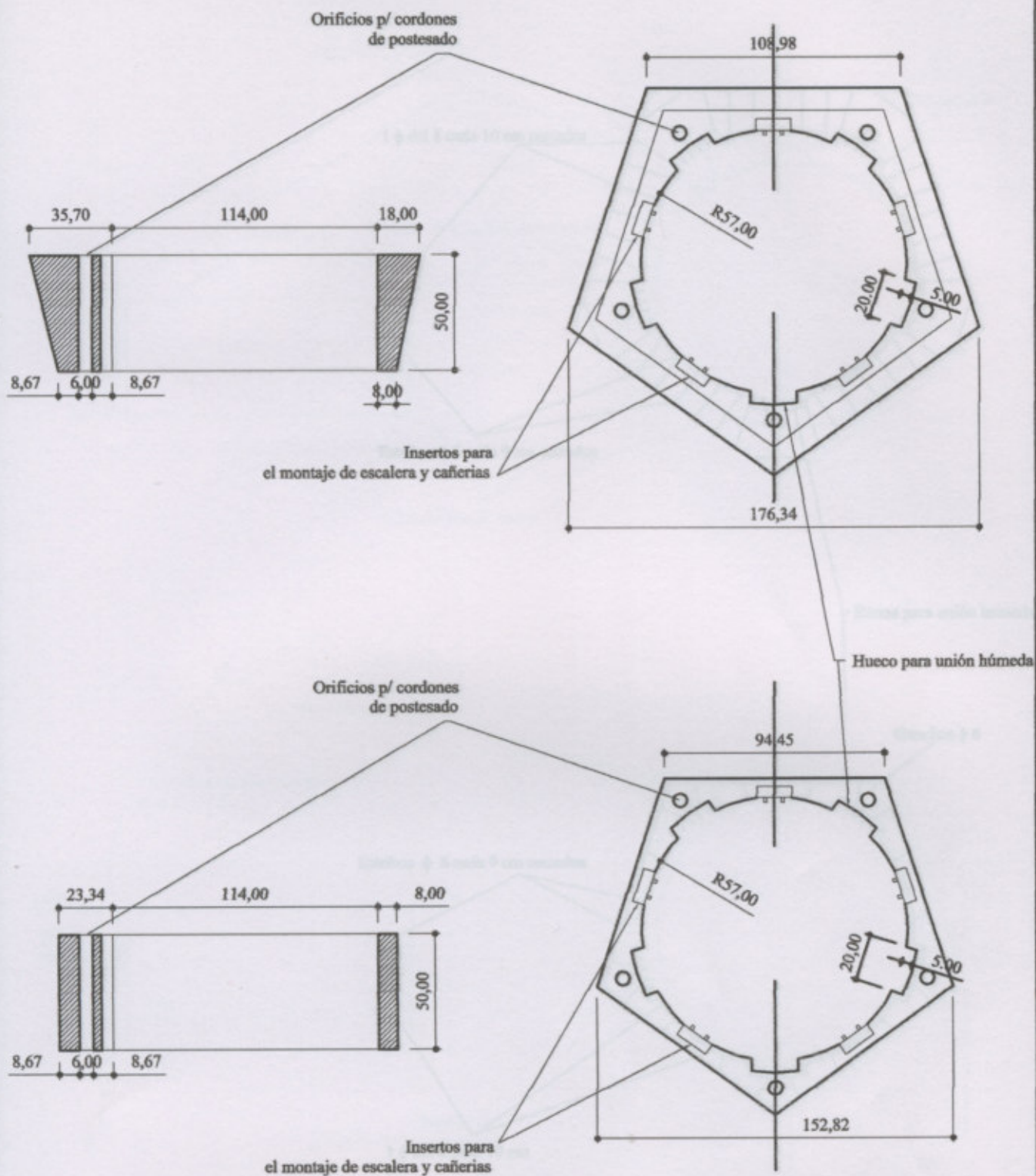
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
004

ESC.

1:50

DETALLES ARMADURA BASE



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

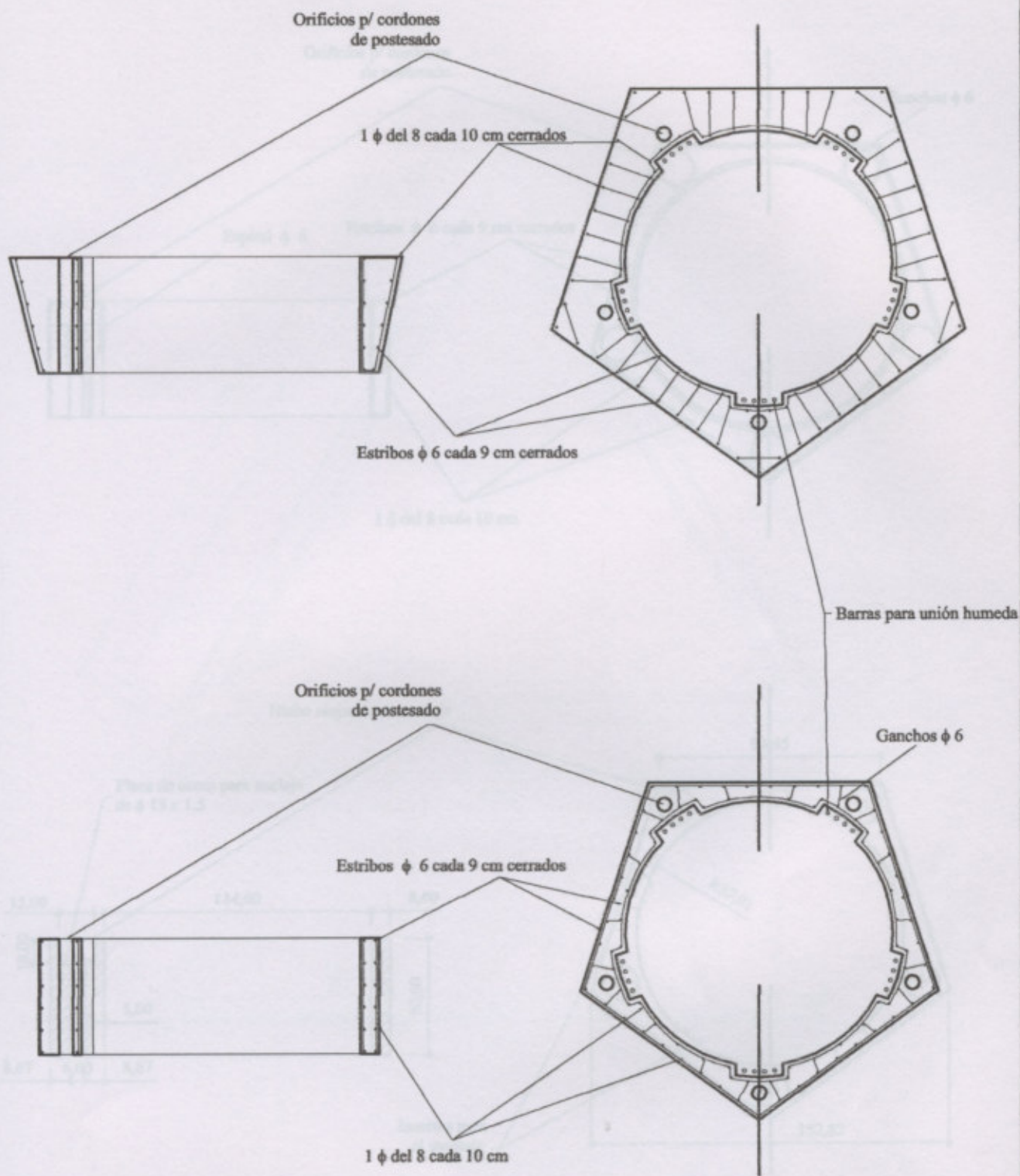
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
005

ESC.

1:25

DETALLES PIEZAS DEL FUSTE DEL FUSTE



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

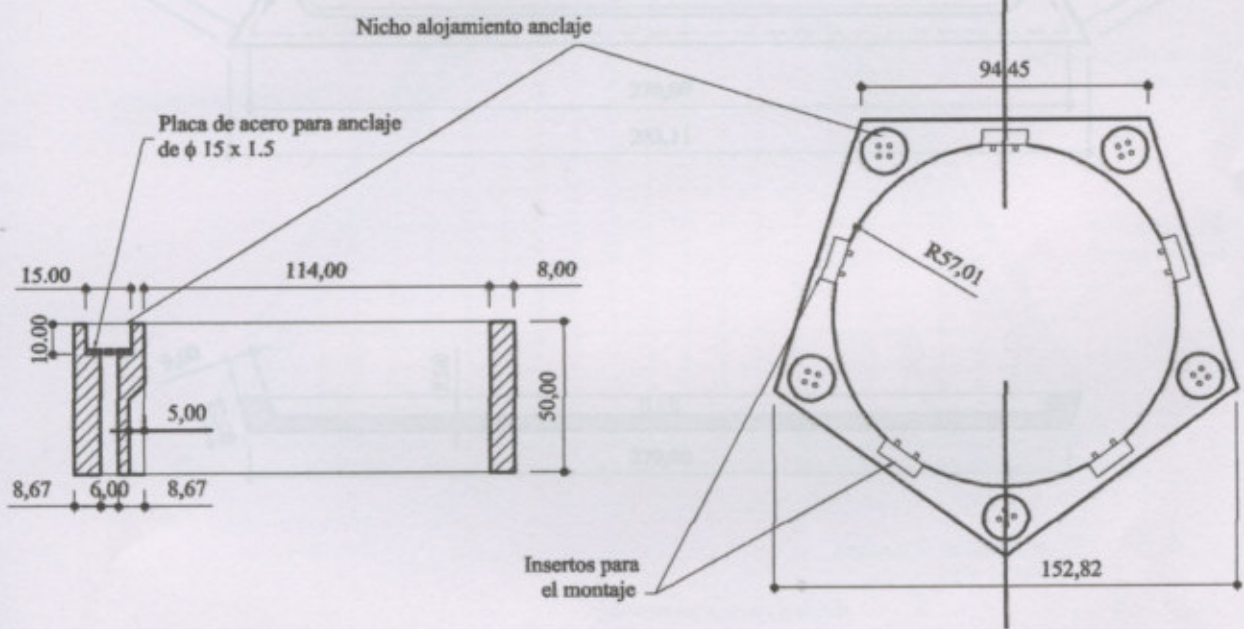
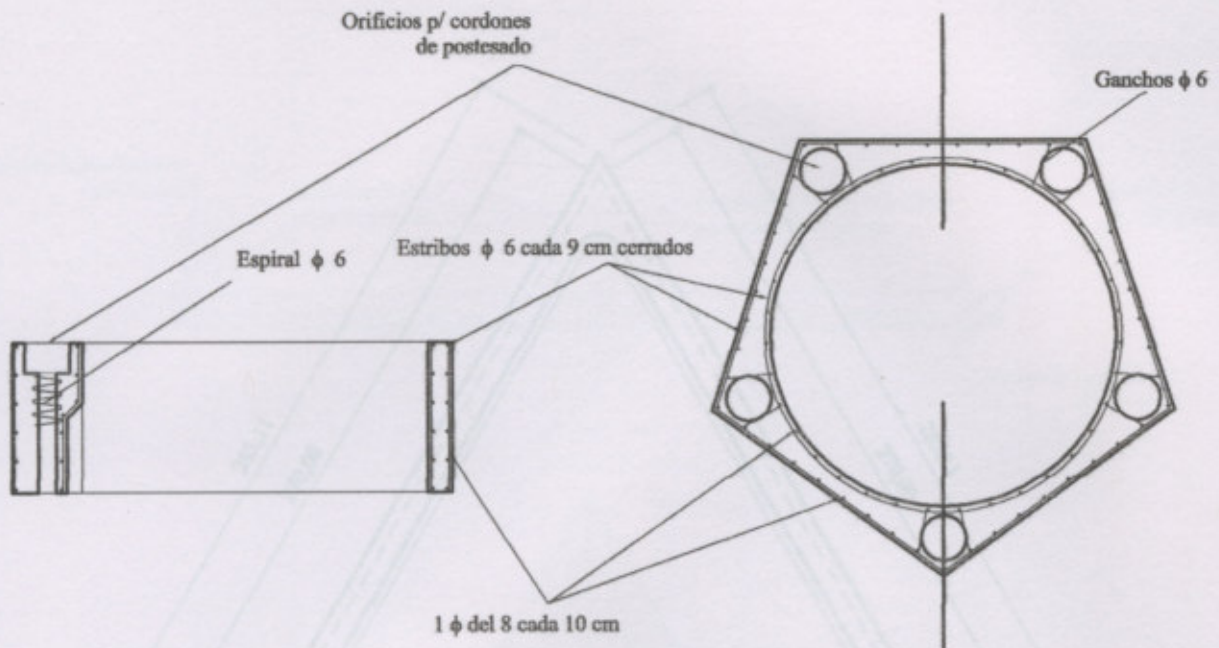
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
006

ESC.

1:25

DETALLES ARMADURAS PIEZAS DEL FUSTE



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

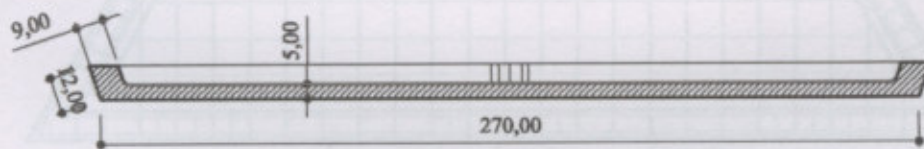
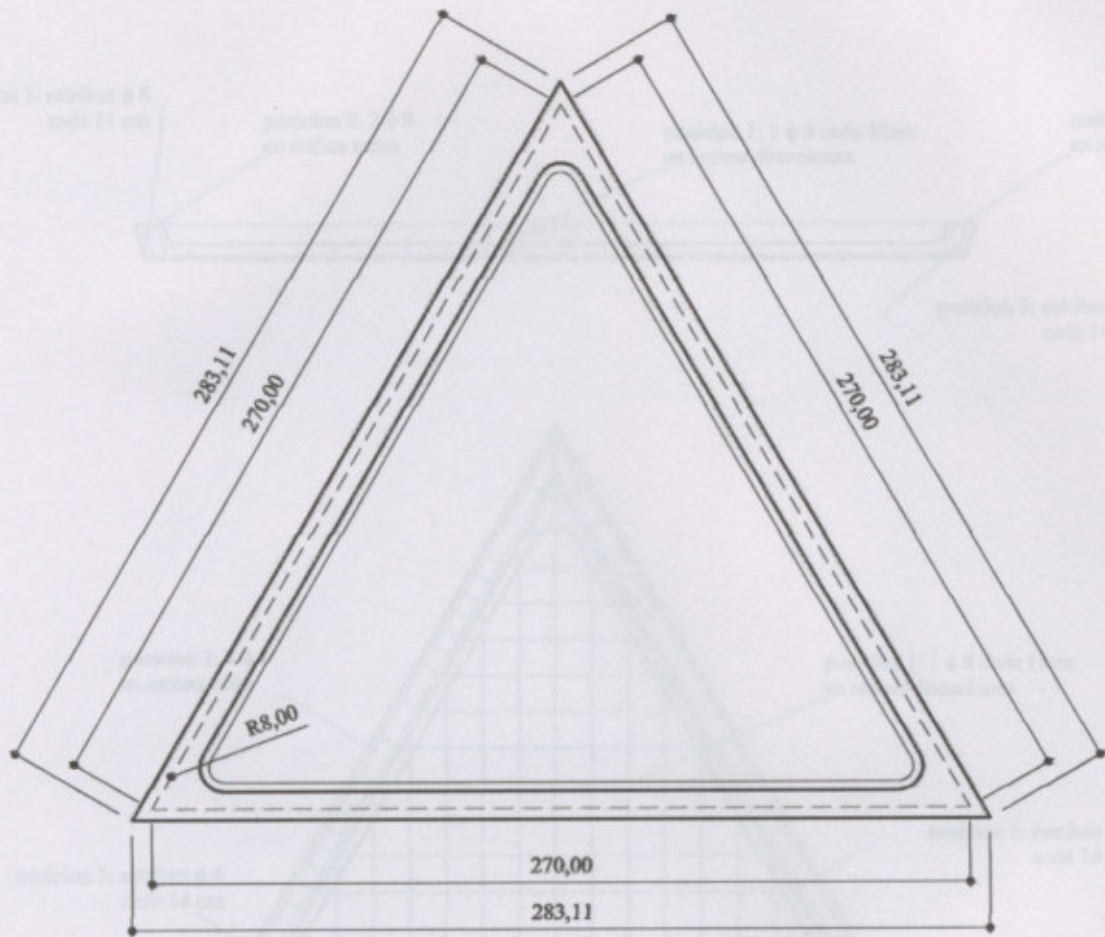
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
007

ESC.

1:25

PIEZA SUPERIOR DEL FUSTE



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

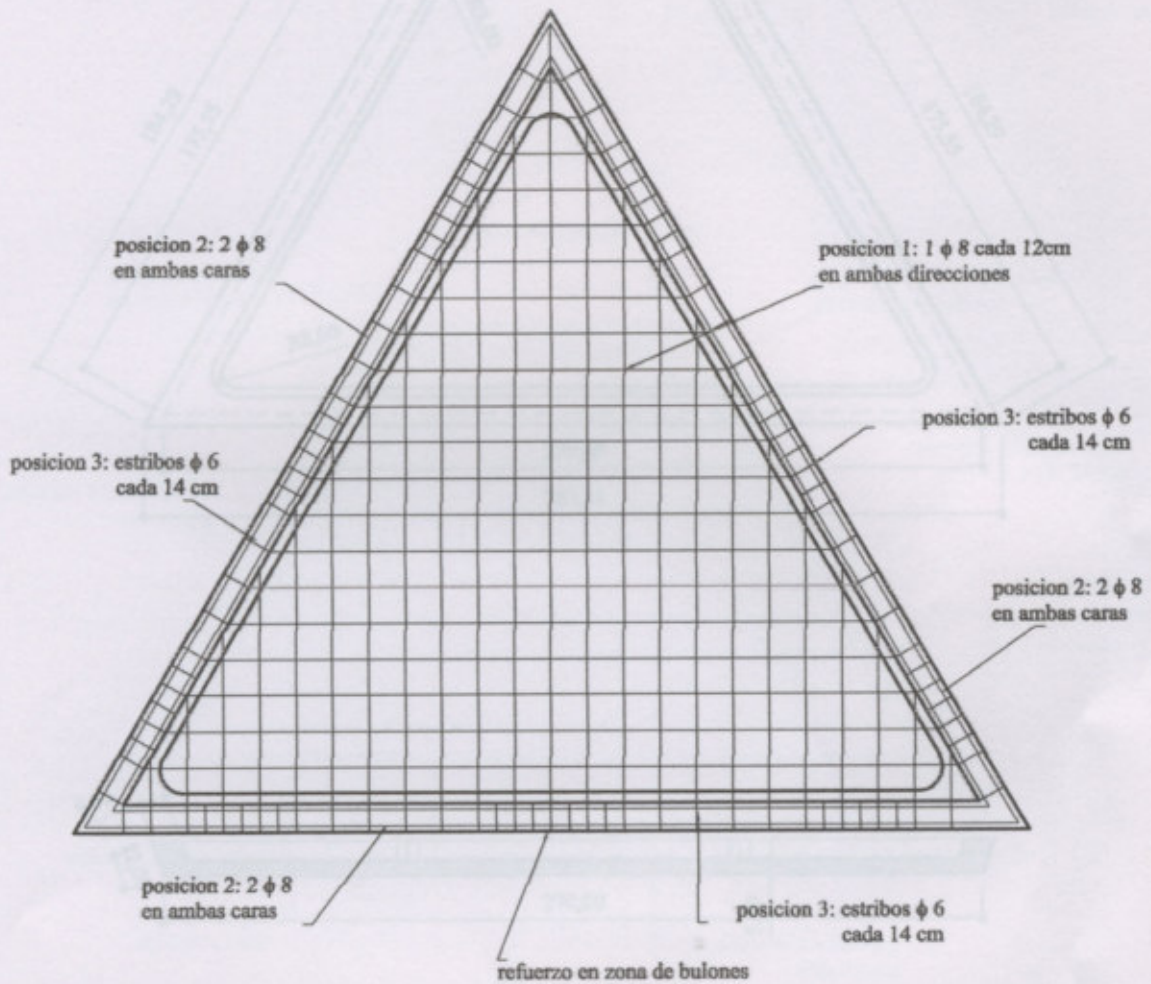
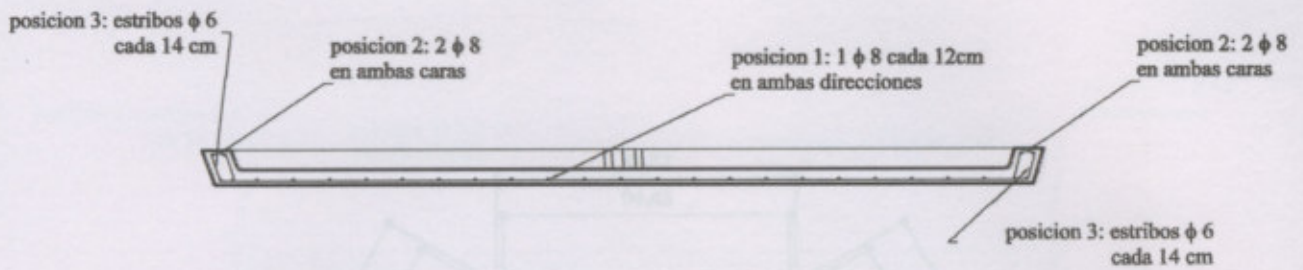
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
008

ESC.

1:25

DETAL PIEZA TRIÁNGULO



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

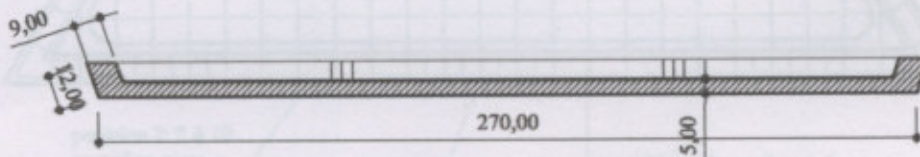
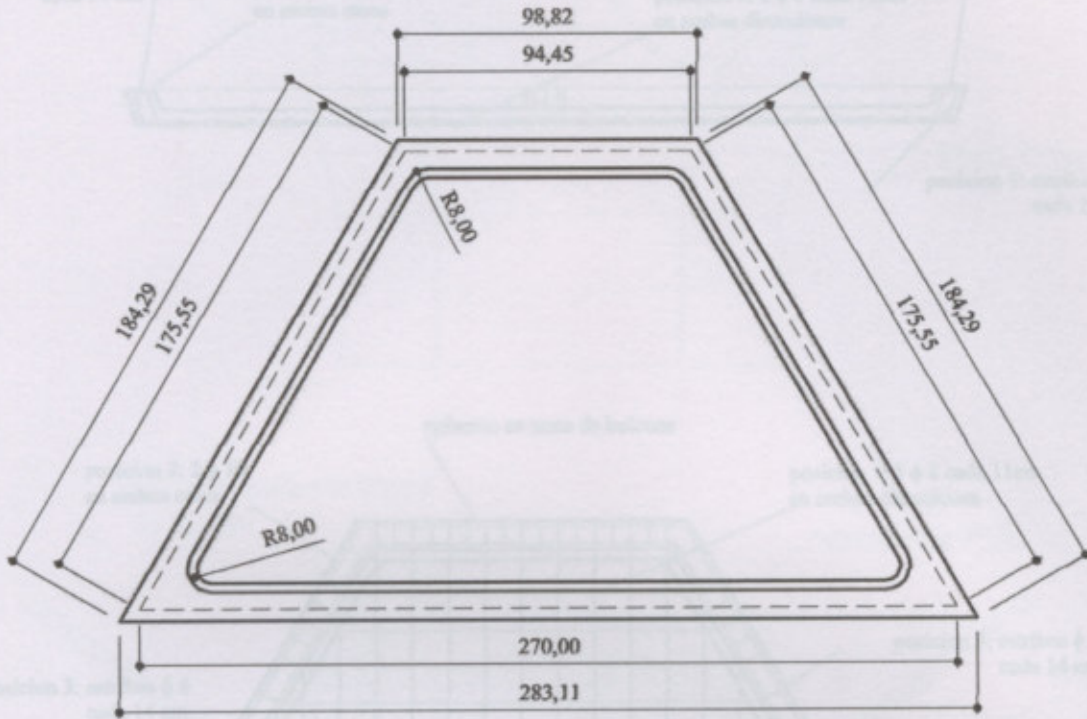
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
009

ESC.

1:25

DETALLE ARMADURA TRIÁNGULO



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

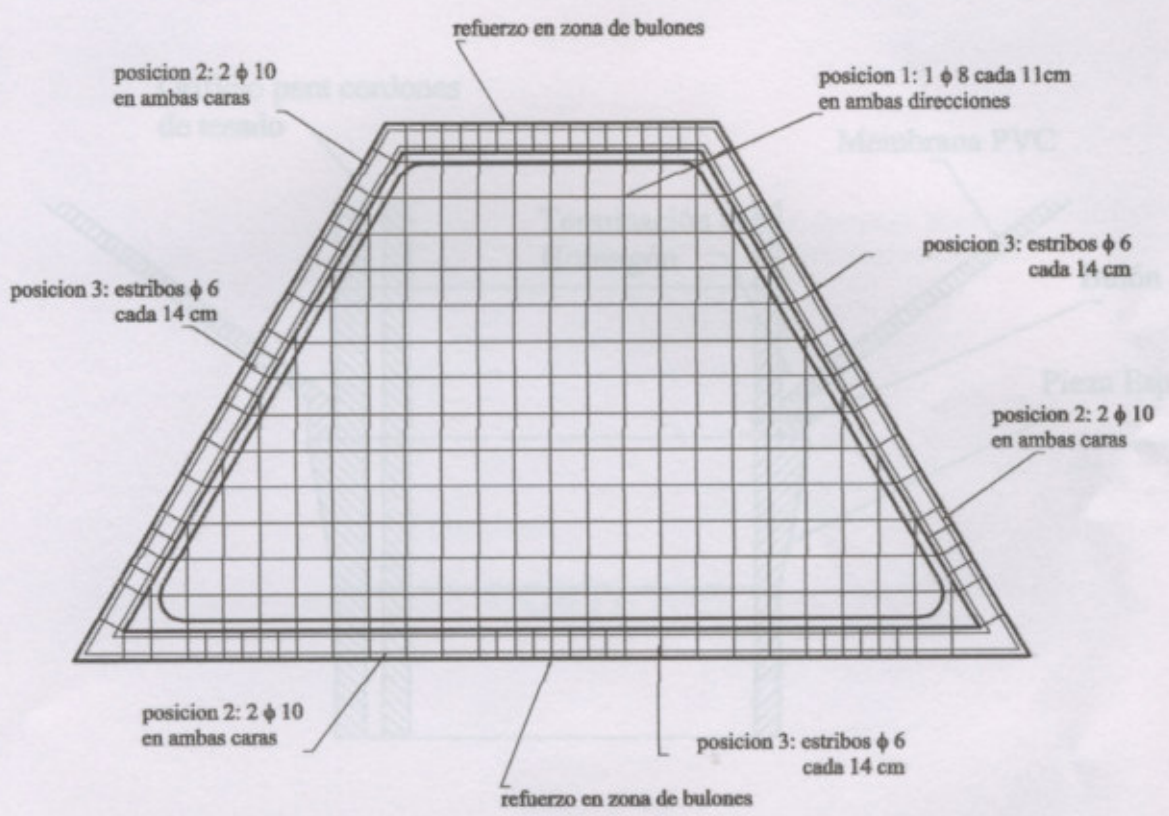
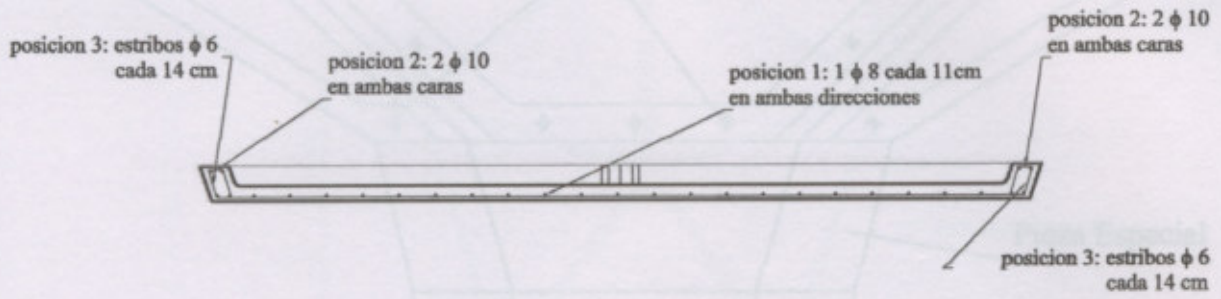
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
010

ESC.

1:25

DETALLE PIEZA TRAPEZIO



UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

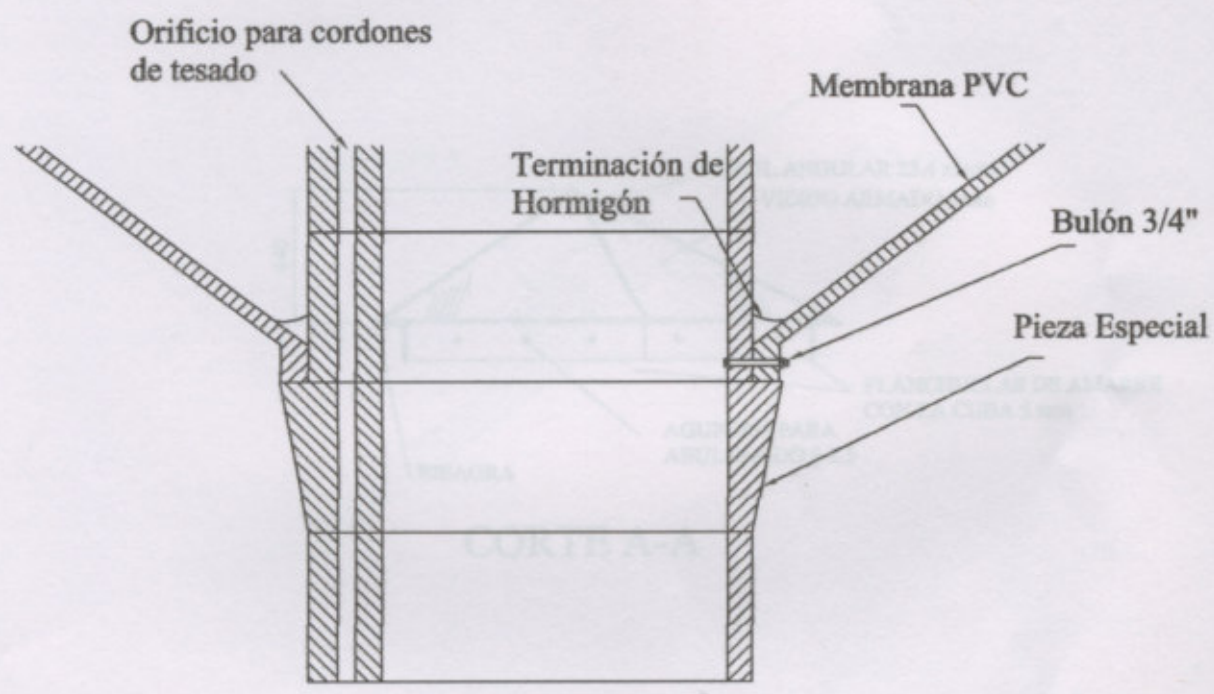
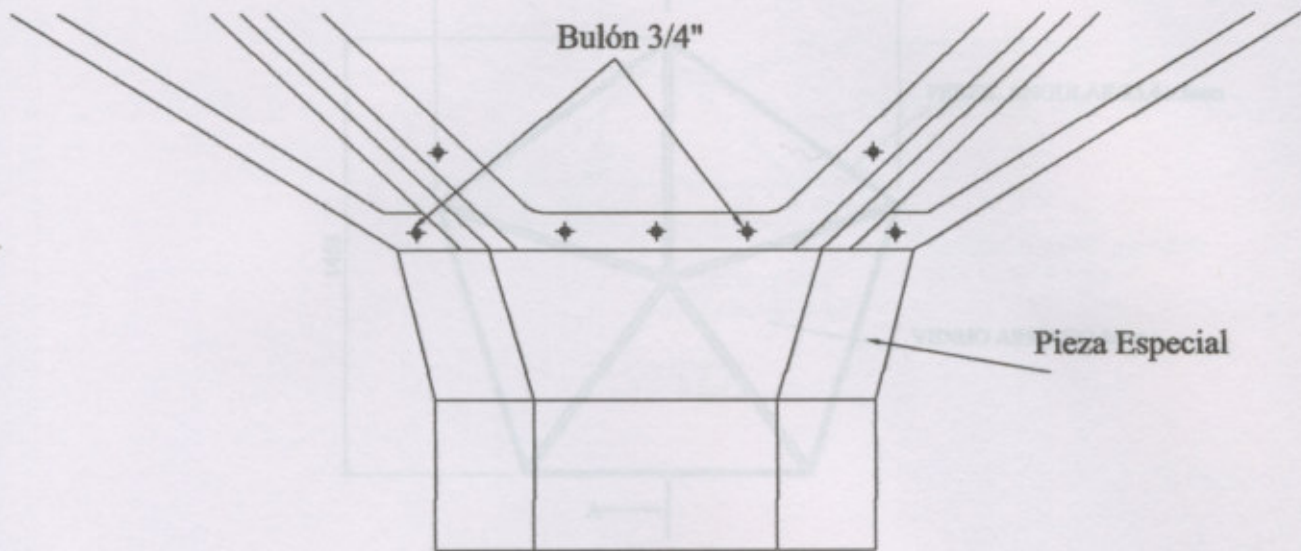
ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
011

ESC.
1:25

DETALLE ARMADURA TRAPEZIO



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

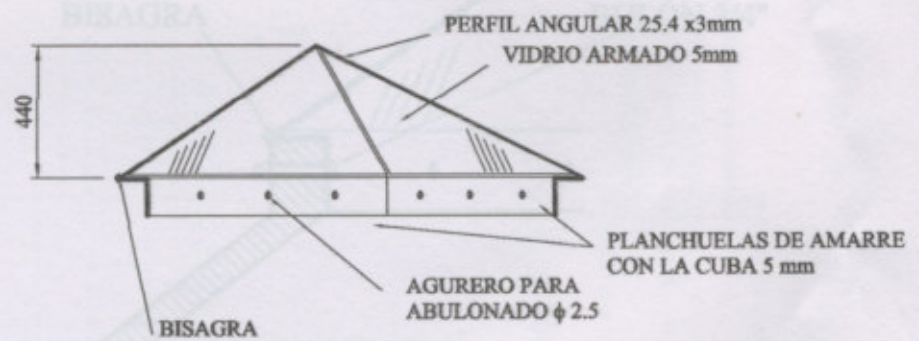
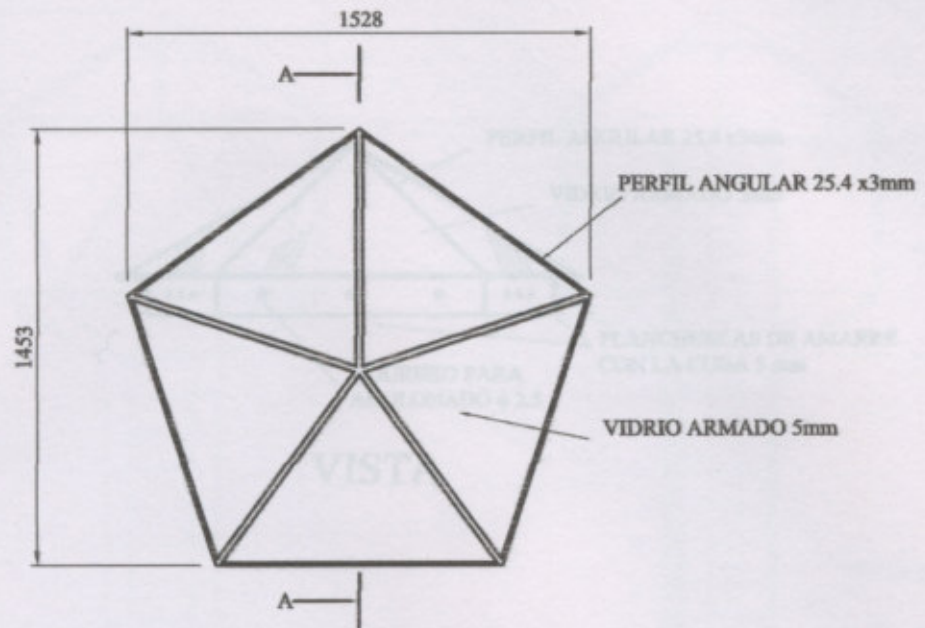
ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
012

ESC.
1:25

DETALLES UNION CUBA-FUSTE



CORTE A-A

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

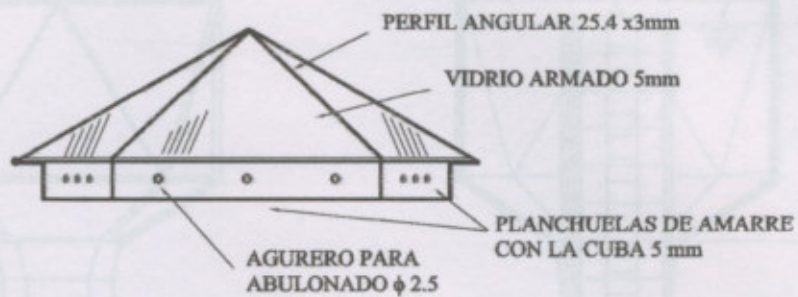
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
013

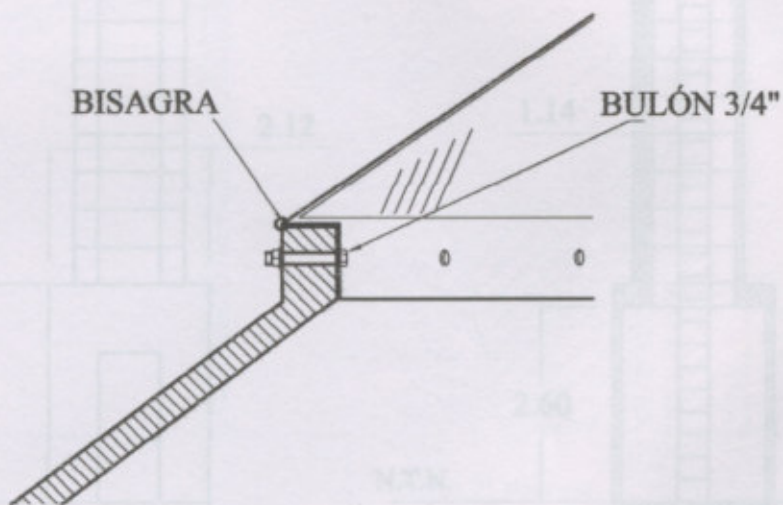
ESC.

1:25

DETALLE CUPULA



VISTA



UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

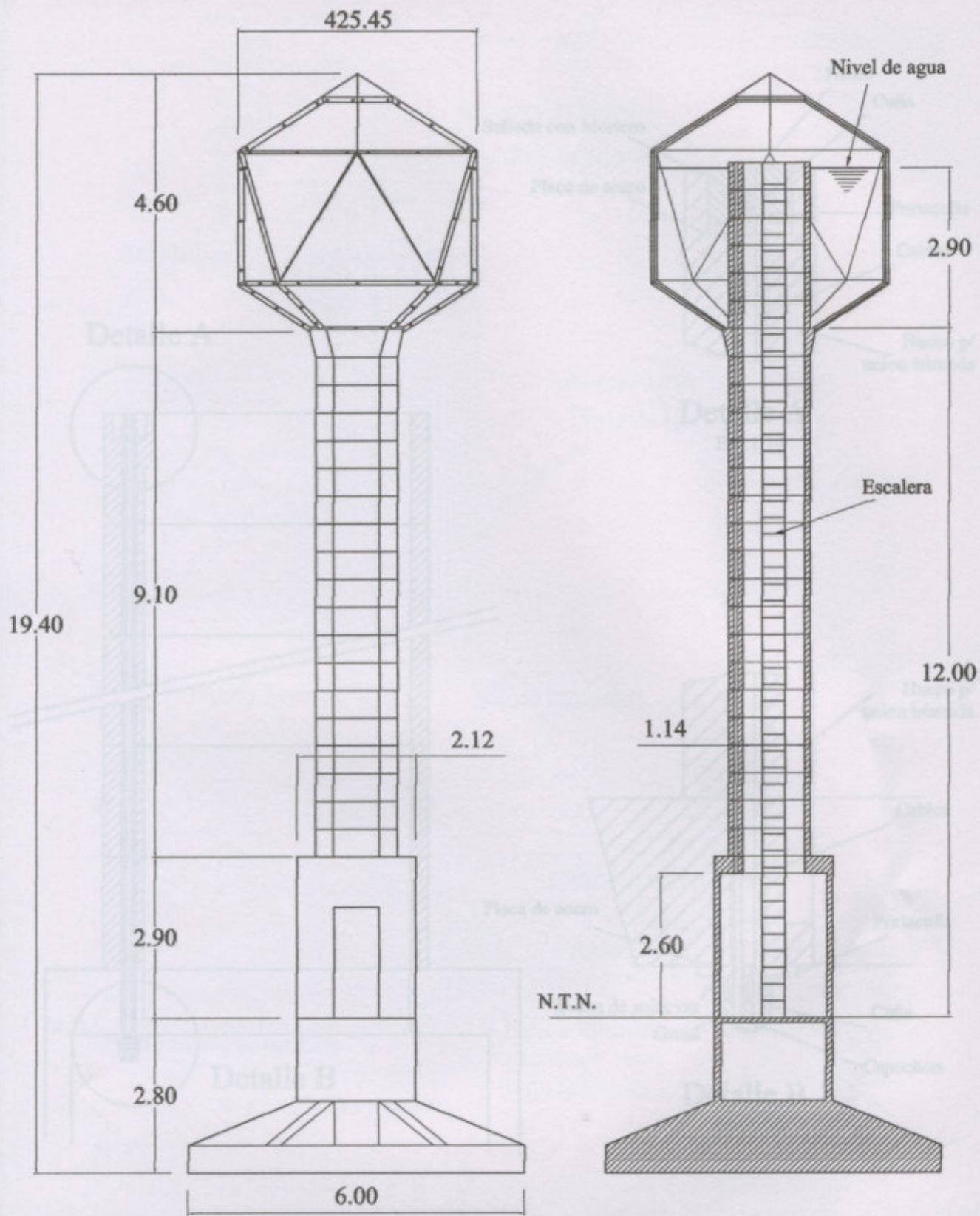
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE -TANQUE

PLANO N°:
014

ESC.

1:25

DETALLES UNION CUBA-CUPULA



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

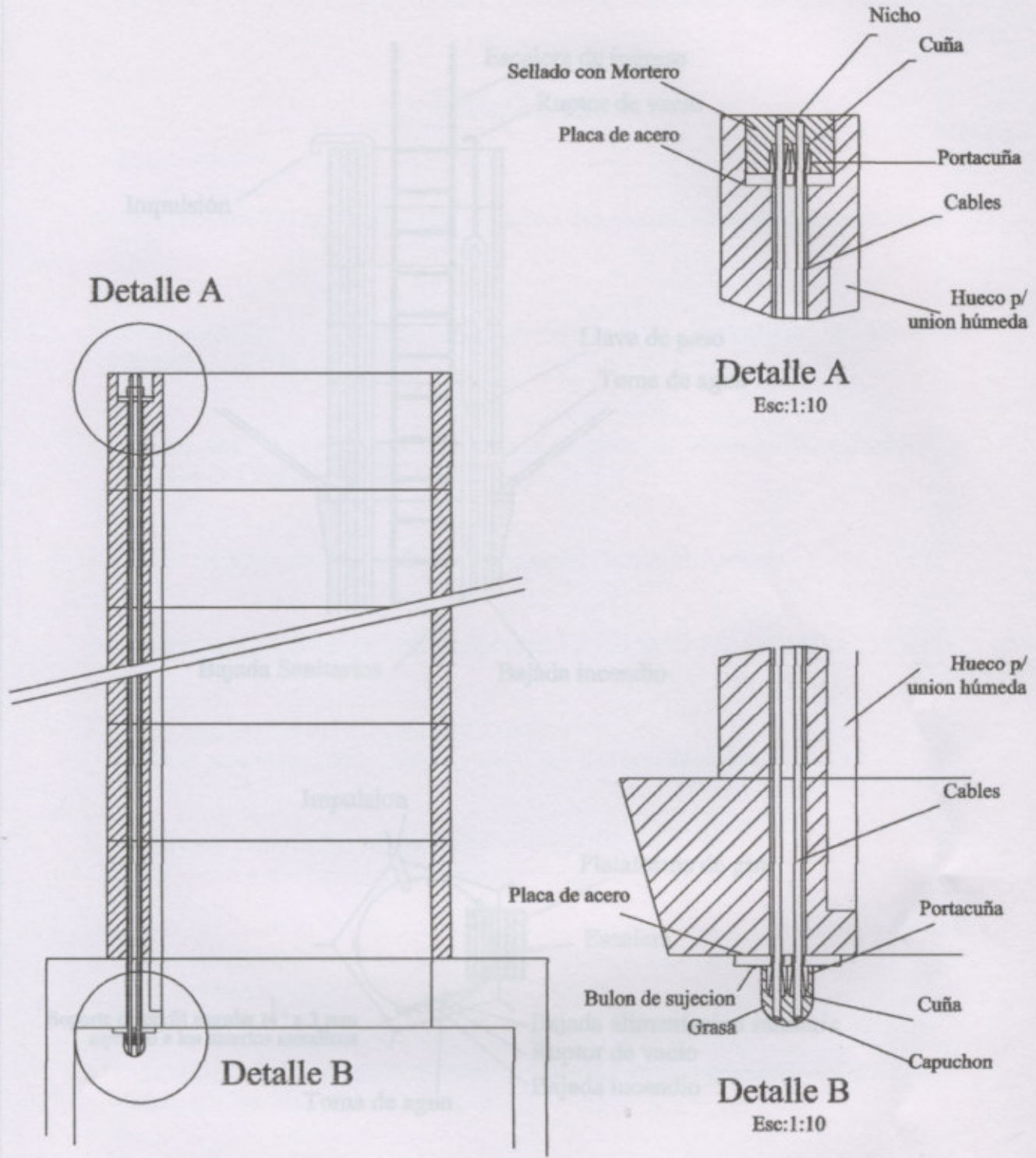
TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO N°:
015

ESC.

1:100

VISTA GENERAL Y CORTE



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

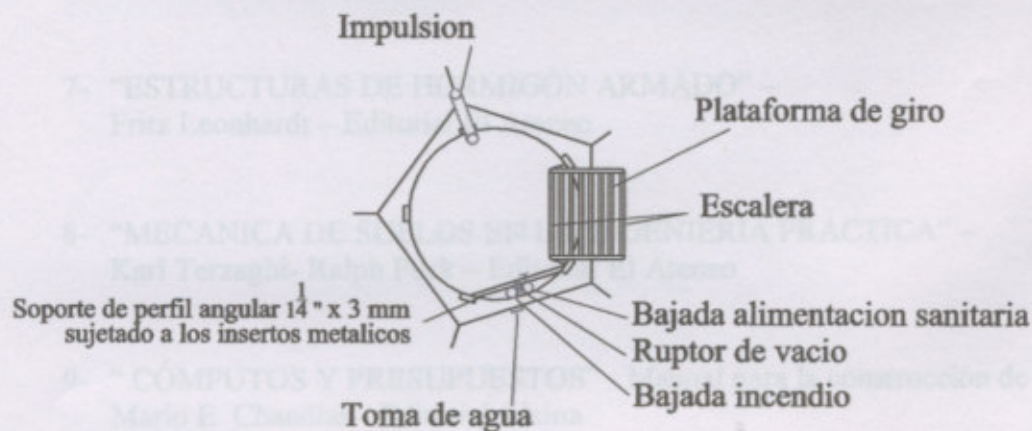
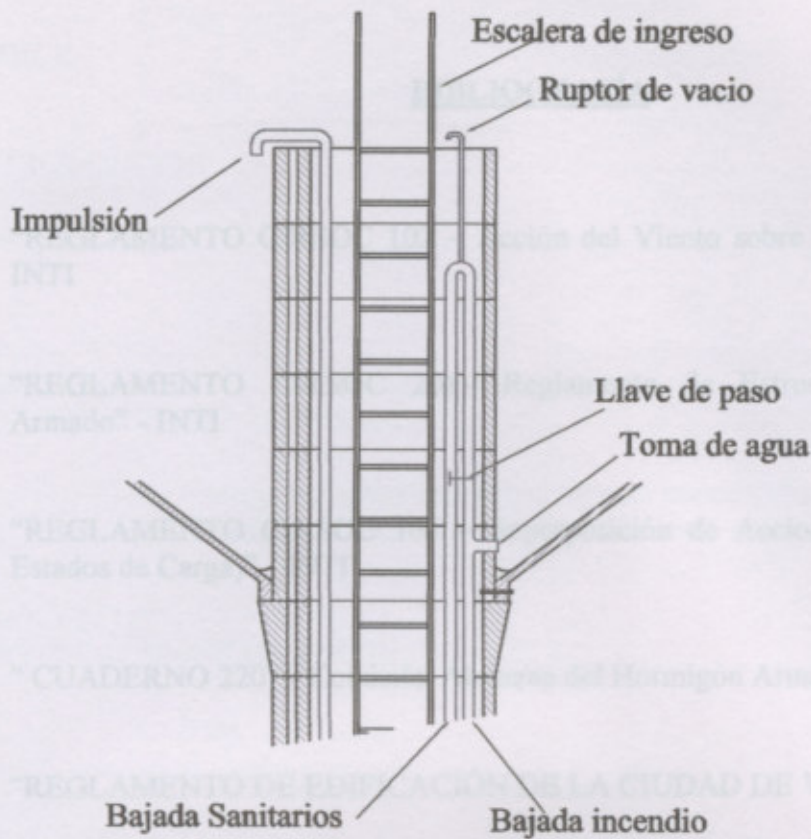
ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE - TANQUE

PLANO Nº:
016

ESC.
1:25

DETALLE ANCLAJES



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

ALUMNOS: JUAN IGNACIO MUSSETTO
PABLO MANUEL COSTAMAGNA

TEMA: PROYECTO FINAL - TORRE -TANQUE

PLANO N°:
017

ESC.
1:100

Detalle Cañerías

BIBLIOGRAFÍA

- 1- “REGLAMENTO CIRSOC 102 – Acción del Viento sobre las Construcciones” - INTI
- 2- “REGLAMENTO CIRSOC 201– Reglamento de Estructuras de Hormigón Armado” - INTI
- 3- “REGLAMENTO CIRSOC 105 – Superposición de Acciones (Combinación de Estados de Carga)” - INTI
- 4- “ CUADERNO 220” - Comisión Alemana del Hormigón Armado
- 5- “REGLAMENTO DE EDIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE VENADO TUERTO ”
- 6- “ EL ACERO EN LA CONSTRUCCIÓN” -
Manual para el proyecto, cálculo y ejecución de construcciones en acero.
- 7- “ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO” –
Fritz Leonhardt – Editorial El Ateneo
- 8- “MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA” –
Karl Terzaghi- Ralph Peck – Editorial El Ateneo
- 9- “ CÓMPUTOS Y PRESUPUESTOS” - Manual para la construcción de edificios.
Mario E. Chandías - Editorial Alsina
- 10- Manual del Software SAP90 “Modelización y Cálculo por Elementos Finitos”.
- 11- www.precon.com.ar - Sitio web de la empresa Precon
- 12- “INSTALACIONES SANITARIAS”
Néstor Pedro Quadri – Editorial Cesarini Hnos.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
CAPITULO I	
JUSTIFICACIONES TÉCNICAS	3
1. Sistema por gravedad versus sistema presurizado	3
2. Hormigón versus Acero versus Plástico	5
CAPITULO II	
JUSTIFICACIONES DE DISEÑO	7
1. Base	7
2. Fuste	7
3. Cuba	8
CAPITULO III	
PARÁMETROS DE DISEÑO	12
1. Ubicación en el terreno	12
2. Altura necesaria de la torre tanque	15
3. Volumen necesario de la cuba	15
3.1 Instalación sanitaria	16
3.2 Instalación contra incendio	17
3.3 Instalación para Laboratorio de Hidráulica	28
CAPITULO IV	
PRESIMENSIONAMIENTO	30
1. Cuba	30
2. Fuste	32
3. Base e ingreso	32
CAPITULO V	
ANÁLISIS DE CARGA	35
1. Peso propio de la estructura	35

2. Peso del agua almacenada en la cuba	36
3. Acción del viento sobre la estructura	37

CAPITULO VI
CÁLCULO DE LAS SOLICITACIONES

1. Introducción	45
2. Modelización y cálculo con método de los elementos finitos	45
2.1 Geometría	46
2.2 Cargas actuantes	46
2.2.1 Combinación de los estados de carga	48
2.3 Vinculación	48
2.4. Carga de datos en SAP90	50

CAPITULO VII
DIMENSIONAMIENTO

1. Verificación de las tensiones en el terreno	66
1.1 Verificación al vuelco de toda la estructura	71
2. Dimensionamiento de la base	73
2.1 Dimensionamiento de la losa inferior	78
2.2 Dimensionamiento de los nervios	81
2.3 Dimensionamiento de la cáscara	83
2.4 Dimensionamiento del anillo superior	84
2.5 Dimensionamiento de las columnas de la puerta	85
3. Dimensionamiento del fuste	87
3.1 Generalidades del pretensado	88
3.2 Sistema a utilizar	100
3.3 Calculo de la tensión de los cables (Servicio).....	101
3.3.1 Cálculo de las pérdidas	103
3.3.2 Verificación de tensiones en el hormigón	105
3.4 Verificación de la tensión de los cables (Rotura).....	107
3.4.1 Posición 1	107
3.4.1 Posición 2	109
3.4.1 Posición 3	111
3.5 Cálculo armadura pasiva	112
3.6 Dimensionamiento pieza especial	114

4. Dimensionamiento del triángulo	115
4.1 Dimensionamiento de la losa	117
4.2 Dimensionamiento de los nervios	118
5. Dimensionamiento del trapecio	121
5.1 Dimensionamiento de la losa	124
5.2 Dimensionamiento de los nervios	125
6. Estabilidad de la cuba respecto al fuste	128
7. Verificación al pandeo	129
8. Dimensionamiento de los bulones	131
CAPITULO VIII	
GENERALIDADES ACERCA DE LOS ENCOFRADOS	133
1. Sistemas de encofrado	133
2. Exigencias generales	134
3. Remoción de encofrados, apuntalamientos y elementos de sostén	137
4. Normas de seguridad para desencofrado de las estructuras	138
5. Sistema a utilizar para cada pieza de la estructura	139
CAPITULO IX	
MONTAJE EN OBRA	140
CAPITULO X	
COMPUTO Y PRESUPUESTO	149
1. Cómputo métrico	149
2. Presupuesto	152
CAPITULO XI	
DETALLES CONSTRUCTIVOS	155
BIBLIOGRAFÍA	175