



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL
PARA UN DESCARGADERO DE COMBUSTIBLE EN
UNA PLANTA TERMoeLECTRICA"

T E S I S

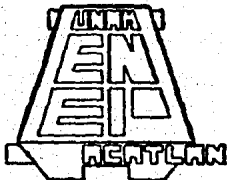
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N

GONZALO CHAVEZ NIEVA

VICTOR MANUEL PEREZ HERNANDEZ



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ACATLAN, EDO. DE MEX.

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

| PROLOGO | PAG |
|--|-----|
| CAPITULO I "ASPECTOS GENERALES" | |
| 1.1 Introducción | 4 |
| 1.2 Tipo de estructura | 5 |
| 1.3 Localización | 6 |
| 1.4 Mareas y oleaje | 6 |
| 1.5 Características de las embarcaciones | 7 |
| 1.6 Dimensionamiento general | 11 |
| CAPITULO II "SOLICITACIONES" | |
| 2.1 Condiciones generales de carga | 15 |
| 2.2 Determinación de magnitudes de carga | 23 |
| 2.2.0 Cargas muertas | 23 |
| 2.2.1 Cargas vivas verticales uniformes | 27 |
| 2.2.2 Viento y corrientes sobre el buque | 27 |
| 2.2.3 Tensiones de holardo | 43 |
| 2.2.4 Viento sobre el muelle | 58 |
| 2.2.5 Impacto | 62 |
| 2.2.6 Tensión y empuje producidos por la acción del oleaje sobre el buque amarrado | 69 |
| 2.2.7 Sismo transversal y longitudinal | 74 |
| 2.2.8 Resumen de cargas | 76 |
| 2.2.9 Combinaciones de carga | 79 |
| CAPITULO III "ANALISIS" | |
| 3.1 Introducción | 84 |
| 3.2 Viaducto | 86 |
| 3.3 Dimensionamiento de trabe cajón | 87 |
| 3.4 Cargas | 89 |
| 3.5 Análisis de trabe cajón | 91 |
| 3.6 Análisis de la subestructura | 106 |
| 3.6.0 Oscilación inducida por corrientes | 106 |
| 3.6.1 Análisis de caballetes por computadora | 110 |
| 3.6.2 Interpretación de la corrida | 117 |
| 3.6.3 Revisión del elemento crítico | 119 |
| CAPITULO IV "DISEÑO" | |
| 4.1 Diseño de trabe cajón | 123 |
| 4.2 Revisión por cortante | 126 |

| | |
|---|-----|
| 4.3 Revisión por flexión (momento negativo) | 131 |
| 4.4 Revisión local | 132 |
| 4.5 Revisión del cajón | 136 |
| 4.6 Armado por temperatura | 137 |
| 4.7 Detalle del armado para trabe cajón | 138 |
| 4.8 Planos | 139 |

ANEXO Corrida del programa

RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

PROLOGO

Existe en la gran mayoría de estudiantes a punto de terminar una carrera a nivel licenciatura una inconformidad, generalmente provocada por incertidumbre con respecto a la realización de tesis profesional, requisito final indispensable para lograr la titulación.

Entre las más comunes opiniones o pretextos que tratan de justificar la mencionada inconformidad están la de que "un único trabajo final no es representativo de la tarea realizada en toda una carrera por el estudiante y por ende no válido para una evaluación general", o "se supone que la finalidad del trabajo es la aportación de algo nuevo en la rama y a nuestro nivel es muy difícil cumplir esta premisa cayendo la mayoría de los trabajos en una repetición monótona de temas muy trillados por profesionales titulados que en su momento tuvieron que afrontar el mismo requisito". Estos puntos de vista no dejan de tener su razón, ya que marcan una realidad insoslayable en la gran mayoría de la población estudiantil; sin embargo, son tomadas generalmente como disfraz para la incertidumbre propia de alguien que va a realizar un trabajo del cual no conoce aún tema y además se le revisará a conciencia, ya que representa su justificación al intento de obtener el título, es decir, tiene la obligación de realizar un trabajo extraordinario.

Se piensa que lo escrito en el último párrafo representa la razón principal para el rechazo inicial de la realización de tesis e incluso se podría señalar como el obstáculo más importante a librar, ya que cuando se llega a concretar una idea del trabajo en cuanto contenido y es aceptada por el consejo encargado de la sanción, lo demás se vuelve sólo trabajo tanto manual como de investigación, pero con la gran ventaja de contar con una línea definida de desarrollo y enfocada a objetivos predeterminados. Es entonces cuando desaparece el rechazo y se trata de realizar un buen trabajo, llegando a olvidar que su objetivo es cumplir un requisito burocrático, tomándole el interés propio de alguien que investiga y trabaja por convicción y no por obligación.

Queda expuesta pues la idea que nos motiva a atacar con particular interés el presente trabajo confiando en que somos capaces de realizar tareas dentro del campo profesional donde vamos a desarrollarnos.

Finalmente, queremos agradecer a todas aquellas personas que de alguna manera han colaborado para que este trabajo sea una realidad; agradeciendo de manera especial al Ing. Juan José Camarena Hernández, quien en todo momento nos brindó su total apoyo y que además fue director de este trabajo.

Gracias.

CAPITULO I
ASPECTOS GENERALES.

INTRODUCCION.

Para iniciar, se debe justificar de alguna manera la realización del proyecto desde el punto de vista económico, de seguridad y de funcionalidad; sabemos que la importancia de una Planta Termoeléctrica es mayúscula debido a que satisface grandes necesidades de suministro de energía al estado en que se encuentre ubicada (en este caso en particular, a Sonora), por lo que es primordial el abastecimiento siempre exacto del combustible necesario para el funcionamiento de dicha planta, ya que de ello depende dicho suministro.

Dada la ubicación de la Planta Termoeléctrica, se vislumbra la conveniencia del suministro de combustible por vía marítima, ya que los imponderables a los que está sujeto son menores que por vía terrestre, además de ser menores también los requerimientos de infraestructura necesarios para realizar este suministro. Por ejemplo, para llevarlo a cabo por vía terrestre, se hace necesaria la realización de caminos carreteros o vías férreas que ya en sí mismos representan una gran inversión económica debido a su magnitud, ya que deben ser suficientes para soportar el transporte de las grandes cantidades de combustible, tomando en cuenta la magnitud de la planta; además existe el riesgo de un accidente que en un momento determinado bloqueara el acceso a la planta (más probable en vía férrea), lo que obviamente acarreará grandes pérdidas económicas, sobre todo en el ramo industrial debido a la falta de suministro adecuado de energía eléctrica necesaria para su funcionamiento. Estos aspectos también son factibles en transporte marítimo aunque en menor grado ya que las probabilidades de accidente son menores que en el caso anterior, además de que, salvo que ocurriera muy cerca del descargadero, un accidente no bloquearía el suministro de combustible. Con respecto a la realización de infraestructura de acceso, la parte que provocaría mayor erogación sería precisamente la estructura de descargadero que nos ocupa, ya que el mar representa una infinidad de caminos para llegar a un mismo punto.

Por estos aspectos planteados, además de otros de menor importancia, se elige la alternativa de suministro por vía marítima, para lo cual se hace necesario el análisis y diseño de la estructura que soporte la descarga y transporte del combustible desde los buques tanque hasta la planta misma con un grado de seguridad y funcionalidad razonables.

TIPO DE ESTRUCTURA.

Se puede decir que se trata de todo un sistema de descargadero que consta de las siguientes partes principales:

- * Viaducto
- * Plataforma de Operación
- * Plataformas de Atrache y Amarre (2)
- * Duques de Alba (4)

Hay que aclarar que este tipo de estructura de atraque está clasificada dentro de los tipos de muelle como en "T" o en "L" debido a su forma, y que la experiencia ha demostrado que es el más indicado para cumplir funciones de descarga y conducción de productos por medio de bombas y tuberías que sean transportados por grandes embarcaciones, pues otros tipos de muelles, como son los Marginales o Paralelos a la Costa entre otros, son más indicados cuando la descarga tenga que hacerse cerca de la bodegas mediante grúas o descargadores.

Dentro de los aspectos que apoyan lo escrito es, por ejemplo, que se cuenta con mayor libertad para realizar maniobras de descarga, además de que se tienen cargas verticales mucho menores, lo cual permite aligerar bastante las pasarelas de acceso.

Otra de las particularidades de este tipo de estructura es que solo las plataformas de atraque y amarre son las que se encargan de absorber la energía cinética de las embarcaciones (impacto), por lo que la plataforma de operación sólo soportará precisamente eso, maniobras de operación. Esto evita el riesgo de daños en el equipo de descarga y tuberías, lo que podría suceder en caso de impactos de proa o popa directamente sobre las estructuras de atraque.

Con respecto a los Duques de Alba, aunque en algunos casos cumplen también con funciones de absorción de energía cinética por impacto, en este caso sólo absorberán la energía generada por los amarres para mantener inmóvil la embarcación.

En sí, estos son los componentes principales del sistema estructural de descargadero, además de elementos secundarios como son las Pasarelas, Viaducto, Casetas, etc.

LOCALIZACION.

La Planta Termoeléctrica está localizada en Puerto Libertad en el estado de Sonora el cual se encuentra a 190 kms. al noroeste de Hermosillo y 105 kms. al suroeste de Caborca, esto en la costa que tiene el Estado con el Golfo de California. Ese lugar queda dentro de la zona que limitan los meridianos $112^{\circ}39'$ y $112^{\circ}53'$ y los paralelos $29^{\circ}39'$ y $30^{\circ}18'$.

Lógicamente, el descargadero se considera parte integral de la misma planta y como tal tendrá la misma localización descrita, aunque, como dato de mayor exactitud, se puede mencionar que estará en un lugar llamado Punta Caballo, el cual se encuentra al sur del área de la planta.

Con respecto a la orientación del muelle, aunque se tomó en consideración la información de la Rosa de Vientos, así como el estudio de Batimetría, el aspecto que más influyó para su determinación fue la condición de corrientes locales ya que éstas dificultan de manera considerable las maniobras de las embarcaciones. De acuerdo con esto, la orientación se hizo siguiendo un trazo de tal forma que el eje de la estructura fuera perpendicular a las curvas batimétricas, disminuyendo el efecto de las corrientes y alcanzando mayor profundidad en menor distancia.

MAREAS Y OLEAJE.

Es importante considerar estos fenómenos ya que influyen en el cálculo de las dimensiones del muelle, por lo cual fue necesario recabar información sobre éstos; por el momento, sólo interesa conocer los valores de amplitud de marea, ya que las fuerzas inducidas serán determinadas y analizadas en el capítulo correspondiente. Cabe mencionar que las mareas son importantes no sólo por los niveles que alcanzan, sino también por las corrientes que originan; generalmente, en obras marítimas se citan las elevaciones de marea con referencia al nivel de marea baja media, siendo importante conocer los valores de niveles de pleamar máxima y mínima registradas, así como el nivel medio del mar ya que estos influyen en forma considerable en la determinación de las dimensiones del muelle.

Con respecto al oleaje, se puede precisar que sus efectos son de características similares al los de las mareas, ya que en esencia el fenómeno es el mismo, aunque con diferencias básicamente en el periodo; entonces es necesario conocer puntos como longitud, altura de ola significativa, periodo, etc. ya que esto también influye en este proyecto.

El objetivo básico de este trabajo no es un estudio de las condiciones marítimas, por lo cual se tomarán los datos de las cartas oceanográficas que ya existen para remitirlas como datos específicos a este proyecto. De acuerdo a dichas cartas se obtuvieron los siguientes valores de amplitud de marea:

| | |
|--------------------------|----------------|
| * Pleamar Máxima | + 2.662 P.M. |
| * Pleamar Media Superior | + 1.080 P.M.S. |
| * Pleamar Media | + 0.626 P.M.P. |
| * Nivel Medio del Mar | 0.000 N.M.M. |
| * Nivel Medio de Marea | - 0.017 N.M.M. |
| * Bajamar Media | - 0.660 B.M. |
| * Bajamar Media Inferior | - 1.161 B.M.I. |
| * Bajamar Mínima | - 2.628 B.M. |

Con respecto a datos de oleaje, el que en este momento interesa, es el de altura de ola y ésta es:

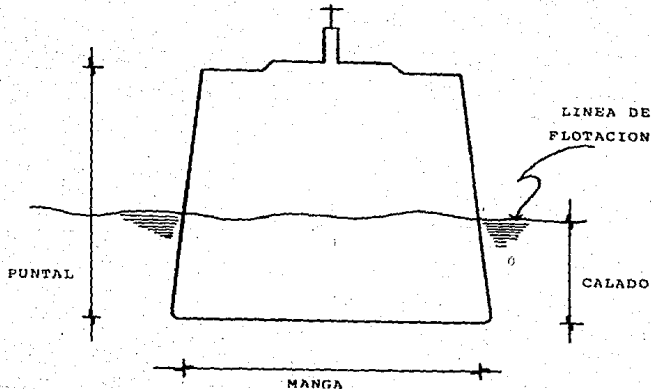
| | |
|-----------------|---------|
| * Oleaje Normal | 0.35 M. |
|-----------------|---------|

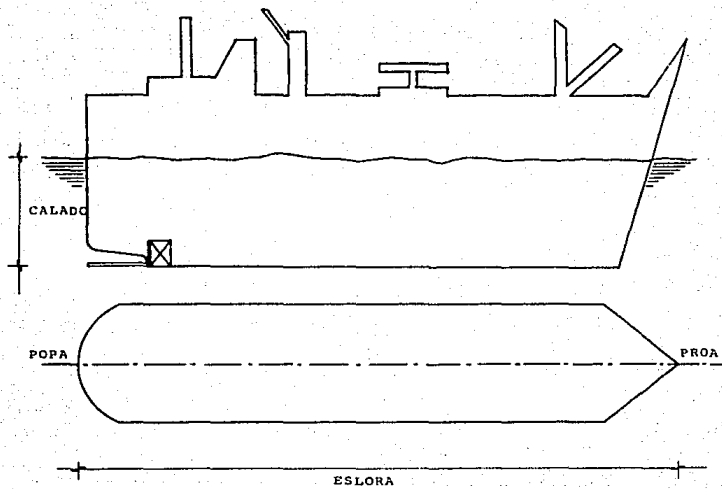
CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES.

La función básica del muelle es, como se mencionó ya, soportar la descarga de combustible, aunque ello no implica que no pueda realizar otras funciones secundarias; por esto, el diseño debe realizarse tomando en cuenta las

características de los buques tanque que se encargan del transporte del combustible.

Con el objeto de recordar las partes principales de las embarcaciones y unificar las ideas sobre los términos que se usarán, se ilustran a continuación dichas partes:





Entre los términos más comúnmente utilizados se tienen:

Desplazamiento (W). Peso real de la nave (peso del agua desplazada cuando flota).

Peso Muerto (DWT). Capacidad de carga del barco, es la diferencia entre el desplazamiento cargado y descargado.

En base a lo anterior, se puede observar que el calado podrá ser diferente dependiendo de las condiciones de carga del barco: cargado total, parcial o descargado. Las características de los barcos que atracarán en el muelle son las siguientes:

* Buques tanque hasta de 55,000 Ton. DWT

| | |
|---|--------------|
| Eslora total | 236.0 M. |
| Eslora entre perpendiculares | 225.0 M. |
| Manga | 32.6 M. |
| Puntal | 16.5 M. |
| Calado de Verano | 12.0 M. |
| Area máxima longitudinal de deriva debida al viento | 3700.0 M2. |
| Area máxima transversal de deriva debida al viento | 1300.0 M2. |
| Desplazamiento total a plena carga (W) | 69000.0 Ton. |

En base a estos datos, es posible indicar el dimensionamiento general del muelle.

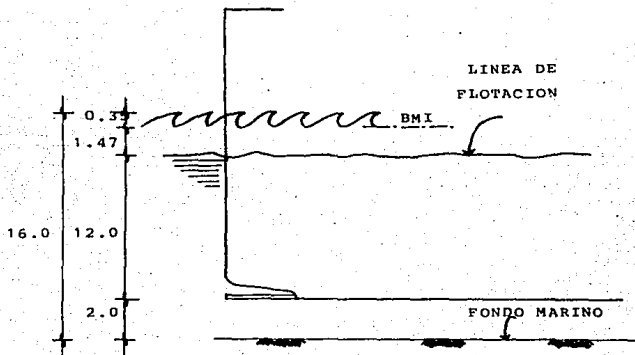
DIMENSIONAMIENTO GENERAL.

La profundidad del muelle se determinó en base a lo siguiente:

| | |
|---|-----------------|
| Calado a plena carga | 12.000 M. |
| Calado necesario de quilla a fondo | 2.000 M. |
| Amplitud de bajamar mínima, referenciada al nivel de bajamar media inferior | 1.467 M. |
| Oleaje normal | <u>0.350 M.</u> |
| | 15.817 M. |

Por lo tanto, la profundidad será de -16 M. referenciado al nivel de bajamar media inferior.

Estos datos son importantes, no sólo para tener una buena eficiencia en la maniobrabilidad de las embarcaciones, sino también porque indican la longitud de los pilotes que soporten a la superestructura del sistema.



Para la profundidad determinada y tomando en cuenta la información de las curvas batimétricas, se obtiene una longitud total de viaducto de 940 M.

Las elevaciones del muelle y demás elementos componentes del sistema estarán determinados por condiciones de operación de las embarcaciones en todos los niveles posibles de marea y condiciones de carga que se presenten.

Si se considera un puntal de 16.5 M. en las embarcaciones y un calado de verano de 12 M., se obtiene un bordo mínimo de 4.5 M., que combinado con los diferentes niveles de marea determinarán las elevaciones de cubierta correspondientes.

* Con barco a plena carga, la elevación de cubierta es:

| | |
|------------------------------|------------|
| en pleamar máxima registrada | + 3.823 |
| bordo mínimo | + 4.500 |
| | + 8.323 M. |
| en bajamar mínima registrada | - 1.467 |
| bordo mínimo | + 4.500 |
| | + 3.033 M. |

* Con barco en lastre, la elevación es:

| | |
|------------------------------|-------------|
| en pleamar máxima registrada | + 3.823 |
| bordo máximo | + 12.000 |
| | + 15.823 M. |
| en bajamar mínima registrada | - 1.467 |
| bordo máximo | + 12.000 |
| | + 10.533 M. |

Es importante recordar que el nivel de referencia adoptado es el de bajar media inferior a partir del cual están dados todos los valores.

En base a los rangos de variación encontrados, se puede deducir que los niveles óptimos de operación son los siguientes: el nivel del muelle será de 4.8 M.; el nivel de plataforma de garzas, 8.0 M., y el de piso terminado de la caseta de operación de garzas, 13.4 M.

Una vez obtenidos los niveles básicos de operación, se procede a la determinación de las sollicitaciones a que está sujeta la estructura.

CAPITULO II
SOLICITACIONES.

CONDICIONES GENERALES DE CARGA.

En este capítulo se determinarán las magnitudes de carga que estarán actuando en la estructura, así como las combinaciones críticas que se presenten y produzcan los elementos mecánicos mayores con los cuales se hará el análisis estructural.

Las cargas a ser consideradas son muy diversas debido a la naturaleza del proyecto y al lugar en que se encuentra la estructura; las más importantes son:

- * Carga Muerta (W_m). Es el peso de la superestructura y subestructura, así como de cualquier equipo permanente y que su magnitud no varíe durante la operación.
- * Carga Viva (W_v). Son las cargas impuestas a la estructura durante la operación del muelle y no cambian durante la operación de éste.
- * Cargas Ambientales (W_a). Son cargas impuestas al muelle por fenómenos naturales, tales como viento, corriente o sismo.
- * Cargas Dinámicas (W_d). Son las impuestas al muelle como respuesta a cualquier excitación de un ciclo natural, o bien debida a la reacción que se provoque a un impacto. La excitación puede ser causada por oleaje o movimiento sísmico, mientras que el impacto es causado por el atraque de las embarcaciones.

Las características y magnitudes de todas estas cargas se determinarán en su momento; las condiciones de carga incluirán las de operación y las extremas ambientales, combinadas con cargas vivas y muertas; dicha combinación se realizará de la siguiente manera:

1. Condiciones ambientales de operación combinadas con cargas muertas y vivas máximas apropiadas para las operaciones normales del muelle.
2. Condiciones ambientales de operación combinadas con cargas muertas y vivas mínimas apropiadas para la operación normal del muelle.

3. Condiciones ambientales de diseño con cargas muertas y vivas máximas apropiadas para combinar con condiciones extremas.
4. Condiciones ambientales de diseño con cargas muertas y vivas mínimas apropiadas para combinar con condiciones extremas.

Para efectos de análisis es necesario dar algunas condiciones de aplicación de cargas, pudiéndose especificar que las cargas ambientales, a excepción de las sísmicas, serán combinadas tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia simultánea con la condición de carga que se esté considerando. La carga sísmica se puede imponer como una condición aparte o, en su defecto, se considerará con otra que esté restringida.

Las combinaciones de carga para cada estructura son las siguientes:

* Plataformas de Atraque.

- a. $W_m + W_v$
- b. $W_m + W_v(50\%) + \text{Eza. sísmica}$
- c. $W_m + W_v(50\%) + \text{Eza. sísmica} + \text{Eza. oleaje}(R)$
- d. $W_m + \text{Eza. de atraque del buque}$
- e. $W_m + \text{Eza. de atraque del buque} + \text{Eza. de corrientes}(R)$
- f. $W_m + W_v + \text{Eza. de atraque del buque}$
- g. $W_m + \text{Eza. de corrientes}$
- h. $W_m + \text{Eza. oleaje}$
- i. $W_m + \text{Eza. inducida por el buque amarrado sujeto a la acción del oleaje o empuje de corrientes}$
- j. $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- k. $W_m + \text{viento sobre el buque (Aconchamiento)}$
- l. $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{oleaje}$

* Duques de Alba 2 y 3.

- a. $W_m + W_v$
- b. $W_m + W_v(50\%) + F_{za. \text{ sismica}}$
- c. $W_m + W_v(50\%) + F_{za. \text{ sismica}} + F_{za. \text{ oleaje(R)}}$
- d. $W_m + \text{tensión de bita-cabos través}$
- e. $W_m + \text{tensión de bita} + F_{za. \text{ de corrientes(R)}}$
- f. $W_m + W_v + \text{tensión de bita-cabos través}$
- g. $W_m + F_{za. \text{ de corrientes}}$
- h. $W_m + F_{za. \text{ oleaje}}$
- i. $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- j. $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{oleaje}$

* Duques de Alba 1 y 4.

- a. $W_m + W_v$
- b. $W_m + W_v(50\%) + F_{za. \text{ sismica}}$
- c. $W_m + W_v(50\%) + F_{za. \text{ sismica}} + F_{za. \text{ oleaje(R)}}$
- d. $W_m + \text{tensión de bita-cabos largos}$
- e. $W_m + \text{tensión de vita} + F_{za. \text{ de corrientes(R)}}$
- f. $W_m + W_v + \text{tensión de bita-cabos largos}$
- g. $W_m + F_{za. \text{ de corrientes}}$
- h. $W_m + F_{za. \text{ oleaje}}$
- i. $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- j. $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{oleaje}$

* Plataforma de Operación

- a. $W_m + W_v$
- b. $W_m + W_v(50\%) + \text{Fza. sismica}$
- c. $W_m + W_v(50\%) + \text{Fza. sismica} + \text{Fza. oleaje}(R)$
- d. $W_m + \text{Fza. de oleaje}$
- e. $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- f. $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{Fza. oleaje}(R)$

Donde:

- W_m = Carga muerta
- W_v = Carga viva vertical uniforme
- $\text{Fza. oleaje}(R)$ = Fuerza inducida por oleaje que permite al buque permanecer amarrado.
- $\text{Fza. corrientes}(R)$ = Fuerza inducida por corrientes moderadas que permite al buque permanecer amarrado.

Para realizar la evaluación de las cargas se necesita tener una serie de conocimientos y hacer una serie de consideraciones acerca de las cargas especiales, ya que este tipo de proyecto tiene varios tipos de cargas que no son usuales en estructuras comunes, tanto por el lugar donde se sitúa como por aspectos de subestructura. Al respecto se pueden indicar las siguientes consideraciones:

A. Viento y Corrientes.

Es posible considerar que por ser una estructura mar adentro, la velocidad del viento para diseño debe ser la correspondiente al viento dominante por ser la de mayor intensidad, y en cualquier momento actúa sobre la estructura; por otra parte, la velocidad del viento cuando se tiene operación de descarga, se puede considerar reducida, ya que es poco probable que estas maniobras se efectúen con la ocurrencia del viento dominante. Tomando como referencia las Rosas de Vientos que existen para el lugar donde se encuentra la estructura, las velocidades a utilizar

segundo, que corresponden a huracán y vendaval, respectivamente (1). Esta última se considerará incidendo sobre el área máxima longitudinal de deriva de la embarcación debida al viento, tratando de aconcharla o separarla del muelle, y que servirá para calcular las fuerzas horizontales debidas al empuje del barco impulsado por el viento. Se deberán combinar los efectos de viento y corriente sobre el buque para distintas direcciones de incidencia, condiciones de carga y niveles de marea.

- B. Olas
Aunque las fuerzas de oleaje son de naturaleza dinámica, en los casos prácticos donde las profundidades son menores de 30 metros, se pueden representar por sus correspondientes estáticos equivalentes.

El cálculo que las fuerzas de oleaje ejercen sobre un objeto cilíndrico depende de la relación entre la longitud de la ola y el diámetro del objeto en cuestión; si esta relación es grande, se puede considerar que el objeto no modifica significativamente la ola incidente.

La fuerza de oleaje tendrá, básicamente, dos componentes principales, una fuerza de arrastre relacionada con la energía cinética del agua y otra fuerza de inercia relacionada con la aceleración de la masa del agua, la suma de ambas arrojará el empuje total del oleaje para la cual existe una expresión dada por Morison (2) que es:

$$F = 0.5 \rho * C_d * D * u^2 + \rho * C_m * \nabla (4D^2) * du/dt$$

donde:

F = Fuerza por unidad de longitud

ρ = Densidad del fluido

u = Velocidad perpendicular del pilote debida al movimiento del agua

(1) Torres, J.L., "Estructuras Marítimas"

(2) Coastal Engineering Research Center, "Shore Protection Manual", Cap. VII.

- du/dt = Aceleración perpendicular al pilote debida al movimiento del agua
 D = Diámetro del pilote
 C_m = Coeficiente de inercia
 C_d = Coeficiente de arrastre

Los valores de los coeficientes C_m y C_d dependen, en gran parte, de la teoría de olas que se este usando.

C. Velocidad de Atraque

Es la componente de la velocidad de la embarcación perpendicular al paramento de atraque cuando la embarcación va llegando; estos valores dependen del tonelaje de peso muerto de la embarcación en cuestión, ya que a mayor peso obviamente corresponde menor velocidad de atraque. Los valores tabulados son: (1)

| Peso Muerto (Ton.) | Vel. Promedio (M/Seg) |
|--------------------|-----------------------|
| 9550 ó menos | 0.20 |
| 18000 | 0.15 |
| 60000 | 0.10 |

El ángulo de acercamiento al muelle está definido por el ángulo de incidencia que se forma entre el paramento del muelle y el eje longitudinal de la embarcación, mismo que no debe exceder de 10° .

D. Peso Virtual de la Embarcación

Este valor es necesario para poder calcular la energía cinética que se transmite de la embarcación al muelle y corresponde a la suma del desplazamiento más un peso extra formado por un cilindro de agua de mar que tenga la longitud igual a la eslora del barco y un diámetro equivalente al calado en plena carga (2); se debe considerar además que el barco hace contacto en su costado con el muelle a $1/4$ de su eslora, con lo cual se absorbe la mitad de la energía en la estructura del muelle, defensas y colchón de

- (1) Quinn, A., "Design and Construction of Ports and Marine Structures"
 (2) Minikin, R.R., "Winds, Waves and Maritime Structures"

agua, mientras que la otra mitad la absorbe el barco mismo.

E. Cargas Vivas Horizontales
Son generadas por ocho condiciones:

1. Energía generada por el barco a plena carga en maniobras de atraque con las velocidades mencionadas anteriormente.
2. Fuerza del viento, ya sea aconchando o separando el barco y exponiendo éste su mayor área longitudinal de deriva debida al viento.
3. Fuerza del viento actuando sobre la estructura.
4. Fuerza sísmica.
5. Fuerza de oleaje actuando en el muelle.
6. Fuerza de corrientes actuando en el muelle.
7. Fuerza de oleaje actuando sobre el buque.
8. Fuerza de corrientes actuando sobre el buque.

F. Cargas Vivas Verticales.

Estas cargas, por especificación de reglamento, se consideran como uniformemente distribuidas con una magnitud de 1500 Kg/M², o la carga de un camión H-20 (1), tomando la que resulte mayor; lo anterior aplica a todos los elementos que constituyen el muelle excepto las pasarelas para peatones y los soportes de tuberías, ya que las primeras se diseñarán para una carga viva de 500 Kg/M² y las segundas, para soportar su ancho total (4 Mts.) totalmente cubierto con tuberías llenas de agua con un diámetro de 30 pulgadas.

G. Fuerzas de Instalación

Se considerarán las fuerzas que se producen al izar y manejar, tanto los pilotes de la subestructura como los elementos prefabricados que se utilicen en la construcción.

(1) En la obra "Estructuras Marítimas", Torres, L., basado en consideraciones del AASHTO da un margen entre 1500 y 2000 kg/m² dependiendo del tipo de carga, pero considera lo mínimo para muelles petroleros por reducirse la carga viva sólo al equipo de maniobra de Garzas.

Se deberán considerar diferencias en el izaje dependiendo de que éste sea hecho en mar abierto o desde barcazas flotantes, pero siempre tomando en cuenta los efectos dinámicos debidos al movimiento de trabajo del buque, lo cual se cubre aplicando factores de carga mayores o iguales al doble de las cargas estáticas.

H. Fuerzas Sísmicas

Se puede pensar en un análisis sísmico modal ya que se tiene una estructura flexible como las indicadas para este tipo de análisis aunque, como estructuralmente sólo consta de un nivel, puede no resultar necesario; pero en caso de que se realice, será bajo valores de aceleración de terreno correspondientes a un periodo de recurrencia de 100 años, que son los siguientes:

Para Fuerza Horizontal $S = 0.1481g$ (1)

Para Fuerza Vertical $S = 0.1000g$ (1)

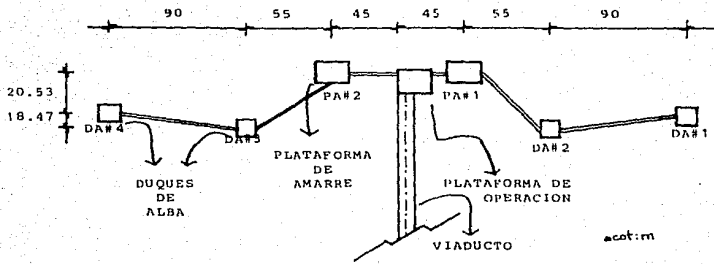
Se puede pensar en este punto que la importancia de las fuerzas sísmicas no es tan grande debido a que generalmente son menores en magnitud que las fuerzas de atraque y operación de la embarcaciones, que además son mucho más frecuentes que la eventualidad de los sismos.

DETERMINACION DE MAGNITUDES DE CARGA.

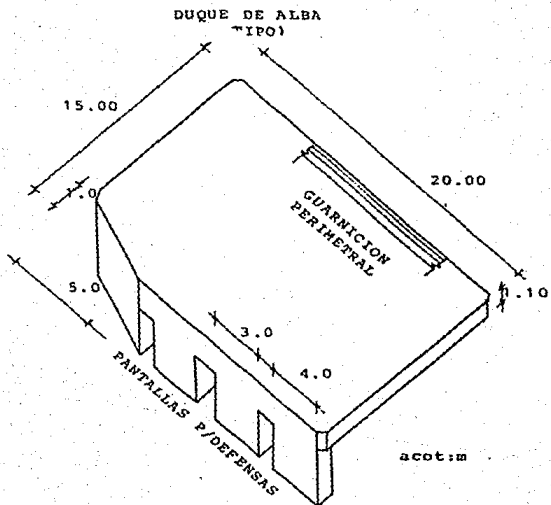
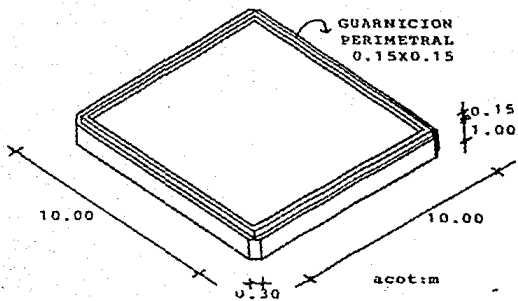
CARGAS MUERTAS.

Para determinar la magnitud de estas cargas se necesita un croquis de la ubicación del sistema, así como las dimensiones de cada elemento, el cual se muestra en las siguientes figuras.

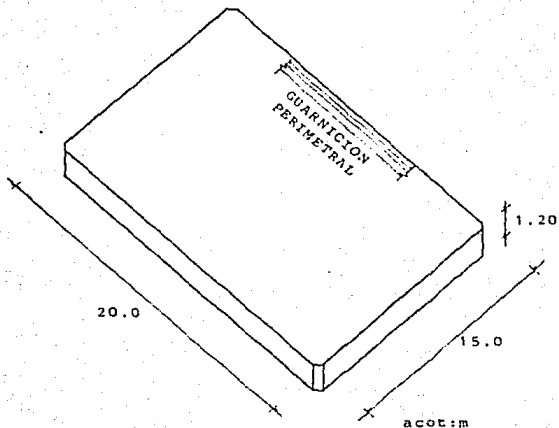
(1) Instituto de Investigaciones Eléctricas, "Manual de Obras Civiles; Diseño por Sismo".



PLANTA DEL SISTEMA



PLATAFORMA DE ATRAQUE (TIPO)



PLATAFORMA DE OPERACION

Duque de Alba 1 y 4.

| | | |
|------------------------------|---|------------------|
| Peso propio losa | = | 239.57 Ton. |
| Peso propio guarniciones | = | 2.16 Ton. |
| Reacciones de pasarelas | = | 20.02 Ton. |
| Peso propio ganchos y varios | = | <u>2.44 Ton.</u> |
| Wm | = | 264.19 Ton. |

Duque de Alba 2 y 3.

| | | |
|------------------------------|---|------------------|
| Peso propio losa | = | 239.57 Ton. |
| Peso propio guarniciones | = | 2.16 Ton. |
| Reacciones de pasarelas | = | 40.04 Ton. |
| Peso propio ganchos y varios | = | <u>2.44 Ton.</u> |
| Wm | = | 284.21 Ton. |

Plataforma de Atraque 1 y 2.

| | | |
|---------------------------------|---|------------------|
| Peso propio losa | = | 784.92 Ton. |
| Peso propio guarnición | = | 3.62 Ton. |
| Pantallas extremas | = | 49.15 Ton. |
| Pantallas interiores | = | 36.86 Ton. |
| * Reacciones de pasarelas | = | 40.04 Ton. |
| ** Peso propio ganchos y varios | = | <u>2.44 Ton.</u> |
| Wm | = | 917.03 Ton. |

Plataforma de Operación.

| | | |
|---------------------------------------|---|-------------------|
| Peso propio losa | = | 863.48 Ton. |
| Peso propio guarnición | = | 5.10 Ton. |
| # Caseta de operación | = | 18.90 Ton. |
| # Garzas | = | 12.00 Ton. |
| # Reacciones de pasarelas | = | 40.04 Ton. |
| # Marcos, mochetas, tuberías y varios | = | <u>45.00 Ton.</u> |
| Wm | = | 984.52 Ton. |

Resumen de cargas muertas en cada elemento.

| E L E M E N T O | C A R G A M U E R T A |
|-----------------------------|-----------------------|
| Duque de Alba 1 y 4 | 264.19 Ton. |
| Duque de Alba 2 y 3 | 284.21 Ton. |
| Plataforma de atraque 1 y 2 | 922.97 Ton. |
| Plataforma de operación | 984.52 Ton. |

* Reacciones determinadas en análisis de pasarelas.

** Determinados por aproximación.

Calculados por separado y/o dados por un criterio normado.

CARGAS VIVAS VERTICALES UNIFORMES.

Para este caso se consideró una carga viva de 1500 kg/M2 de acuerdo a normas preestablecidas.

| E L E M E N T O | C A R G A V I V A |
|-----------------------------|-------------------|
| Duque de Alba 1 y 4 | 149.73 Ton. |
| Duque de Alba 2 y 3 | 149.73 Ton. |
| Plataforma de atraque 1 y 2 | 445.98 Ton. |
| Plataforma de operación | 449.73 Ton. |

VIENTO Y CORRIENTES SOBRE EL BUQUE.

Las fuerzas laterales que actúan sobre el muelle, así como las tensiones que se presentan en los cabos del sistema de amarre, son provocadas por estos últimos que jalan el barco contra el muelle o a lo largo de éste, en contra de la fuerza del viento o de la corriente, o bien cuando viento y corriente actúan simultáneamente.

En el presente trabajo se hace necesario considerar la posibilidad de que actúen simultáneamente la fuerza del viento actuando en cualquier dirección y la acción de las corrientes, puesto que la acción combinada de dichas sollicitaciones representa el caso más desfavorable para efectos de análisis (1).

Es importante señalar que la presión de la corriente se aplica al área del barco que se encuentra bajo el agua, cuando el barco está completamente cargado, no así para viento, ya que la presión de éste actúa sobre toda el área expuesta del barco cuando está en lastre.

(1) Para determinar las fuerzas de viento en diferentes direcciones se empleará el método recomendado por el "Oil Co. Marine Forum, 1978" en su publicación "Guidelines & Recommendations for the Safe Mooring of Large Ships at Piers and Sea Islands".

Se estudiará, pues, en este apartado, las acciones de viento y corriente, tanto para buque a plena carga como para buque en lastre, en los niveles de marea que son de interés, tales como bajar media inferior y pleamar media inferior.

Las fuerzas de viento y corrientes se calcularán separadamente, por lo que al obtener dichas fuerzas se seleccionarán las de mayor magnitud para hacer la superposición de las mismas.

BASES PARA EL ANALISIS.

$V_v = 110 \text{ Kph}$ (61 Nudos, aprox.)

$V_v =$ Velocidad del viento constante en cualquier dirección.

$V_c = 70 \text{ Cm/Seg}$ (1.4 Nudos, aprox.) en 0° y 180°

$V_c = 60 \text{ Cm/Seg}$ (1.2 Nudos, aprox.) en 10° y 170°

$V_c = 30 \text{ Cm/Seg}$ (0.6 Nudos, aprox.) en 90°

$V_c =$ Velocidad promedio de corrientes.

VIENTO.

Las expresiones para obtener las fuerzas de viento en diferentes direcciones son las siguientes:

$$F_{xw} = C_{xw} * (\rho * w / 7600) * (V_w^{**2}) * A_t$$

$$F_{yaw} = C_{yaw} * (\rho * w / 7600) * (V_w^{**2}) * A_l$$

$$F_{yfw} = C_{yfw} * (\rho * w / 7600) * (V_w^{**2}) * A_l$$

donde:

F_{xw} = Fuerza del viento longitudinal (Ton.)

F_{yaw} = Fuerza del viento lateral en la perpendicular de popa (Ton.)

F_{yw} = Fuerza del viento lateral en la perpendicular de proa (Ton.)
 C_{xw} = Coeficiente de fuerza longitudinal del viento
 C_{yw} = Coeficiente de fuerza transversal del viento en perpendicular de popa
 C_{yw} = Coeficiente de fuerza transversal del viento en perpendicular de proa
 ρ_w = Densidad del aire
 V_w = Velocidad del viento a la elevación de 10 M (Nudos)
 A_t = Area transversal de deriva (M²)
 A_l = Area longitudinal de deriva (M²)

DATOS.

* Buque a plena carga.

Area de deriva lateral, $A_l = 1012$ M²

Area de deriva transversal, $A_t = 146.25$ M²

* Buque en lastre.

Area de deriva lateral, $A_l = 3700$ M²

Area de deriva transversal, $A_t = 1300$ M²

* $V_w = 61$ Nudos

* $w = 0.1248$ Kgf.-Seg²/M⁴

BUQUE A PLENA CARGA.

| | C _{xw} | C _{yaw} | C _{yfw} |
|------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| θ _{w1} = 0° | -0.96 | 0.00 | 0.00 |
| θ _{w2} = 30° | -0.73 | -0.18 | -0.13 |
| θ _{w3} = 60° | -0.35 | -0.38 | -0.23 |
| θ _{w4} = 90° | 0.05 | -0.47 | -0.25 |
| θ _{w5} = 120° | 0.28 | -0.49 | -0.17 |
| θ _{w6} = 150° | 0.64 | -0.36 | -0.08 |
| θ _{w7} = 180° | 0.76 | 0.00 | 0.00 |

$$F_{xw} = 8.936C_{xw}$$

$$F_{yaw} = 61.836C_{yaw}$$

$$F_{yfw} = 61.836C_{yfw}$$

| | F _{xw} | F _{yaw} | F _{yfw} |
|------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| θ _{w1} = 0° | -8.578 | 0.000 | 0.000 |
| θ _{w2} = 30° | -6.523 | -11.749 | -8.039 |
| θ _{w3} = 60° | -3.128 | -23.498 | -14.841 |
| θ _{w4} = 90° | 0.447 | -29.063 | -15.459 |
| θ _{w5} = 120° | 2.502 | -30.299 | -10.512 |
| θ _{w6} = 150° | 5.719 | -22.261 | -4.947 |
| θ _{w7} = 180° | 7.149 | 0.000 | 0.000 |

BUQUE EN LASTRE.

| | Cxw | Cyaw | Cyfw |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| $\theta w1 = 0^\circ$ | -0.88 | 0.00 | 0.00 |
| $\theta w2 = 30^\circ$ | -0.48 | -0.18 | -0.30 |
| $\theta w3 = 60^\circ$ | -0.14 | -0.39 | -0.49 |
| $\theta w4 = 90^\circ$ | 0.00 | -0.52 | -0.43 |
| $\theta w5 = 120^\circ$ | 0.28 | -0.54 | -0.25 |
| $\theta w6 = 150^\circ$ | 0.55 | -0.36 | -0.07 |
| $\theta w7 = 180^\circ$ | 0.60 | 0.00 | 0.00 |

$$E_{xw} = 79.433C_{xw}$$

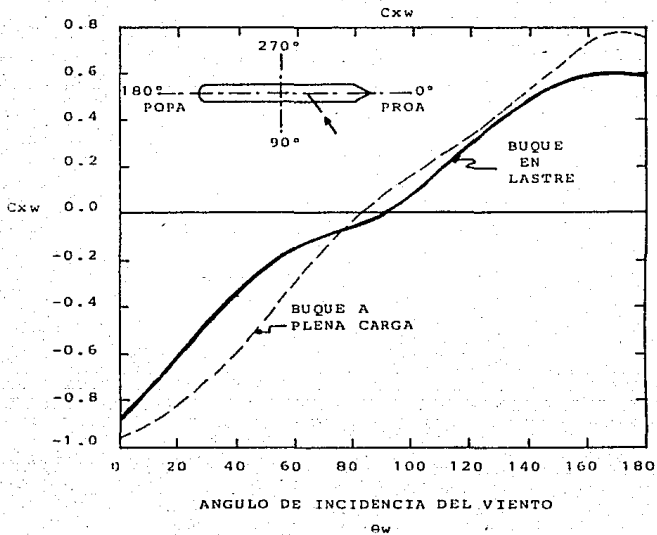
$$F_{yaw} = 226.080C_{yaw}$$

$$F_{yfw} = 226.080C_{yfw}$$

| | E_{xw} | F_{yaw} | F_{yfw} |
|-------------------------|----------|-----------|-----------|
| $\theta w1 = 0^\circ$ | -69.901 | 0.000 | 0.000 |
| $\theta w2 = 30^\circ$ | -38.128 | -40.694 | -67.824 |
| $\theta w3 = 60^\circ$ | -11.121 | -88.171 | -110.780 |
| $\theta w4 = 90^\circ$ | 0.000 | -117.562 | -97.214 |
| $\theta w5 = 120^\circ$ | 22.241 | -122.083 | -56.520 |
| $\theta w6 = 150^\circ$ | 43.688 | -81.389 | -15.826 |
| $\theta w7 = 180^\circ$ | 47.659 | 0.000 | 0.000 |

NOTA. Para los diferentes ángulos de atraque se obtienen los coeficientes C_{xw} , C_{yaw} y C_{yfw} de las figuras 1 y 2.

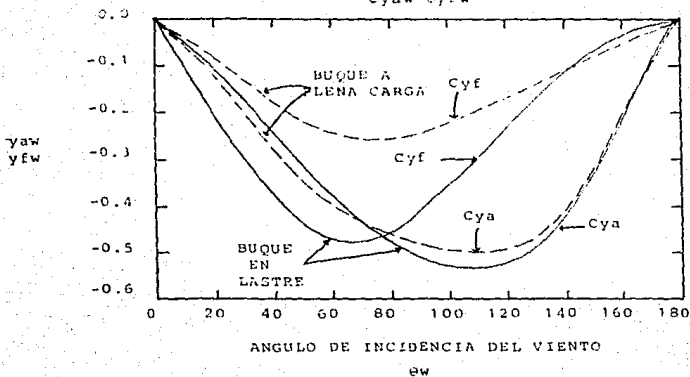
COEFICIENTE DE FUERZA DE VIENTO LONGITUDINAL



(figura 1)

COEFICIENTE DE FUERZA DE VIENTO LATERAL

C_{yaw} C_{yfw}



(figura 2)

Si se compara con otro método para calcular empujes de viento sobre buques tanque, se obtienen resultados muy aproximados. Se usará el método recomendado por el manual "Technical Standards for Port & Harbour Facilities in Japan, 1980". Se estudiará para un ángulo de incidencia de 90° y con buque en lastre.

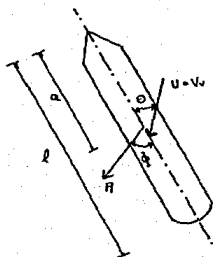
$$V_v = 110 \text{ Km/hr} = 30.56 \text{ M/Seg}$$

$$\text{Eslora Total} = 236 \text{ M}$$

$$\text{Puntal} = 16.5 \text{ M}$$

$$\text{Calado Medio en Rosca} = 450 \text{ M}$$

$$\text{Area Máxima Longitudinal de Deriva debida al Viento} = 3700 \text{ M}^2$$



La expresión general para calcular los empujes de viento con este método es la siguiente:

$$R = \rho 0.5 * C * V_v * (A * \text{Cos}^2 \theta + B * \text{Sen}^2 \theta)$$

donde:

R = Fuerza resultante de la presión del viento (Kgf)

ρ = Densidad del aire = 0.1248 (Kgf-Seg²/M⁴)

V_v = Velocidad del viento (M/Seg)

A = Area de proyección frontal del buque sobre la superficie del mar (M²)

B = Area de proyección lateral del buque sobre la superficie del mar (M2)

O = Angulo de la dirección del viento respecto al centro de la línea del casco (grados)

C = Coeficiente de presión del viento

C, a/l y ϕ están basados en [IWAI & YAJIMA: "Wind Pressure Acting on Ships in Moorage", Proc. of the 26th Meeting of Japan Navigation Society, 1961].

Valor de C recomendado para buques tanque:

$$C = 1.20 - 0.083\cos 2\theta - 0.25\cos 4\theta - 0.077\cos 6\theta$$

$$a/l = 0.291 + 0.00230$$

$$\phi = 90[1 - 0.15(1 - O/90) - 0.80(1 - O/90)**3]$$

Si $\theta = 90^\circ$, entonces:

$$C = 1.11$$

$$a/l = 0.498 = 0.5$$

$$\phi = 90^\circ$$

por lo que la fuerza resultante de la presión del viento es:

$$R = 235.89 \text{ Ton.}$$

El resultado obtenido del análisis con el método anterior es:

$$R' = 214.78 \text{ Ton.}$$

$$R'/R = 0.91$$

lo cual significa un 91% de aproximación entre ambos métodos, por tanto, es aceptable.

CORRIENTES.

Las expresiones para obtener las fuerzas de corrientes en diferentes direcciones son las siguientes:

$$F_{xc} = C_{xc}(\rho_c/7600)(V_c)^{**2} T l_{bp}$$

$$F_{yac} = C_{yac}(\rho_c/7600)(V_c)^{**2} T l_{bp}$$

$$F_{yfc} = C_{yfc}(\rho_c/7600)(V_c)^{**2} T l_{bp}$$

donde:

- F_{xc} = Fuerza de la corriente longitudinal (Ton.)
- F_{yac} = Fuerza de la corriente lateral en la perpendicular de popa (Ton.)
- F_{yfc} = Fuerza de la corriente lateral en la perpendicular de proa (Ton.)
- C_{xc} = Coeficiente de fuerza longitudinal de la corriente
- C_{yac} = Coeficiente de fuerza transversal de la corriente en la perpendicular de popa
- C_{yfc} = Coeficiente de fuerza transversal de la corriente en perpendicular de proa
- ρ_c = Densidad del agua de mar
- V_c = Velocidad promedio de la corriente (Nudos)
- T = Calado del buque (M)
- l_{bp} = Eslora entre perpendiculares (M)

DATOS.

$$\rho_c = 104.4 \text{ (Kg-Seg}^2/\text{M}^2)$$

$$l_{bp} = 225 \text{ (M)}$$

T = 12 (M) (a plena carga)
 Profundidad/calado = 1.1:1
 T = 4.5 (M) (en lastre)
 Profundidad/calado = 3.0:1

BUQUE A PLENA CARGA.

| | Cxc | Cyc | Cyc |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| $\theta_{c1} = 0^\circ/1.4N$ | -0.08 | 0.00 | 0.00 |
| $\theta_{c2} = 10^\circ/1.2N$ | -0.02 | -0.17 | -0.45 |
| $\theta_{c3} = 90^\circ/0.6N$ | 0.00 | -1.52 | -1.36 |
| $\theta_{c4} = 170^\circ/1.2N$ | 0.09 | -0.46 | -0.08 |
| $\theta_{c5} = 180^\circ/1.4N$ | 0.10 | 0.00 | 0.00 |

$$F_{xc} = 37.089C_{xc} \cdot V_c$$

$$F_{yc} = 37.089C_{yc} \cdot V_c$$

$$F_{yc} = 37.089C_{yc} \cdot V_c$$

| | Fxc | Fyc | Fyc |
|--------------------------------|--------|---------|---------|
| $\theta_{c1} = 0^\circ/1.4N$ | -5.816 | 0.000 | 0.000 |
| $\theta_{c2} = 10^\circ/1.2N$ | -1.068 | -9.079 | -24.034 |
| $\theta_{c3} = 90^\circ/0.6N$ | 0.000 | -20.295 | -18.159 |
| $\theta_{c4} = 170^\circ/1.2N$ | 4.807 | -24.568 | -4.273 |
| $\theta_{c5} = 180^\circ/1.4N$ | 7.269 | 0.000 | 0.000 |

BUQUE EN LASTRE.

| | Cxc | Cyac | Cyfc |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| $\theta_{c1} = 0^\circ/1.4N$ | -0.07 | 0.00 | 0.00 |
| $\theta_{c2} = 10^\circ/1.2N$ | -0.04 | -0.02 | -1.00 |
| $\theta_{c3} = 90^\circ/0.6N$ | 0.00 | -0.55 | -0.48 |
| $\theta_{c4} = 170^\circ/1.2N$ | 0.10 | -0.14 | -0.02 |
| $\theta_{c5} = 180^\circ/1.4N$ | 0.11 | 0.00 | 0.00 |

$$F_{xc} = 13.908C_{xc} * V_c$$

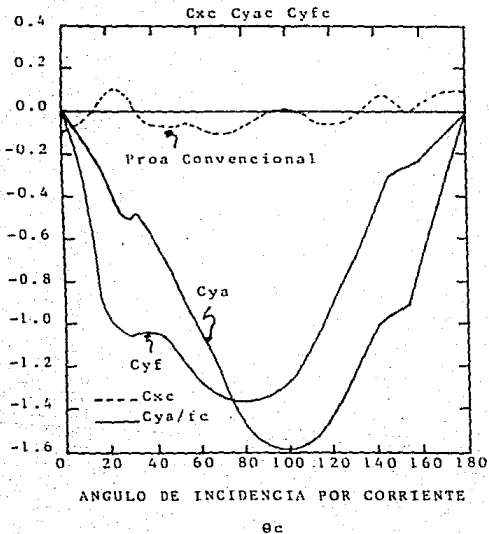
$$F_{yac} = 13.908C_{yac} * V_c$$

$$F_{yfc} = 13.908C_{yfc} * V_c$$

| | Fxc | Fyac | Fyfc |
|--------------------------------|--------|--------|---------|
| $\theta_{c1} = 0^\circ/1.4N$ | -1.908 | 0.000 | 0.000 |
| $\theta_{c2} = 10^\circ/1.2N$ | -0.801 | -0.400 | -20.028 |
| $\theta_{c3} = 90^\circ/0.6N$ | 0.000 | -2.754 | -2.403 |
| $\theta_{c4} = 170^\circ/1.2N$ | 2.003 | -2.804 | -0.401 |
| $\theta_{c5} = 180^\circ/1.4N$ | 2.999 | 0.000 | 0.000 |

NOTA: Los valores de los coeficientes de la fuerza de corriente se obtuvieron de las Figs. 3 y 4.

COEFICIENTE DE FUERZA LONGITUDINAL POR CORRIENTE
PROFUNDIDAD/CALADO 1.1:1

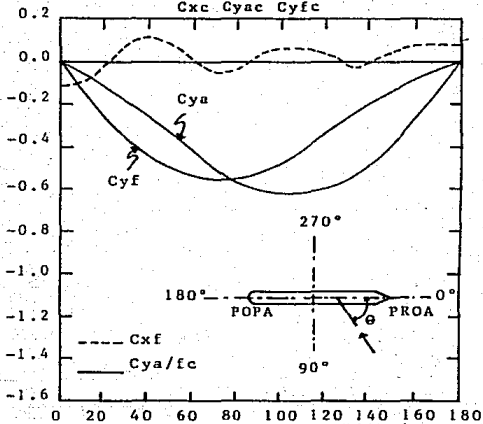


(figura 3)

COEFICIENTE DE FUERZ LATERAL POR CORRIENTE

PROFUNDIDAD/CALADO 3.0:1

C_{xc} C_{yac} C_{yfc}



ANGULO DE INCIDENCIA POR CORRIENTE

θ_c

(figura 4)

RESUMEN DE CARGAS.

BUQUE A PLENA CARGA.

| Viento | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° |
|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| F _{xw} | -8.58 | -6.52 | -3.13 | 0.45 | 2.50 | 5.72 | 7.15 |
| F _{yaw} | 0.00 | -11.75 | -23.50 | -29.67 | -30.30 | -22.26 | 0.00 |
| F _{yfw} | 0.00 | -8.04 | -14.84 | -15.46 | -10.51 | -4.95 | 0.00 |

| Corriente | 0°/1.4N | 10°/1.2N | 90°/0.6N | 120°/1.2N | 180°/1.4N |
|------------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|
| F _{xc} | -5.82 | -1.07 | 0.00 | 4.81 | 7.27 |
| F _{yc} | 0.00 | -9.08 | -20.30 | -24.57 | 0.00 |
| F _{ycf} | 0.00 | -24.03 | -18.16 | -4.27 | 0.00 |

COMBINACION MAXIMA DE CARGAS CON BUQUE A PLENA CARGA.

F_x = 14.42 Ton (en popa)

F_{ya} = -54.87 Ton

F_{yf} = -39.49 Ton

BUQUE EN LASTRE.

| Viento | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° |
|------------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|-------|
| F _{xw} | -69.90 | -38.13 | -11.12 | 0.00 | 22.24 | 43.69 | 47.66 |
| F _{yaw} | 0.00 | -40.69 | -88.17 | -117.56 | -122.08 | -81.39 | 0.00 |
| F _{yfw} | 0.00 | -67.82 | -110.78 | -97.21 | -56.52 | -15.83 | 0.00 |

| Corriente | 0°/1.4N | 10°/1.2N | 90°/0.6N | 120°/1.2N | 180°/1.4N |
|------------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|
| F _{xc} | -1.91 | -0.80 | 0.00 | 2.00 | 3.00 |
| F _{yac} | 0.00 | -0.40 | -2.75 | -2.80 | 0.00 |
| F _{yfc} | 0.00 | -20.03 | -2.40 | -0.40 | 0.00 |

COMBINACION MAXIMA DE CARGAS CON BUQUE EN LASTRE.

F_x = 50.66 Ton (en popa)

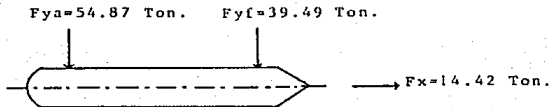
F_{ya} = -124.89 Ton

F_{yf} = -130.81 Ton

TENSIONES DE BOLARDO.

Una vez que se han determinado las fuerzas de empuje y de tensión que se generan por efecto combinado de viento y corriente sobre el buque, sólo resta obtener las componentes (en el caso de tensiones) en cada sistema de amarre, para lo cual, obviamente, tendrá una influencia considerable el nivel de marea; para el caso de los empujes, es más sencillo ya que sólo hace falta repartirlos en forma equitativa sobre cada plataforma de atraque y amarre. Es posible entonces calcular los empujes de acuerdo a los valores máximos obtenidos:

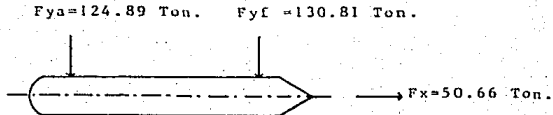
Caso I. Buque a Plena Carga:



Se ve que F_x no produce empuje, sólo F_{ya} y F_{yf} , por tanto, el empuje en cada plataforma será de:

$$(F_{ya} + F_{yf})/2 = 46.87 \text{ TON}$$

Caso II. Buque en Lastre.



En este caso:

$$(F_{ya} + F_{yf})/2 = 121.59 \text{ Ton en cada plataforma}$$

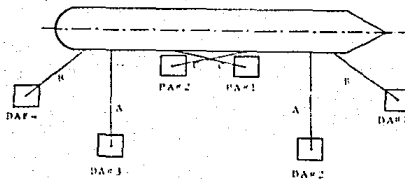
Es importante señalar que los empujes sobre las plataformas de atraque y amarre se consideran aplicadas en el centro de línea de las pantallas de atraque tanto en planta como en elevación.

Para calcular las tensiones de bolardo es necesario tomar en cuenta el nivel de marea como el estado de carga del buque, ya que para cada caso los ángulos que formen el sistema de amarre determinan la magnitud de la componente que soportará dicho sistema.

Se requiere entonces determinar los casos más críticas que proporcionen las condiciones más desfavorables en los sistemas de amarre para poder determinar los valores máximos de tensión. Primero debe determinarse los sistemas de amarre que son los que a continuación se mencionan:

- * CABO LARGO. Sistema de amarre que va desde los Duques de Alba 1 y 4 hasta el buque en proa y popa respectivamente.
- * CABO TRAVES. Sistema de amarre perpendicular al buque que va de proa y popa hacia Duques de Alba 2 y 3, respectivamente.
- * CABO SPRING. Sistema de amarre que va desde las Plataformas de Atraque y Amarre 1 y 2 hacia el buque, prácticamente al centro y en forma cruzada.

Para una mejor ubicación, se representan esquemáticamente los sistemas de amarre mencionados:



A: Cabo Traves

B: Cabo Largo

C: Cabo Spring

Es recomendable considerar, como se mencionó anteriormente, cuando el buque se encuentra a plena carga y cuando se encuentra en lastre, ya que estos son los extremos en cuanto a calado se refiere y, por tanto, proporciona los ángulos mayores y menores de cada sistema de amarre para un determinado nivel de marea.

Respecto al nivel de marea, se consideran sólo dos casos: bajar media inferior (BMMI) y pleamar media superior (PMMS); por ello, se tendrán un total de cuatro casos de análisis:

Buque a plena carga

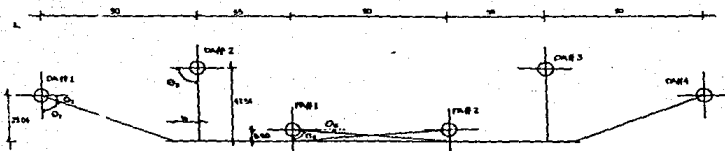
- a. Nivel de pleamar media superior
- b. Nivel de bajar media inferior

Buque en lastre

- c. Nivel de pleamar media superior
- d. Nivel de bajar media inferior

Ahora bien, conociendo la magnitud de las tensiones y los desniveles respectivos de cada sistema de amarre, resta solamente calcular los ángulos que se forman, tanto horizontales como verticales, ya que en base a ellos y mediante procesos trigonométricos, se pueden obtener las componentes.

Antes de calcular los ángulos es necesario tomar en cuenta dos puntos interesantes. El primero es que, debido a la simetría del sistema, los ángulos obtenidos para el Duque de Alba 1 serán válidos para el 4; los obtenidos para el 2 serán válidos para el 3 y los de la Plataforma de Atrache y Amarre 1 también lo serán para la Plataforma 2; el segundo punto consiste en recordar que, mientras los ángulos horizontales (en planta) no varían, los verticales (en elevación) lo hacen con cada nivel de marea de los enunciados anteriormente, por lo que tendrán que determinarse para cada uno de dichos casos.



ANGULOS HORIZONTALES EN PLANTA

$$\tan \theta_1 = (90 - 16) / 29.04 \Rightarrow \theta_1 = 68^\circ 41'$$

$$\theta_2 = 21^\circ 26'$$

$$\theta_3 = 90^\circ 00'$$

$$\tan \theta_4 = (90 / 8.5) \Rightarrow \theta_4 = 84^\circ 36'$$

$$\theta_5 = 5^\circ 24'$$

ANGULOS VERTICALES.

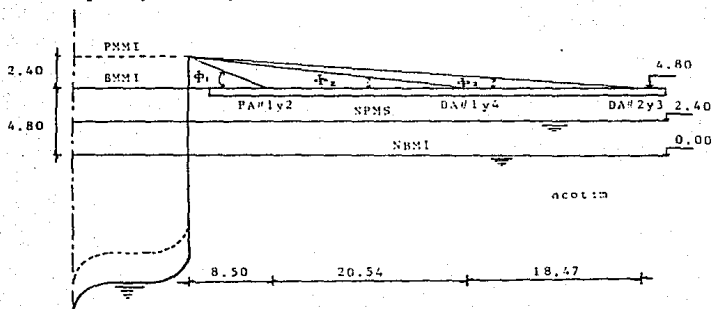
Debe recordarse que:

Puntal de calado de verano = 4.80 M (plena carga)

Puntal calado en rosca = 12 M (lastre)

Desnivel entre PMMS y BMMI = 2.40 M

Buque a plena carga.



Debido a que el nivel de todo el sistema estructural se encuentra a 4.80 M sobre el nivel de BMMI, en el primer caso los ángulos son de 0° ; mientras que en el segundo varían, y son:

Nivel BMMI $\theta = 0^\circ$

Nivel PMMS $\tan \phi_1 = 2.40/8.5$

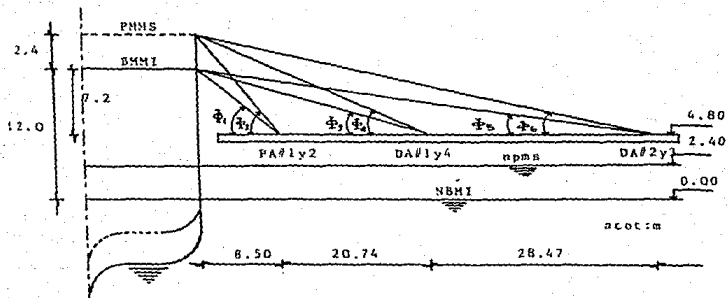
de donde:

$$\phi_1 = 15^\circ 46'$$

$$\phi_2 = 4^\circ 43'$$

$$\phi_3 = 2^\circ 53'$$

Buque en lastre.



Nivel BMMI $\text{Tan } \phi_1 = 7.20/8.50$

de donde:

$$\phi_1 = 40^{\circ}16'$$

$$\phi_3 = 13^{\circ}55'$$

$$\phi_5 = 8^{\circ}35'$$

Nivel PMMS $\text{Tan } \phi_2 = 9.60/8.50$

de donde:

$$\phi_2 = 48^{\circ}28'$$

$$\phi_4 = 18^{\circ}17'$$

$$\phi_6 = 11^{\circ}25'$$

Se pueden determinar ahora las condiciones de trabajo a las que estará sujeto cada sistema de amarre, es decir, que fuerza actuará en cada cabo. Para esto se deben cumplir las tres condiciones siguientes:

1. A Fx la tomarán un cabo spring mas la componente de un cabo largo.
2. A Fya o Fyf la tomará un cabo través.
3. A Fya o Fyf la tomarán un cabo través mas la componente de un cabo largo.

Una vez que se han obtenido Fx, Fya y Fyf y considerando las condiciones de simetria del sistema, sólo es necesario determinar en que caso las tensiones son mayores en cada cabo, lo cual se describe a continuación.

| CASO | CONDICION | CARGA (TON) | ELEMENTO DE AMARRE | ELEMENTO ESTRUCTURAL | ANGULO HOR. | ANGULO VER. |
|------------|-----------|-------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------|
| BMMI PC | 1 | 14.42 | CS + CCL | PA#1 DA#1 | 84°36' 68°34' | 0°00' 0°00' |
| | 2 | -54.87 | CT | DA#2 | 90°00' | 0°00' |
| | 3 | -54.87 | CT + CCL | DA#2 DA#1 | 90°00' 68°34' | 0°00' 0°00' |
| PMMS PC | 1 | 14.42 | CS + CCL | PA#1 DA#1 | 84°36' 68°34' | 15°46' 4°43' |
| | 2 | -54.87 | CT | DA#2 | 90°00' | 2°53' |
| | 3 | -54.87 | CT + CCL | DA#2 DA#1 | 90°00' 68°34' | 2°53' 4°43' |

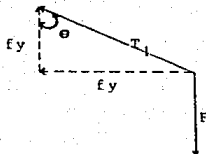
Donde: CS = Cabo Spring
 CCL = Componente de Cabo Largo
 CT = Cabo Través
 PC = Plena Carga

| CASO | CONDICION | CARGA | ELEMENTO | | ANGULO | ANGULO |
|-----------|-----------|---------|-----------|-------------|--------|--------|
| | | (TON) | DE AMARRE | ESTRUCTURAL | HOR. | VER. |
| c | 1 | 50.66 | CS + CCL | PA#1 | 84°36' | 40°16' |
| | | | | DA#1 | 68°34' | 13°55' |
| | | | | | | |
| BMMI L | 2 | -130.81 | CT | DA#2 | 90°00' | 8°37' |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | 3 | -130.81 | CT + CCL | DA#2 | 90°00' | 8°37' |
| | | | | DA#1 | 68°34' | 13°55' |
| | | | | | | |
| d | 1 | 50.56 | CS + CCL | PA#1 | 84°36' | 48°28' |
| | | | | DA#1 | 68°34' | 18°17' |
| | | | | | | |
| PMMS L | 2 | -130.81 | CT | DA#2 | 90°00' | 11°25' |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | 3 | -130.81 | CT + CCL | DA#2 | 90°00' | 11°25' |
| | | | | DA#1 | 68°34' | 18°17' |
| | | | | | | |

Donde: CS = Cabo Spring
CCL = Componente de Cabo Largo
CT = Cabo Través
L = Lastre

Para obtener las componentes de cada tensión, que son las que finalmente se requieren, se llevará a cabo el procedimiento siguiente: se llamará T1 a la tensión del cabo sin tomar en cuenta el ángulo vertical y posteriormente se calculará la tensión real, que se denominará Tr. Lo anterior se muestra esquemáticamente como sigue:

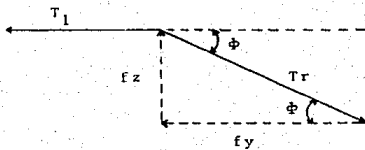
En planta:



Por equilibrio:

$$T_1 \cos \theta = F \quad \therefore T_1 = F / \cos \theta$$

En elevación:



Por equilibrio:

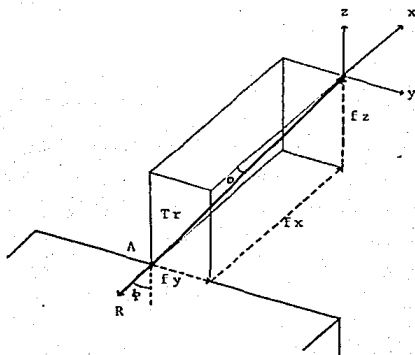
$$T_r \cos \theta = T_1 \quad \therefore T_r = T_1 / \cos \theta$$

De lo anteriormente expuesto se observa que:

Componente perpendicular al muelle $f_x = T1 \text{ Cos}\theta$

Componente longitudinal al muelle $f_y = T1 \text{ Sen}\theta$

Componente vertical (hacia arriba) $f_z = Tr \text{ Sen}\phi$



donde:

A = Punto de amarre del cabo con la estructura del muelle

R = Reacción en la estructura del muelle (Fza. Interna)

Tr = Tensión real originada en el cabo de amarre con f_x , f_y y f_z como componentes.

Vectorialmente: $\vec{F} = \vec{f}_y + \vec{f}_x + \vec{f}_z$

también: $Tr = [f_y^{**2} + f_x^{**2} + f_z^{**2}]^{**1/2}$

donde Tr, f_y , f_x y f_z son las magnitudes de los correspondientes vectores o componentes de la tensión en el cabo; como se mencionó anteriormente, dichas componentes son las que se requieren ya que al final son las fuerzas que se aplicarán para realizar el análisis y diseño del elemento estructural correspondiente.

TENSIONES PARA DUQUES DE ALBA 1 Y 4.

Para este elemento el cabo largo correspondiente interviene en las condiciones 1 y 3 y es obvio que la más crítica es la 3. ya que F_{ya} es mucho mayor que F_x , por lo que se tiene:

a. BMMI-BPC (Condición 3)

Dado que son dos elementos los que toman F_{ya} , la carga se reparte equitativamente y entonces:

$$F_{ya} / 2 = f_x = T_1 \cos\theta = 27.43 \text{ Ton.} \\ \text{(componente perpendicular)}$$

$$T_1 = 75.07 \text{ Ton.}$$

$$f_y = T_1 \sin\theta = 69.89 \text{ Ton.} \\ \text{(componente longitudinal)}$$

$$T_1 = T_r \cos\phi$$

de donde $T_r = 75.07 \text{ Ton.}$

$$f_z = T_r \sin\phi = 0 \\ \text{(no hay componente vertical)}$$

b. PMMS-BPC (Condición 3)

Debido a que θ y F_{ya} no varían, los valores de f_x y f_y se mantienen, así como el de T_1 pero cambia T_r y, en este caso, si hay componente vertical.

$$T_1 = 75.07 \text{ Ton.}$$

$$f_x = 27.43 \text{ Ton.}$$

$$f_y = 69.89 \text{ Ton.}$$

$$T_r = T_1 / \cos\phi = 75.33 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$$

$$f_z = T_r \sin\phi = 6.19 \text{ Ton.} \\ \text{(componente vertical hacia arriba)}$$

c. BMMI-BEL (Condición 3)

En este caso, G no varía pero F_{ya} sí, por lo cual:

$$F_{yf}/2 = f_x = 65.40 \text{ Ton. (componente perpendicular)}$$

$$\text{Si } T_1 \cos\theta = 65.40, \text{ entonces } T_1 = 178.97 \text{ Ton.}$$

$$f_y = T_1 \sin\theta = 166.59 \text{ Ton.} \\ \text{(componente longitudinal)}$$

$$T_r = T_1/\cos\phi = 184.38 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$$

$$f_z = T_r \sin\phi = 44.35 \text{ Ton.} \\ \text{(componente vertical hacia arriba)}$$

d. PMMS-BEL (Condición 3)

Al igual que en BPC, se mantienen f_x , f_y y T_1 ; sólo varían T_r y f_z .

$$T_1 = 178.97 \text{ Ton.}$$

$$f_x = 65.40 \text{ Ton.}$$

$$f_y = 166.59 \text{ Ton.}$$

$$T_r = T_1/\cos\phi = 188.49 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$$

$$f_z = T_r \sin\phi = 59.13 \text{ Ton.} \\ \text{(componente vertical hacia arriba)}$$

TENSIONES PARA DUQUES DE ALBA 2 Y 3.

El cabo través tiene su carga más crítica en la condición 2, es decir, cuando toma completamente a F_y ; es importante observar que, en todos los casos, no existe componente longitudinal, esto es, $f_y = 0$, por lo que:

$$F_{ya} = f_x = T_1$$

a. BMMI-BPC (Condición 2)

$$f_x = F_{ya} = T_1 = 54.87 \text{ Ton.} \\ \text{(componente perpendicular)}$$

$$Tr = T1/\text{Cos}\phi = 54.87 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$$

$$fz = Tr \text{ Sen}\phi = 0 \text{ (no hay componente vertical)}$$

b. PMMS-BPC (Condición 2)

$$fx = 54.87 \text{ Ton.}$$

$$Tr = T1/\text{Cos}\phi = 54.94 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$$

$$fz = Tr \text{ Sen}\phi = 2.76 \text{ Ton. (componente vertical hacia arriba)}$$

c. BMMI-BEL (Condición 2)

$$fx = 130.81 \text{ Ton.}$$

$$Tr = T1/\text{Cos}\phi = 132.30 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$$

$$fz = 19.82 \text{ Ton. (componente vertical hacia arriba)}$$

d. PMMS-BEL (Condición 2)

$$fx = 130.81 \text{ Ton.}$$

$$Tr = T1/\text{Cos}\phi = 133.45 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$$

$$fz = Tr \text{ Sen}\phi = 26.42 \text{ Ton. (componente vertical hacia arriba)}$$

TENSIONES PARA PLATAFORMAS DE ATRAQUE 1 Y 2.

El cabo spring al cual va amarrada la plataforma de atraque sólo interviene en la condición 1, siendo el caso más crítico para esta condición cuando dicho cabo tome por completo a fx .

$$a. T1 \text{ Sen}\theta = fy$$

de donde:

$T_1 = 14.48 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$
 $f_x = T_1 \cos\theta = 1.36 \text{ Ton. (componente perpendicular)}$
 $f_y = T_1 \sin\theta = 14.42 \text{ Ton. (componente longitudinal)}$

b. PMMS-BPC

$f_x = 1.36 \text{ Ton. (componente perpendicular)}$
 $f_y = 14.42 \text{ Ton. (componente longitudinal)}$
 $T_r = T_1/\cos\phi = 15.05 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$
 $f_z = 4.09 \text{ Ton. (componente vertical hacia arriba)}$

c. BMMI-BEL

$T_1 = 50.88 \text{ Ton.}$
 $f_x = T_1 \cos\theta = 4.79 \text{ Ton. (componente perpendicular)}$
 $f_y = T_1 \sin\theta = 50.66 \text{ Ton. (componente longitudinal)}$
 $T_r = T_1/\cos\phi = 66.68 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$
 $f_z = 43.10 \text{ Ton. (componente vertical hacia arriba)}$

d. PMMS-BEL

$f_x = 4.79 \text{ Ton. (componente perpendicular)}$
 $f_y = 50.66 \text{ Ton. (componente longitudinal)}$
 $T_1 = 50.88 \text{ Ton.}$
 $T_r = 76.74 \text{ Ton. (tensión en el cabo)}$
 $f_z = 57.45 \text{ Ton. (componente vertical hacia arriba)}$

Resumen de las fuerzas mayores actuando en cada elemento estructural:

| ELEMENTO | COMPONENTE PERPENDICULAR (fx) | COMPONENTE LONGITUDINAL (fy) | COMPONENTE VERTICAL (fz) | TENSION EN EL CABLE (Tr) |
|----------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| DA#1y4 | 65.40 | 166.59 | 53.29 | 188.49 |
| DA#2y3 | 130.81 | 0.00 | 26.42 | 133.45 |
| PA#1y2 | 4.79 | 50.66 | 57.45 | 76.74 |

VIENTO SOBRE EL MUELLE.

Para obtener la presión del viento que actúa sobre el muelle se utilizará el método recomendado por la CFE (Comisión Federal de Electricidad), el cual dice que la velocidad media del viento durante un temporal varía de acuerdo con una ley que puede representarse de la siguiente manera:

$$V_{\text{diseño}} = V(Z/Z_0)^{**\alpha} \quad (1)$$

donde:

- $V_{\text{diseño}}$ = Velocidad de diseño a una altura Z sobre el terreno (Kph)
- V = Velocidad básica (Kph)
- Z_0 = 10 M.
- α = Coeficiente que depende de la topografía del terreno

La velocidad básica se obtiene de la siguiente expresión:

$$V = k_1 * k_2 * V_0 \quad (2)$$

donde:

- V_0 = Velocidad regional del viento
- k_1 = Factor de topografía
- k_2 = Factor de tiempo de recurrencia

Este método propone los valores de la velocidad regional o valores que a la altura de 10 M. tendrían un tiempo de recurrencia de 60 años.

De acuerdo al destino y a las características de respuesta ante la acción del viento del tipo de estructura en cuestión (puentes formados por losas, traveses, armaduras o arcos), se toman las velocidades de diseño que se obtienen de considerar la velocidad básica y la ley de variación con la altura expresadas por las ecuaciones (2) y (1), respectivamente. Para el tipo de estructura descrito sólo basta considerar empujes estáticos.

EMPUJES ESTATICOS.

Los efectos de viento se toman equivalentes a los de una fuerza distribuida sobre el área expuesta. Esta fuerza se supone perpendicular a la superficie sobre la que actúa, y su valor por unidad de área se calcula por medio de la ecuación:

$$P = 0.0048G \cdot C \cdot V^{+2}$$

donde:

P = Presión o succión debida al viento (Kg/M²)

C = Coeficiente de empuje (adimensional)

V = Velocidad de diseño (Kph)

G = $(8 + h)/(8 + 2h)$ = Factor de reducción de densidad de la atmósfera a la altura h (Km) sobre el nivel del mar

Quando C es positivo, se trata de empuje sobre el área expuesta; cuando es negativo, se trata de succión.

A continuación se muestran las tablas correspondientes a la obtención de algunos factores necesarios para determinar la velocidad de diseño.

TABLA I.

Valores de la velocidad regional para la República Mexicana. (Periodo de recurrencia: 60 años; intervalos de medición: 15 seg)

| ZONA | Vo (Kph) |
|--|----------|
| a. Mesa Central | 140 |
| b. Zona Costera (faja de 150 Km de ancho a lo largo de cada costa) | 170 |
| c. Valle de México | 100 |

TABLA II.
Efectos de la topografía sobre las velocidades de diseño.

| TOPOGRAFIA | k1 Estructuras poco sensibles a ráfagas cortas (Tipo 1) | k1 Estructuras sensibles a ráfagas cortas (Tipos 2 y 3) | a |
|--|---|---|-------|
| Muy accidentada, como en el centro de ciudades impor- tantes | 0.70 | 1.20 | 0.075 |
| Zonas arboladas, lomerios, barrios residenciales o industriales | 0.80 | 1.20 | 0.075 |
| Campo abierto, terreno plano | 1.00 | 1.20 | 0.085 |
| Promontorios | 1.20 | 1.20 | 0.100 |

TABLA III.
Factores de tiempo de recurrencia.

| CLASIFICACION DE LOS EDIFICIOS (Por su destino) | VALOR DEL COEFICIENTE k2 |
|---|--------------------------------------|
| Grupo A: Edificios gubernamentales y de servicio público, hospitales y, con frecuencia, aglomeración de personas | 1.20 |
| Grupo B: Construcciones de habita- ción privada | 1.00 |
| Grupo C: Construcciones aisladas no contenidas en los grupos ante- riores | No se requiere diseño por viento. |

En base a las condiciones teóricas del método a emplear, se aplicarán las ecuaciones antes expresadas con los valcres correspondientes.

Antes de aplicar las ecuaciones necesarias para obtener la presión del viento, es necesario señalar que, de acuerdo al tipo de estructura por su destino y también de acuerdo a la Tabla III, la estructura en cuestión no requiere diseño por viento.

Por lo anterior, y tomando en cuenta además que por ser una estructura especial con la cual se está tratando, se harán algunas consideraciones para efectos de análisis por viento. Tales consideraciones son:

- a. Zo = Altura donde se presenta la velocidad básica (10 M). Será, en este caso, 2.40 M, ya que la estructura tan sólo tiene 4.80 M de altura sobre el nivel de BMMI.
- b. El valor del coeficiente k2 se considerará igual a 1.00 lo cual ubicaría a la estructura dentro del Grupo B de la Tabla III.
- c. El coeficiente de empuje C será 1.40 por tratarse de una estructura especial en la cual el viento puede incidir en dos direcciones simultáneamente.

CALCULOS.

Velocidad Básica.

$$V = k_1 * k_2 * V_o$$

de la Tabla I: $V_o = 170$ Kph

de la Tabla II: $k_1 = 1.00$

de la Tabla III: $k_2 = 1.00$

por lo tanto:

$$V = 170 \text{ kph}$$

VELOCIDAD DE DISEÑO.

$$V_{\text{diseño}} = V(Z/Z_0)^{**\alpha}$$

donde:

$$\alpha = 0.085 \text{ (de Tabla II)}$$

entonces:

$$V_{\text{diseño}} = 180.32 \text{ Kph}$$

FACTOR DE REDUCCION.

$$G = (8 + h)/(8 + 2h) = 0.999 = 1.0 \text{ (aprox.)}$$

PRESION DE VIENTO.

$$P = 0.0048G * C * V^{**2}$$

$$P = 218.50 \text{ Kg/M}^2$$

Ahora sólo es necesario multiplicar esta presión por el área expuesta de cada elemento del sistema estructural y, de esta manera, obtener la fuerza transmitida por acción del viento.

IMPACTO.

Se sabe que la energía cinética de impacto en el momento de atraque de un buque es:

$$E = 0.5 m * v^{**2}$$

donde:

m = masa del buque

v = velocidad normal al muelle

si m = w/g entonces:

$$E = w * v^{**2} / 2g$$

donde:

E = energía de atraque (Kg-M)

w = peso desplazado de la nave (Ton)

g = aceleración de la gravedad (M/S²)

Del total de la energía generada sólo la mitad debe ser absorbida por el sistema de defensa del muelle, y la mitad restante la absorbe la nave y el agua en el momento de rotación del centro de masa de la nave respecto al punto de contacto de la proa con el muelle.

Como la resistencia al impacto va de cero hasta un máximo, el trabajo realizado por el muelle es:

$$\text{Trabajo} = \frac{1}{2} F \cdot d = 0.5E$$

donde:

F = fuerza que debe resistirse

d = distancia donde se mueven las fuerzas; también se entiende como la compresión elástica de la defensa o deflexión defensa-estructura.

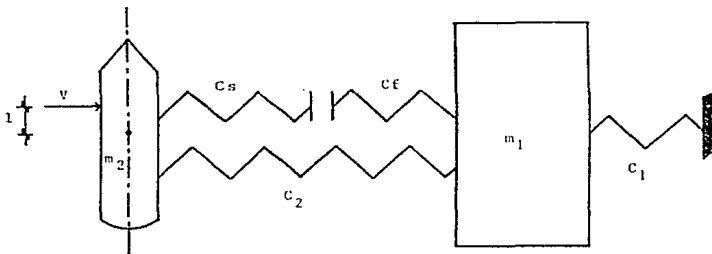
Generalmente los sistemas de defensa se proyectan tomando en cuenta los elementos teóricos mencionados, lo cual también se hará en este caso, es decir, que para revisar las defensas se tomará la mitad de la energía total generada (0.5E) por el atraque del buque, mientras que la fuerza resultante que debe ser resistida por el muelle depende básicamente del tipo y construcción de la defensa, así como de la deflexión del muelle mismo. Esto último, en el caso de diseñarlo como estructura flexible.

ENERGIA DE ATRAQUE.

La energía de atraque del buque sobre el muelle es una carga de tipo dinámica que reviste gran importancia debido a que, para determinar su magnitud y efecto sobre la estructura, es necesario tomar en cuenta varios factores que son poco usuales cuando se analizan estructuras comunes. De

hecho, para lograr que los efectos obtenidos en el análisis sean representativos de los que realmente suceden es importante comprender bien el fenómeno para utilizar las variables con un criterio adecuado, es decir, que los conceptos teóricos se apeguen lo más posible al fenómeno real.

Es posible simular el impacto de un buque -para efecto de análisis teórico- mediante la realización de un modelo dinámico de impacto el cual, tomando en cuenta las constantes elásticas y masas tanto de la estructura de atraque como del barco, queda como se muestra a continuación:



donde:

C_s = constante elástica del casco

C_f = constante elástica de las defensas

C_2 = constante elástica combinada

La constante elástica combinada está definida como:

$$1/C_2 = 1/C_s + 1/C_f$$

En este modelo, las ecuaciones de movimiento están dadas por:

$$m_1 \left(\frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 y_2}{\partial t^2} - l \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} \right) + C_2 y_2 = 0 \quad (1)$$

$$(m_1 + m_2) \frac{\partial^2 y_2}{\partial t^2} + m_2 \frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2} + C_1 y_1 - m_2 l \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

$$I \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} + C_2 y_2 l = 0 \quad (3)$$

$$\text{además} \quad I = m_2 r^2 \quad (4)$$

En estas ecuaciones los términos utilizados son:

m_1 = masa de la estructura de atraque

m_2 = masa virtual del buque

y_1 = deflexión de la estructura de atraque

y_2 = deflexión del casco en el punto de contacto

C_1 = constante elástica de la estructura de atraque

t = tiempo

l = distancia del centro de gravedad al punto de contacto con una defensa

θ = ángulo de rotación del buque

I = momento de inercia del buque en el eje vertical a través del centro de gravedad

Las ecuaciones dadas se pueden transformar de la siguiente manera:

de la ecuación (3):

$$I \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = -C_2 y_2 l \quad ; \quad \text{pero } I = m_2 r^2$$

entonces:

$$m_2 r^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = -C_2 y_2 l$$

finalmente:

$$m_2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = \frac{C_2 y_2 l}{r^2} \quad (3')$$

Sustituyendo (3') en (1) se tiene:

$$m_2 \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) - \left(-\frac{C_2 Y_2 \ell}{r^2} \right) \ell + C_2 Y_2 = 0$$

$$m_2 \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) + C_2 Y_2 \left(\frac{\ell^2}{r^2} + 1 \right) = 0 \quad (5)$$

De esta misma ecuación, se tiene que:

$$C_2 Y_2 = -m_2 \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) \frac{r^2}{\ell^2 + r^2} \quad (5')$$

La ecuación (2) también puede transformarse como sigue, sustituyendo (3') en (2):

$$m_1 \frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + m_2 \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) + C_1 Y_1 - \left(-\frac{C_2 Y_2 \ell}{r^2} \right) \ell = 0$$

pero:

$$\text{de (5)} \quad m_2 \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) = -C_2 Y_2 \left(\frac{\ell^2}{r^2} + 1 \right)$$

$$C_1 Y_1 + m_1 \frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \left(-C_2 Y_2 \left(\frac{\ell^2}{r^2} + 1 \right) \right) + \frac{C_2 Y_2 \ell^2}{r^2} = 0$$

factorizando:

$$C_1 Y_1 + m_1 \frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} - C_2 Y_2 = 0$$

Si se sustituye la ecuación (5'), entonces:

$$C_1 Y_1 + m_1 \frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} - \left(-m_2 \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) \frac{r^2}{\ell^2 + r^2} \right)$$

Finalmente:

$$C_1 Y_1 + m_1 \frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + m_2 \frac{r^2}{\ell^2 + r^2} \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) = 0 \quad (6)$$

En este caso, es obvio que m_1 es bastante menor que m_2 , se puede decir que $m_1 = 0$, y sustituyendo este valor en la ecuación (6) se tiene:

$$C_1 Y_1 + m_2 \frac{r^2}{\ell^2 + r^2} \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) = 0 \quad \circ$$

$$C_1 Y_1 \left(\frac{\ell^2}{r^2} + 1 \right) + m_2 \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) = 0 \quad (6')$$

de (6') y (5) puede deducirse que $C_1 Y_1 = C_2 Y_2$

Volviendo a la ecuación de energía de atraque:

$$E = \frac{1}{2} m_1 v^{*2} \quad \text{ó} \quad E = \frac{1}{2} C_1 Y_1^{*2} \text{ máx.} + \frac{1}{2} C_2 Y_2^{*2} \text{ máx.}$$

pero $C_1 Y_1 = C_1 Y_1$, por tanto, la energía es:

$$E = C_1 * y_1^{**2} \text{ máx} = \frac{1}{2} m_1 * v^{**2} \quad (7)$$

Ahora bien, de acuerdo a las consideraciones teóricas expuestas anteriormente, la energía por absorber será:

$$E_{\text{máx}} = \frac{1}{2} C_2 * y_2^{**2} \text{ máx} = (m_1 * v^{**2}) / 4 \quad (8)$$

Para efecto de conocer la fuerza de atraque o reacción del sistema de defensas, se sabe que $E = Fd$ y, en este caso, $E = F * y_{\text{máx}}$, de donde $F = E / y$; sustituyendo el valor de "y" dado en la ecuación (7) se tiene:

$$F = [C_2 * y_2^{**2} \text{ máx}] / y_2$$

de donde:

$$F = C_2 * y_2 \text{ máx}$$

donde:

$F =$ reacción del sistema de defensa

Para la ecuación (8) se sabe que el peso virtual del buque es la suma del desplazamiento y el peso adicional, esto es:

$$m_2 * g = D + W_a$$

$$m_2 = (D + W_a) / g$$

donde:

$m_2 * g = W =$ peso virtual

$D =$ desplazamiento

$W_a =$ peso adicional

Sustituyendo este valor de m en la ecuación (8), se tiene:

$$E_{\text{máx}} = [(D + W_a) v^{**2}] / 4g$$

Ahora bien, el peso adicional de un buque está dado por:

$$W_a = \rho * L * D^{**2} * \pi / 4$$

donde:

ρ = densidad del agua de mar

L = eslora entre perpendiculares

D' = calado del buque

En este caso se tienen los siguientes valores:

D = 69000 Ton

ρ = 1.025 Ton/M³

L = 225 M

D' = 12 M

v = 0.13 M/Seg (obtenida de la carta de Vasco-Costa para un buque de más de 10000 Ton. en condiciones de navegación)

Con los datos anteriores y sustituyendo en la ecuación de peso adicional, se llega a:

W_a = 26083 Ton

y la energía por absorber es:

E_{máx} = 40.95 Ton

Una vez que se ha obtenido la energía que deberá absorber el sistema de atraque, se determinará la fuerza que deberá resistirse por atraque del buque (impacto) de la manera siguiente:

Se sabe que trabajo es $W = \frac{1}{2} F \cdot d = 0.5E$

donde:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^{**2}$$

de las expresiones anteriores se tiene que:

$$\frac{1}{2} F \cdot d = \frac{1}{2} m \cdot v^{**2}$$

de donde:

$$F = (m \cdot v^{**2})/d$$

por lo tanto:

$$F = E/2d$$

La compresión elástica de la defensa o deflexión defensa-estructura que especifican los fabricantes del tipo de defensa (1) a usar es:

$$d = 0.34 \text{ M}$$

Sustituyendo este valor en la ecuación de fuerza, se tiene:

$$F = 60.22 \text{ Ton}$$

Esta es la fuerza que deberá resistir una defensa, pero cada plataformas de atraque tiene dos pantallas y cada pantalla tiene, a su vez, dos defensas; por lo tanto, la fuerza que deberá resistir cada plataforma de atraque es:

$$F_h = 240.88 \text{ Ton}$$

REVISION DE LA PRESION EN EL CASCO DEL BUQUE.

$$\text{Placa de las defensas} = 2.20 * 3.90 = 8.58 \text{ M}^2$$

$$\text{Presión} = (60.22 * 2)/8.58 = 14.04 \text{ Ton/M}^2$$

De los reportes de investigación VII y VIII citados en la bibliografía se puede establecer que la presión arriba determinada se encuentra por debajo de aquella que pueden soportar los diversos componentes estructurales de las partes laterales de los buques tanque entre 28000 DWT y 200000 DWT.

TENSION Y EMPUJE PRODUCIDOS POR LA ACCION DEL OLEAJE SOBRE EL BUQUE AMARRADO.

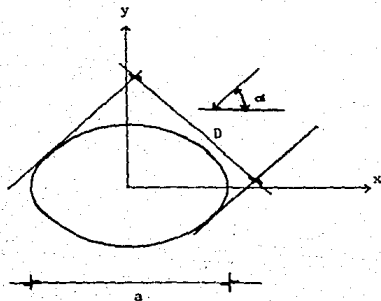
Existen distintos estudios, basados en modelos que definen las fuerzas de tensión en los cabos de amarre en los buques. Sin embargo, cada uno de dichos estudios se refiere a un tipo particular de buque (forma y tonelaje) y a un determinado sistema de amarre (número, posición y orientación de los cabos de amarre).

(1) Se seleccionó una defensa del tipo "CP-TYPE 900 H", cuya deflexión defensa-estructura es $d = 0.34 \text{ m}$.

Puesto que no fue encontrado algún reporte que asemejara el buque de diseño, así como su sistema de amarre y considerando que no se tiene un muelle marginal ni un muro reflejante detrás del buque amarrado, es posible calcular la fuerza de oleaje mediante el procedimiento que se detallará más adelante; dicho procedimiento está basado en la teoría de difracción del oleaje, suponiendo el barco similar a un cilindro elíptico. Una vez encontradas las fuerzas, se procederá a calcular la tensión en los cabos así como los empujes en las defensas de manera similar al caso del viento y al de atraque, respectivamente.

En la práctica, las fuerzas de atraque varían periódicamente de manera que los buques amarrados generalmente oscilan. En tales casos, la fuerza transmitida a las instalaciones de amarre es, en la mayoría de los casos, más pequeña que la componente de la fuerza de la ola actuando sobre el buque atracado.

La siguiente figura muestra el modelo teórico sobre el cual está basado el procedimiento antes mencionado.



$$F_{x \text{ max}} = C m \gamma \frac{\sinh(2\pi \frac{h}{L}) - \sinh(\pi \frac{h-d}{L})}{\cosh(2\pi \frac{h}{L})} \frac{\pi \cos \alpha}{8} D^2 \omega_0 H$$

$$F_{y \text{ max}} = C m \gamma \frac{\sinh(2\pi \frac{h}{L}) - \sinh(\pi \frac{h-d}{L})}{\cosh(2\pi \frac{h}{L})} \frac{\pi \sin \alpha}{8} D^2 \omega_0 H$$

en donde:

$F_{x\text{máx}}$ = valor máximo de la componente en la dirección x (Ton)

$F_{y\text{máx}}$ = valor máximo de la componente en la dirección y (Ton)

C_{mx} = coeficiente de la fuerza inercial de la componente x

C_{my} = coeficiente de la fuerza inercial de la componente y

h = profundidad (M)

d = calado (M)

D = ancho del buque con respecto a la dirección del oleaje (M)

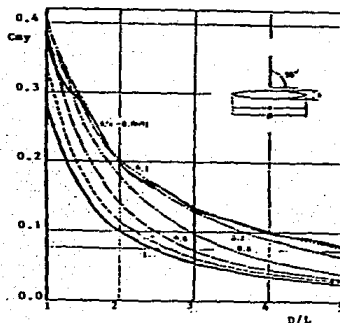
w_0 = peso unitario del agua de mar (Ton/M³)

α = ángulo de incidencia de las olas con el eje x (grado)

L = longitud de la ola incidente a la profundidad h (M)

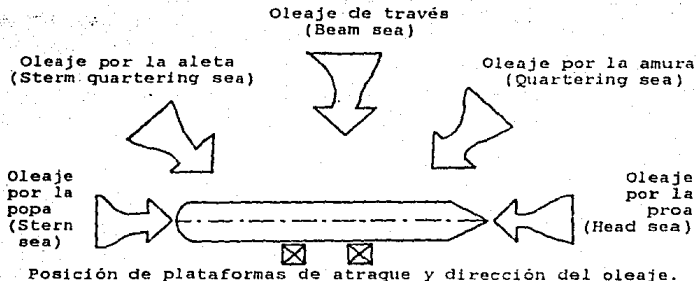
H = altura de la ola incidente (M)

El coeficiente C_{my} será obtenido de la siguiente gráfica:



(figura 5)

(1) Goda y Yoshimura, "Wave Force computation for Structures of Large Diameter, Isolated Off Shore"



Para conocer los empujes en las plataformas de atraque producidos por el buque, al moverse por la acción del oleaje, se estudiará el oleaje por la aleta, por la amura y de través. La dirección de dicho oleaje está debidamente comprendida en los cinco casos siguientes:

1. $\alpha = 90^\circ$
2. $\alpha = 75^\circ$
3. $\alpha = 60^\circ$
4. $\alpha = 45^\circ$
5. $\alpha = 30^\circ$

en donde:

profundidad $h = 15 \text{ M}$

calado $d = 12 \text{ M}$

peso del agua $w_0 = 1.025 \text{ Ton/M}^3$

Se considerará una ola de 6.5 pies de altura y un periodo de 5.5 segundos, tomando en cuenta que se trata de olas con las cuales puede estar el buque amarrado y operando.

VARIABLES.

$H = 6.50 \text{ Pies} = 1.98 \text{ M}$

$$D = 225 \text{ M}$$

$$D' = 128.8 \text{ M (parte recta)}$$

$$b = 32.6 \text{ M}$$

Ahora bien, para encontrar la longitud de la ola incidente a la profundidad h , se usará la siguiente ecuación:

$$L = (g * T^2) / 2\pi [\text{Tanh}(2\pi d) / L]$$

Al observar la expresión anterior se puede ver que se trata de una ecuación implícita, cuya solución se obtiene por prueba y error, realizando iteraciones sucesivas, por lo que se procede dando un valor inicial tentativo de $L = 60 \text{ M}$.

* Primera Iteración.

$$L = 20.74 \text{ M} \ll 60 \text{ M}$$

* Segunda Iteración.

Cómo L calculada es mucho menor que L propuesta, se disminuye el valor de L a 40, entonces:

$$L = 28.75 \text{ M} < 40 \text{ M}$$

* Tercera Iteración.

Suponiendo $L = 35 \text{ M}$,

$$L = 31.57 \text{ M} < 35 \text{ M}$$

* Cuarta Iteración.

Para $L = 33 \text{ M}$,

$$L = 32.81 \text{ M} < 33 \text{ M}$$

* Quinta Iteración.

Para $L = 32.88 \text{ M}$,

$$L = 32.88 \text{ M}$$

Además,

$$D/L = 6.84 \text{ M}$$

$$b/a = 0.15$$

De las gráficas anteriores es posible obtener los coeficientes de la fuerza inercial de las componentes x,y para diferentes casos de ángulos de incidencia de oleaje respecto al eje x; sin embargo, se puede observar que la mayor componente que es posible calcular en una dirección es cuando $\alpha = 90^\circ$, entonces:

$$\text{para } \alpha = 90^\circ \quad \implies \quad C_{mx} = 0; \quad F_{x\text{máx}} = 0$$

además, para $D/L = 6.84 \text{ M}$ y $b/a = 0.15$, no es posible leer los valores correspondientes de C_{my} en la gráfica por lo que se considerará un valor aproximado menor que el último valor que se alcanza a leer, por tanto, para efectos de cálculo de $F_{y\text{máx}}$, se tomará $C_{my} = 0.05$. Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación de $F_{y\text{máx}}$ se obtiene:

$$F_{y\text{máx}} = 382.50 \text{ Ton}$$

Esta es la fuerza que la estructura de atraque deberá absorber por efectos producidos por oleaje sobre el buque.

SISMO TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL. (1)

Se sabe que la energía liberada por un sismo provoca una aceleración en el terreno de la cual, parte se transmite a la estructura; dicha aceleración es función del tipo de suelo donde se encuentra ubicada la estructura, del tipo de estructura según su destino, y del tipo de estructuración de la construcción.

En base a lo anterior, se pueden obtener algunos parámetros necesarios para determinar el coeficiente sísmico correspondiente a la estructura en cuestión. Dichos parámetros son:

- a. Factor de amortiguamiento crítico. Este factor depende, entre otras cosas, del tipo de conexiones que tiene la estructura y de la interacción suelo-estructura. En este caso, el porcentaje de amortiguamiento crítico es de 0.05.

(1) Newmark, N.M., Rosenbluth, E. "Fundamentos de Ingeniería Sísmica"

- b. Factor de ductilidad. Se determina de acuerdo al tipo de material que constituye a la estructura y a la estructuración que se le da a la construcción. Para el caso de estudio FD = 4.

Por otro lado, para determinar la aceleración del terreno, es necesario recurrir a los acelerogramas registrados que se consideren representativos de la zona donde se ubica la estructura; es base a dichos acelerogramas se obtiene la máxima aceleración registrada hasta el momento en que se tome la historia de aceleraciones, además, en función de la historia de aceleraciones se puede obtener el periodo de recurrencia del sismo.

Cabe señalar que la aceleración del terreno es una fracción de la aceleración de la gravedad g ; de lo anterior se encontró que la aceleración del terreno es de 0.148g.

Dado que el tipo de estructura en cuestión es especial, se considera necesario tomar en cuenta un factor de amplificación, el cual es función de la esbeltez de la estructura para el que se tomará un valor de 2.6.

Ya se tienen todos los datos necesarios para obtener el coeficiente sísmico el cual es un factor que, multiplicado por el peso total de la estructura, da como resultado la fuerza cortante en la base; entonces

$$C = 0.096 = 0.1$$

CARGAS POR SISMO.

Se considerará la carga muerta y el 50% de la carga viva vertical como el peso de cada estructura el cual, multiplicado por el coeficiente sísmico, dará como resultado la carga por sismo.

- a. Duques de Alba 1 y 4.

$$F_{s1s} = 33.91 \text{ Ton}$$

b. Diques de Alba 2 y 3.

Fsis = 35.91 Ton

c. Plataformas de Amarre y Atraque 1 y 2.

Fsis = 114.6 Ton

d. Plataforma de Operación.

Fsis = 120.94 Ton

RESUMEN FINAL DE FUERZAS.

CARGA MUERTA Y CARGA VIVA VERTICAL

| ELEMENTO | CARGA MUERTA (TON) | CARGA VIVA (TON) |
|----------|-----------------------|---------------------|
| DA#1.4 | 264.19 | 149.73 |
| DA#2.3 | 284.21 | 149.73 |
| PA#1,2 | 922.97 | 445.98 |
| PO | 984.92 | 449.73 |

| VIENTO SOBRE BUQUE | | |
|------------------------|--------|--------------------|
| A plena carga (Ton) | | En lastre (Ton) |
| Ex | 7.15 | 47.66 |
| Fya | -30.30 | -122.08 |
| Fyf | -15.46 | -110.78 |

CORRIENTE SOBRE BUQUE

| | A plena carga (Ton) | En lastre (Ton) |
|-----|------------------------|--------------------|
| Ex | 7.27 | 3.00 |
| Fya | -24.57 | -2.80 |
| Fyf | -24.03 | -20.03 |

VIENTO Y CORRIENTE

| | A plena carga (Ton) | En lastre (Ton) |
|-----|------------------------|--------------------|
| Ex | 14.42 | 50.66 |
| Fya | -54.87 | -124.89 |
| Fyf | -39.49 | -130.81 |

EMPUJES PRODUCIDOS POR ACCION COMBINADA DE VIENTO Y CORRIENTE

a. Buque a plena carga

Empuje en cada plataforma 46.87 Ton

b. Buque en lastre

Empuje en cada plataforma 121.59 Ton

TENSIONES DE BOLARDO (Ton)

| ELEMENTO | COMPONENTE PERPENDICULAR Fx | COMPONENTE LONGITUDINAL Fy | COMPONENTE VERTICAL Fz | TENSION EN EL CABO Tr |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| DA#1,4 | 65.40 | 166.59 | 53.19 | 188.49 |
| DA#2,3 | 130.81 | 0.00 | 26.42 | 133.45 |
| PA#1,2 | 4.79 | 50.66 | 57.45 | 76.74 |

VIENTO SOBRE EL MUELLE

* Duques de Alba 1,2 3 y 4

Fv = 2.19 Ton

* Plataformas de Atraque 1 y 2

Fv = 15.30 Ton

* Plataforma de Operación

Fv = 5.24 Ton

IMPACTO

Sobre plataformas de atraque, únicamente.

Fh = 240.88 Ton (en cada plataforma)

EMPUJE BAJO LA ACCION DEL OLEAJE SOBRE BUQUE AMARRADO

Sólo en plataformas de atraque.

Fymáx = 191.25 Ton en cada plataforma

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

SISMO

| ELEMENTO | FUERZA SISMICA (Ton) |
|----------|-------------------------|
| DA#1,4 | 33.91 |
| DA#2,3 | 35.91 |
| PA#1,2 | 114.60 |
| PO | 120.94 |

COMBINACIONES DE CARGA.

* Plataformas de Atraque

- a. $W_m + W_v$
- b. $W_m + W_v(50\%) + \text{Eza. sismica}$
- c. $W_m + W_v(50\%) + \text{Eza. sismica} + \text{Eza. oleaje}(R)$
- d. $W_m + \text{Eza. de atraque del buque}$
- e. $W_m + \text{Eza. de atraque del buque} + \text{Eza. de corrientes}(R)$
- f. $W_m + W_v + \text{Eza. de atraque del buque}$
- g. $W_m + \text{Eza. de corrientes}$
- h. $W_m + \text{Eza. de oleaje}$
- i. $W_m + \text{Eza. inducida por el buque amarrado sujeto a la acción del oleaje o empuje de corrientes}$
- j. $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- k. $W_m + \text{viento sobre el buque (Aconchamiento)}$
- l. $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{oleaje}$

Sustituyendo los valores de las variables en cada una de las expresiones anteriores se obtuvo:

- a. 1368.9 Ton
- b. 1260.6 Ton
- c. 1451.8 Ton
- d. 1163.8 Ton
- e. 1188.4 Ton
- f. 1609.8 Ton (rige)
- g. 947.5 Ton
- h. 1123.0 Ton
- i. 1305.5 Ton
- j. 938.27 Ton
- k. 1039.4 Ton
- l. 1137.4 Ton

* Duques de Alba 2 y 3.

- a. $W_m + W_v$
- b. $W_m + W_v(50\%) + \text{Fza. sismica}$
- c. $W_m + W_v(50\%) + \text{Fza. sismica} + \text{Fza. oleaje}(R)$
- d. $W_m + \text{tensión de bita-cabos través}$
- e. $W_m + \text{tensión de bita} + \text{Fza. de corrientes}(R)$
- f. $W_m + W_v + \text{tensión de bita-cabos través}$
- g. $W_m + \text{Fza. de corrientes}$
- h. $W_m + \text{Fza. oleaje}$
- i. $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- j. $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{oleaje}$

Sustituyendo los valores de las variables en cada una de las expresiones anteriores se obtiene:

- a. 433.9 Ton
- b. 395.0 Ton
- c. 586.1 Ton (rige)
- d. 417.7 Ton
- e. 442.2 Ton
- f. 567.4 Ton
- g. 308.8 Ton
- h. 484.2 Ton
- i. 286.4 Ton
- j. 486.4 Ton

* Duques de Alba 1 y 4.

- a. $W_m + W_v$
- b. $W_m + W_v(50\%) + \text{Fza. sismica}$
- c. $W_m + W_v(50\%) + \text{Fza. sismica} + \text{Fza. oleaje(R)}$
- d. $W_m + \text{tensión de bita-cabos largos}$
- e. $W_m + \text{tensión de bita} + \text{Fza. de corrientes(R)}$
- f. $W_m + W_v + \text{tensión de bita-cabos largos}$
- g. $W_m + \text{Fza. de corrientes}$
- h. $W_m + \text{Fza. oleaje}$
- i. $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- j. $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{oleaje}$

Sustituyendo los valores de las variables en cada una de las expresiones anteriores se obtiene:

- a. 413.9 Ton
- b. 373.0 Ton
- c. 584.1 Ton
- d. 452.7 Ton
- e. 477.2 Ton
- f. 602.4 Ton (rige)
- g. 288.8 Ton
- h. 464.2 Ton
- i. 266.4 Ton
- j. 466.4 Ton

* Plataforma de Operación.

- a. $W_m + W_v$
- b. $W_m + W_v(50\%) + \text{Fza. sismica}$
- c. $W_m + W_v(50\%) + \text{Fza. sismica} + \text{Fza. oleaje}(R)$
- d. $W_m + \text{Fza. de oleaje}$
- e. $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- f. $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{Fza. oleaje}$

Sustituyendo los valores de las variables en las expresiones anteriores, se obtienen:

- a. 1434.3 Ton
- b. 1330.3 Ton
- c. 1521.6 Ton (rige)
- d. 1194.5 Ton
- e. 989.8 Ton
- f. 1189.8 Ton

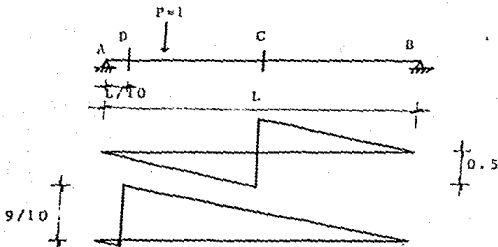
CAPITULO III
ANALISIS

INTRODUCCION.

Antes de iniciar el análisis del viaducto y tomando en cuenta que es necesario basar dicho análisis en la Teoría de Líneas de Influencia como un auxilio para encontrar los elementos mecánicos más desfavorables en las vigas, se considera conveniente hacer un breve recordatorio de las características esenciales del mismo, ya que en este caso se tienen cargas móviles sobre la estructura.

Se sabe que el esfuerzo producido en una sección cualquiera de una estructura por una sobrecarga varía con la posición de ésta, habiendo una posición en la cual el esfuerzo producido en la mencionada sección es máximo. En este punto es posible definir que línea de influencia es la curva gráfica cuya ordenada en un punto dado es la magnitud de alguna función particular en una sección predeterminada debida a una carga unitaria aplicada en ese punto.

Una vez que se ha entendido esta definición es posible darse cuenta que para cada sección de una viga, por ejemplo, se tiene una línea de influencia particular de un elemento mecánico cualquiera. Es importante señalar que el valor máximo que se obtenga es sólo para la sección o punto para el cual corresponde la gráfica, pero no necesariamente es el valor máximo que se pueda obtener debido a dicha sobrecarga; por ejemplo, para el cortante en dos secciones diferentes de una viga, una al centro y otra cercana a una apoyo, el valor máximo dado por las líneas de influencia será diferente y el valor máximo para la sección al centro no es el máximo cortante que se pueda obtener con una carga móvil; esto es:



CORTANTE EN "C" y "D" DEBIDA A "P"

Para optimizar el análisis las líneas de influencia resultan insuficientes, ya que también es necesario visualizar los puntos donde se presentarán los máximos valores de una función de interés y, entonces, definir la línea de influencia que proporcione dicho valor.

En el ejemplo anterior se ve que la magnitud de la ordenada es un valor adimensional, lo cual se debe a que la carga aplicada es unitaria y también adimensional; pues bien, para obtener el valor real de la función es necesario conocer la magnitud de la sobrecarga. Esto resulta evidente y queda inmerso en las particularidades que sobre las líneas de influencia se mencionan a continuación:

1. Para obtener el valor máximo de una función debido a una sobrecarga aislada, ésta se colocará en el punto en que la ordenada de la línea de influencia de dicha función sea máxima.
2. El valor de la función mencionada es igual al producto de la magnitud de la carga por la ordenada de la línea de influencia de dicha función, medida en el punto de aplicación de la carga.
3. Para obtener el valor máximo de una función producida por una carga uniformemente repartida, ésta se colocará en todas las zonas de la estructura para las cuales las ordenadas de la línea de influencia tienen el signo de la función deseada.
4. El valor de una función debida a una sobrecarga uniformemente repartida es igual al producto de la intensidad de la carga por el área total bajo la parte de la línea de influencia de la función considerada correspondiente a la zona de estructura cargada.

A continuación se señalan dos puntos que son de gran utilidad para el análisis de la estructura en estudio:

1. La magnitud de un elemento mecánico cualquiera se obtiene multiplicando la magnitud de la carga que lo produce por la ordenada de la línea de influencia en el punto o sección de aplicación de dicha carga.
2. Es válida la Teoría de superposición de causas y efectos, es decir, si se tienen dos o más cargas puntuales, el elemento mecánico en cuestión será la suma de los productos de la magnitud de cada carga por la correspondiente ordenada de la línea de influencia.

VIADUCTO.

Para iniciar el análisis de este elemento, primero deben determinarse sus características así como la función para la cual está destinado; en primer lugar, se puede decir que el viaducto está constituido de la siguiente manera:

- * El tramo inicial es un espigón de material graduado y enrocamiento de 115 M de longitud.
- * 40 tramos de superestructura a base de elementos prefabricados de concreto reforzado, cuya sección es de cajón y longitud de 20 M cada tramo (trabe).
- * Un elemento final igual al descrito en el punto anterior pero de 10 M de longitud.
- * Las trabes son simplemente apoyadas sobre caballetes de concreto reforzado, los cuales están cimentados con pilotes tubulares de acero de 30" de diámetro.

Con respecto a la función, se pueden mencionar dos etapas principales:

1. Deberá soportar el peso de las tuberías llenas de combustible y paso de peatones.
2. Deberá permitir y soportar el tránsito de vehículos ligeros tipo C-2 cuyo peso total cuando están cargados es, según SAHOP, de 10 Ton.

Es importante puntualizar que por las características particulares de los caballetes de apoyo, los cuales serán descritos en su momento, son autosuficientes para tomar y transmitir cargas verticales y horizontales cuando éstas sean transversales al eje del viaducto, pero no absorben las longitudinales a ese eje, ya que estas cargas serán absorbidas y transmitidas por caballetes de 4 pilotes que se tienen contemplados en el diseño de la subestructura; puede decirse entonces que, mientras los elementos de la superestructura se analizarán como vigas simplemente apoyadas, la subestructura se analizará en marco plano (caballete de dos pilotes), así como en marco en el espacio (caballete de 4 pilotes).

La estructura del viaducto estará sujeta a las siguientes cargas:

* Verticales

Peso propio de superestructura
Peso de tuberías y peatones (carga viva)
Peso de camiones C-2
Peso propio de subestructura

* Horizontales

Viento
Sismo
Oleaje
Efectos de temperatura

Los reglamentos que se utilizarán desde la determinación de cargas son: AASHTO, ACI AISC y el manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE.

DIMENSIONAMIENTO DE TRABE CAJON.

Para iniciar con la determinación de cargas, se supone un dimensionamiento inicial tentativo de la sección de trabes, el cual se puede obtener basado en las especificaciones de AASHTO para el caso.

* Peralte mínimo (h)

$$h = (S + 10)/20$$

donde:

S = claro (pies)

h (=) pies

Si S = 20 M = 65.6 pies ==> h = 1.15 M

* Espesor mínimo de patín (t)

$$t = (S + 10)/30$$

donde:

S = longitud volada del patin (pies)

Se propone $S = 1 \text{ M} = 3.28 \text{ pies} \implies t = 0.135 \text{ M}$

* Espesor mínimo de losa inferior (t')

$$t' = 5/16 \geq 5.5''$$

donde:

S = ancho de losa inferior

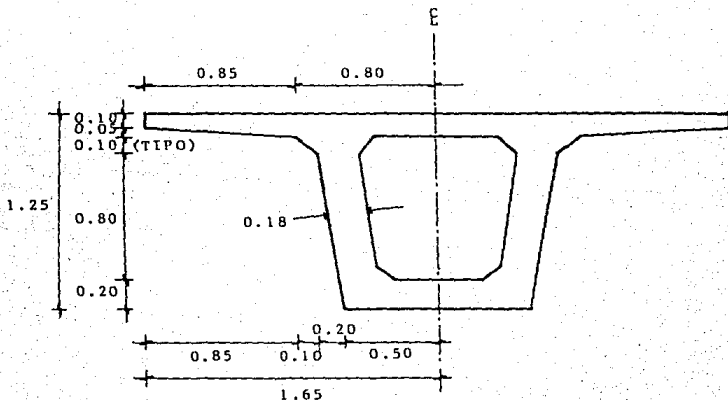
Se propone $S = 0.9 \text{ M} = 2.95 \text{ pies} \implies t' = 0.14 \text{ M}$

para efectos prácticos se usará $t' = 0.20 \text{ M}$

* Espesor mínimo de nervaduras

Por construcción se utilizará $t'' = 0.18 \text{ M}$

Redondeando los datos anteriores, se propone una sección de trabe como la que a continuación se muestra.



CARGAS.

Cargas Muertas.

Peso propio:

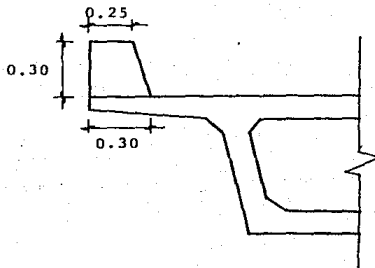
| | | |
|----------------|---|-----------|
| patín volado | = | 0.2125 M2 |
| patín superior | = | 0.2400 M2 |
| losa inferior | = | 0.2000 M2 |
| nervaduras | = | 0.3240 M2 |
| chaflanes | = | 0.0300 M2 |
| A total | = | 1.0065 M2 |

La carga repartida es, entonces:

$$wpp = 2.50 \text{ Ton/M}$$

Guarnición:

Se tiene una sección de guarnición con las dimensiones que se muestran:



de donde:

$$Ag = 0.165 \text{ M}^2$$

$$wg = 0.396 \text{ Ton/M}$$

Pilastra:

Se tienen pilastras en ambos lados de $0.20 \times 0.30 \times 0.55$ M, y a cada 1.75 M, por lo que:

$$w_p = 0.091 \text{ Ton/M}$$

Se tiene además una viga parapeto de 0.15 X 0.30 M, cuya carga es:

$$w_v = 0.216 \text{ Ton/M}$$

Carga Viva.

En este caso, las tuberías que conducen el combustible representan una carga considerable; tomando en cuenta que el viaducto deberá soportar tres tuberías, cada cual de 6", 14" y 24" respectivamente, por lo que se tendría una carga de:

| | | |
|-----|-----|-----------------------------|
| 6" | wpp | 0.0282 Ton/M (vacío) |
| 14" | wpp | 0.0938 Ton/M (vacío) |
| 24" | wpp | <u>0.2214 Ton/M (vacío)</u> |
| | | 0.3434 Ton/M |

Considerando, ahora, las tuberías llenas de agua
(= 1 Ton/M³).

| | | |
|-----|------------------|--------------------|
| 6" | wu = (Atub * ρ) | 0.018 Ton/M |
| 14" | wu | 0.099 Ton/M |
| 24" | wu | <u>0.292 Ton/M</u> |
| | | 0.409 Ton/M |

Nota: Este valor representa sólo el peso del agua

Previendo una ampliación del 100%, de acuerdo a especificaciones de proyecto, el peso total de la tubería cargada es:

$$\text{Peso Total} = 1.5 \text{ Ton/M}$$

Dado que esta carga es considerada como viva, es necesario repartirla en todo el ancho de la losa (3.30 M), por lo tanto:

$$w_{cv} = 0.45 \text{ Ton/M}^2$$

Para efectos de análisis se considerará:

wcv = 0.50 Ton/M2

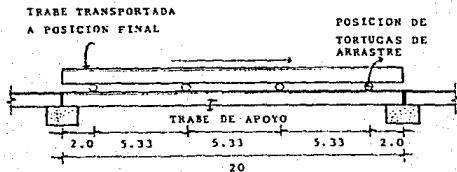
Cargas de Montaje.

Para poder evaluar la magnitud de los elementos mecánicos que se generan durante las maniobras de montaje, es necesario conocer el procedimiento de construcción del viaducto pero, dado que este no es el objetivo del presente trabajo, se mencionará únicamente las particularidades suficientes que permitan tomar un criterio de análisis de acuerdo con la realidad:

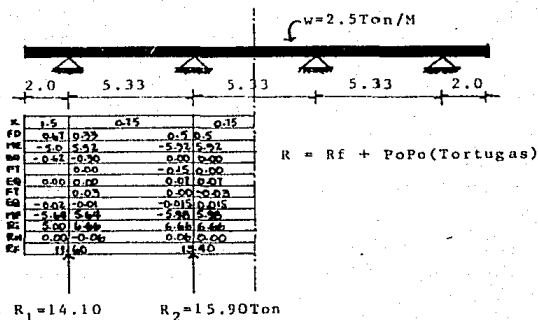
- * Cada trabe es transportada por 4 tortugas de arrastre cuya posición se describe más adelante.
- * La trabe colocada sirve como vía para las tortugas que transportan la siguiente trabe.
- * En primera instancia (cuando la trabe es acarreada), sólo actúa el peso propio de la trabe, ya que los demás elementos son colocados posteriormente y no actúan en forma simultánea con la carga de montaje.
- * El peso aproximado de cada tortuga es de 2.5 Ton.

ANALISIS DE TRABE CAJON.

De acuerdo con las consideraciones anteriores se analizará la trabe que está siendo arrastrada como una trabe continua con 4 apoyos y cantiliver en los extremos, actuando sólo peso propio; mientras que la trabe-soporte deberá ser analizada como simplemente apoyada, sujeta a peso propio y, además, a las cargas puntuales móviles que le transmitan las tortugas de arrastre. Lo anterior puede visualizarse mejor con la ayuda de la siguiente figura:

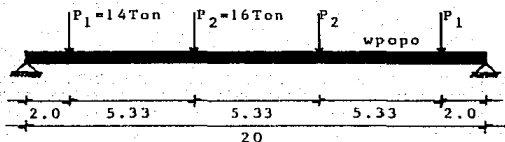


El análisis de la trabe arrastrada se realizará con el método de Cross, tomando en cuenta la simetría, se tiene:



Para obtener las cargas puntuales que se transmiten a la trabe que sirve de apoyo, es necesario agregar a la reacción final obtenida en el análisis anterior, el peso de las tortugas de arrastre.

Por facilidad de cálculo, se pueden redondear las cargas puntuales que actuarán sobre la trabe de apoyo; esto se muestra en diagrama de cuerpo libre como sigue:



Es importante visualizar que la posición de las cargas puntuales P_1 y P_2 pueden variar, y de hecho lo hacen con la posición de las tortugas. Esto se debe a que son cargas móviles, pero su magnitud es constante pues no depende de la posición de la trabe que las soporta, sino de la que están cargando, y ésta sí permanece en su posición respecto a las tortugas.

Carga Móvil (para etapa futura).

Como se mencionó al principio, la carga móvil a considerar en esta etapa es la de un camión tipo C-2, cuyas características son las siguientes:

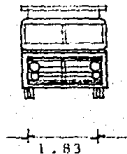
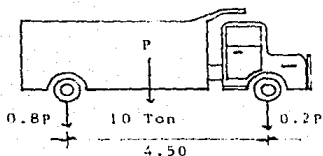
Peso vacío 4 Ton

Peso cargado 10 Ton

de los cuales, 20% es soportado por el eje delantero y el 80% restante, por el trasero.

Distancia entre ejes 4.5 M

Distancia entre ruedas 1.83 M



Peso Propio de Asfalto (Etapa futura).

Si el espesor de la capa asfáltica es de 5 cm. y el peso volumétrico es de 1.9 Ton /M³, se tiene:

$$w_a = 0.095 \text{ Ton/M}^2$$

Para obtener el valor de la carga por metro, se debe multiplicar por el ancho de la trabe, menos el espesor de las guarniciones:

$$w_a = 0.25 \text{ Ton/M}$$

Peso de Equipamiento. (Charolas, cables y postes)

Se considerará:

$$w_e = 0.10 \text{ Ton/M}$$

ANALISIS DE COMBINACIONES DE CARGAS.

* Cargas de Operación.

En este caso actúan simultáneamente peso propio, tuberías, cargas muertas y equipamiento, por lo cual se tiene:

$$w = 4.80 \text{ Ton/M}$$

Dado que la trabe está simplemente apoyada, el momento actuante máximo es:

$$M = (w * L^{*2})/8 = 240 \text{ Ton-M}$$

El cortante máximo se presenta inmediatamente después del apoyo y es igual a la reacción en ese punto, entonces:

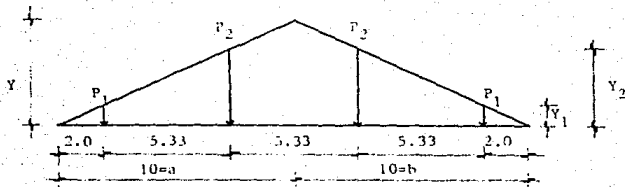
$$V = 48 \text{ Ton}$$

* Cargas en la Etapa de Montaje.

En este caso deberán usarse líneas de influencia por tratarse de cargas móviles y se buscará la posición crítica de éstas para obtener los mayores elementos mecánicos que se presenten en dicha posición, la cual, en el caso de momento, es al centro del claro, mientras que para el cortante es prácticamente en el apoyo.

Momento.

En el centro del claro, la línea de influencia del momento es:



Si el momento es $M = P(a * b)/L$. y $P = 1$, la ordenada máxima al centro es:

$$(a * b)/L$$

y las demás en P_1 y P_2 se obtienen por semejanza de triángulos, entonces:

$$Y = 5 \quad M$$

$$Y_1 = 1 \quad M$$

$$Y_2 = 3.67 \quad M$$

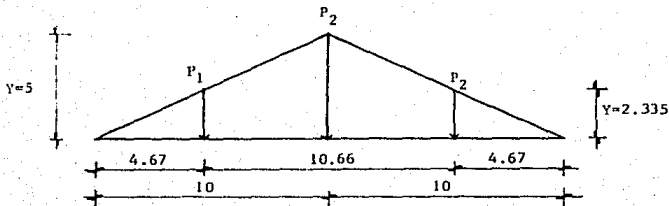
El valor del momento es la suma de la magnitud de carga por su correspondiente ordenada de la línea de influencia; por lo tanto, el momento debido a la carga por maniobra de montaje es:

$$M = 2 * P_1 * L_{I1} + 2P_2 * L_{I2}$$

donde:

$$M = 145.28 \text{ Ton-M}$$

Este momento es para una posición dada de las cargas puntuales P_1 y P_2 , pero puede existir otra posición en la cual el momento podría incrementar su valor. Entonces se obtiene el momento para otra posición, cuando una carga P_2 se encuentra al centro del claro; esto es:



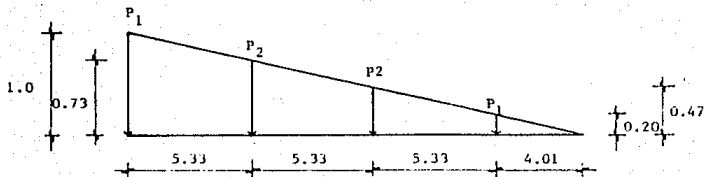
De esta posición de cargas se obtiene:

$$M = 2.335P_1 + 5P_2 + 2.335P_2 = 150.05 \text{ Ton}$$

Es posible observar que esta es la posición crítica aún cuando sólo actúan tres cargas, ya que la otra ha quedado fuera del claro de la trabe; por lo tanto, este es el valor del momento que se considerará para el análisis.

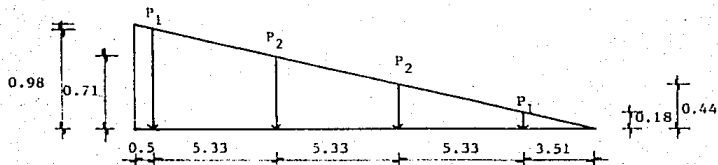
Cortante.

Se sabe que el cortante máximo se presenta en la sección inmediata al apoyo, por lo que puede considerarse como cortante máximo la reacción máxima que se presente en el caso crítico de posición de cargas, es decir, se obtendrá la línea de influencia de la reacción o cortante en el apoyo izquierdo lo cual se muestra a continuación:

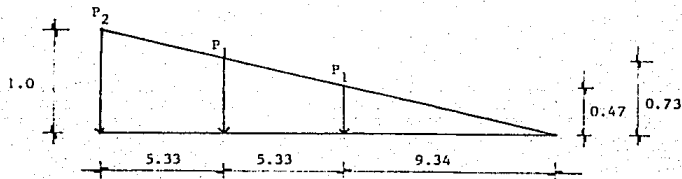


$$R = R_{\text{máx}} = \sum P_i L_i = 36 \text{ Ton}$$

Para otras posiciones de carga se tiene:



$$R = V = 34.57 \text{ Ton} < 36 \text{ Ton}$$



$$R = V = 34.26 \text{ Ton} < 36 \text{ Ton}$$

Se puede observar que para cualquier otra posición de las cargas moviéndose hacia la derecha, el valor, tanto del cortante como de la reacción en el apoyo, irá disminuyendo; además, se debe considerar un factor que tome en cuenta el incremento de los elementos mecánicos debido al impacto de la carga. Si este incremento se considera del 25%, se tienen, entonces, como valores máximos, los siguientes:

$$M = 187.56 \text{ Ton-M}$$

$$R = 45 \text{ Ton}$$

$$V = 45 \text{ Ton}$$

Por otro lado, durante la etapa de montaje, la trabe estará sujeta, tanto a las cargas puntuales como al peso propio y se puede considerar el peso de la guarnición para estar del lado de la seguridad, ya que existe la posibilidad de que esté colocada cuando aún se estén acarreado traveses para completar el viaducto. Se pueden obtener, entonces, los elementos mecánicos totales durante la etapa de montaje:

$$w = 2.896 \text{ Ton/M}$$

$$M = (w * L^2)/8 = 144.8 \text{ Ton-M}$$

de donde:

$$M_m = 144.8 + 187.56 = 332.36 \text{ Ton-M}$$

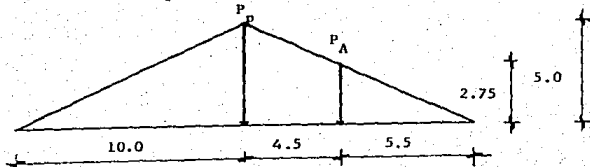
$$V_m = (w * L)/2 + V = 73.96 \text{ Ton}$$

* Cargas en Etapa Futura.

En esta etapa actuarán sobre la trabe, además del peso propio, guarnición, asfalto y charolas, las cargas móviles de los camiones C-2 cuyas características ya fueron mencionadas.

Momento.

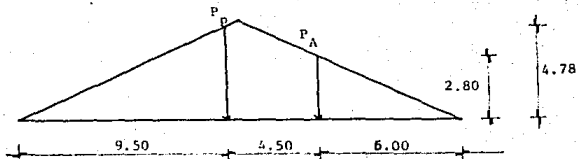
Como el momento se presenta al centro del claro, la línea de influencia para esta sección es:



de donde:

$$M = 45.5 \text{ Ton-M}$$

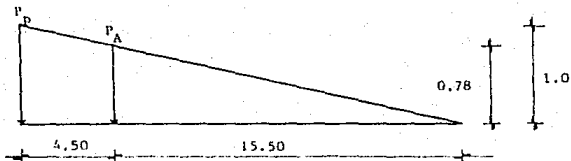
Para otra posición de cargas:



$$M = 43.8 \text{ Ton-M} < 45.5 \text{ Ton-M}$$

Cortante.

Al igual que en el caso anterior, se calculará la reacción en el apoyo:



$$R = V_{\text{máx}} = 9.55 \text{ Ton}$$

Tomando en cuenta el impacto se tiene:

$$M = 45.5 * 1.25 = 56.87 \text{ Ton-M}$$

$$V = 9.55 * 1.25 = 11.94 \text{ Ton}$$

Por lo tanto, el momento y el cortante de diseño serán:

$$w = 3.55 \text{ Ton/M}$$

Luego:

$$M = (w * L^2) / 8 = 177.5 \text{ Ton-M}$$

$$M_m = 177.5 + 56.87 = 234.37 \text{ Ton-M}$$

$$V = (w * L)/2 = 35.5 \text{ Ton}$$

$$V_m = 35.5 + 1.94 = 47.44 \text{ Ton}$$

Resumen de elementos mecánicos para cada una de las etapas consideradas.

| ELEMENTO MECANICO | ETAPA DE MONTAJE | ETAPA DE OPERACION | ETAPA FUTURA |
|-------------------|------------------|--------------------|--------------|
| Mm | 332.36 * | 240.00 | 234.37 |
| Vm | 73.96 * | 48.00 | 47.44 |
| R | 73.96 * | 48.00 | 47.44 |

Mm (=) Ton-M

Vm (=) Ton

R (=) Ton

* Valores que rigen para diseño.

Se sabe ya que las cargas que se transmiten durante la etapa de montaje son las mayores y, por tanto, las que se considerarán para el diseño; ahora bien, es necesario conocer algunos valores, tanto de momento flexionante como de fuerza cortante en secciones predeterminadas; esto con el fin de trazar los diagramas de elementos mecánicos para facilitar el diseño.

Si se observan detenidamente los resultados de los elementos mecánicos con los diagramas de líneas de influencia realizados en páginas anteriores, se podrá visualizar que las cargas móviles tienen una posición crítica con respecto a una sección para obtener el máximo valor del elemento mecánico en cuestión, sin perder de vista que los elementos que actúan como cargas móviles son las tortugas de arrastre. La posición crítica mencionada es:

- Para momento flexionante. Cuando una carga P2 (valor mayor que P1) actúa en la sección por analizar, buscando que todas las cargas actúen de tal forma que produzcan momento.

- b. Para fuerza cortante. Cuando una carga mayor (P2) se coloca inmediatamente después de la sección analizada y las demás actúan hacia un lado de la sección.

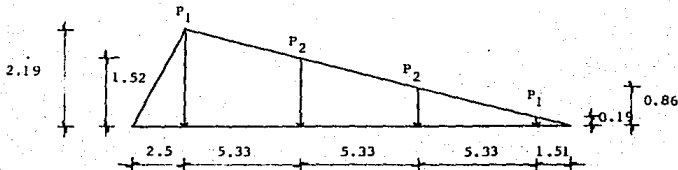
De acuerdo con esto, no será necesario obtener varios diagramas de líneas de influencia para cada sección, ya que con la posición crítica de cargas se obtendrá el mayor valor de elementos mecánicos provocados por cargas móviles de montaje, los cuales se sumarán con los correspondientes debidos a peso propio de la misma forma que se obtuvieron los elementos mecánicos máximos de toda la trabe. Lo anterior se realizará a cada 2.5 M de la trabe a fin de tener puntos representativos en el diagrama, de tal forma que, determinando el diagrama para la mitad de la trabe, se podrá obtener el diagrama completo de la trabe.

Es importante recordar que los valores obtenidos deberán multiplicarse por el factor de impacto.

Análisis.

Para flexión: $Y = (a * b) / L$

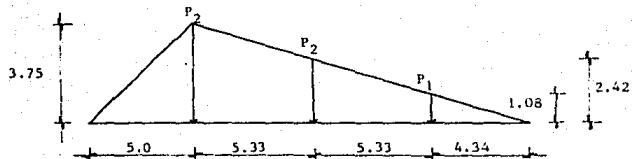
a. A 2.5 M del apoyo:



$$M = [16(1.52 + 0.86) + 14(2.19 + 0.19)] * 1.25$$

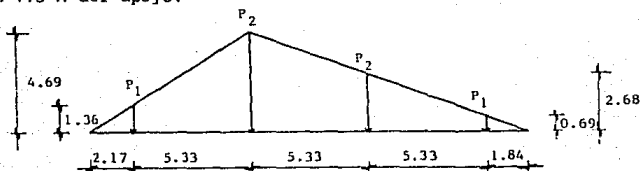
$$= 89.25 \text{ Ton-M}$$

b. A 5 M del apoyo:



$$M = [16(3.75 + 2.42) + 14 \cdot 1.08] \cdot 1.25 = 142.30 \text{ Ton-M}$$

c. A 7.5 M del apoyo:



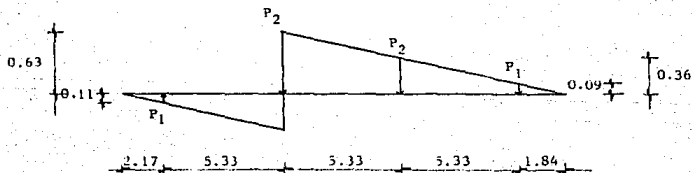
$$M = [16(4.69 + 2.68) + 14(1.30 + 0.69)] \cdot 1.25 = 182.23 \text{ Ton-M}$$

d. Al centro del claro:

$$M = 187.56 \text{ Ton-M (obtenida anteriormente)}$$

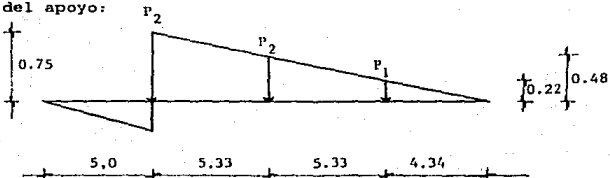
Para cortante: $Y(+)$ = b/L; $Y(-)$ = (b/L) - 1

a. A 7.5 M del apoyo:



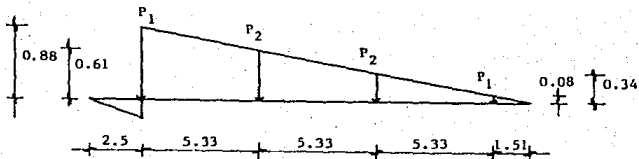
$$V = [16(0.63 + 0.36) + 14(0.09 + 0.11)] * 1.25 = 19.45 \text{ Ton}$$

b. A 5 M del apoyo:



$$V = [16(0.75 + 0.48) + 14 * 0.22] * 1.25 = 28.45 \text{ Ton}$$

c. A 2.5 M del apoyo:



$$V = [16(0.61 + 0.34) + 14(0.88 + 0.08)] * 1.25 = 35.80 \text{ Ton}$$

d. En el apoyo:

$$V = 45 \text{ Ton (obtenido anteriormente)}$$

e. A 10 M del apoyo:

$$V = [16(0.5 + 0.23) - 14 * 0.23] * 1.25 = 10.64 \text{ Ton}$$

Con respecto al momento producido por peso propio, se tiene que:

$$M = [(w * L)/2] * X - (w * X**2)/2$$

Para valores de $X = 2.5, 5$ y 7.5 , y sabiendo además que $w = 2.896 (w_{pp} + w_g)$:

a. A 2.5 M del apoyo:

$$M_{pp} = 63.35 \text{ Ton-M}$$

b. A 5 M del apoyo:

$$M_{pp} = 108.60 \text{ Ton-M}$$

c. A 7.5 M del apoyo:

$$M_{pp} = 135.75 \text{ Ton-M}$$

d. A 10 M del apoyo:

$$M = (w * L**2)/8 = 144.8 \text{ Ton-M}$$

El cortante por carga permanente es:

$$V = [(w * L**2)/2] - w * X$$

a. A 2.5 M del apoyo:

$$V = 21.72 \text{ Ton}$$

b. A 5 M del apoyo:

$$V = 14.48 \text{ Ton}$$

c. A 7.5 M del apoyo:

$$V = 7.24 \text{ Ton}$$

d. A 10 M del apoyo:

$$V = 0 \text{ Ton}$$

e. En el apoyo:

$$V = (w * L)/2 = 28.96 \text{ Ton}$$

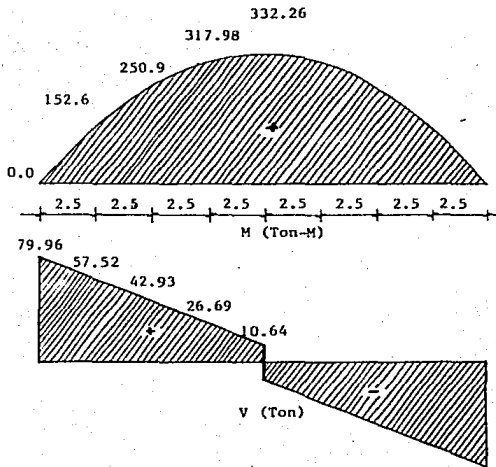
Sumando los valores de carga móvil y carga muerta se tiene:

| MOMENTO FLEXIONANTE (Ton-M) | | | |
|--------------------------------|-------------|--------------|--------|
| SECCION | CARGA MOVIL | CARGA MUERTA | TOTAL |
| 2.5 | 89.25 | 63.35 | 152.60 |
| 5.0 | 142.30 | 108.60 | 250.90 |
| 7.5 | 182.23 | 135.75 | 317.98 |
| 10.0 | 187.56 | 144.80 | 332.26 |

| FUERZA CORTANTE (Ton) | | | |
|--------------------------|-------------|--------------|-------|
| SECCION | CARGA MOVIL | CARGA MUERTA | TOTAL |
| 2.5 | 35.80 | 21.72 | 57.52 |
| 5.0 | 28.45 | 14.48 | 42.93 |
| 7.5 | 19.45 | 7.24 | 26.69 |
| 10.0 | 10.64 | 0.00 | 10.64 |

Los diagramas de momento flexionante y fuerza cortante se muestran en la figura 6.

DIAGRAMAS DE MOMENTO FLEXIONANTE Y FUERZA CORTANTE

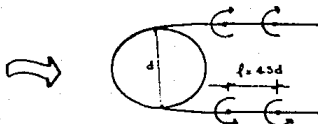


(figura 6)

ANÁLISIS DE LA SUBESTRUCTURA.

Oscilación Inducida por Corrientes.

Una estructura de este tipo puede estar sujeta, tanto en el sentido de las corrientes como en el sentido transversal a éstas. Este fenómeno es causado por la resonancia de vórtices alternantes transversales al flujo, lo cual no es más que perturbaciones que algunos cuerpos ocasionan en el flujo de la corriente; se manifiestan en forma de vórtices que se generan periódicamente y que viajan a lo largo de una corriente turbulenta causando empujes dinámicos. El caso más típico es el que se presenta cuando la corriente incide normalmente al eje de un cuerpo prismático o cilíndrico; entonces se producen remolinos o vórtices cilíndricos con eje paralelo al del cuerpo y que se desprenden alternadamente a cada lado del mismo; sus ejes se desprenden a lo largo de la corriente presentando sentidos opuestos de giro, según se trate de vórtices a uno u otro costado del obstáculo.



El resultado de esta perturbación es la generación de fuerzas periódicas de sentido alternante que actúan transversalmente sobre el cuerpo.

Este fenómeno también se presenta bajo la acción del flujo del aire, el cual no se considerará en el presente trabajo debido a que el área expuesta del pilote es relativamente pequeña. En este caso, el fenómeno se debe a la resonancia de vórtice que aparece por la acción del flujo del agua sobre los pilotes del muelle. Puesto que este problema no está totalmente comprendido y es extremadamente complejo, se preve su presencia y se trata de evitarlo manejando las características geométricas y físicas del pilote en función de la velocidad de las corrientes.

Sainsbury y D. King, en base a mediciones analíticas y de campo, han recomendado una velocidad máxima segura que no provoca oscilaciones, conduciendo al diseñador a usar un

margen de seguridad amplio basado en el criterio de la velocidad reducida ($V/N * D$).

La fórmula estándar para la frecuencia natural de una viga uniforme es:

$$N = (K/L^{**2}) * (E * I/M)^{**1/2}$$

donde:

K = 0.56 para cantiliver

K = 2.45 para empotrada y apoyada

K = 3.56 para empotrada

Después de un extenso análisis y observaciones de campo de un amplio rango de estructuras marítimas típicas realizado por Sainsbury y D.King, aparece que en muchas ocasiones la frecuencia natural de una estructura es más baja que la frecuencia de un pilote con extremo articulado de la misma longitud. De esta observación, el límite inferior de la envolvente de frecuencias ocurre en un valor aproximado al 75% de la frecuencia de un pilote con el extremo teóricamente articulado:

$$2.45 * 0.75 = 1.84$$

por lo tanto:

$$N = (1.84/L^{**2}) * (E * I/M)^{**1/2}$$

y la condición límite para la estructura terminada o rigidizada es:

$$V/N * D <= 1.2$$

Sin embargo, durante la construcción, los pilotes en cantiliver son comunes, haciendo el diseño para propósitos constructivos inaceptables. Entonces, la condición límite para este caso es:

$$V/N * D <= 3.5$$

y la expresión para la frecuencia de cantiliver es:

$$N = (0.56/L^{**2}) * (E * I/M)^{**1/2}$$

donde:

N = Frecuencia natural del pilote
M = Masa efectiva por unidad de longitud del pilote
E = Módulo de Young del material del pilote
I = Momento de inercia de la sección del pilote
V = $3.5N * D$

de donde:

$$V_{\text{máx}} = 1.96 \{ (E * I * D^{**2}) / (M * L^{**4}) \}^{**\frac{1}{2}}$$

La revisión para pilotes de acero se llevará a cabo tal como se ejecutó en el proyecto, aunque cabe señalar que el costo por mantenimiento de la subestructura a base de pilotes de acero es considerablemente mayor que aquel que pudiera darse a otra a base de pilotes de concreto.

Revisión con Pilotes de 30" de Diámetro y Espesor de 3/4".

Datos:

$$d = 76.20 \text{ cm}$$

$$d' = 72.39 \text{ cm}$$

Area de la sección:

$$A = [\pi * (76.20)^{**2}] / 4 = 4560.38 \text{ cm}^2$$

Area interior:

$$A = [\pi * (72.39)^{**2}] / 4 = 4115.74 \text{ cm}^2$$

Area de acero:

$$A = [\pi * ((76.20)^{**2} - (72.39)^{**2})] / 4 = 444.64 \text{ cm}^2$$

Peso del pilote por unidad de longitud:

$$w1 = 444.64 \text{ cm}^2 * 0.0078 \text{ Kg/cm}^3 = 346.82 \text{ Kg/m}$$

Peso del pilote con agua:

$$w2 = 4115.74 \text{ cm}^2 * 0.001025 \text{ Kg/cm}^3 = 421.86 \text{ Kg/m}$$

$$E = 2110000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$I = \pi * (d^{**4} - d'^{**4})/64$$

Sustituyendo los valores de d y d' en la expresión para I:

$$I = 306987.08 \text{ cm}^4$$

Masa:

$$M = m + m_w = (3.4682 + 4.2186)/981 = 7.84 \times 10^{*-3}$$

Longitud del pilote:

$$L = 2200 \text{ cm}$$

$$V_{\text{máx}} = \frac{1.96 * (2110000 * 306987.08 * 5806.44)^{**\frac{1}{2}}}{[7.84 \times 10^{*-3} * (2200)^{**4}]^{**\frac{1}{2}}}$$

$$V_{\text{máx}} = 1.96 * [3.761079348 \times 10^{**15} / 1.83656704 \times 10^{**11}]^{**\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{máx}} = 280.48 \text{ cm/seg}$$

$$V = 2.80 \text{ m/seg} = 10.08 \text{ Km/hr} * 0.54 = 5.44 \text{ Nudos}$$

Esta velocidad calculada para pilotes de acero de 30" de diámetro es mayor que las máximas velocidades que han registrado las corrientes en la zona donde se encuentra ubicado el descargadero.

Como se indicó anteriormente, la velocidad calculada corresponde a la etapa más crítica, la cual se presenta durante la construcción para pilote empotrado apoyado y, por tanto, un diámetro de 30" para el mismo, es aceptable por concepto de oscilaciones.

ANALISIS DE CABALLETES POR COMPUTADORA.

Hasta este momento, todo el trabajo ha sido realizado mediante procedimientos conocidos, utilizando la calculadora únicamente para llevar a cabo operaciones básicas en forma rápida. Dada la complejidad que representa el análisis de la subestructura, es necesario hacer uso de programas de computadora para efecto de simplificar el análisis debido a que se trata de marcos en el espacio cuya solución resultaría sumamente complicada utilizando métodos manuales. Por lo anterior se considerará, para efectos prácticos, el uso de análisis por computadora, lográndose de esta manera resultados más exactos al tomar el sistema estructural como un todo y no separarlo en marcos planos como comúnmente se lleva a cabo con los métodos aproximados.

Para poder hacer uso de los programas que aplican en este caso, se requiere tener datos característicos de la estructura en cuestión, tales como:

- sección geométrica de los elementos
- características del material a utilizar
- solicitaciones
- etc.

El programa seleccionado es el denominado "STRUPL", el cual está diseñado de tal manera que resuelve sistemas estructurales en base a marcos en el espacio para lo cual sigue un proceso similar a la base teórica del Método del Elemento Finito; es decir, desglosa toda la estructura en pequeñas partes componentes de un todo, manejándolos como elementos independientes pero que en realidad interactúan entre sí por medio de nodos comunes. En esta forma se obtienen los elementos mecánicos para cada elemento en base a la combinación de cargas más crítica.

Para conseguir dicho fin, es necesario proponer un modelo en forma congruente que facilite un ordenamiento sencillo de datos; es decir, se propone un determinado número de elementos basados en la complejidad de la estructura y se le otorga una numeración progresiva arbitraria. Se propone también un sistema de ejes coordenados en base al cual se localizan todos y cada uno de los elementos por sus puntos extremos, los cuales en su mayoría son comunes a dos o más elementos, siendo esto lo que le da continuidad a la estructura. Estas uniones o nodos también deben ser numerados en forma lógica, ya que son datos de suma importancia para

alimentar al programa y su codificación debe ser lo menos compleja posible.

Es conveniente aclarar que este programa analiza tanto marcos en el espacio como marcos planos pero, más aún, al resolver la estructura como un todo, lo hace tanto para elementos de infraestructura (pilotes) como para los de superestructura (plataformas, exceptuando traveses de viaducto).

En este trabajo en particular se presentan tres tipos de sistemas estructurales, los cuales son:

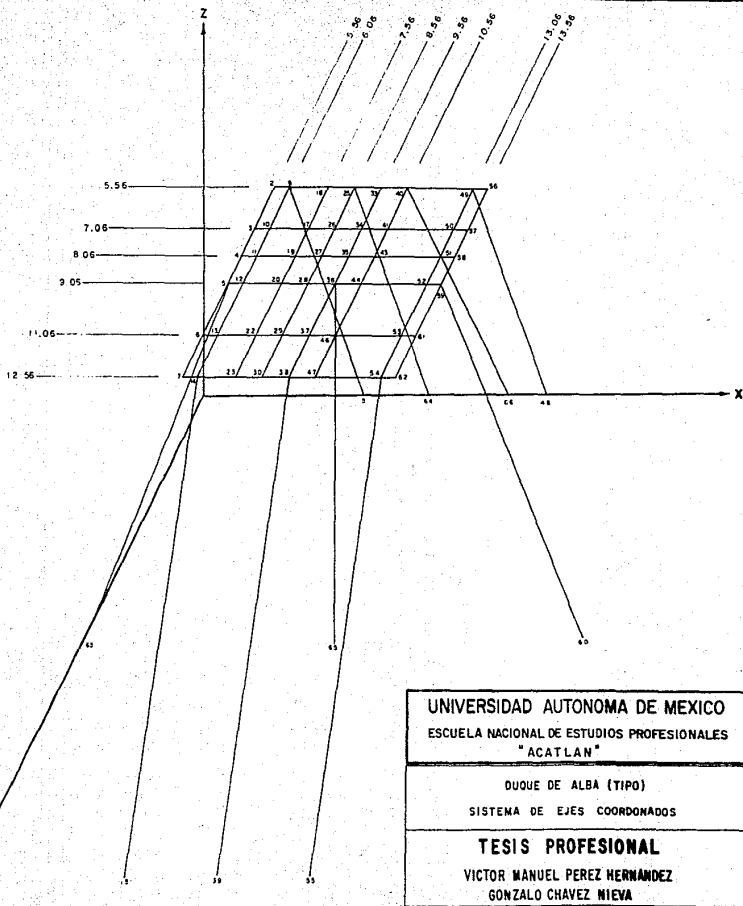
a. Marcos Planos

b. Marcos Regulares en el espacio

c. Sistemas Irregulares de Marcos Espaciales

Como se puede observar, el sistema más complejo es del tipo c por lo que en un momento determinado podría ser representativo de los otros dos y una vez analizado, se puede pensar que el problema general está resuelto.

Siguiendo este orden de ideas, se presenta a continuación un modelo aproximado para una plataforma, así como la codificación de datos para alimentar el programa. Se presenta también, como anexo, todo el listado de la corrida para el modelo codificado donde se puede revisar la numeración de coordenadas, elementos y otras características de la estructura así como los resultados obtenidos, que finalmente constituyen el aspecto más importante.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 "ACATLAN"

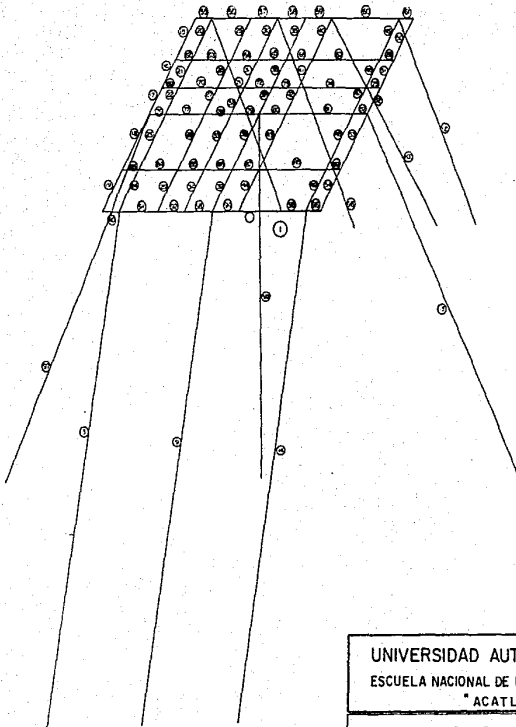
DUQUE DE ALBA (TIPO)
 SISTEMA DE EJES COORDONADOS

TESIS PROFESIONAL

VICTOR MANUEL PEREZ HERNANDEZ
 GONZALO CHAVEZ NIEVA

ACATLAN, EDO DE MEXICO ABRIL DE 1989.

PLANO Nº 1.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 "ACATLAN"

DUQUE DE ALBA (TIPO)

NUMERACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

TESIS PROFESIONAL

VICTOR MANUEL PEREZ HERNANDEZ
 GONZALO CHAVEZ NIEVA

ACATLAN, EDO DE MEXICO ABRIL DE 1969

PLANO N° 2

De acuerdo al modelo presentado, las coordenadas de cada nodo son:

| NODO | X | Y | Z |
|------|-------|-------|-------|
| * 1 | - | - | - |
| 2 | 5.56 | 5.56 | 22.30 |
| 3 | 5.56 | 7.06 | 22.30 |
| 4 | 5.56 | 8.06 | 22.30 |
| 5 | 5.56 | 9.06 | 22.30 |
| 6 | 5.56 | 11.06 | 22.30 |
| 7 | 5.56 | 12.56 | 22.30 |
| 8 | 6.06 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 6.06 | 5.56 | 22.30 |
| 10 | 6.06 | 7.06 | 22.30 |
| 11 | 6.06 | 8.06 | 22.30 |
| 12 | 6.06 | 9.06 | 22.30 |
| 13 | 6.06 | 11.06 | 22.30 |
| 14 | 6.06 | 12.56 | 22.30 |
| 15 | 6.06 | 18.12 | 0.00 |
| 16 | 7.56 | 5.56 | 22.30 |
| 17 | 7.56 | 7.06 | 22.30 |
| *18 | - | - | - |
| 19 | 7.56 | 8.06 | 22.30 |
| 20 | 7.56 | 9.06 | 22.30 |
| *21 | - | - | - |
| 22 | 7.56 | 11.06 | 22.30 |
| 23 | 7.56 | 12.56 | 22.30 |
| *24 | - | - | - |
| 25 | 8.56 | 5.56 | 22.30 |
| 26 | 8.56 | 7.06 | 22.30 |
| 27 | 8.56 | 8.06 | 22.30 |
| 28 | 8.56 | 9.06 | 22.30 |
| 29 | 8.56 | 11.06 | 22.30 |
| 30 | 8.56 | 12.56 | 22.30 |
| *31 | - | - | - |
| *32 | - | - | - |
| 33 | 9.56 | 5.56 | 22.30 |
| 34 | 9.56 | 7.06 | 22.30 |
| 35 | 9.56 | 8.06 | 22.30 |
| 36 | 9.56 | 9.06 | 22.30 |
| 37 | 9.56 | 11.06 | 22.30 |
| 38 | 9.56 | 12.56 | 22.30 |
| 39 | 9.56 | 18.12 | 0.00 |
| 40 | 10.56 | 5.56 | 22.30 |
| 41 | 10.56 | 7.06 | 22.30 |
| *42 | - | - | - |
| 43 | 10.56 | 8.06 | 22.30 |
| 44 | 10.56 | 9.06 | 22.30 |
| *45 | - | - | - |

* NODO INACTIVO

| NODO | X | Y | Z |
|------|-------|-------|-------|
| 46 | 10.56 | 11.06 | 22.30 |
| 47 | 10.56 | 12.56 | 22.30 |
| 48 | 13.06 | 0.00 | 0.00 |
| 49 | 13.06 | 5.56 | 22.30 |
| 50 | 13.06 | 7.06 | 22.30 |
| 51 | 13.06 | 8.06 | 22.30 |
| 52 | 13.06 | 9.06 | 22.30 |
| 53 | 13.06 | 11.06 | 22.30 |
| 54 | 13.06 | 12.56 | 22.30 |
| 55 | 13.06 | 18.12 | 0.00 |
| 56 | 13.56 | 5.56 | 22.30 |
| 57 | 13.56 | 7.06 | 22.30 |
| 58 | 13.56 | 8.06 | 22.30 |
| 59 | 13.56 | 9.06 | 22.30 |
| 60 | 19.12 | 9.06 | 0.00 |
| 61 | 13.56 | 11.06 | 22.30 |
| 62 | 13.56 | 12.56 | 22.30 |
| 63 | 0.00 | 9.06 | 0.00 |
| 64 | 8.56 | 0.00 | 0.00 |
| 65 | 9.56 | 9.06 | 0.00 |
| 66 | 11.56 | 0.00 | 0.00 |

A partir del segundo modelo considerado, la incidencia de miembros queda como a continuación se muestra:

| No. de Barra | Nodo Origen | Nodo Destino |
|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 8 | 9 |
| * 2 | - | - |
| 3 | 14 | 15 |
| * 4 | - | - |
| * 5 | - | - |
| * 6 | - | - |
| * 7 | - | - |
| * 8 | - | - |
| 9 | 39 | 38 |
| *10 | - | - |
| *11 | - | - |
| 12 | 48 | 49 |
| 13 | 59 | 60 |
| 14 | 55 | 54 |
| 15 | 2 | 3 |
| 16 | 3 | 4 |
| 17 | 4 | 5 |
| 18 | 5 | 6 |
| 19 | 6 | 7 |
| 20 | 9 | 10 |

* MIEMBRO INACTIVO

| No. de Barra | Nodo Origen | Nodo Destino |
|--------------|-------------|--------------|
| 21 | 10 | 11 |
| 22 | 11 | 13 |
| 23 | 12 | 13 |
| 24 | 13 | 14 |
| 25 | 16 | 17 |
| 26 | 17 | 19 |
| 27 | 19 | 20 |
| 28 | 20 | 22 |
| 29 | 22 | 23 |
| 30 | 25 | 26 |
| 31 | 26 | 27 |
| 32 | 27 | 38 |
| 33 | 28 | 29 |
| 34 | 29 | 30 |
| 35 | 33 | 34 |
| 36 | 34 | 35 |
| 37 | 35 | 36 |
| 38 | 36 | 37 |
| 39 | 37 | 38 |
| 40 | 40 | 41 |
| 41 | 41 | 43 |
| 42 | 43 | 44 |
| 43 | 44 | 46 |
| 44 | 46 | 47 |
| 45 | 49 | 50 |
| 46 | 50 | 51 |
| 47 | 51 | 52 |
| 48 | 52 | 53 |
| 49 | 53 | 54 |
| 50 | 56 | 57 |
| 51 | 57 | 58 |
| 52 | 58 | 59 |
| 53 | 59 | 61 |
| 54 | 61 | 62 |
| 55 | 2 | 9 |
| 56 | 9 | 16 |
| 57 | 16 | 25 |
| 58 | 25 | 33 |
| 59 | 33 | 40 |
| 60 | 40 | 49 |
| 61 | 49 | 56 |
| 62 | 3 | 10 |
| 63 | 10 | 17 |
| 64 | 17 | 26 |
| 65 | 26 | 34 |
| 66 | 34 | 41 |
| 67 | 41 | 50 |
| 68 | 50 | 57 |
| 69 | 4 | 11 |

| No. de Barra | Nodo Origen | Nodo Destino |
|--------------|-------------|--------------|
| 70 | 11 | 19 |
| 71 | 19 | 27 |
| 72 | 27 | 35 |
| 73 | 35 | 43 |
| 74 | 43 | 51 |
| 75 | 51 | 58 |
| 76 | 5 | 12 |
| 77 | 12 | 20 |
| 78 | 20 | 28 |
| 79 | 28 | 36 |
| 80 | 36 | 44 |
| 81 | 44 | 52 |
| 82 | 52 | 59 |
| 83 | 6 | 13 |
| 84 | 13 | 22 |
| 85 | 22 | 29 |
| 86 | 29 | 37 |
| 87 | 37 | 46 |
| 88 | 46 | 53 |
| 89 | 53 | 61 |
| 90 | 7 | 14 |
| 91 | 14 | 23 |
| 92 | 23 | 30 |
| 93 | 30 | 38 |
| 94 | 38 | 47 |
| 95 | 47 | 54 |
| 96 | 54 | 62 |
| 97 | 63 | 5 |
| 98 | 64 | 25 |
| 99 | 65 | 36 |
| 100 | 66 | 40 |

INTERPRETACION DE LA CORRIDA.

Ya se habian señalado anteriormente los requerimientos necesarios para alimentar al programa "STRUDE" con el fin de poder realizar con él un análisis. En el Anexo 2, "Corrida para el Análisis de un Duque de Alba", se puede observar, a partir de la página 3, los datos de coordenadas para cada nodo del sistema, tomando en cuenta como base de referencia el modelo geométrico presentado al inicio, así como el sistema coordenado determinado en el mismo modelo. Posteriormente, se proporcionan datos de localización para cada elemento referidos a los nodos ya determinados (nodos extremos de cada barra o elemento).

Adicionalmente se dieron datos de las propiedades de cada sección (A, I, E y K) y, por último, las magnitudes de las cargas actuantes.

Es importante señalar en este momento, que las combinaciones de cargas más significativas para el elemento o sistema en análisis fueron establecidas a priori; en este caso, fueron 5 diferentes combinaciones y, por lo tanto, el análisis se realizó para el mismo número de condiciones de carga.

Los siguientes resultados fueron obtenidos de la corrida del programa:

- de la página 7 a la 23, se muestran los resultados de los elementos mecánicos en cada elemento componente del sistema
- de la página 24 a la 32, se muestran los resultados de los giros y deformaciones en los mismos elementos
- de la página 33 a la 37, se muestran los resultados de las cargas y desplazamientos en los apoyos bajo un sistema global de cargas
- de la página 38 a la 41, se muestran los resultados de los desplazamientos en los nodos libres

Con base en lo anterior es posible localizar los elementos críticos para cada elemento mecánico actuante y revisar las propiedades actuantes de los mismos con el fin de obtener una conclusión adecuada. También es posible definir la combinación de carga más desfavorable para la estructura, estos datos son:

| Elementos Mecánicos | Magnitud | Elemento | Tipo | Combinación de Carga |
|---------------------|----------|----------|--------|----------------------|
| Carga Axial | 106.65 | 14 | Pilote | 5 |
| Cortante(Y) | 104.40 | 37 | Trabe | 5 |
| Cortante(Z) | 26.33 | 79 | Trabe | 4 |
| Torsión | 54.16 | 55 | Trabe | 5 |

| Elementos Mecánicos | Magnitud | Elemento | Tipo | Combinación de Carga |
|---------------------|----------|----------|--------|----------------------|
| Momento(Mx) | 102.48 | 99 | Pilote | 5 |
| Momento(My) | -140.00 | 37 | Trabe | 5 |

REVISION.

En este punto se localiza el elemento crítico en cuanto a pilotes se refiere para realizar una revisión de la subestructura y de esta forma determinar que el funcionamiento, en condiciones de servicio, es adecuado.

De acuerdo a los datos de la corrida el elemento crítico es el miembro No. 14, correspondiente a un pilote, cuyas sollicitaciones son:

$$P = 106.65 \text{ Ton}$$

$$M = 105.44 \text{ Ton-M}$$

De acuerdo a datos proporcionados por el proveedor, el pilote utilizado tiene las siguientes características:

Pilote de acero, API-X52

$$\sigma_y = 52000 \text{ psi (3656 kg/cm}^2\text{)}$$

$$\phi = 30" \quad (76.2 \text{ cm})$$

$$t = 5/8" \quad (1.58 \text{ cm})$$

$$L = 21.80 \text{ M}$$

Con estos datos, se obtienen los siguientes elementos para el cálculo:

$$\text{Area} = 3.72 \text{ cm}^2$$

$$\text{Momento de Inercia} = \pi(D^{*4} - d^{*4})/64 = 259062 \text{ cm}^4$$

$$c = 38.1 \text{ cm}$$

por lo tanto, el Módulo de Sección es:

$$S = I/c = 6799.5 \text{ cm}^3$$

Para el radio de giro se tiene:

$$r = (I/A)^{.5}$$

$$r = 26.39 \text{ cm}$$

Como el elemento está sujeto a flexocompresión, se analizará la falla por pandeo para lo cual es necesario obtener la relación de esbeltez dada por la siguiente expresión:

$$K*L/r = 99.12$$

$K = 1.2$, de acuerdo al AISC que es el factor que toma en cuenta el empotramiento al terreno y el desplazamiento superior.

De acuerdo a la fórmula empírica desarrollada por el "Council Research Columns" (CRC), se determinará si el elemento se encuentra dentro del rango elástico o inelástico, comparando el valor que resulte de esta expresión contra la relación de esbeltez obtenida. Esto es:

$$C_c = \{ [(2\pi)^2 * E] / F_y \}^{.5}$$

$$C_c = 106.48$$

Si $K*L/r > C_c$, el elemento se encuentra en el rango elástico

Si $53 < K*L/r < C_c$, el elemento se encuentra en el rango inelástico

Como el valor obtenido para C_c es mayor que la relación de esbeltez, el elemento se encuentra en el rango inelástico y, por lo tanto, la ecuación a emplear para determinar el máximo esfuerzo permisible según AISC es:

$$F_a = (F_y / F_S) \{ 1 - [((K*L/r)^2) / (2*C_c^2)] \}$$

donde:

$$F_S = 5/3 + 3/8 [(K*L/r) / C_c] - [(K*L/r)^3 / (2*C_c^3)]$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior, se obtiene:

$$F_S = 1.91$$

El esfuerzo máximo permisible es, por lo tanto:

$$F_a = 1084.8 \text{ kg/cm}^2$$

Por otro lado, si $f_a = P/A = 286.69 \text{ kg/cm}^2$, entonces:

$$f_a/F_a = 0.2643$$

además,

$$f_b = M/S = 1550.7 \text{ kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo permisible está restringido por:

$$F_b = 0.6F_y = 2194 \text{ kg/cm}^2, \text{ entonces:}$$

$$f_b/F_b = 0.7078$$

La fórmula de iteración para un elemento a flexocompresión está dado por:

$$f_a/F_{a\text{máx}} + f_b/F_{b\text{máx}} < 1 \text{ ó } 1.33$$

Como $f_a/F_a = 0.26 > 0.15$ se tiene la siguiente expresión de acuerdo al AISC:

$$f_a/F_a + C_{mx}/(1 - f_a/F'_{ex}) * (f_b/F_b) < 1 \text{ ó } 1.33$$

donde:

C_{mx} = Factor de amplificación que depende de los grados de libertad o giros de cada elemento. En este caso, $C_{mx} = 0.85$ (miembros sujetos a compresión con traslación de sus juntas)

F'_{ex} = Esfuerzo crítico de Euler, dado por:

$$F'_{ex} = (12 * E * \pi^2) / 23 * (K * L / r)^2$$

de donde:

$$F'_{ex} = 1100$$

Finalmente, sustituyendo valores en la siguiente expresión:

$$f_a/F_a + C_{mx}/(1 - f_a/F'_{ex}) * (f_b/F_b) < 1 \text{ ó } 1.33$$

se obtiene el valor de 1.07 por lo cual el elemento es aceptado.

CAPITULO IV

DISEÑO

DISEÑO DE TRABE CAJON.

Con los elementos mecánicos obtenidos se debe revisar la sección para determinar la cantidad de acero de refuerzo necesaria, así como su colocación. El momento resistente de acuerdo al ACI está definido por:

$$MR = A_s * f_s * j * d$$

donde:

MR = Momento resistente

A_s = Area de acero

f_s = Resistencia del acero

j = Factor de reducción para elementos sujetos a flexión (0.9 para elementos sujetos a flexión)

d = Peralte efectivo

Mu = Momento último actuante

Si MR = Mu, el área mínima de acero requerida será:

$$A's = M/(f_s * j * d) = 160.51 \text{ cm}^2$$

NOTA: d = 115 cm debido a que el eje de acomodo de refuerzo es a la mitad del espesor de la losa inferior de la sección; d = h - d' = 125 - 10 = 115.

Se proponen 32 varillas No. 8; A_s = 32 * 5.068 = 162.2 cm².

Una vez que se ha determinado el área de acero, se procede a revisar la posición del eje neutro (x) para poder verificar que los esfuerzos últimos no rebasen los permisibles. De acuerdo al ACI se tiene:

$$Kd = (2n * d * A_s + b * t^{**2}) / (2n * A_s + 2 * b * t)$$

donde:

b = ancho efectivo de la sección y corresponde al menor valor que resulte de:

$$b = 0.5L' \quad \text{ó} \quad b = 12t + b'$$

L' = ancho total de la sección

b' = peralte de losa inferior

t = peralte de losa superior

n = relación modular = $2,100,000 / (15,000 * (f'c)^{1/2}) = 9$

$b = 0.5 * 330 = 165 \text{ cm}$ (rige)

$b = 12 * 15 + 18 = 198 \text{ cm}$

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión de K_d , se llega a:

$$K_d = 31.98 \text{ cm} \implies K = 31.98/115 = 0.278$$

La fuerza de tensión es, entonces:

$$T = A_s * f_s = 324,400 \text{ Kg}$$

por equilibrio, $T = C = 324,400 \text{ Kg}$

Por otro lado, los esfuerzos generados en los materiales, y considerando las expresiones del ACI para tales efectos, se tiene:

$$C = b * t * f_c [1 - t/2K_d] \implies f_c = C / [1 - t/2K_d] * b * t$$

$$f_c = 85.60 \text{ Kg/cm}^2 < f'c = 170 \text{ Kg/cm}^2$$

luego:

$$f_s = [(1 - K)/K] * n * f_c$$

sustituyendo valores:

$$f_s = 2000.8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_s \text{ máx.} = 2000.8 (120/115) = 2088 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (aceptable)}$$

Para la posición del eje neutro, es necesario el valor de f_{c1} , el cual está dado por:

$$f_{c1} = [(K_d - t)/K_d] * f_c$$

sustituyendo valores:

$$f_{c1} = 45.45 \text{ Kg/cm}^2$$

finalmente:

$$\bar{x} = t/3 [(2f_{c1} + f_c)/(f_{c1} + f_c)]$$

sustituyendo valores:

$$\bar{x} = 6.73 \text{ cm}$$

Se puede ahora obtener el momento resistente de la sección conociendo $A_s * f_s$ y el brazo de palanca con respecto al eje neutro, el cual es:

$$j d = d - \bar{x}$$

de donde:

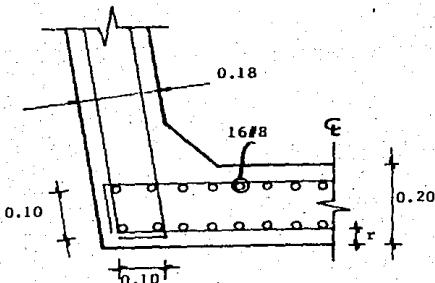
$$j d = 108.27 \text{ cm}$$

y el momento resistente es, por lo tanto:

$$MR = T * j d = 351.23 \times 10^{**5} \text{ Kg-cm}$$

como $MR = 351.23 \times 10^{**5} > M_u = 332.26 \times 10^{**5} \implies$
se acepta la sección.

En la figura siguiente se muestra el acomodo del refuerzo en la sección de la trabe.



El recubrimiento del acero será de 4 cm, considerando que se encuentra en un medio de alto riesgo de corrosión.

REVISION POR CORTANTE.

Como se mostró anteriormente, el cortante máximo se presenta en el apoyo, y el valor crítico que se obtuvo para ésta es $V = 73.96 \text{ Ton}$

$$\begin{aligned} \text{El esfuerzo es } V/A; \text{ si } A &= d * e = 115 * 18 * 2(\text{nerv}) \\ &= 4140 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

por lo tanto, el esfuerzo último es:

$$V_u = V/A = 17.86 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo permisible es:

$$V_{\text{perm}} = 1.30(f'c)^{2/3} \implies f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_{\text{perm}} = 20.55 \text{ Kg/cm}^2$$

Como $V_{\text{perm}} > V_u \implies$ la sección propuesta es aceptada por cortante.

Ahora se definirá el armado que debe llevar la sección para soportar el cortante; para ello se tomará en cuenta que el acero calculado para momento positivo se obtuvo con el valor máximo al centro del claro, de tal forma que, al ir aproximándose al extremo, se reducirá la cantidad del mismo; las mismas varillas dobladas a 45° , recorriendo toda la nervadura, ayudarán a soportar el cortante, completando el área de acero necesaria por cortante con estribos donde la magnitud de dicha fuerza así lo requiera, pues no debe perderse de vista que para efectos de cálculo se está considerando el valor máximo que se presenta en el extremo de la sección el cual, al acercarse al centro del claro, va disminuyendo. Estos son conceptos básicos en análisis estructural que resultan más obvios si se consultan los diagramas de elementos mecánicos obtenidos con anterioridad.

De acuerdo a las consideraciones anteriores se puede pensar en un porcentaje de cortante soportado por las barras de 1" y otro por estribos de 3/8" del total a soportar por el acero; pues de acuerdo a especificaciones para construcción de puentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, no se deberá considerar el cortante absorbido por el concreto; entonces:

$$V = 73.96 \text{ Ton}$$

de donde ==> $73.96/2 = 36.98 \text{ Ton/nervadura}$

Si el 75% de esta fuerza es absorbida con barras de 1" a 45° y el resto con estribos de 3/8" en dos ramas, se tiene:

a. Cortante a soportar con barras:

$$0.75 * 36.96 = 27.74 \text{ Ton}$$

La separación máxima necesaria estará dada por:

$$S = as * fs * d(\text{Sen}\theta + \text{Cos}\theta)/Vs$$

donde:

as = área de acero de una barra

θ = ángulo de la barra

Sustituyendo valores:

$$S = 59.28 \text{ cm}$$

b. Cortante a soportar con estribos.

$$0.25 * 36.98 = 9.24 \text{ Ton}$$

La separación de los estribos, si son verticales ($\text{Sen}\theta + \text{Cos}\theta = 1$) es:

$$S = (as * fs * d)/Vs = 35.32 \text{ cm}$$

Con el fin de visualizar mejor la posición del acero, se realizará un diagrama comparativo de elementos mecánicos, tanto resistente como actuante, para momento flexionante y para fuerza cortante. Para esto, se tabularán los valores de momento y cortante resistentes de acuerdo al área de acero As y superponerlos a los de Mu y Vu.

Si se considera que el cortante es menor al acercarse a la sección media, se puede ampliar la separación de las barras, buscando que Mu sea siempre menor que MR; es decir, las barras se doblarán hasta que ya no sean necesarias, de tal manera que absorban el momento que se presenta en la sección que se dobla, y no precisamente a la separación obtenida con el valor de Vm; se sabe además que:

$$jd = 108.27 \text{ cm}$$

$$MR = As * fs * jd, \text{ o bien:}$$

$$MR = (\text{No. vars.})(5.07)(2000)(108.27)$$

Realizando el mismo procedimiento para la fuerza cortante, se sabe que:

$$S = a_s * f_s * (\text{Sen}\theta + \text{Cos}\theta)/V_s$$

o:

$$V_{perm} = (1/S) * a_s * f_s * (\text{Sen}\theta + \text{Cos}\theta)$$

a. Para barras a 45°.

$$V_{perm} = (1/S) * 1644.2 \text{ Ton}$$

b. Para barras verticales (estribos).

$$V_{perm} = (1/S) * 326.6 \text{ Ton}$$

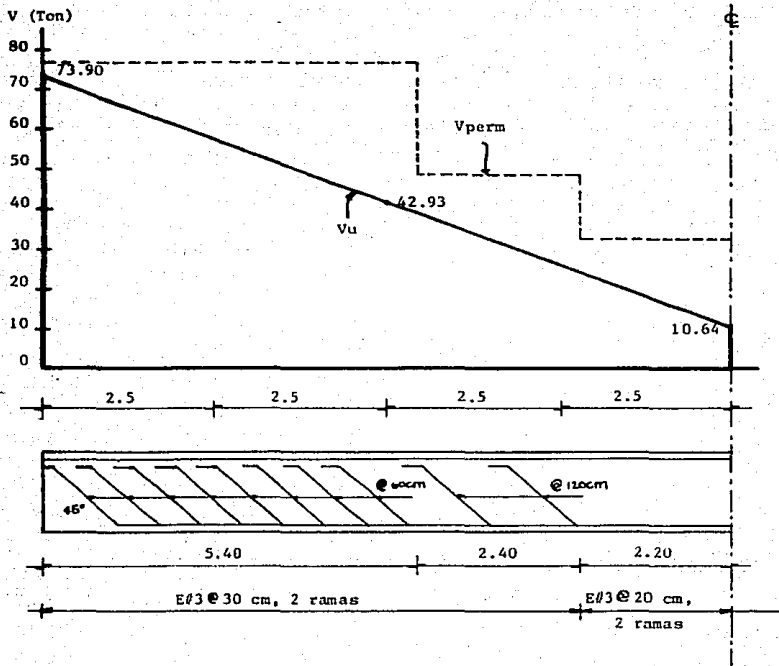
Tabulando:

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| S | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| Vperm | 16.33 | 13.06 | 10.88 | 9.33 | 8.16 | 7.26 |

| | | | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| S | 50 | 60 | 70 | 80 | 120 | 160 |
| Vperm | 6.53 | 27.40 | 23.49 | 20.55 | 13.70 | 10.27 |

Se realizará un diagrama similar al de momento y se obtendrá la separación necesaria de estribos para que V_{perm} sea mayor que V_u . No debe olvidarse que el diagrama de V_u es en ambas nervaduras, por lo que los valores de V_{perm} se deben duplicar.

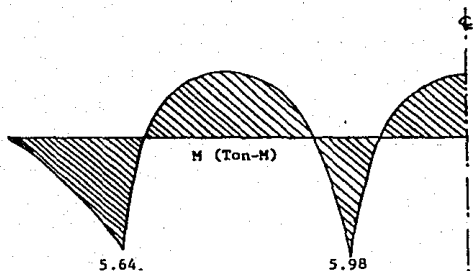
Con la siguiente figura queda definido el armado necesario por cortante.



| | | | |
|-----------------|---------------------------------------|--------------------------|-------|
| VR por barras | $27.4 \times 2 = 54.80 \text{ Ton.}$ | $13.70 \times 2 = 27.40$ | 0 |
| VR por estribos | $10.88 \times 2 = 21.76 \text{ Ton.}$ | $10.88 \times 2 = 21.76$ | 32.66 |
| VR Total | 76.56 Ton. | 49.16 | 32.66 |

REVISION POR FLEXION (Armado para Momento Negativo).

De acuerdo al análisis realizado durante la etapa de montaje, se tenía un valor de momento negativo tal como se muestra en la siguiente figura.



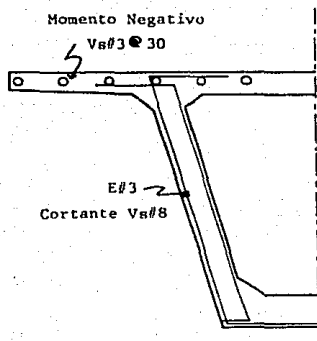
$$\text{Si } MR = A_s * f_s * j d \implies A_s = MR / (f_s * j d)$$

$$A_s = 2.88 \text{ cm}^2$$

Dado que la guarnición puede incrementar el valor del momento se propone un armado sobrado. Si se colocan varillas del No.3 a cada 30 cm., el número de varillas será de 10, cuya área de acero es $A_s = 7.1 \text{ cm}^2$; por lo tanto:

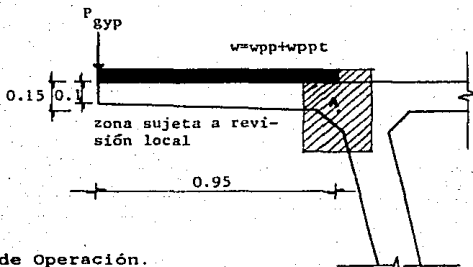
$$MR = 14.69 \text{ Ton-M}$$

De ello se desprende que el armado para momento negativo se colocará tal como se muestra en la siguiente figura:



Revisión Local.

La revisión local se llevará a cabo en las secciones críticas de la trabe con el fin de determinar la cantidad de acero necesaria. En el presente caso, dichas secciones corresponden a las uniones del patín con la sección, lo cual se muestra esquemáticamente en la siguiente figura:



a. Cargas de Operación.

Analizando la sección para un metro de longitud de trabe, se tiene:

$$w_{pp} = 0.285 \text{ Ton/M}$$

Se había determinado que la carga viva es de 0.5 Ton/M2; si se está analizando 1 M de profundidad, entonces:

$$wcv = 0.5 \text{ Ton/M}$$

de donde:

$$w = 0.78 \text{ Ton/M}$$

Para efectos de análisis, se considerará $w = 0.80 \text{ Ton/M}$.

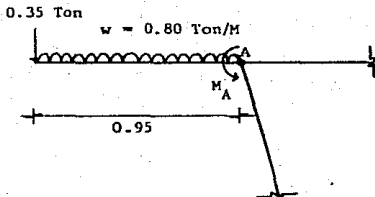
La carga concentrada obtenida anteriormente para toda la sección es:

$$wgp = 0.703 \text{ Ton/M}$$

de donde:

$$Pgp = (0.703 * 1)/2 = 0.35 \text{ Ton.}$$

Se tiene entonces un diagrama de cuerpo libre como el siguiente:



de donde:

$$M_A = (w * L^2)/2 + P * L = 0.69 \text{ Ton-M/M}$$

$$V_A = (w * L) + P = 1.11 \text{ Ton}$$

b. Cargas por Montaje.

Se había determinado que la carga máxima es 16 Ton, la cual, al dividirse entre las cuatro ruedas de la tortuga de arrastre y tomando en cuenta el factor de impacto, se tiene:

$$P = 4 * 1.25 = 5 \text{ Ton}$$

Esta carga se aplicará a una distancia de 0.20 M de la sección crítica de acuerdo a especificaciones proporcionadas.

Si $w_{pp} = 0.30$ Ton/M, entonces:

$$MA = 1.14 \text{ Ton-M/M}$$

y

$$VA = 5.29 \text{ Ton}$$

c. Para etapa futura.

Se determinó que $P_{gp} = 0.35$ Ton y $w = w_{pp} + w_a = 0.4$ Ton.

Como $w = 0.40$ es menor que en el caso de carga de operación, los elementos mecánicos son también menores.

d. Carga móvil.

Como se mencionó anteriormente, el peso de un camión tipo C-2 es de 10 Ton del cual el 80% es transmitido al eje trasero, por lo que el peso en cada llanta es $P = 4$ Ton. El ancho de distribución de esta carga, según AASHTO, está dado por:

$$E = 0.8X + 1.143$$

donde:

X = distancia entre la guarnición y el punto de aplicación de la carga

Si $X = 0.35$ M, entonces $E = 1.42$ M.

El momento por carga móvil es, por tanto:

$$M = P * X * I/E$$

donde:

I = factor de impacto

$$M = 1.23 \text{ Ton-M/M}$$

El momento total en la etapa futura, será la suma del momento producido por carga repartida más el momento por carga puntual más el momento por carga móvil, por lo tanto:

$$M_t = 1.75 \text{ Ton-M}$$

$$V_t = 4.73 \text{ Ton}$$

Por lo tanto, los valores que rigen para diseño son:

$$M = 1.75 \text{ Ton-M (en etapa futura)}$$

$$V = 5.29 \text{ Ton (en etapa de montaje)}$$

De acuerdo a los elementos mecánicos calculados, el área de acero necesaria es:

$$A_s = M / f_s * j d = 8.83 \text{ cm}^2$$

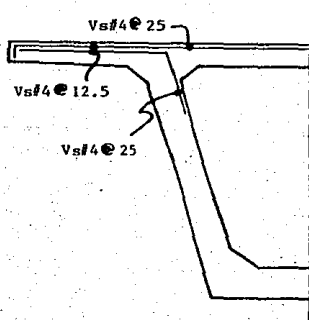
Se proponen varillas del No. 4 cuya área de acero es:

$$a_s = 1.26 \text{ cm}^2 \text{ (por barra)}$$

Por lo tanto, la separación entre varillas será:

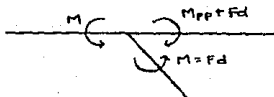
$$s = (a_s / A_s) * 100 = 14 \text{ cm}$$

Por procedimiento de construcción, se correrá una varilla por todo el patín y otra se doblará hacia la nervadura en forma alterna (ver figura); lo anterior para soportar momento negativo dentro del cajón.



REVISION DEL CAJON.

Para esta revisión se observa que en la losa actúa tanto momento por peso propio y carga repartida, como un momento que transmite el patin volado, cuya magnitud depende de la rigidez del elemento, mientras que en la nervadura sólo actúa el momento transmitido por el volado; esto es:



El peso de la losa es: 0.44 Ton/M.

La carga viva : 0.50 Ton/M

Total $w = 0.94$ Ton/M

De lo anterior se obtiene:

$$M = (w * L^2) / 10 = 0.14 \text{ Ton-M}$$

La rigidez está dada por:

$$K = E * I / L$$

Como $E = \text{cte} \implies K = I / L$

rigidez de la losa:

$$K_l = [(b * h^3) / 12] / 1.22 = 23.05 * 10^{-5}$$

rigidez de la nervadura:

$$K_n = 44.18 * 10^{-5}$$

de donde:

$$K_l + K_n = 67.23 * 10^{-5}$$

Los factores de distribución son:

$$F_{d1} = 0.35$$

$$F_{dn} = 0.65$$

Por lo anterior:

a. $M_l = 0.75 \text{ Ton-M} \implies A_s = 3.78 \text{ cm}^2$

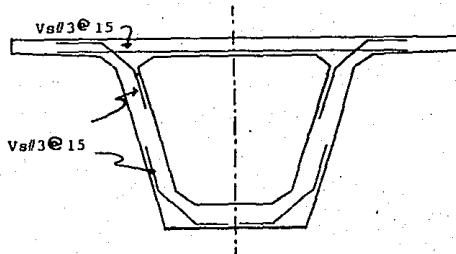
Si se proponen varillas del No. 3, la separación entre éstas será de 18 cm.

b. $M_n = 1.14 \text{ Ton-M} \implies A_s = 4.52 \text{ cm}^2$

Si se proponen varillas del No. 3, la separación será de 15 cm.

Por procedimiento de construcción se colocarán en ambos casos a 15 cm.

En la nervadura inferior se colocará el mismo armado, aún cuando se sabe que sólo se transporta la mitad del momento de la nervadura superior. Lo anterior se visualiza en la figura siguiente:



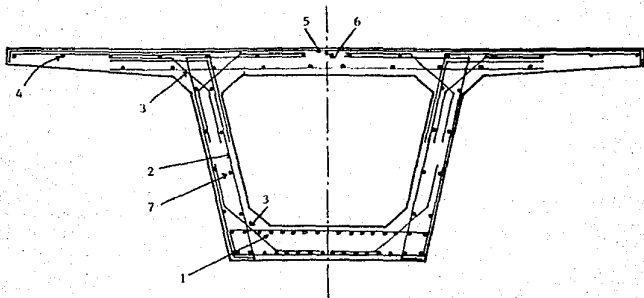
Armado por Temperatura.

Finalmente, el acero longitudinal por temperatura será:

$$a_{smin} = 0.002e * 0.5 = 1.8 \text{ cm}^2/\text{M}$$

Proponiendo varillas del No. 3, la separación entre ellas será de 39 cm.

Con esto, la revisión de la trabe queda completa, mostrándose en la figura siguiente como queda colocado el acero de refuerzo.



REFERENCIA:

| | |
|---|-------------------------|
| 1. Armado para momento positivo | 32Vs#8 |
| 2. Armado por cortante | Vs#8 45° y E#3, 2 ramas |
| 3. Armado para momento en nervadura (local) | Vs#3 15 |
| 4. Armado para momento en patín (local) | Vs#4 25 |
| 5. Armado para momento en patín | Vs#4 25 |
| 6. Armado para momento negativo | Vs#3 30 |
| 7. Armado por temperatura | 4Vs#3 en cada cara |

ANEXO
CORRIDA DEL PROGRAMA

| IN | NO | NO | NO | NO | NO |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 |
| 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 |
| 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 |
| 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 |
| 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 |
| 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 |
| 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 |
| 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 |
| 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 |
| 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 |
| 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 |
| 69 | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 |
| 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 |
| 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 |
| 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 |
| 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 |
| 77 | 77 | 77 | 77 | 77 | 77 |
| 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 |
| 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 |
| 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 81 | 81 | 81 | 81 | 81 | 81 |
| 82 | 82 | 82 | 82 | 82 | 82 |
| 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 |
| 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 |
| 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 |
| 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 |
| 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 |
| 89 | 89 | 89 | 89 | 89 | 89 |
| 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 |
| 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 |
| 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 |
| 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 |
| 98 | 98 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | | | |
|-----|----|----|----|
| 133 | 1 | 0 | 00 |
| 134 | 11 | 2 | 10 |
| 135 | 12 | 3 | 20 |
| 136 | 13 | 4 | 30 |
| 137 | 14 | 5 | 40 |
| 138 | 15 | 6 | 50 |
| 139 | 16 | 7 | 60 |
| 140 | 17 | 8 | 70 |
| 141 | 18 | 9 | 80 |
| 142 | 19 | 10 | 90 |
| 143 | 20 | 11 | 00 |
| 144 | 21 | 12 | 10 |
| 145 | 22 | 13 | 20 |
| 146 | 23 | 14 | 30 |
| 147 | 24 | 15 | 40 |
| 148 | 25 | 16 | 50 |
| 149 | 26 | 17 | 60 |
| 150 | 27 | 18 | 70 |
| 151 | 28 | 19 | 80 |
| 152 | 29 | 20 | 90 |
| 153 | 30 | 21 | 00 |
| 154 | 31 | 22 | 10 |
| 155 | 32 | 23 | 20 |
| 156 | 33 | 24 | 30 |
| 157 | 34 | 25 | 40 |
| 158 | 35 | 26 | 50 |
| 159 | 36 | 27 | 60 |
| 160 | 37 | 28 | 70 |
| 161 | 38 | 29 | 80 |
| 162 | 39 | 30 | 90 |
| 163 | 40 | 31 | 00 |
| 164 | 41 | 32 | 10 |
| 165 | 42 | 33 | 20 |
| 166 | 43 | 34 | 30 |
| 167 | 44 | 35 | 40 |
| 168 | 45 | 36 | 50 |
| 169 | 46 | 37 | 60 |
| 170 | 47 | 38 | 70 |
| 171 | 48 | 39 | 80 |
| 172 | 49 | 40 | 90 |
| 173 | 50 | 41 | 00 |
| 174 | 51 | 42 | 10 |
| 175 | 52 | 43 | 20 |
| 176 | 53 | 44 | 30 |
| 177 | 54 | 45 | 40 |
| 178 | 55 | 46 | 50 |
| 179 | 56 | 47 | 60 |
| 180 | 57 | 48 | 70 |
| 181 | 58 | 49 | 80 |
| 182 | 59 | 50 | 90 |
| 183 | 60 | 51 | 00 |
| 184 | 61 | 52 | 10 |
| 185 | 62 | 53 | 20 |
| 186 | 63 | 54 | 30 |
| 187 | 64 | 55 | 40 |
| 188 | 65 | 56 | 50 |
| 189 | 66 | 57 | 60 |
| 190 | 67 | 58 | 70 |
| 191 | 68 | 59 | 80 |
| 192 | 69 | 60 | 90 |
| 193 | 70 | 61 | 00 |
| 194 | 71 | 62 | 10 |
| 195 | 72 | 63 | 20 |
| 196 | 73 | 64 | 30 |
| 197 | 74 | 65 | 40 |
| 198 | 75 | 66 | 50 |
| 199 | 76 | 67 | 60 |
| 200 | 77 | 68 | 70 |
| 201 | 78 | 69 | 80 |
| 202 | 79 | 70 | 90 |
| 203 | 80 | 71 | 00 |
| 204 | 81 | 72 | 10 |
| 205 | 82 | 73 | 20 |
| 206 | 83 | 74 | 30 |
| 207 | 84 | 75 | 40 |
| 208 | 85 | 76 | 50 |
| 209 | 86 | 77 | 60 |
| 210 | 87 | 78 | 70 |
| 211 | 88 | 79 | 80 |
| 212 | 89 | 80 | 90 |
| 213 | 90 | 81 | 00 |
| 214 | 91 | 82 | 10 |
| 215 | 92 | 83 | 20 |
| 216 | 93 | 84 | 30 |
| 217 | 94 | 85 | 40 |
| 218 | 95 | 86 | 50 |
| 219 | 96 | 87 | 60 |
| 220 | 97 | 88 | 70 |
| 221 | 98 | 89 | 80 |
| 222 | 99 | 90 | 90 |
| 223 | 00 | 91 | 00 |
| 224 | 01 | 92 | 10 |
| 225 | 02 | 93 | 20 |
| 226 | 03 | 94 | 30 |
| 227 | 04 | 95 | 40 |
| 228 | 05 | 96 | 50 |
| 229 | 06 | 97 | 60 |
| 230 | 07 | 98 | 70 |
| 231 | 08 | 99 | 80 |
| 232 | 09 | 00 | 90 |
| 233 | 10 | 01 | 00 |
| 234 | 11 | 02 | 10 |
| 235 | 12 | 03 | 20 |
| 236 | 13 | 04 | 30 |
| 237 | 14 | 05 | 40 |
| 238 | 15 | 06 | 50 |
| 239 | 16 | 07 | 60 |
| 240 | 17 | 08 | 70 |
| 241 | 18 | 09 | 80 |
| 242 | 19 | 10 | 90 |
| 243 | 20 | 11 | 00 |
| 244 | 21 | 12 | 10 |
| 245 | 22 | 13 | 20 |
| 246 | 23 | 14 | 30 |
| 247 | 24 | 15 | 40 |
| 248 | 25 | 16 | 50 |
| 249 | 26 | 17 | 60 |
| 250 | 27 | 18 | 70 |
| 251 | 28 | 19 | 80 |
| 252 | 29 | 20 | 90 |
| 253 | 30 | 21 | 00 |
| 254 | 31 | 22 | 10 |
| 255 | 32 | 23 | 20 |
| 256 | 33 | 24 | 30 |
| 257 | 34 | 25 | 40 |
| 258 | 35 | 26 | 50 |
| 259 | 36 | 27 | 60 |
| 260 | 37 | 28 | 70 |
| 261 | 38 | 29 | 80 |
| 262 | 39 | 30 | 90 |
| 263 | 40 | 31 | 00 |
| 264 | 41 | 32 | 10 |
| 265 | 42 | 33 | 20 |
| 266 | 43 | 34 | 30 |
| 267 | 44 | 35 | 40 |
| 268 | 45 | 36 | 50 |
| 269 | 46 | 37 | 60 |
| 270 | 47 | 38 | 70 |
| 271 | 48 | 39 | 80 |
| 272 | 49 | 40 | 90 |
| 273 | 50 | 41 | 00 |
| 274 | 51 | 42 | 10 |
| 275 | 52 | 43 | 20 |
| 276 | 53 | 44 | 30 |
| 277 | 54 | 45 | 40 |
| 278 | 55 | 46 | 50 |
| 279 | 56 | 47 | 60 |
| 280 | 57 | 48 | 70 |
| 281 | 58 | 49 | 80 |
| 282 | 59 | 50 | 90 |
| 283 | 60 | 51 | 00 |
| 284 | 61 | 52 | 10 |
| 285 | 62 | 53 | 20 |
| 286 | 63 | 54 | 30 |
| 287 | 64 | 55 | 40 |
| 288 | 65 | 56 | 50 |
| 289 | 66 | 57 | 60 |
| 290 | 67 | 58 | 70 |
| 291 | 68 | 59 | 80 |
| 292 | 69 | 60 | 90 |
| 293 | 70 | 61 | 00 |
| 294 | 71 | 62 | 10 |
| 295 | 72 | 63 | 20 |
| 296 | 73 | 64 | 30 |
| 297 | 74 | 65 | 40 |
| 298 | 75 | 66 | 50 |
| 299 | 76 | 67 | 60 |
| 300 | 77 | 68 | 70 |
| 301 | 78 | 69 | 80 |
| 302 | 79 | 70 | 90 |
| 303 | 80 | 71 | 00 |
| 304 | 81 | 72 | 10 |
| 305 | 82 | 73 | 20 |
| 306 | 83 | 74 | 30 |
| 307 | 84 | 75 | 40 |
| 308 | 85 | 76 | 50 |
| 309 | 86 | 77 | 60 |
| 310 | 87 | 78 | 70 |
| 311 | 88 | 79 | 80 |
| 312 | 89 | 80 | 90 |
| 313 | 90 | 81 | 00 |
| 314 | 91 | 82 | 10 |
| 315 | 92 | 83 | 20 |
| 316 | 93 | 84 | 30 |
| 317 | 94 | 85 | 40 |
| 318 | 95 | 86 | 50 |
| 319 | 96 | 87 | 60 |
| 320 | 97 | 88 | 70 |
| 321 | 98 | 89 | 80 |
| 322 | 99 | 90 | 90 |
| 323 | 00 | 91 | 00 |
| 324 | 01 | 92 | 10 |
| 325 | 02 | 93 | 20 |
| 326 | 03 | 94 | 30 |
| 327 | 04 | 95 | 40 |
| 328 | 05 | 96 | 50 |
| 329 | 06 | 97 | 60 |
| 330 | 07 | 98 | 70 |
| 331 | 08 | 99 | 80 |
| 332 | 09 | 00 | 90 |
| 333 | 10 | 01 | 00 |
| 334 | 11 | 02 | 10 |
| 335 | 12 | 03 | 20 |
| 336 | 13 | 04 | 30 |
| 337 | 14 | 05 | 40 |
| 338 | 15 | 06 | 50 |
| 339 | 16 | 07 | 60 |
| 340 | 17 | 08 | 70 |
| 341 | 18 | 09 | 80 |
| 342 | 19 | 10 | 90 |
| 343 | 20 | 11 | 00 |
| 344 | 21 | 12 | 10 |
| 345 | 22 | 13 | 20 |
| 346 | 23 | 14 | 30 |
| 347 | 24 | 15 | 40 |
| 348 | 25 | 16 | 50 |
| 349 | 26 | 17 | 60 |
| 350 | 27 | 18 | 70 |
| 351 | 28 | 19 | 80 |
| 352 | 29 | 20 | 90 |
| 353 | 30 | 21 | 00 |
| 354 | 31 | 22 | 10 |
| 355 | 32 | 23 | 20 |
| 356 | 33 | 24 | 30 |
| 357 | 34 | 25 | 40 |
| 358 | 35 | 26 | 50 |
| 359 | 36 | 27 | 60 |
| 360 | 37 | 28 | 70 |
| 361 | 38 | 29 | 80 |
| 362 | 39 | 30 | 90 |
| 363 | 40 | 31 | 00 |
| 364 | 41 | 32 | 10 |
| 365 | 42 | 33 | 20 |
| 366 | 43 | 34 | 30 |
| 367 | 44 | 35 | 40 |
| 368 | 45 | 36 | 50 |
| 369 | 46 | 37 | 60 |
| 370 | 47 | 38 | 70 |
| 371 | 48 | 39 | 80 |
| 372 | 49 | 40 | 90 |
| 373 | 50 | 41 | 00 |
| 374 | 51 | 42 | 10 |
| 375 | 52 | 43 | 20 |
| 376 | 53 | 44 | 30 |
| 377 | 54 | 45 | 40 |
| 378 | 55 | 46 | 50 |
| 379 | 56 | 47 | 60 |
| 380 | 57 | 48 | 70 |
| 381 | 58 | 49 | 80 |
| 382 | 59 | 50 | 90 |
| 383 | 60 | 51 | 00 |
| 384 | 61 | 52 | 10 |
| 385 | 62 | 53 | 20 |
| 386 | 63 | 54 | 30 |
| 387 | 64 | 55 | 40 |
| 388 | 65 | 56 | 50 |
| 389 | 66 | 57 | 60 |
| 390 | 67 | 58 | 70 |
| 391 | 68 | 59 | 80 |
| 392 | 69 | 60 | 90 |
| 393 | 70 | 61 | 00 |
| 394 | 71 | 62 | 10 |
| 395 | 72 | 63 | 20 |
| 396 | 73 | 64 | 30 |
| 397 | 74 | 65 | 40 |
| 398 | 75 | 66 | 50 |
| 399 | 76 | 67 | 60 |
| 400 | 77 | 68 | 70 |
| 401 | 78 | 69 | 80 |
| 402 | 79 | 70 | 90 |
| 403 | 80 | 71 | 00 |
| 404 | 81 | 72 | 10 |
| 405 | 82 | 73 | 20 |
| 406 | 83 | 74 | 30 |
| 407 | 84 | 75 | 40 |
| 408 | 85 | 76 | 50 |
| 409 | 86 | 77 | 60 |
| 410 | 87 | 78 | 70 |
| 411 | 88 | 79 | 80 |
| 412 | 89 | 80 | 90 |
| 413 | 90 | 81 | 00 |
| 414 | 91 | 82 | 10 |
| 415 | 92 | 83 | 20 |
| 416 | 93 | 84 | 30 |
| 417 | 94 | 85 | 40 |
| 418 | 95 | 86 | 50 |
| 419 | 96 | 87 | 60 |
| 420 | 97 | 88 | 70 |
| 421 | 98 | 89 | 80 |
| 422 | 99 | 90 | 90 |
| 423 | 00 | 91 | 00 |
| 424 | 01 | 92 | 10 |
| 425 | 02 | 93 | 20 |
| 426 | 03 | 94 | 30 |
| 427 | 04 | 95 | 40 |
| 428 | 05 | 96 | 50 |
| 429 | 06 | 97 | 60 |
| 430 | 07 | 98 | 70 |
| 431 | 08 | 99 | 80 |
| 432 | 09 | 00 | 90 |
| 433 | 10 | 01 | 00 |
| 434 | 11 | 02 | 10 |
| 435 | 12 | 03 | 20 |
| 436 | 13 | 04 | 30 |
| 437 | 14 | 05 | 40 |
| 438 | 15 | 06 | 50 |
| 439 | 16 | 07 | 60 |
| 440 | 17 | 08 | 70 |
| 441 | 18 | 09 | 80 |
| 442 | 19 | 10 | 90 |
| 443 | 20 | 11 | 00 |
| 444 | 21 | 12 | 10 |
| 445 | 22 | 13 | 20 |
| 446 | 23 | 14 | 30 |
| 447 | 24 | 15 | 40 |
| 448 | 25 | 16 | 50 |
| 449 | 26 | 17 | 60 |
| 450 | 27 | 18 | 70 |
| 451 | 28 | 19 | 80 |
| 452 | 29 | 20 | 90 |
| 453 | 30 | 21 | 00 |
| 454 | 31 | 22 | 10 |
| 455 | 32 | 23 | 20 |
| 456 | 33 | 24 | 30 |
| 457 | 34 | 25 | 40 |
| 458 | 35 | 26 | 50 |
| 459 | 36 | 27 | 60 |
| 460 | 37 | 28 | 70 |
| 461 | 38 | 29 | 80 |
| 462 | 39 | 30 | 90 |
| 463 | 40 | 31 | 00 |
| 464 | 41 | 32 | 10 |
| 465 | 42 | 33 | 20 |
| 466 | 43 | 34 | 30 |
| 467 | 44 | 35 | 40 |
| 468 | 45 | 36 | 50 |
| 469 | 46 | 37 | 60 |
| 470 | 47 | 38 | 70 |
| 471 | 48 | 39 | 80 |
| 472 | 49 | 40 | 90 |
| 473 | 50 | 41 | 00 |
| 474 | 51 | 42 | 10 |
| 475 | 52 | 43 | 20 |
| 476 | 53 | 44 | 30 |
| 477 | 54 | 45 | 40 |
| 478 | 55 | 46 | 50 |
| 479 | 56 | 47 | 60 |
| 480 | 57 | 48 | 70 |
| 481 | 58 | 49 | 80 |
| 482 | 59 | 50 | 90 |
| 483 | 60 | 51 | 00 |
| 484 | 61 | 52 | 10 |
| 485 | 62 | 53 | 20 |
| 486 | 63 | 54 | 30 |
| 487 | 64 | 55 | 40 |
| 488 | 65 | 56 | 50 |
| 489 | 66 | 57 | 60 |
| 490 | 67 | 58 | 70 |
| 491 | 68 | 59 | 80 |
| 492 | 69 | 60 | 90 |
| 493 | 70 | 61 | 00 |
| 494 | 71 | 62 | 10 |
| 495 | 72 | 63 | 20 |
| 496 | | | |

205. CONT'D LIST 12
 274. CUMUL. OF APPLIC.
 275. LIST FOR STY LIST CISE ALL

 RESULTS OF LIST 1 ANALYSIS

JOB ID = 440121C LCL TITLE = CESCARGAGENO DL CHOLITILLE DUCHE DE ALFA #1

ACTIVE UNITS - L1L10 FORCE ANGLE TEMPERATURE TIME
 P PETA RAD DECF SLC

ACTIVE STRUCTURE TYPE = SPACE FRAME

ACTIVE COORDINATE ONLY A Y Z

MEMBER FORCES

MEMBER LOADING UNIT

| | | FORCE | | MOMENT | | TORSION | | MOMENT | |
|---|---|---------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|--|
| | | AXIAL | SHEAR Y | SHEAR Z | TORSION | MOMENT Y | MOMENT Z | | |
| 1 | P | 82.000 | 7.384 | .588 | -2.216 | -6.885 | -2.880 | | |
| 2 | P | -2.000 | .282 | -6.885 | 2.216 | -12.414 | -6.880 | | |
| 3 | P | 12.000 | -2.374 | -1.654 | 2.872 | 11.492 | -2.750 | | |
| 4 | P | -11.000 | .374 | 1.654 | -2.872 | 11.492 | -2.750 | | |
| 5 | P | 2.165 | 3.000 | -.732 | 2.615 | 6.047 | 36.700 | | |
| 6 | P | 2.160 | -2.000 | .732 | -2.615 | 6.047 | 36.700 | | |
| 7 | P | -2.161 | 2.001 | -1.000 | 3.210 | 10.411 | 36.499 | | |
| 8 | P | 2.161 | -2.001 | 1.000 | -3.210 | 10.411 | 36.499 | | |
| 9 | P | -8.072 | 7.885 | -1.658 | -5.254 | 18.475 | 78.431 | | |
| 10 | P | 8.072 | -7.885 | 1.658 | 5.254 | 18.475 | 78.430 | | |
| 11 | P | -1.070 | -2.885 | -1.658 | -5.076 | 10.499 | 102.976 | | |
| **** STRUL WARNING 1.0% - RESULTS MISSING FOR MEMBER 2 - MEMBER IGNORED | | | | | | | | | |
| 1 | L | 16.112 | -1.172 | -.888 | -6.472 | 6.887 | 1.282 | | |
| 2 | L | -16.112 | 1.172 | .888 | 6.472 | 6.887 | 1.282 | | |
| 3 | L | 3.015 | .212 | 1.275 | -1.929 | -11.487 | 2.880 | | |
| 4 | L | -3.015 | -.212 | -1.275 | 1.929 | -11.487 | 2.880 | | |
| 5 | L | 3.015 | -.278 | -.278 | -.716 | -6.277 | -26.250 | | |
| 6 | L | -3.015 | .278 | .278 | .716 | 6.277 | 26.250 | | |
| 7 | L | 14.110 | -2.012 | 1.232 | -1.265 | -10.716 | -7.666 | | |
| 8 | L | -14.110 | 2.012 | -1.232 | 1.265 | 10.716 | 7.666 | | |
| 9 | L | -1.070 | -2.885 | -1.658 | -5.076 | -10.499 | -26.252 | | |
| 10 | L | 1.070 | 2.885 | 1.658 | 5.076 | 10.499 | 26.250 | | |
| 11 | L | -2.070 | -2.772 | -1.274 | -2.474 | -21.177 | -10.233 | | |
| **** STRUL WARNING 1.0% - RESULTS MISSING FOR MEMBER 4 - MEMBER IGNORED | | | | | | | | | |
| **** STRUL WARNING 1.0% - RESULTS MISSING FOR MEMBER 5 - MEMBER IGNORED | | | | | | | | | |
| **** STRUL WARNING 1.0% - RESULTS MISSING FOR MEMBER 6 - MEMBER IGNORED | | | | | | | | | |
| **** STRUL WARNING 1.0% - RESULTS MISSING FOR MEMBER 7 - MEMBER IGNORED | | | | | | | | | |
| **** STRUL WARNING 1.0% - RESULTS MISSING FOR MEMBER 8 - MEMBER IGNORED | | | | | | | | | |
| 1 | L | 8.070 | .222 | -.555 | -.711 | 11.250 | 2.666 | | |
| 2 | L | -8.070 | -2.222 | .555 | .711 | 11.250 | 2.666 | | |
| 3 | L | 82.369 | .222 | -.992 | -6.882 | -26.455 | -2.282 | | |

| | | | | | | | |
|----|-----|--------|--------|---------|-------|-------|--------|
| | 24 | 172296 | 153990 | -7,134 | 1,398 | -6387 | -7280 |
| | 25 | 173521 | 155215 | -7,194 | 1412 | -6427 | -7321 |
| | 26 | 174746 | 156440 | -7,254 | 1427 | -6467 | -7362 |
| 14 | 27 | 175971 | 157665 | -7,314 | 1442 | -6507 | -7403 |
| | 28 | 177196 | 158890 | -7,374 | 1457 | -6547 | -7444 |
| | 29 | 178421 | 160115 | -7,434 | 1472 | -6587 | -7485 |
| | 30 | 179646 | 161340 | -7,494 | 1487 | -6627 | -7526 |
| | 31 | 180871 | 162565 | -7,554 | 1502 | -6667 | -7567 |
| | 32 | 182096 | 163790 | -7,614 | 1517 | -6707 | -7608 |
| | 33 | 183321 | 165015 | -7,674 | 1532 | -6747 | -7649 |
| | 34 | 184546 | 166240 | -7,734 | 1547 | -6787 | -7690 |
| | 35 | 185771 | 167465 | -7,794 | 1562 | -6827 | -7731 |
| | 36 | 187000 | 168690 | -7,854 | 1577 | -6867 | -7772 |
| | 37 | 188225 | 169915 | -7,914 | 1592 | -6907 | -7813 |
| | 38 | 189450 | 171140 | -7,974 | 1607 | -6947 | -7854 |
| | 39 | 190675 | 172365 | -8,034 | 1622 | -6987 | -7895 |
| | 40 | 191900 | 173590 | -8,094 | 1637 | -7027 | -7936 |
| | 41 | 193125 | 174815 | -8,154 | 1652 | -7067 | -7977 |
| | 42 | 194350 | 176040 | -8,214 | 1667 | -7107 | -8018 |
| | 43 | 195575 | 177265 | -8,274 | 1682 | -7147 | -8059 |
| | 44 | 196800 | 178490 | -8,334 | 1697 | -7187 | -8100 |
| | 45 | 198025 | 179715 | -8,394 | 1712 | -7227 | -8141 |
| | 46 | 199250 | 180940 | -8,454 | 1727 | -7267 | -8182 |
| | 47 | 200475 | 182165 | -8,514 | 1742 | -7307 | -8223 |
| | 48 | 201700 | 183390 | -8,574 | 1757 | -7347 | -8264 |
| | 49 | 202925 | 184615 | -8,634 | 1772 | -7387 | -8305 |
| | 50 | 204150 | 185840 | -8,694 | 1787 | -7427 | -8346 |
| | 51 | 205375 | 187065 | -8,754 | 1802 | -7467 | -8387 |
| | 52 | 206600 | 188290 | -8,814 | 1817 | -7507 | -8428 |
| | 53 | 207825 | 189515 | -8,874 | 1832 | -7547 | -8469 |
| | 54 | 209050 | 190740 | -8,934 | 1847 | -7587 | -8510 |
| | 55 | 210275 | 191965 | -8,994 | 1862 | -7627 | -8551 |
| | 56 | 211500 | 193190 | -9,054 | 1877 | -7667 | -8592 |
| | 57 | 212725 | 194415 | -9,114 | 1892 | -7707 | -8633 |
| | 58 | 213950 | 195640 | -9,174 | 1907 | -7747 | -8674 |
| | 59 | 215175 | 196865 | -9,234 | 1922 | -7787 | -8715 |
| | 60 | 216400 | 198090 | -9,294 | 1937 | -7827 | -8756 |
| | 61 | 217625 | 199315 | -9,354 | 1952 | -7867 | -8797 |
| | 62 | 218850 | 200540 | -9,414 | 1967 | -7907 | -8838 |
| | 63 | 220075 | 201765 | -9,474 | 1982 | -7947 | -8879 |
| | 64 | 221300 | 202990 | -9,534 | 1997 | -7987 | -8920 |
| | 65 | 222525 | 204215 | -9,594 | 2012 | -8027 | -8961 |
| | 66 | 223750 | 205440 | -9,654 | 2027 | -8067 | -9002 |
| | 67 | 224975 | 206665 | -9,714 | 2042 | -8107 | -9043 |
| | 68 | 226200 | 207890 | -9,774 | 2057 | -8147 | -9084 |
| | 69 | 227425 | 209115 | -9,834 | 2072 | -8187 | -9125 |
| | 70 | 228650 | 210340 | -9,894 | 2087 | -8227 | -9166 |
| | 71 | 229875 | 211565 | -9,954 | 2102 | -8267 | -9207 |
| | 72 | 231100 | 212790 | -10,014 | 2117 | -8307 | -9248 |
| | 73 | 232325 | 214015 | -10,074 | 2132 | -8347 | -9289 |
| | 74 | 233550 | 215240 | -10,134 | 2147 | -8387 | -9330 |
| | 75 | 234775 | 216465 | -10,194 | 2162 | -8427 | -9371 |
| | 76 | 236000 | 217690 | -10,254 | 2177 | -8467 | -9412 |
| | 77 | 237225 | 218915 | -10,314 | 2192 | -8507 | -9453 |
| | 78 | 238450 | 220140 | -10,374 | 2207 | -8547 | -9494 |
| | 79 | 239675 | 221365 | -10,434 | 2222 | -8587 | -9535 |
| | 80 | 240900 | 222590 | -10,494 | 2237 | -8627 | -9576 |
| | 81 | 242125 | 223815 | -10,554 | 2252 | -8667 | -9617 |
| | 82 | 243350 | 225040 | -10,614 | 2267 | -8707 | -9658 |
| | 83 | 244575 | 226265 | -10,674 | 2282 | -8747 | -9699 |
| | 84 | 245800 | 227490 | -10,734 | 2297 | -8787 | -9740 |
| | 85 | 247025 | 228715 | -10,794 | 2312 | -8827 | -9781 |
| | 86 | 248250 | 229940 | -10,854 | 2327 | -8867 | -9822 |
| | 87 | 249475 | 231165 | -10,914 | 2342 | -8907 | -9863 |
| | 88 | 250700 | 232390 | -10,974 | 2357 | -8947 | -9904 |
| | 89 | 251925 | 233615 | -11,034 | 2372 | -8987 | -9945 |
| | 90 | 253150 | 234840 | -11,094 | 2387 | -9027 | -9986 |
| | 91 | 254375 | 236065 | -11,154 | 2402 | -9067 | -10027 |
| | 92 | 255600 | 237290 | -11,214 | 2417 | -9107 | -10068 |
| | 93 | 256825 | 238515 | -11,274 | 2432 | -9147 | -10109 |
| | 94 | 258050 | 239740 | -11,334 | 2447 | -9187 | -10150 |
| | 95 | 259275 | 240965 | -11,394 | 2462 | -9227 | -10191 |
| | 96 | 260500 | 242190 | -11,454 | 2477 | -9267 | -10232 |
| | 97 | 261725 | 243415 | -11,514 | 2492 | -9307 | -10273 |
| | 98 | 262950 | 244640 | -11,574 | 2507 | -9347 | -10314 |
| | 99 | 264175 | 245865 | -11,634 | 2522 | -9387 | -10355 |
| | 100 | 265400 | 247090 | -11,694 | 2537 | -9427 | -10396 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 75 | -1.276 | -1.275 | 1.265 | -0.242 | 1.263 | 2.202 |
| 2 | 76 | -1.157 | 1.147 | -1.137 | -0.246 | -1.237 | -2.109 |
| 3 | 77 | -1.038 | 1.028 | -1.018 | -0.250 | -1.272 | -3.022 |
| 4 | 78 | -0.919 | 0.909 | -0.899 | -0.254 | -1.307 | -3.935 |
| 5 | 79 | -0.800 | 0.790 | -0.780 | -0.258 | -1.342 | -4.848 |
| 6 | 80 | -0.681 | 0.671 | -0.661 | -0.262 | -1.377 | -5.761 |
| 7 | 81 | -0.562 | 0.552 | -0.542 | -0.266 | -1.412 | -6.674 |
| 8 | 82 | -0.443 | 0.433 | -0.423 | -0.270 | -1.447 | -7.587 |
| 9 | 83 | -0.324 | 0.314 | -0.304 | -0.274 | -1.482 | -8.500 |
| 10 | 84 | -0.205 | 0.195 | -0.185 | -0.278 | -1.517 | -9.413 |
| 11 | 85 | -0.086 | 0.076 | -0.066 | -0.282 | -1.552 | -10.326 |
| 12 | 86 | 0.033 | 0.023 | 0.013 | -0.286 | -1.587 | -11.239 |
| 13 | 87 | 0.154 | 0.144 | 0.134 | -0.290 | -1.622 | -12.152 |
| 14 | 88 | 0.275 | 0.265 | 0.255 | -0.294 | -1.657 | -13.065 |
| 15 | 89 | 0.396 | 0.386 | 0.376 | -0.298 | -1.692 | -13.978 |
| 16 | 90 | 0.517 | 0.507 | 0.497 | -0.302 | -1.727 | -14.891 |
| 17 | 91 | 0.638 | 0.628 | 0.618 | -0.306 | -1.762 | -15.804 |
| 18 | 92 | 0.759 | 0.749 | 0.739 | -0.310 | -1.797 | -16.717 |
| 19 | 93 | 0.880 | 0.870 | 0.860 | -0.314 | -1.832 | -17.630 |
| 20 | 94 | 1.001 | 0.991 | 0.981 | -0.318 | -1.867 | -18.543 |
| 21 | 95 | 1.122 | 1.112 | 1.102 | -0.322 | -1.902 | -19.456 |
| 22 | 96 | 1.243 | 1.233 | 1.223 | -0.326 | -1.937 | -20.369 |
| 23 | 97 | 1.364 | 1.354 | 1.344 | -0.330 | -1.972 | -21.282 |
| 24 | 98 | 1.485 | 1.475 | 1.465 | -0.334 | -2.007 | -22.195 |
| 25 | 99 | 1.606 | 1.596 | 1.586 | -0.338 | -2.042 | -23.108 |
| 26 | 100 | 1.727 | 1.717 | 1.707 | -0.342 | -2.077 | -24.021 |
| 27 | 101 | 1.848 | 1.838 | 1.828 | -0.346 | -2.112 | -24.934 |
| 28 | 102 | 1.969 | 1.959 | 1.949 | -0.350 | -2.147 | -25.847 |
| 29 | 103 | 2.090 | 2.080 | 2.070 | -0.354 | -2.182 | -26.760 |
| 30 | 104 | 2.211 | 2.201 | 2.191 | -0.358 | -2.217 | -27.673 |
| 31 | 105 | 2.332 | 2.322 | 2.312 | -0.362 | -2.252 | -28.586 |
| 32 | 106 | 2.453 | 2.443 | 2.433 | -0.366 | -2.287 | -29.499 |
| 33 | 107 | 2.574 | 2.564 | 2.554 | -0.370 | -2.322 | -30.412 |
| 34 | 108 | 2.695 | 2.685 | 2.675 | -0.374 | -2.357 | -31.325 |
| 35 | 109 | 2.816 | 2.806 | 2.796 | -0.378 | -2.392 | -32.238 |
| 36 | 110 | 2.937 | 2.927 | 2.917 | -0.382 | -2.427 | -33.151 |
| 37 | 111 | 3.058 | 3.048 | 3.038 | -0.386 | -2.462 | -34.064 |
| 38 | 112 | 3.179 | 3.169 | 3.159 | -0.390 | -2.497 | -34.977 |
| 39 | 113 | 3.300 | 3.290 | 3.280 | -0.394 | -2.532 | -35.890 |
| 40 | 114 | 3.421 | 3.411 | 3.401 | -0.398 | -2.567 | -36.803 |
| 41 | 115 | 3.542 | 3.532 | 3.522 | -0.402 | -2.602 | -37.716 |
| 42 | 116 | 3.663 | 3.653 | 3.643 | -0.406 | -2.637 | -38.629 |
| 43 | 117 | 3.784 | 3.774 | 3.764 | -0.410 | -2.672 | -39.542 |
| 44 | 118 | 3.905 | 3.895 | 3.885 | -0.414 | -2.707 | -40.455 |
| 45 | 119 | 4.026 | 4.016 | 4.006 | -0.418 | -2.742 | -41.368 |
| 46 | 120 | 4.147 | 4.137 | 4.127 | -0.422 | -2.777 | -42.281 |
| 47 | 121 | 4.268 | 4.258 | 4.248 | -0.426 | -2.812 | -43.194 |
| 48 | 122 | 4.389 | 4.379 | 4.369 | -0.430 | -2.847 | -44.107 |
| 49 | 123 | 4.510 | 4.500 | 4.490 | -0.434 | -2.882 | -45.020 |
| 50 | 124 | 4.631 | 4.621 | 4.611 | -0.438 | -2.917 | -45.933 |
| 51 | 125 | 4.752 | 4.742 | 4.732 | -0.442 | -2.952 | -46.846 |
| 52 | 126 | 4.873 | 4.863 | 4.853 | -0.446 | -2.987 | -47.759 |
| 53 | 127 | 4.994 | 4.984 | 4.974 | -0.450 | -3.022 | -48.672 |
| 54 | 128 | 5.115 | 5.105 | 5.095 | -0.454 | -3.057 | -49.585 |
| 55 | 129 | 5.236 | 5.226 | 5.216 | -0.458 | -3.092 | -50.498 |
| 56 | 130 | 5.357 | 5.347 | 5.337 | -0.462 | -3.127 | -51.411 |
| 57 | 131 | 5.478 | 5.468 | 5.458 | -0.466 | -3.162 | -52.324 |
| 58 | 132 | 5.599 | 5.589 | 5.579 | -0.470 | -3.197 | -53.237 |
| 59 | 133 | 5.720 | 5.710 | 5.700 | -0.474 | -3.232 | -54.150 |
| 60 | 134 | 5.841 | 5.831 | 5.821 | -0.478 | -3.267 | -55.063 |
| 61 | 135 | 5.962 | 5.952 | 5.942 | -0.482 | -3.302 | -55.976 |
| 62 | 136 | 6.083 | 6.073 | 6.063 | -0.486 | -3.337 | -56.889 |
| 63 | 137 | 6.204 | 6.194 | 6.184 | -0.490 | -3.372 | -57.802 |
| 64 | 138 | 6.325 | 6.315 | 6.305 | -0.494 | -3.407 | -58.715 |
| 65 | 139 | 6.446 | 6.436 | 6.426 | -0.498 | -3.442 | -59.628 |
| 66 | 140 | 6.567 | 6.557 | 6.547 | -0.502 | -3.477 | -60.541 |
| 67 | 141 | 6.688 | 6.678 | 6.668 | -0.506 | -3.512 | -61.454 |
| 68 | 142 | 6.809 | 6.799 | 6.789 | -0.510 | -3.547 | -62.367 |
| 69 | 143 | 6.930 | 6.920 | 6.910 | -0.514 | -3.582 | -63.280 |
| 70 | 144 | 7.051 | 7.041 | 7.031 | -0.518 | -3.617 | -64.193 |
| 71 | 145 | 7.172 | 7.162 | 7.152 | -0.522 | -3.652 | -65.106 |
| 72 | 146 | 7.293 | 7.283 | 7.273 | -0.526 | -3.687 | -66.019 |
| 73 | 147 | 7.414 | 7.404 | 7.394 | -0.530 | -3.722 | -66.932 |
| 74 | 148 | 7.535 | 7.525 | 7.515 | -0.534 | -3.757 | -67.845 |
| 75 | 149 | 7.656 | 7.646 | 7.636 | -0.538 | -3.792 | -68.758 |
| 76 | 150 | 7.777 | 7.767 | 7.757 | -0.542 | -3.827 | -69.671 |
| 77 | 151 | 7.898 | 7.888 | 7.878 | -0.546 | -3.862 | -70.584 |
| 78 | 152 | 8.019 | 8.009 | 7.999 | -0.550 | -3.897 | -71.497 |
| 79 | 153 | 8.140 | 8.130 | 8.120 | -0.554 | -3.932 | -72.410 |
| 80 | 154 | 8.261 | 8.251 | 8.241 | -0.558 | -3.967 | -73.323 |
| 81 | 155 | 8.382 | 8.372 | 8.362 | -0.562 | -4.002 | -74.236 |
| 82 | 156 | 8.503 | 8.493 | 8.483 | -0.566 | -4.037 | -75.149 |
| 83 | 157 | 8.624 | 8.614 | 8.604 | -0.570 | -4.072 | -76.062 |
| 84 | 158 | 8.745 | 8.735 | 8.725 | -0.574 | -4.107 | -76.975 |
| 85 | 159 | 8.866 | 8.856 | 8.846 | -0.578 | -4.142 | -77.888 |
| 86 | 160 | 8.987 | 8.977 | 8.967 | -0.582 | -4.177 | -78.801 |
| 87 | 161 | 9.108 | 9.098 | 9.088 | -0.586 | -4.212 | -79.714 |
| 88 | 162 | 9.229 | 9.219 | 9.209 | -0.590 | -4.247 | -80.627 |
| 89 | 163 | 9.350 | 9.340 | 9.330 | -0.594 | -4.282 | -81.540 |
| 90 | 164 | 9.471 | 9.461 | 9.451 | -0.598 | -4.317 | -82.453 |
| 91 | 165 | 9.592 | 9.582 | 9.572 | -0.602 | -4.352 | -83.366 |
| 92 | 166 | 9.713 | 9.703 | 9.693 | -0.606 | -4.387 | -84.279 |
| 93 | 167 | 9.834 | 9.824 | 9.814 | -0.610 | -4.422 | -85.192 |
| 94 | 168 | 9.955 | 9.945 | 9.935 | -0.614 | -4.457 | -86.105 |
| 95 | 169 | 10.076 | 10.066 | 10.056 | -0.618 | -4.492 | -87.018 |
| 96 | 170 | 10.197 | 10.187 | 10.177 | -0.622 | -4.527 | -87.931 |
| 97 | 171 | 10.318 | 10.308 | 10.298 | -0.626 | -4.562 | -88.844 |
| 98 | 172 | 10.439 | 10.429 | 10.419 | -0.630 | -4.597 | -89.757 |
| 99 | 173 | 10.560 | 10.550 | 10.540 | -0.634 | -4.632 | -90.670 |
| 100 | 174 | 10.681 | 10.671 | 10.661 | -0.638 | -4.667 | -91.583 |
| 101 | 175 | 10.802 | 10.792 | 10.782 | -0.642 | -4.702 | -92.496 |
| 102 | 176 | 10.923 | 10.913 | 10.903 | -0.646 | -4.737 | -93.409 |
| 103 | 177 | 11.044 | 11.034 | 11.024 | -0.650 | -4.772 | -94.322 |
| 104 | 178 | 11.165 | 11.155 | 11.145 | -0.654 | -4.807 | -95.235 |
| 105 | 179 | 11.286 | 11.276 | 11.266 | -0.658 | -4.842 | -96.148 |
| 106 | 180 | 11.407 | 11.397 | 11.387 | -0.662 | -4.877 | -97.061 |
| 107 | 181 | 11.528 | 11.518 | 11.508 | -0.666 | -4.912 | -97.974 |
| 108 | 182 | 11.649 | 11.639 | 11.629 | -0.670 | -4.947 | -98.887 |
| 109 | 183 | 11.770 | 11.760 | 11.750 | -0.674 | -4.982 | -99.800 |
| 110 | 184 | 11.891 | 11.881 | 11.871 | -0.678 | -5.017 | -100.713 |
| 111 | 185 | 12.012 | 12.002 | 11.992 | -0.682 | -5.052 | -101.626 |
| 112 | 186 | 12.133 | 12.123 | 12.113 | -0.686 | -5.087 | -102.539 |
| 113 | 187 | 12.254 | 12.244 | 12.234 | -0.690 | -5.122 | -103.452 |
| 114 | 188 | 12.375 | 12.365 | 12.355 | -0.694 | -5.157 | -104.365 |
| 115 | 189 | 12.496 | 12.486 | 12.476 | -0.698 | -5.192 | -105.278 |
| 116 | 190 | 12.617 | 12.607 | 12.597 | -0.702 | -5.227 | -106.191 |
| 117 | 191 | 12.738 | 12.728 | 12.718 | -0.706 | -5.262 | -107.104 |
| 118 | 192 | 12.859 | 12.849 | 12.839 | -0.710 | -5.297 | -108.017 |
| 119 | 193 | 12.980 | 12.970 | 12.960 | -0.714 | -5.332 | -108.930 |
| 120 | 194 | 13.101 | 13.091 | 13.081 | -0.718 | -5.367 | -109.843 |
| 121 | 195 | 13.222 | 13.212 | 13.202 | -0.722 | -5.402 | -110.756 |
| 122 | 196 | 13.343 | 13.333 | 13.323 | -0.726 | -5.437 | -111.669 |
| 123 | 197 | 13.464 | 13.454 | 13.444 | -0.730 | -5.472 | -112.582 |
| 124 | 198 | 13.585 | 13.575 | 13.565 | -0.734 | -5.507 | -113.495 |
| 125 | 199 | 13.706 | 13.696 | 13.686 | -0.738 | -5.542 | -114.408 |
| 126 | 200 | 13.827 | 13.817 | 13.807 | -0.742 | -5.577 | -115.321 |
| 127 | 201 | 13.948 | 13.938 | 13.928 | -0.746 | -5.612 | -116.234 |
| 128 | 202 | 14.069 | 14.059 | 14.049 | -0.750 | -5.647 | -117.147 |
| 129 | 203 | 14.190 | 14.180 | 14.170 | -0.754 | -5.682 | -118.060 |
| 130 | 204 | 14.311 | 14.301 | 14.291 | -0.758 | -5.717 | -118.973 |
| 131 | 205 | 14.432 | 14.422 | 14.412 | -0.762 | -5.752 | -119.886 |
| 132 | 206 | 14.553 | 14.543 | 14.533 | -0.766 | -5.787 | -120.799 |
| 133 | 207 | 14.674 | 14.664 | 14.654 | -0.770 | -5.822 | -121.712 |
| 134 | 208 | 14.795 | 14.785 | 14.775 | -0.774 | -5.857 | -122.625 |
| 135 | 209 | 14.916 | 14.906 | 14.896 | -0.778 | -5.892 | -123.538 |
| 136 | 210 | 15.037 | 15.027 | 15.017 | -0.782 | -5.927 | -124.451 |
| 137 | 211 | 15.158 | 15.148 | 15.138 | -0.786 | -5.962 | -125.364 |
| 138 | 212 | 15.279 | 15.269 | 15.259 | -0.790 | -5.997 | -126.277 |
| 139 | 213 | 15.400 | 15.390 | 15.380 | -0.794 | -6.032 | -127.190 |
| 140 | 214 | 15.521 | 15.511 | 15.501 | -0.798 | -6.067 | -128.103 |
| 141 | 215 | 15.642 | 15.632 | 15.622 | -0.802 | -6.102 | -129.016 |
| 142 | 216 | 15.763 | 15.753 | 15.743 | -0.806 | -6.137 | -129.929 |
| 143 | 217 | 15.884 | 15.874 | 15.864 | -0.810 | -6.172 | -130.842 |
| 144 | 218 | 16.005 | 15.995 | 15.985 | -0.814 | -6.207 | -131.755 |
| 145 | 219 | 16.126 | 16.116 | 16.106 | -0.818 | -6.242 | -132.668 |
| 146 | 220 | 16.247 | 16.237 | 16.227 | -0.822 | -6.277 | -133.581 |
| 147 | 221 | 16.368 | 16.358 | 16.348 | -0.826 | -6.312 | -134.494 |
| 148 | 222 | 16.489 | 16.479 | 16.469 | -0.830 | -6.347 | -135.407 |
| 149 | 223 | 16.610 | 16.600 | 16.590 | -0.834 | -6.382 | -136.320 |
| 150 | 224 | 16.731 | 16.721 | 16.711 | -0.838 | -6 | |

| | | | | | | | | |
|--|--|--|-------|------|-------|------|-------|------|
| | | | -2377 | 1462 | -2394 | 1461 | -2355 | 2275 |
| | | | -2376 | 1461 | -2393 | 1460 | -2354 | 2274 |
| | | | -2375 | 1460 | -2392 | 1459 | -2353 | 2273 |
| | | | -2374 | 1459 | -2391 | 1458 | -2352 | 2272 |
| | | | -2373 | 1458 | -2390 | 1457 | -2351 | 2271 |
| | | | -2372 | 1457 | -2389 | 1456 | -2350 | 2270 |
| | | | -2371 | 1456 | -2388 | 1455 | -2349 | 2269 |
| | | | -2370 | 1455 | -2387 | 1454 | -2348 | 2268 |
| | | | -2369 | 1454 | -2386 | 1453 | -2347 | 2267 |
| | | | -2368 | 1453 | -2385 | 1452 | -2346 | 2266 |
| | | | -2367 | 1452 | -2384 | 1451 | -2345 | 2265 |
| | | | -2366 | 1451 | -2383 | 1450 | -2344 | 2264 |
| | | | -2365 | 1450 | -2382 | 1449 | -2343 | 2263 |
| | | | -2364 | 1449 | -2381 | 1448 | -2342 | 2262 |
| | | | -2363 | 1448 | -2380 | 1447 | -2341 | 2261 |
| | | | -2362 | 1447 | -2379 | 1446 | -2340 | 2260 |
| | | | -2361 | 1446 | -2378 | 1445 | -2339 | 2259 |
| | | | -2360 | 1445 | -2377 | 1444 | -2338 | 2258 |
| | | | -2359 | 1444 | -2376 | 1443 | -2337 | 2257 |
| | | | -2358 | 1443 | -2375 | 1442 | -2336 | 2256 |
| | | | -2357 | 1442 | -2374 | 1441 | -2335 | 2255 |
| | | | -2356 | 1441 | -2373 | 1440 | -2334 | 2254 |
| | | | -2355 | 1440 | -2372 | 1439 | -2333 | 2253 |
| | | | -2354 | 1439 | -2371 | 1438 | -2332 | 2252 |
| | | | -2353 | 1438 | -2370 | 1437 | -2331 | 2251 |
| | | | -2352 | 1437 | -2369 | 1436 | -2330 | 2250 |
| | | | -2351 | 1436 | -2368 | 1435 | -2329 | 2249 |
| | | | -2350 | 1435 | -2367 | 1434 | -2328 | 2248 |
| | | | -2349 | 1434 | -2366 | 1433 | -2327 | 2247 |
| | | | -2348 | 1433 | -2365 | 1432 | -2326 | 2246 |
| | | | -2347 | 1432 | -2364 | 1431 | -2325 | 2245 |
| | | | -2346 | 1431 | -2363 | 1430 | -2324 | 2244 |
| | | | -2345 | 1430 | -2362 | 1429 | -2323 | 2243 |
| | | | -2344 | 1429 | -2361 | 1428 | -2322 | 2242 |
| | | | -2343 | 1428 | -2360 | 1427 | -2321 | 2241 |
| | | | -2342 | 1427 | -2359 | 1426 | -2320 | 2240 |
| | | | -2341 | 1426 | -2358 | 1425 | -2319 | 2239 |
| | | | -2340 | 1425 | -2357 | 1424 | -2318 | 2238 |
| | | | -2339 | 1424 | -2356 | 1423 | -2317 | 2237 |
| | | | -2338 | 1423 | -2355 | 1422 | -2316 | 2236 |
| | | | -2337 | 1422 | -2354 | 1421 | -2315 | 2235 |
| | | | -2336 | 1421 | -2353 | 1420 | -2314 | 2234 |
| | | | -2335 | 1420 | -2352 | 1419 | -2313 | 2233 |
| | | | -2334 | 1419 | -2351 | 1418 | -2312 | 2232 |
| | | | -2333 | 1418 | -2350 | 1417 | -2311 | 2231 |
| | | | -2332 | 1417 | -2349 | 1416 | -2310 | 2230 |
| | | | -2331 | 1416 | -2348 | 1415 | -2309 | 2229 |
| | | | -2330 | 1415 | -2347 | 1414 | -2308 | 2228 |
| | | | -2329 | 1414 | -2346 | 1413 | -2307 | 2227 |
| | | | -2328 | 1413 | -2345 | 1412 | -2306 | 2226 |
| | | | -2327 | 1412 | -2344 | 1411 | -2305 | 2225 |
| | | | -2326 | 1411 | -2343 | 1410 | -2304 | 2224 |
| | | | -2325 | 1410 | -2342 | 1409 | -2303 | 2223 |
| | | | -2324 | 1409 | -2341 | 1408 | -2302 | 2222 |
| | | | -2323 | 1408 | -2340 | 1407 | -2301 | 2221 |
| | | | -2322 | 1407 | -2339 | 1406 | -2300 | 2220 |
| | | | -2321 | 1406 | -2338 | 1405 | -2299 | 2219 |
| | | | -2320 | 1405 | -2337 | 1404 | -2298 | 2218 |
| | | | -2319 | 1404 | -2336 | 1403 | -2297 | 2217 |
| | | | -2318 | 1403 | -2335 | 1402 | -2296 | 2216 |
| | | | -2317 | 1402 | -2334 | 1401 | -2295 | 2215 |
| | | | -2316 | 1401 | -2333 | 1400 | -2294 | 2214 |
| | | | -2315 | 1400 | -2332 | 1399 | -2293 | 2213 |
| | | | -2314 | 1399 | -2331 | 1398 | -2292 | 2212 |
| | | | -2313 | 1398 | -2330 | 1397 | -2291 | 2211 |
| | | | -2312 | 1397 | -2329 | 1396 | -2290 | 2210 |
| | | | -2311 | 1396 | -2328 | 1395 | -2289 | 2209 |
| | | | -2310 | 1395 | -2327 | 1394 | -2288 | 2208 |
| | | | -2309 | 1394 | -2326 | 1393 | -2287 | 2207 |
| | | | -2308 | 1393 | -2325 | 1392 | -2286 | 2206 |
| | | | -2307 | 1392 | -2324 | 1391 | -2285 | 2205 |
| | | | -2306 | 1391 | -2323 | 1390 | -2284 | 2204 |
| | | | -2305 | 1390 | -2322 | 1389 | -2283 | 2203 |
| | | | -2304 | 1389 | -2321 | 1388 | -2282 | 2202 |
| | | | -2303 | 1388 | -2320 | 1387 | -2281 | 2201 |
| | | | -2302 | 1387 | -2319 | 1386 | -2280 | 2200 |
| | | | -2301 | 1386 | -2318 | 1385 | -2279 | 2199 |
| | | | -2300 | 1385 | -2317 | 1384 | -2278 | 2198 |
| | | | -2299 | 1384 | -2316 | 1383 | -2277 | 2197 |
| | | | -2298 | 1383 | -2315 | 1382 | -2276 | 2196 |
| | | | -2297 | 1382 | -2314 | 1381 | -2275 | 2195 |
| | | | -2296 | 1381 | -2313 | 1380 | -2274 | 2194 |
| | | | -2295 | 1380 | -2312 | 1379 | -2273 | 2193 |
| | | | -2294 | 1379 | -2311 | 1378 | -2272 | 2192 |
| | | | -2293 | 1378 | -2310 | 1377 | -2271 | 2191 |
| | | | -2292 | 1377 | -2309 | 1376 | -2270 | 2190 |
| | | | -2291 | 1376 | -2308 | 1375 | -2269 | 2189 |
| | | | -2290 | 1375 | -2307 | 1374 | -2268 | 2188 |
| | | | -2289 | 1374 | -2306 | 1373 | -2267 | 2187 |
| | | | -2288 | 1373 | -2305 | 1372 | -2266 | 2186 |
| | | | -2287 | 1372 | -2304 | 1371 | -2265 | 2185 |
| | | | -2286 | 1371 | -2303 | 1370 | -2264 | 2184 |
| | | | -2285 | 1370 | -2302 | 1369 | -2263 | 2183 |
| | | | -2284 | 1369 | -2301 | 1368 | -2262 | 2182 |
| | | | -2283 | 1368 | -2300 | 1367 | -2261 | 2181 |
| | | | -2282 | 1367 | -2299 | 1366 | -2260 | 2180 |
| | | | -2281 | 1366 | -2298 | 1365 | -2259 | 2179 |
| | | | -2280 | 1365 | -2297 | 1364 | -2258 | 2178 |
| | | | -2279 | 1364 | -2296 | 1363 | -2257 | 2177 |
| | | | -2278 | 1363 | -2295 | 1362 | -2256 | 2176 |
| | | | -2277 | 1362 | -2294 | 1361 | -2255 | 2175 |
| | | | -2276 | 1361 | -2293 | 1360 | -2254 | 2174 |
| | | | -2275 | 1360 | -2292 | 1359 | -2253 | 2173 |
| | | | -2274 | 1359 | -2291 | 1358 | -2252 | 2172 |
| | | | -2273 | 1358 | -2290 | 1357 | -2251 | 2171 |
| | | | -2272 | 1357 | -2289 | 1356 | -2250 | 2170 |
| | | | -2271 | 1356 | -2288 | 1355 | -2249 | 2169 |
| | | | -2270 | 1355 | -2287 | 1354 | -2248 | 2168 |
| | | | -2269 | 1354 | -2286 | 1353 | -2247 | 2167 |
| | | | -2268 | 1353 | -2285 | 1352 | -2246 | 2166 |
| | | | -2267 | 1352 | -2284 | 1351 | -2245 | 2165 |
| | | | -2266 | 1351 | -2283 | 1350 | -2244 | 2164 |
| | | | -2265 | 1350 | -2282 | 1349 | -2243 | 2163 |
| | | | -2264 | 1349 | -2281 | 1348 | -2242 | 2162 |
| | | | -2263 | 1348 | -2280 | 1347 | -2241 | 2161 |
| | | | -2262 | 1347 | -2279 | 1346 | -2240 | 2160 |
| | | | -2261 | 1346 | -2278 | 1345 | -2239 | 2159 |
| | | | -2260 | 1345 | -2277 | 1344 | -2238 | 2158 |
| | | | -2259 | 1344 | -2276 | 1343 | -2237 | 2157 |
| | | | -2258 | 1343 | -2275 | 1342 | -2236 | 2156 |
| | | | -2257 | 1342 | -2274 | 1341 | -2235 | 2155 |
| | | | -2256 | 1341 | -2273 | 1340 | -2234 | 2154 |
| | | | -2255 | 1340 | -2272 | 1339 | -2233 | 2153 |
| | | | -2254 | 1339 | -2271 | 1338 | -2232 | 2152 |
| | | | -2253 | 1338 | -2270 | 1337 | -2231 | 2151 |
| | | | -2252 | 1337 | -2269 | 1336 | -2230 | 2150 |
| | | | -2251 | 1336 | -2268 | 1335 | -2229 | 2149 |
| | | | -2250 | 1335 | -2267 | 1334 | -2228 | 2148 |
| | | | -2249 | 1334 | -2266 | 1333 | -2227 | 2147 |
| | | | -2248 | 1333 | -2265 | 1332 | -2226 | 2146 |
| | | | -2247 | 1332 | -2264 | 1331 | -2225 | 2145 |
| | | | -2246 | 1331 | -2263 | 1330 | -2224 | 2144 |
| | | | -2245 | 1330 | -2262 | 1329 | -2223 | 2143 |
| | | | -2244 | 1329 | -2261 | 1328 | -2222 | 2142 |
| | | | -2243 | 1328 | -2260 | 1327 | -2221 | 2141 |
| | | | -2242 | 1327 | -2259 | 1326 | -2220 | 2140 |
| | | | -2241 | 1326 | -2258 | 1325 | -2219 | 2139 |
| | | | -2240 | 1325 | -2257 | 1324 | -2218 | 2138 |
| | | | -2239 | 1324 | -2256 | 1323 | -2217 | 2137 |
| | | | -2238 | 1323 | -2255 | 1322 | -2216 | 2136 |
| | | | -2237 | 1322 | -2254 | 1321 | -2215 | 2135 |
| | | | -2236 | 1321 | -2253 | 1320 | -2214 | 2134 |
| | | | -2235 | 1320 | -2252 | 1319 | -2213 | 2133 |
| | | | -2234 | 1319 | -2251 | 1318 | -2212 | 2132 |
| | | | -2233 | 1318 | -2250 | 1317 | -2211 | 2131 |
| | | | -2232 | 1317 | -2249 | 1316 | -2210 | 2130 |
| | | | -2231 | 1316 | -2248 | 1315 | -2209 | 2129 |
| | | | -2230 | 1315 | -2247 | 1314 | -2208 | 2128 |
| | | | -2229 | 1314 | -2246 | 1313 | -2207 | 2127 |
| | | | -2228 | 1313 | -2245 | 1312 | -2206 | 2126 |
| | | | -2227 | 1312 | -2244 | | | |

| | | | | | | | | | |
|--|----|-----|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| | 76 | 26 | -21277 | -18,222 | -12,226 | -12,226 | 12,226 | 12,226 | 12,226 |
| | | 27 | -21414 | -18,359 | -12,363 | -12,363 | 12,363 | 12,363 | 12,363 |
| | 76 | 28 | -21551 | -18,496 | -12,500 | -12,500 | 12,500 | 12,500 | 12,500 |
| | | 29 | -21688 | -18,633 | -12,637 | -12,637 | 12,637 | 12,637 | 12,637 |
| | 76 | 30 | -21825 | -18,770 | -12,774 | -12,774 | 12,774 | 12,774 | 12,774 |
| | | 31 | -21962 | -18,907 | -12,911 | -12,911 | 12,911 | 12,911 | 12,911 |
| | 76 | 32 | -22099 | -19,044 | -13,048 | -13,048 | 13,048 | 13,048 | 13,048 |
| | | 33 | -22236 | -19,181 | -13,185 | -13,185 | 13,185 | 13,185 | 13,185 |
| | 76 | 34 | -22373 | -19,318 | -13,322 | -13,322 | 13,322 | 13,322 | 13,322 |
| | | 35 | -22510 | -19,455 | -13,459 | -13,459 | 13,459 | 13,459 | 13,459 |
| | 76 | 36 | -22647 | -19,592 | -13,596 | -13,596 | 13,596 | 13,596 | 13,596 |
| | | 37 | -22784 | -19,729 | -13,733 | -13,733 | 13,733 | 13,733 | 13,733 |
| | 76 | 38 | -22921 | -19,866 | -13,870 | -13,870 | 13,870 | 13,870 | 13,870 |
| | | 39 | -23058 | -20,003 | -14,007 | -14,007 | 14,007 | 14,007 | 14,007 |
| | 76 | 40 | -23195 | -20,140 | -14,144 | -14,144 | 14,144 | 14,144 | 14,144 |
| | | 41 | -23332 | -20,277 | -14,281 | -14,281 | 14,281 | 14,281 | 14,281 |
| | 76 | 42 | -23469 | -20,414 | -14,418 | -14,418 | 14,418 | 14,418 | 14,418 |
| | | 43 | -23606 | -20,551 | -14,555 | -14,555 | 14,555 | 14,555 | 14,555 |
| | 76 | 44 | -23743 | -20,688 | -14,692 | -14,692 | 14,692 | 14,692 | 14,692 |
| | | 45 | -23880 | -20,825 | -14,829 | -14,829 | 14,829 | 14,829 | 14,829 |
| | 76 | 46 | -24017 | -20,962 | -14,966 | -14,966 | 14,966 | 14,966 | 14,966 |
| | | 47 | -24154 | -21,099 | -15,103 | -15,103 | 15,103 | 15,103 | 15,103 |
| | 76 | 48 | -24291 | -21,236 | -15,240 | -15,240 | 15,240 | 15,240 | 15,240 |
| | | 49 | -24428 | -21,373 | -15,377 | -15,377 | 15,377 | 15,377 | 15,377 |
| | 76 | 50 | -24565 | -21,510 | -15,514 | -15,514 | 15,514 | 15,514 | 15,514 |
| | | 51 | -24702 | -21,647 | -15,651 | -15,651 | 15,651 | 15,651 | 15,651 |
| | 76 | 52 | -24839 | -21,784 | -15,788 | -15,788 | 15,788 | 15,788 | 15,788 |
| | | 53 | -24976 | -21,921 | -15,925 | -15,925 | 15,925 | 15,925 | 15,925 |
| | 76 | 54 | -25113 | -22,058 | -16,062 | -16,062 | 16,062 | 16,062 | 16,062 |
| | | 55 | -25250 | -22,195 | -16,199 | -16,199 | 16,199 | 16,199 | 16,199 |
| | 76 | 56 | -25387 | -22,332 | -16,336 | -16,336 | 16,336 | 16,336 | 16,336 |
| | | 57 | -25524 | -22,469 | -16,473 | -16,473 | 16,473 | 16,473 | 16,473 |
| | 76 | 58 | -25661 | -22,606 | -16,610 | -16,610 | 16,610 | 16,610 | 16,610 |
| | | 59 | -25798 | -22,743 | -16,747 | -16,747 | 16,747 | 16,747 | 16,747 |
| | 76 | 60 | -25935 | -22,880 | -16,884 | -16,884 | 16,884 | 16,884 | 16,884 |
| | | 61 | -26072 | -23,017 | -17,021 | -17,021 | 17,021 | 17,021 | 17,021 |
| | 76 | 62 | -26209 | -23,154 | -17,158 | -17,158 | 17,158 | 17,158 | 17,158 |
| | | 63 | -26346 | -23,291 | -17,295 | -17,295 | 17,295 | 17,295 | 17,295 |
| | 76 | 64 | -26483 | -23,428 | -17,432 | -17,432 | 17,432 | 17,432 | 17,432 |
| | | 65 | -26620 | -23,565 | -17,569 | -17,569 | 17,569 | 17,569 | 17,569 |
| | 76 | 66 | -26757 | -23,702 | -17,706 | -17,706 | 17,706 | 17,706 | 17,706 |
| | | 67 | -26894 | -23,839 | -17,843 | -17,843 | 17,843 | 17,843 | 17,843 |
| | 76 | 68 | -27031 | -23,976 | -17,980 | -17,980 | 17,980 | 17,980 | 17,980 |
| | | 69 | -27168 | -24,113 | -18,117 | -18,117 | 18,117 | 18,117 | 18,117 |
| | 76 | 70 | -27305 | -24,250 | -18,254 | -18,254 | 18,254 | 18,254 | 18,254 |
| | | 71 | -27442 | -24,387 | -18,391 | -18,391 | 18,391 | 18,391 | 18,391 |
| | 76 | 72 | -27579 | -24,524 | -18,528 | -18,528 | 18,528 | 18,528 | 18,528 |
| | | 73 | -27716 | -24,661 | -18,665 | -18,665 | 18,665 | 18,665 | 18,665 |
| | 76 | 74 | -27853 | -24,798 | -18,802 | -18,802 | 18,802 | 18,802 | 18,802 |
| | | 75 | -27990 | -24,935 | -18,939 | -18,939 | 18,939 | 18,939 | 18,939 |
| | 76 | 76 | -28127 | -25,072 | -19,076 | -19,076 | 19,076 | 19,076 | 19,076 |
| | | 77 | -28264 | -25,209 | -19,213 | -19,213 | 19,213 | 19,213 | 19,213 |
| | 76 | 78 | -28401 | -25,346 | -19,350 | -19,350 | 19,350 | 19,350 | 19,350 |
| | | 79 | -28538 | -25,483 | -19,487 | -19,487 | 19,487 | 19,487 | 19,487 |
| | 76 | 80 | -28675 | -25,620 | -19,624 | -19,624 | 19,624 | 19,624 | 19,624 |
| | | 81 | -28812 | -25,757 | -19,761 | -19,761 | 19,761 | 19,761 | 19,761 |
| | 76 | 82 | -28949 | -25,894 | -19,898 | -19,898 | 19,898 | 19,898 | 19,898 |
| | | 83 | -29086 | -26,031 | -20,035 | -20,035 | 20,035 | 20,035 | 20,035 |
| | 76 | 84 | -29223 | -26,168 | -20,172 | -20,172 | 20,172 | 20,172 | 20,172 |
| | | 85 | -29360 | -26,305 | -20,309 | -20,309 | 20,309 | 20,309 | 20,309 |
| | 76 | 86 | -29497 | -26,442 | -20,446 | -20,446 | 20,446 | 20,446 | 20,446 |
| | | 87 | -29634 | -26,579 | -20,583 | -20,583 | 20,583 | 20,583 | 20,583 |
| | 76 | 88 | -29771 | -26,716 | -20,720 | -20,720 | 20,720 | 20,720 | 20,720 |
| | | 89 | -29908 | -26,853 | -20,857 | -20,857 | 20,857 | 20,857 | 20,857 |
| | 76 | 90 | -30045 | -26,990 | -20,994 | -20,994 | 20,994 | 20,994 | 20,994 |
| | | 91 | -30182 | -27,127 | -21,131 | -21,131 | 21,131 | 21,131 | 21,131 |
| | 76 | 92 | -30319 | -27,264 | -21,268 | -21,268 | 21,268 | 21,268 | 21,268 |
| | | 93 | -30456 | -27,401 | -21,405 | -21,405 | 21,405 | 21,405 | 21,405 |
| | 76 | 94 | -30593 | -27,538 | -21,542 | -21,542 | 21,542 | 21,542 | 21,542 |
| | | 95 | -30730 | -27,675 | -21,679 | -21,679 | 21,679 | 21,679 | 21,679 |
| | 76 | 96 | -30867 | -27,812 | -21,816 | -21,816 | 21,816 | 21,816 | 21,816 |
| | | 97 | -31004 | -27,949 | -21,953 | -21,953 | 21,953 | 21,953 | 21,953 |
| | 76 | 98 | -31141 | -28,086 | -22,090 | -22,090 | 22,090 | 22,090 | 22,090 |
| | | 99 | -31278 | -28,223 | -22,227 | -22,227 | 22,227 | 22,227 | 22,227 |
| | 76 | 100 | -31415 | -28,360 | -22,364 | -22,364 | 22,364 | 22,364 | 22,364 |

| | | | | | | | | |
|--|-----|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 1 | 11.77 | -11.44 | 5.073 | -11.44 | 11.77 | 11.77 |
| | 2 | 19 | -1.11 | 22.441 | -11.44 | 11.77 | -11.44 | -11.44 |
| | 3 | 18 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 4 | 17 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 5 | 16 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 6 | 15 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 7 | 14 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 8 | 13 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 9 | 12 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 10 | 11 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 11 | 10 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 12 | 9 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 13 | 8 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 14 | 7 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 15 | 6 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 16 | 5 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 17 | 4 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 18 | 3 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 19 | 2 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 20 | 1 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 21 | 1 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 22 | 2 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 23 | 3 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 24 | 4 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 25 | 5 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 26 | 6 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 27 | 7 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 28 | 8 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 29 | 9 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 30 | 10 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 31 | 11 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 32 | 12 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 33 | 13 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 34 | 14 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 35 | 15 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 36 | 16 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 37 | 17 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 38 | 18 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 39 | 19 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 40 | 20 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 41 | 21 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 42 | 22 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 43 | 23 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 44 | 24 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 45 | 25 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 46 | 26 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 47 | 27 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 48 | 28 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 49 | 29 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 50 | 30 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 51 | 31 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 52 | 32 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 53 | 33 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 54 | 34 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 55 | 35 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 56 | 36 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 57 | 37 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 58 | 38 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 59 | 39 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 60 | 40 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 61 | 41 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 62 | 42 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 63 | 43 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 64 | 44 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 65 | 45 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 66 | 46 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 67 | 47 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 68 | 48 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 69 | 49 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 70 | 50 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 71 | 51 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 72 | 52 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 73 | 53 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 74 | 54 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 75 | 55 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 76 | 56 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 77 | 57 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 78 | 58 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 79 | 59 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 80 | 60 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 81 | 61 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 82 | 62 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 83 | 63 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 84 | 64 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 85 | 65 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 86 | 66 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 87 | 67 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 88 | 68 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 89 | 69 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 90 | 70 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 91 | 71 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 92 | 72 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 93 | 73 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 94 | 74 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 95 | 75 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 96 | 76 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 97 | 77 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 98 | 78 | -1.11 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 | -11.44 |
| | 99 | 79 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |
| | 100 | 80 | 1.11 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 | 11.77 |

| | | | | | | | |
|----|---|------|------|------|------|------|------|
| | | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 26 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 29 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 31 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 32 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 33 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 34 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 35 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 36 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| 37 | 1 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 2 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 3 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |
| | 4 | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL | +LFL |

| RESULTS SUMMARY FOR LOADING 5 | | - LOADING INHIBIT | | | | | |
|-------------------------------|--------|-------------------|---|---|---|---|---|
| 15 | REPAIR | + | + | + | + | + | + |
| 16 | | + | + | + | + | + | + |
| 17 | | + | + | + | + | + | + |
| 18 | | + | + | + | + | + | + |
| 19 | | + | + | + | + | + | + |
| 20 | | + | + | + | + | + | + |
| 21 | | + | + | + | + | + | + |
| 22 | | + | + | + | + | + | + |
| 23 | | + | + | + | + | + | + |
| 24 | | + | + | + | + | + | + |
| 25 | | + | + | + | + | + | + |
| 26 | | + | + | + | + | + | + |
| 27 | | + | + | + | + | + | + |
| 28 | | + | + | + | + | + | + |
| 29 | | + | + | + | + | + | + |
| 30 | | + | + | + | + | + | + |
| 31 | | + | + | + | + | + | + |
| 32 | | + | + | + | + | + | + |
| 33 | | + | + | + | + | + | + |
| 34 | | + | + | + | + | + | + |
| 35 | | + | + | + | + | + | + |
| 36 | | + | + | + | + | + | + |
| 37 | | + | + | + | + | + | + |
| 38 | | + | + | + | + | + | + |
| 39 | | + | + | + | + | + | + |
| 40 | | + | + | + | + | + | + |
| 41 | | + | + | + | + | + | + |
| 42 | | + | + | + | + | + | + |
| 43 | | + | + | + | + | + | + |
| 44 | | + | + | + | + | + | + |
| 45 | | + | + | + | + | + | + |
| 46 | | + | + | + | + | + | + |
| 47 | | + | + | + | + | + | + |
| 48 | | + | + | + | + | + | + |
| 49 | | + | + | + | + | + | + |
| 50 | | + | + | + | + | + | + |
| 51 | | + | + | + | + | + | + |
| 52 | | + | + | + | + | + | + |
| 53 | | + | + | + | + | + | + |
| 54 | | + | + | + | + | + | + |
| 55 | | + | + | + | + | + | + |
| 56 | | + | + | + | + | + | + |
| 57 | | + | + | + | + | + | + |
| 58 | | + | + | + | + | + | + |
| 59 | | + | + | + | + | + | + |
| 60 | | + | + | + | + | + | + |
| 61 | | + | + | + | + | + | + |
| 62 | | + | + | + | + | + | + |
| 63 | | + | + | + | + | + | + |
| 64 | | + | + | + | + | + | + |
| 65 | | + | + | + | + | + | + |
| 66 | | + | + | + | + | + | + |
| 67 | | + | + | + | + | + | + |
| 68 | | + | + | + | + | + | + |
| 69 | | + | + | + | + | + | + |
| 70 | | + | + | + | + | + | + |
| 71 | | + | + | + | + | + | + |
| 72 | | + | + | + | + | + | + |
| 73 | | + | + | + | + | + | + |
| 74 | | + | + | + | + | + | + |
| 75 | | + | + | + | + | + | + |
| 76 | | + | + | + | + | + | + |
| 77 | | + | + | + | + | + | + |
| 78 | | + | + | + | + | + | + |
| 79 | | + | + | + | + | + | + |
| 80 | | + | + | + | + | + | + |
| 81 | | + | + | + | + | + | + |
| 82 | | + | + | + | + | + | + |
| 83 | | + | + | + | + | + | + |
| 84 | | + | + | + | + | + | + |
| 85 | | + | + | + | + | + | + |
| 86 | | + | + | + | + | + | + |
| 87 | | + | + | + | + | + | + |
| 88 | | + | + | + | + | + | + |
| 89 | | + | + | + | + | + | + |
| 90 | | + | + | + | + | + | + |
| 91 | | + | + | + | + | + | + |
| 92 | | + | + | + | + | + | + |
| 93 | | + | + | + | + | + | + |
| 94 | | + | + | + | + | + | + |
| 95 | | + | + | + | + | + | + |
| 96 | | + | + | + | + | + | + |
| 97 | | + | + | + | + | + | + |
| 98 | | + | + | + | + | + | + |
| 99 | | + | + | + | + | + | + |
| 100 | | + | + | + | + | + | + |

| | | | | | | | | |
|----|--------|---|------|------|------|------|------|------|
| 12 | GLCPAL | 1 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |
| | | 2 | 0001 | 0001 | 0001 | 0001 | 0001 | 0001 |
| | | 3 | 0002 | 0002 | 0002 | 0002 | 0002 | 0002 |
| | | 4 | 0003 | 0003 | 0003 | 0003 | 0003 | 0003 |
| 13 | GLCPAL | 1 | 0004 | 0004 | 0004 | 0004 | 0004 | 0004 |
| | | 2 | 0005 | 0005 | 0005 | 0005 | 0005 | 0005 |
| | | 3 | 0006 | 0006 | 0006 | 0006 | 0006 | 0006 |
| | | 4 | 0007 | 0007 | 0007 | 0007 | 0007 | 0007 |
| 14 | GLCPAL | 1 | 0008 | 0008 | 0008 | 0008 | 0008 | 0008 |
| | | 2 | 0009 | 0009 | 0009 | 0009 | 0009 | 0009 |
| | | 3 | 0010 | 0010 | 0010 | 0010 | 0010 | 0010 |
| | | 4 | 0011 | 0011 | 0011 | 0011 | 0011 | 0011 |
| 15 | GLCPAL | 1 | 0012 | 0012 | 0012 | 0012 | 0012 | 0012 |
| | | 2 | 0013 | 0013 | 0013 | 0013 | 0013 | 0013 |
| | | 3 | 0014 | 0014 | 0014 | 0014 | 0014 | 0014 |
| | | 4 | 0015 | 0015 | 0015 | 0015 | 0015 | 0015 |
| 16 | GLCPAL | 1 | 0016 | 0016 | 0016 | 0016 | 0016 | 0016 |
| | | 2 | 0017 | 0017 | 0017 | 0017 | 0017 | 0017 |
| | | 3 | 0018 | 0018 | 0018 | 0018 | 0018 | 0018 |
| | | 4 | 0019 | 0019 | 0019 | 0019 | 0019 | 0019 |
| 17 | GLCPAL | 1 | 0020 | 0020 | 0020 | 0020 | 0020 | 0020 |
| | | 2 | 0021 | 0021 | 0021 | 0021 | 0021 | 0021 |
| | | 3 | 0022 | 0022 | 0022 | 0022 | 0022 | 0022 |
| | | 4 | 0023 | 0023 | 0023 | 0023 | 0023 | 0023 |
| 18 | GLCPAL | 1 | 0024 | 0024 | 0024 | 0024 | 0024 | 0024 |
| | | 2 | 0025 | 0025 | 0025 | 0025 | 0025 | 0025 |
| | | 3 | 0026 | 0026 | 0026 | 0026 | 0026 | 0026 |
| | | 4 | 0027 | 0027 | 0027 | 0027 | 0027 | 0027 |
| 19 | GLCPAL | 1 | 0028 | 0028 | 0028 | 0028 | 0028 | 0028 |
| | | 2 | 0029 | 0029 | 0029 | 0029 | 0029 | 0029 |
| | | 3 | 0030 | 0030 | 0030 | 0030 | 0030 | 0030 |
| | | 4 | 0031 | 0031 | 0031 | 0031 | 0031 | 0031 |
| 20 | GLCPAL | 1 | 0032 | 0032 | 0032 | 0032 | 0032 | 0032 |
| | | 2 | 0033 | 0033 | 0033 | 0033 | 0033 | 0033 |
| | | 3 | 0034 | 0034 | 0034 | 0034 | 0034 | 0034 |
| | | 4 | 0035 | 0035 | 0035 | 0035 | 0035 | 0035 |
| 21 | GLCPAL | 1 | 0036 | 0036 | 0036 | 0036 | 0036 | 0036 |
| | | 2 | 0037 | 0037 | 0037 | 0037 | 0037 | 0037 |
| | | 3 | 0038 | 0038 | 0038 | 0038 | 0038 | 0038 |
| | | 4 | 0039 | 0039 | 0039 | 0039 | 0039 | 0039 |
| 22 | GLCPAL | 1 | 0040 | 0040 | 0040 | 0040 | 0040 | 0040 |
| | | 2 | 0041 | 0041 | 0041 | 0041 | 0041 | 0041 |
| | | 3 | 0042 | 0042 | 0042 | 0042 | 0042 | 0042 |
| | | 4 | 0043 | 0043 | 0043 | 0043 | 0043 | 0043 |
| 23 | GLCPAL | 1 | 0044 | 0044 | 0044 | 0044 | 0044 | 0044 |
| | | 2 | 0045 | 0045 | 0045 | 0045 | 0045 | 0045 |
| | | 3 | 0046 | 0046 | 0046 | 0046 | 0046 | 0046 |
| | | 4 | 0047 | 0047 | 0047 | 0047 | 0047 | 0047 |
| 24 | GLCPAL | 1 | 0048 | 0048 | 0048 | 0048 | 0048 | 0048 |
| | | 2 | 0049 | 0049 | 0049 | 0049 | 0049 | 0049 |
| | | 3 | 0050 | 0050 | 0050 | 0050 | 0050 | 0050 |
| | | 4 | 0051 | 0051 | 0051 | 0051 | 0051 | 0051 |

| | | | | | | | | |
|----|--------|---|------|------|------|------|------|------|
| | | | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 |
| | | | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 |
| | | | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 |
| 53 | CECJAL | 1 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 |
| | | 2 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 |
| | | 3 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 |
| | | 4 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 |
| | | 5 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 |
| 54 | FLCJAL | 1 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 |
| | | 2 | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA |
| | | 3 | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB |
| | | 4 | +0FC | +0FC | +0FC | +0FC | +0FC | +0FC |
| | | 5 | +0FD | +0FD | +0FD | +0FD | +0FD | +0FD |
| 46 | CECJAL | 1 | +0FE | +0FE | +0FE | +0FE | +0FE | +0FE |
| | | 2 | +0FF | +0FF | +0FF | +0FF | +0FF | +0FF |
| | | 3 | +0F0 | +0F0 | +0F0 | +0F0 | +0F0 | +0F0 |
| | | 4 | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 |
| | | 5 | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 |
| 47 | CECJAL | 1 | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 |
| | | 2 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 |
| | | 3 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 |
| | | 4 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 |
| | | 5 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 |
| 58 | CECJAL | 1 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 |
| | | 2 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 |
| | | 3 | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA |
| | | 4 | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB |
| | | 5 | +0FC | +0FC | +0FC | +0FC | +0FC | +0FC |
| 54 | CECJAL | 1 | +0FD | +0FD | +0FD | +0FD | +0FD | +0FD |
| | | 2 | +0FE | +0FE | +0FE | +0FE | +0FE | +0FE |
| | | 3 | +0FF | +0FF | +0FF | +0FF | +0FF | +0FF |
| | | 4 | +0F0 | +0F0 | +0F0 | +0F0 | +0F0 | +0F0 |
| | | 5 | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 | +0F1 |
| 61 | CECJAL | 1 | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 | +0F2 |
| | | 2 | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 | +0F3 |
| | | 3 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 | +0F4 |
| | | 4 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 | +0F5 |
| | | 5 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 | +0F6 |
| 62 | CECJAL | 1 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 | +0F7 |
| | | 2 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 | +0F8 |
| | | 3 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 | +0F9 |
| | | 4 | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA | +0FA |
| | | 5 | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB | +0FB |

2ND FINISH
 DYNAMIC POPL STZ
 INHERE BLK
 100% DECIMAL WORDS AT END OF ICLE JOB
 IF REORGANIZATIONS IN THIS JOB
 10 DATA CONNECTIONS
 7 CCM RELEASED
 7 CCM RELEASED
 1 CCM LABELLED
 1 CCM LABELLED
 *100 CCM BLOCKS READ FROM BANKS
 *100 CCM BLOCKS WRITTEN TO BANKS
 1 CCM BLOCKS READ FROM BANKS

RECEIVED
JAN 15 1964
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
U. S. DEPARTMENT OF JUSTICE
WASHINGTON, D. C. 20535

RECOMENDACIONES

Siempre resulta interesante emitir recomendaciones sobre los resultados obtenidos de un proyecto, pues estas pueden servir de apoyo para aquellas personas que tengan acceso a este trabajo y que de alguna manera estén interesados en conocer diferentes opiniones.

Por lo anterior, en este punto se externarán algunas recomendaciones sobre el análisis y el diseño de la estructura estudiada.

- 1.- de acuerdo con análisis preliminares para determinar el número de pilotes necesarios para cada elemento, se observó que, dichos elementos están sustentados por una cantidad de pilotes superior al número que realmente son necesarios para el soporte de la superestructura, sobre todo en duques de alba, plataformas de amarre y atraque así como en la plataforma de operación.
- 2.- Se cree que una mejor solución para la subestructura hubiese sido a base de pilotes de concreto presforzado, evitando de esta forma proporcionar el mantenimiento permanente al que están sujetos los pilotes de acero, además de facilitar el procedimiento de hincado de pilotes y evitar el vaciado de concreto dentro de los mismos, todo lo cual representa tiempo, costo y calidad.
- 3.- Las trabes cajón como solución a la superestructura del viaducto no es la adecuada pues dicha sección representa una solución óptima para aquellas estructuras que están sujetas a esfuerzos de torsión, los cuales no se presentan en esta estructura (viaducto), por lo cual se debió haber decidido por alguna sección cuyo diseño sea el adecuado para absorber los esfuerzos actuantes bajo condiciones de servicio.

CONCLUSIONES

De alguna manera, siempre resulta satisfactorio dar por terminada una tarea, sea cual fuere su extensión, contenido, grado de dificultad, etc. sobre todo cuando se trata de cumplir con los objetivos planteados desde el inicio. En el presente caso la satisfacción es mayor porque cumple con la finalidad específica para la que fue ideada, es decir para otorgar el derecho de poder presentar un examen que permita obtener un título profesional en Ingeniería Civil.

Respecto al contenido del trabajo, resultaría difícil dar puntos de vista finales, por razones obvias, pues es imposible ser imparcial ante un trabajo cuya finalidad en todos y cada uno de sus temas es conocida a fondo, no obstante, refiriéndose estrictamente al tema central del mismo, se puede afirmar que posee un grado de interés muy particular para todos aquellos que de alguna manera tienen inclinaciones hacia el área de las estructuras, lo anterior debido a que después de haber realizado el presente trabajo, no es difícil pensar en otro sistema que posea la misma riqueza en cuanto a factores a considerar para realizar un análisis que trate de representar una situación lo mas real posible.

Por lo anterior se hace necesario plasmar aquí una modesta constancia del interés que reviste el tema, pero aun mas allá no se quisiera concluir con este trabajo sin mencionar la idea que se tiene de que la terminación del mismo, así como la posterior obtención del título, no es sino la culminación de un proceso de cambio debido a la formación que va dejando la universidad durante el paso que se tiene a través de ella y no solo de un proceso de aprendizaje teórico-practico de un tema particular y específico.

La idea anterior puede comprenderse mejor si se piensa o analiza la calidad de los trabajos que realiza un estudiante al iniciar una licenciatura comparativamente con los que él mismo pudiese realizar al final de la misma, especialmente una tesis. Otra idea muy clara que se puede obtener de todo el trabajo realizado es que, independientemente del mucho o poco aprovechamiento que se pudiese obtener durante la etapa de estudiante, resulta muy claro que el proceso de investigación para el conocimiento y realización de trabajos debe ser constante, pero aun mas, habiendo sido estudiantes

constantes se puede observar que se cuentan con las armas suficientes para atacar de frente, con un grado variable de dificultad, cualquier tipo de problema o situación que se pudiese presentar dentro de la vida profesional de un Ingeniero Civil.

Finalmente, se puede resumir en lo siguiente la conclusión de este trabajo, fue interesante porque nos abrió las puertas a la investigación y conocimiento de temas no dominados y fue efectivo, pues cumplió con el objetivo especificado, que es el de obtener el derecho a presentar un examen profesional para la obtención del título.

BIBLIOGRAFIA

- I. BOWLES, JOSEPH E., "FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN", ED. MCGRAW-HILL, USA, 1978.
- II. CASTILLO MARTINEZ HEBERTO, "NUEVA TEORIA DE LAS ESTRUCTURAS", EDITADO POR HEBERTO CASTILLO, MEXICO, 1964.
- III. COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, "SHORE PROTECTION MANUAL", VOL. II, EDIT. U.S. ARMY, USA, 1979.
- IV. DE BUEN, O., DE PABLO, F., ESTEVA, L. Y OLAGARAY, C., "APUNTES DE DISEÑO ESTRUCTURAL", FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM, MEXICO, D.F., 1984.
- V. GODA & YOSHIMURA, "WAVE FORCE COMPUTATION FOR STRUCTURES OF LARGE DIAMETER, ISOLATED OFF SHORE", JAPAN, 1978.
- VI. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS (CFE), "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES: Diseño por Viento", MEXICO, 1981.
- VII. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS (CFE), "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES: Diseño por Sismo", MEXICO, 1981.
- VIII. INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C., "REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO (A.C.I. 318-83) Y COMENTARIOS", MEXICO, 1984.
- IX. KAWAKAMI, NOBUKAWA, TAKANA Y KURASAWA, "ON THE RELATIONS OF FENDER TO STRENGTH OF SHIP SIDE STRUCTURE" RESEARCH REPORT, VOL. 24, No. 1, FACULTY OF ENGINEERING, HIROSHIMA UNIVERSITY, JAPAN, 1975.
- X. KAWAKAMI, KURASAWA, TAKANA Y MICHIMATO, "ON THE REQUIRED FUNCTION OF FENDER CONSIDERING OF PREVENTION OF DAMAGE OF SHIP SIDE STRUCTURE", RESEARCH REPORT, VOL. 2, No. 2, FACULTY OF ENGINEERING, HIROSHIMA UNIVERSITY, JAPAN, 1976.
- XI. MCGUIRE, WILLIAM, "STEEL STRUCTURES", ED. PRENTICE HALL INC., ENGLEWOOD CLIFFS, NEW YORK, 1968.
- XII. MERRIT, FREDERICK S., "MANUAL DEL INGENIERO CIVIL", VOL. I, ED. MCGRAW-HILL, MEXICO, 1986.

- XIII. MINIKIN, R.R.. "WINDS, WAVES AND MARITIME STRUCTURES",
ED. CHARLES GRIFFIN AND CO. LIMITED, ENGLAND, 1967.
- XIV. NEWMARK, N.M. Y ROSENBLUTH, E., "FUNDAMENTOS DE
INGENIERIA SISMICA", ED. DIANA, MEXICO, 1976.
- XV. NORMAS AASHTO (AMERICAN ASOCIATION OF STATE HIGHWAYS
AND TRANSPORTATION OFICIALS): ULTIMA EDICION, USA,
1977.
- XVI. OIL COMPANIES MARINE FORUM, "GUIDELINESS AND
RECOMENDATIONS FOR THE SAFE MOORING OF LARGE SHIPS AT
PIERS AND SEA ISLANDS". JAPAN, 1978.
- XVII. PARK, R. Y PAULAY, T., "ESTRUCTURAS DE CONCRETO
REFORZADO", ED. LIMUSA, MEXICO, 1979.
- XVIII. QUINN DE F., ALONZO, "DESIGN AND CONSTRUCTION OF PORTS
AND MARINE STRUCTURES". ED. MCGRAW-HILL, USA, 1985.
- XIX. "TECHNICAL STANDARD FOR PORT AND HARBOUR FACILITIES IN
JAPAN". 1980.
- XX. TORRES, JOSE LUIS, "ESTRUCTURAS MARITIMAS".
ED. LIMUSA, MEXICO, 1980.