



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ciencias (Estructuras)

ANÁLISIS DINÁMICO INTEGRAL DE UNA PLATAFORMA PARA EXTRACCIÓN  
DE HIDROCARBUROS EN AGUAS SOMERAS

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de  
Maestro en Ciencias (Estructuras)

Presenta:

Ing. Iván Fermín Arjona Catzim

Dirigido por:

Dr. Jaime Moisés Horta Rangel

Dr. Jaime Moisés Horta Rangel  
Presidente

Dr. Guadalupe Moisés Arroyo Contreras  
Secretario

Dr. Miguel Ángel Pérez Lara y Hernández  
Vocal

Dra. Karina Griselda Ocaña Espinosa de los Montero  
Suplente

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza  
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Junio de 2020

México

## RESUMEN

A diferencia de las estructuras en tierra firme, una plataforma marina se encuentra expuesta a condiciones climáticas extremas, debidas principalmente a los vientos intensos y el oleaje que estos generan.

En el presente trabajo de investigación, se plantea una metodología para conocer el comportamiento dinámico de una plataforma fija tipo Jacket en un tirante de agua de 66.10 metros sobre el NMM por medio de un análisis dinámico acoplado, en dicho análisis intervienen las presiones ejercidas por el viento en la superestructura de la plataforma y las fuerzas del mar en la subestructura. Así mismo, se considera el amortiguamiento hidráulico, resultado de las presiones del fluido a las cuales se someten los elementos sumergidos alrededor de la estructura.

La metodología consiste en definir la geometría y los parámetros ambientales conforme a la normativa NRF-003-PEMEX-2007. Con esos datos se analiza el perfil de viento de acuerdo al Instituto Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés) y se obtienen las fuerzas del viento, las cuales se traducen a presiones que se aplican directamente a sobre el edificio de la superestructura. En el caso del análisis del mar, se usan espectros de energía donde se obtiene la frecuencia pico, con esto se consigue la densidad de energía para encontrar la altura de ola y finalmente se procede a calcular las fuerzas que se ejercen sobre la subestructura, en este análisis se utiliza el modelo de *Pierson-Moskowitz* ya que se considera que el mar está totalmente desarrollado, lo que implica que el viento ha actuado sobre la superficie el tiempo suficiente para que todas las ondas componentes posibles se encuentren presentes. Hasta este punto del desarrollo de la investigación, se cumple la hipótesis, al ser posible acoplar ambos efectos al analizarlos de forma simultánea por medio de la variable de la velocidad del viento.

**(Palabras clave:** plataforma jacket, Pierson-Moskovitz, análisis integral, análisis dinámico, transferencia de presiones)

## SUMMARY

Unlike structures on land, an offshore platform is exposed to extreme weather conditions, mainly due to the intense winds and waves they generate.

In the present work, a methodology is proposed to know the dynamic behavior of a fixed Jacket-type platform in a 66.10-meter water strip above the MSL by means of a coupled dynamic analysis. This analysis involves the pressures exerted by the wind on the platform superstructure and the forces of the sea on the substructure. Likewise, hydraulic damping is considered, resulting from the fluid pressures to which the submerged elements around the structure are subjected.

The methodology consists of defining the geometry and environmental parameters in accordance with the NRF-003-PEMEX-2007 standard. With these data, the wind profile is analyzed according to the American Petroleum Institute (API) and wind forces are obtained, which are translated into pressures that are applied directly to the building of the superstructure. In the case of the analysis of the sea, energy spectra are used where the peak frequency is obtained, with this the energy density is obtained to find the wave height and finally the forces that are exerted on the substructure are calculated. In this analysis the Pierson-Moskowitz model is used since it is considered that the sea is fully developed, which implies that the wind has acted on the surface long enough for all the possible component waves to be present. Up to this point in the development of the research, the hypothesis is fulfilled, as it is possible to couple both effects by analyzing them simultaneously by means of the wind speed variable.

**(Key words:** jacket platform, Pierson-Moskovitz, coupled analysis, dynamic analysis, pressure transfer)

Dirección General de Bibliotecas UAQ

*“Ningún mar en calma hizo experto a un marinero”*

*Proverbio popular*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por brindarme la oportunidad de salir adelante en esta etapa de mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por haberme otorgado el financiamiento para la realización de esta tesis, y sin el cual no habría sido posible nada de esto.

Al Dr. Jaime Moisés Horta Rangel, por su tiempo, dedicación y excelente guía a lo largo de la maestría. Gracias por todas las enseñanzas.

A mi sínodo, el Dr. Moisés Arroyo Contreras, el Dr. Miguel Ángel Pérez Lara, la Dra. Karina Ocaña Espinosa de los Monteros y el Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza, por sus valiosas observaciones y sugerencias.

A mis padres, Nieves y Rosario, por su amor y apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida; y mis hermanas, Glendy, Lissie y Mariel, por estar presentes en todo momento.

A mí esposa, Wendy, por secundar todos mis planes y brindarme su apoyo a lo largo de esta travesía.

A mi familia, por animarme y acompañarme sin importar la distancia.

Al Ing. Fernando Pérez, por su oportuna ayuda, la cual facilitó el avance en este proyecto.

A mis compañeros de la Maestría en Ciencias, sobre todo a aquellos con los que compartí una valiosa amistad.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	2
<b>2. HIPÓTESIS</b> .....	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
<b>4. ANTECEDENTES</b> .....	<b>8</b>
4.1 EVOLUCIÓN Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PLATAFORMAS <i>OFFSHORE</i> .....	12
4.2.1 Plataformas fijas tipo <i>Jacket</i> .....	14
4.3 VELOCIDADES Y CARGAS DE VIENTO .....	16
4.4 PARÁMETROS DE DISEÑO DE UNA OLA .....	18
4.4.1 Caracterización de las partículas de agua de una ola. ....	21
4.4.2 Descripción espectral de una ola .....	25
4.5 PARÁMETROS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS PARA EL DISEÑO DE PLATAFORMAS <i>OFFSHORE</i> ..	27
4.6 COMBINACIONES DE CARGA .....	29
4.7 ANÁLISIS DINÁMICO DE UNA PLATAFORMA <i>OFFSHORE</i> .....	30
4.8 RESPUESTA DINÁMICA DE UNA PLATAFORMA TIPO <i>JACKET</i> .....	33
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>36</b>
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>39</b>
6.1 PERFILES DE VIENTO.....	39
6.2 ESPECTRO DE ENERGÍA DE LA OLA .....	40
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>8. REFERENCIAS</b> .....	<b>47</b>
<b>9. APÉNDICE</b> .....	<b>52</b>
9.1 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y OCEANOGRÁFICA DE EXTREMOS PARA EL DISEÑO DE PLATAFORMAS FIJAS EN EL GOLFO DE MÉXICO. ....	52

9.1.1	Parámetros para diseño por tormenta. ....	52
9.1.2	Parámetros para diseño en condiciones de operación.....	55
9.2	CÓDIGO FUENTE. ....	57

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1 Valores para $\alpha$ según diferentes tipos de terreno. Fuente: Haritos (2007) .....	17
Tabla 4-2 Recomendaciones para la selección del periodo de tiempo según diferentes criterios. Fuente: API (2007) .....	18
Tabla 4-3 Características y consideraciones para diferentes teorías de oleaje. Fuente: Mohamad (2012). .....	25
Tabla 4-4 Factores de contingencia según diferentes bases de estimación peso. Fuente: PEMEX (2007). .....	30
Tabla 4-5 Combinaciones de carga aplicables a la Condición de Operación. Fuente: adaptada de Pérez (2015). .....	31
Tabla 4-6 Combinaciones de carga aplicables a la Condición de Tormenta. Fuente: adaptada de Pérez (2015). .....	32
Tabla 6-1 Frecuencias pico de Pierson-Moskowitz asociadas a diferentes velocidades de viento medidas a 19.50M sobre NMM. Fuente: elaborada por el autor.....	39
Tabla 6-2 Frecuencias pico de Pierson-Moskowitz para diferentes velocidades, Caso 1. Fuente: elaborada por el autor. ....	41
Tabla 6-3 Frecuencias pico de Pierson-Moskowitz para diferentes velocidades, Caso 2. Fuente: elaborada por el autor. ....	42
Tabla 9-1 Parámetros oceanográficos aplicables a todos los tirantes. Fuente: (PEMEX, 2008). .....	54



Tabla 9-2 Factores de amplificación para análisis de resistencia última que deben afectar a los parámetros de la sección 9.1.1. Fuente: (PEMEX,2008).....54

Tabla 9-3 Parámetros asociados a la altura de ola máxima para diseño por operación. Fuente: (PEMEX, 2008). .....56

Dirección General de Bibliotecas UAO

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Regiones de Exploración y Producción de PEMEX. Fuente: Adaptado de PEMEX (2019).....	2
Figura 1.2 Imagen conceptual de una plataforma colapsada por cargas extremas. Fuente: Blumberg (1969).....	3
Figura 4.1 División de plataformas <i>offshore</i> para el control de corrosión. Fuente: adaptado de Hanson & Hurst, (1969). ....	10
Figura 4.2 Clasificación de plataformas <i>offshore</i> según su configuración y algunos ejemplos representativos. Fuente: Gauss (2014). El texto se mantiene en su idioma original para evitar errores de interpretación. ....	14
Figura 4.3 Partes principales de una plataforma fija tipo <i>Jacket</i> . Fuente: Pérez (2015). ....	15
Figura 4.4 Perfiles de viento para diferentes rugosidades del terreno. Fuente: adaptada de Haritos (2007). ....	16
Figura 4.5 Parámetros que definen el perfil de una ola, basado en la teoría de onda lineal. Fuente: adaptado de Chandrasekaran (2015).....	20
Figura 4.6 Regiones de aplicación para diferentes teorías a partir de parámetros de una ola. Fuente: API (2007).....	28
Figura 4.7 Relación entre el periodo y el periodo aparente de una ola relacionado a la velocidad promedio de corriente. Fuente: API (2007). El texto se mantiene en su idioma original para evitar errores de interpretación. ....	29
Figura 4.8 Clasificación de plataformas <i>offshore</i> según su configuración y algunos ejemplos representativos. Fuente: adaptado de Sawaragi (2005).....	34

Figura 4.9 Masas añadidas para diferentes cuerpos, donde $n$ es el número de lados del polígono. Fuente: adaptado de Sarpkaya & Isaacson (1981). .....	35
Figura 5.1 Diagrama de flujo de la metodología propuesta. Fuente: elaborada por el autor.....	36
Figura 6.1 Perfiles de viento para valores de $z(m)$ constantes y valores de $t(s)$ variables, obtenidos por el autor. ....	40
Figura 6.2 Espectro de Pierson-Moskowitz para diferentes velocidades de viento, Caso 1. Fuente: elaborada por el autor. ....	41
Figura 6.3 Espectro de Pierson-Moskowitz para diferentes velocidades de viento, Caso 2. Fuente: elaborada por el autor. ....	42
Figura 6.4 Frecuencia pico de Pierson-Moskowitz para velocidades asociadas a $z=10.00m$ y $z=19.50m$ y $t(s)$ variable, obtenidas por el autor. ....	43
Figura 6.5. Espectros de Pierson-Moskowitz para velocidades asociadas a a) $z = 10.00 m$ y b) $z = 19.50 m$ a diferentes valores de $t(s)$ , obtenidas por el autor. ....	44
Figura 9.1 Altura de ola máxima para el diseño por tormenta. Fuente: (PEMEX,2008).....	52
Figura 9.2 Velocidad máxima del viento a 10 metros sobre el NMM, promedio para 1 hora. Fuente: (PEMEX, 2008).....	53
Figura 9.3 Altura de marea de tormentas. Fuente: (PEMEX, 2008).....	53
Figura 9.4 Perfil de velocidades de corriente para diferentes profundidades. Fuente: (PEMEX,2008).....	54
Figura 9.5 Alturas de ola máxima y significativa para diseño por operación. Fuente: (PEMEX,2008).....	55

## ABREVIATURAS Y SIGLAS

AELT	Activo de Explotación Litoral de Tabasco.
API-RP-2A	American Petroleum Institute – Recommended Practice.
NMM	Nivel medio del mar.
PEMEX	Petróleos Mexicanos.
PEP	Pemex Exploración y Producción.
RSR	Reserve Strength Ratio (Factor de Reserva de Resistencia, por sus siglas en inglés).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## 1. INTRODUCCIÓN

El análisis, diseño y construcción de estructuras *offshore* o costa afuera son posiblemente de las tareas más exigentes a las que se enfrenta la ingeniería. Éstas pueden definirse como toda aquella estructura que no cuenta con acceso fijo a tierra firme. Por tal motivo, más allá de las condiciones y situaciones habituales que enfrentan las construcciones en tierra, las estructuras *offshore* tienen la complicación de estar ubicadas en un entorno oceánico, en el cual los efectos de interacción y la respuesta dinámica se convierten en consideraciones importantes para su estudio (Haritos, 2007).

Estas estructuras son construidas para diferentes usos como pueden ser torres de comunicación, instalaciones para generación de energía y aeropuertos, por mencionar algunos. Sin embargo, la mayoría de éstas son concebidas para fines de explotación petrolera, función en la que nos enfocaremos en este trabajo.

En el siglo XIX fueron perforados los primeros pozos para explotación petrolera ubicados en las costas de Summerlands, California y Bakú en el Mar Caspio, no obstante, se considera que fue hasta 1947 cuando se inicia la industria *offshore*, al completarse la perforación de un pozo en el Golfo de México, a 4.6 m de profundidad frente a las costas de Luisiana (Chakrabarti, 2005). Nueve años después, en 1958 se logró instalar la primera plataforma *offshore* en México frente a la Barra de Santa Ana, marcando el inicio de la participación del recién creado Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la exploración marina del Golfo de México (Hernández, 2017).

Posteriormente, en 1992, se da origen a PEMEX Exploración y Producción (PEP), el cuál es un organismo descentralizado de PEMEX encargado de la exploración y explotación del petróleo y el gas natural; su transporte, almacenamiento en terminales y comercialización (DOF, 2006). Actualmente, PEP,

cuenta con aproximadamente 30 mil pozos, 4 activos de exploración y 15 activos de producción divididos en cuatro regiones denominadas: Norte, Sur, Marina Noreste y Marina Suroeste (Figura 1.1) (PEMEX, 2020).



**Figura 1.1 Regiones de Exploración y Producción de PEMEX. Fuente: Adaptado de PEMEX (2019).**

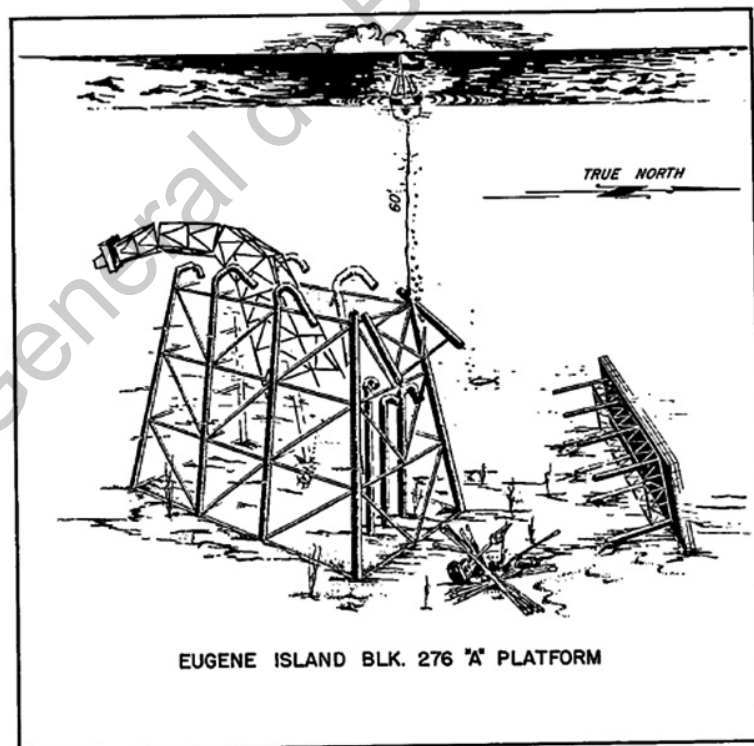
A pesar de la búsqueda de fuentes de energías alternas que ayuden a satisfacer la creciente demanda energética, el uso de los combustibles fósiles sigue predominando. Por tal motivo, es de esperarse que en un futuro estas plataformas sigan siendo utilizadas, por ello, deben aplicarse esfuerzos para mejorar sus procesos de diseño y construcción de tal forma que permitan obtener estructuras más rentables y seguras.

### 1.1 Justificación

En tiempos recientes se han descubierto nuevos yacimientos de petróleo ubicados en la zona de interés de PEP (PEMEX Exploración y Producción) denominada Litoral de Tabasco. Dichos yacimientos fueron confirmados por los

trabajos de exploración principalmente en aguas someras a una profundidad de entre 30 y 40 metros (Gershenson, 2017). Esto implica la construcción de nuevas plataformas para su explotación, mismas que deberán ser diseñadas de acuerdo a normas y estándares que reflejen los efectos ambientales extremos y las prácticas de operación de dicha zona.

La falta de consideraciones dinámicas propias de la naturaleza de las cargas a las que se encuentran expuestas estas estructuras, puede traer consecuencias catastróficas. Un claro ejemplo es el caso de la plataforma Bloque 276 "A", la cual presentó una falla debida a la separación de los elementos de la subestructura y superestructura (Figura 1.2), resultado de los efectos de las cargas dinámicas extremas actuando cerca de uno o más modos de resonancia de la estructura (Blumberg, 1969).



**Figura 1.2 Imagen conceptual de una plataforma colapsada por cargas extremas. Fuente: Blumberg (1969)**

Adicionalmente, debido al alto costo que representa la inversión de estructuras de este tipo, es de vital importancia realizar estudios que permitan conocer su comportamiento de manera cada vez más aproximada a la realidad. En este punto, los criterios de diseño de la estructura deben reflejar los requisitos que por su función deben cumplir. Asimismo, con respecto a su resistencia y estabilidad, se deben considerar las condiciones ambientales más adversas a las que, razonablemente, se podría enfrentar durante su periodo de existencia. La formulación de tales criterios implica, por lo tanto, la predicción de los patrones de carga esperados y las intensidades de las fuerzas actuantes que, por su propia naturaleza, se deben considerar (Freudenthal & Gaither, 1969).

Estrictamente, el problema se debe formular como una fenomenología acoplada, relacionada tanto con los fluidos (aire y mar interactuando a su vez entre sí) como por el sólido representado en este caso por la estructuración global de la plataforma, consistente en la subestructura, la superestructura y los elementos estructurales y equipos sobre ella.

Sin embargo, tal planteamiento es complejo, no solo por el modelo acoplado Lagrangeano – Euleriano (Zhang et al., 2017), sino también por la naturaleza de la fenomenología asociada y la estructuración compleja que conlleva una plataforma de mar adentro (Mohamad, 2012). Por tal motivo, un modelo integral, comúnmente, no es opción ni se encuentra tipificado en los análisis actuales.

Generalmente, las normas y estándares correspondientes a esta disciplina plantean soluciones parciales que dificultan disponer de un resultado que refleje el comportamiento real de la plataforma sujeta a sollicitaciones tan diversas. Por lo anterior, es necesario establecer métodos que nos permitan conocer el comportamiento dinámico de la plataforma en su conjunto, considerando de forma integral el efecto de las presiones dinámicas del viento sobre la superestructura, así como el efecto del amortiguamiento y las presiones hidrodinámicas generadas por el mar a la subestructura.



Diversos estudios (Blumberg, 1969; Godeau & Deleuil, 1975; Gomathinayagam, Vendhan & Shanmugasundaram, 2000; Das & Janardhan, 2017 & Ma et al., 2017) se han realizado con el fin de caracterizar el comportamiento de plataformas *offshore* debido a cargas dinámicas ambientales, sin embargo, estos se enfocan en estudiar los efectos en la subestructura o en la superestructura de forma independiente. Por tales motivos, en el presente proyecto de tesis se plantea establecer un método de solución de carácter integral, abordando el problema desde una perspectiva desacoplada (en términos de la interacción Fluido – Estructura) en ocasiones denominada de transmisión de presiones, considerando, en primer lugar, los efectos independientes del viento y el mar, para finalmente integrarlos en un mismo modelo a través de la relación existente entre la velocidad del viento y energía de una ola obtenida por medio de espectros.

## 2. HIPÓTESIS

La transmisión de presiones dinámicas tanto por los agentes meteorológicos como los oceanográficos sobre la estructura fija tipo Jacket, permiten una solución integral del comportamiento mecánico de la plataforma.

## 3. OBJETIVOS

### Objetivo general

- Establecer un modelo mecánico integral que acople el comportamiento dinámico, debido a cargas generadas por el mar en la subestructura y el viento en la superestructura, de una plataforma marina fija tipo *Jacket*, ubicada en la zona Litoral de Tabasco a una profundidad de 66.10 m sobre el NMM.

### Objetivos particulares

- Determinar los parámetros de diseño aplicables a las condiciones geográficas y climáticas presentes en la zona de estudio.
- Determinar la configuración de la geometría de la estructura conforme a las reglamentaciones y normas nacionales y/o internacionales aplicables.
- Establecer un modelo mecánico integral que acople el comportamiento dinámico de la superestructura a la subestructura de la plataforma.

### Alcance

El modelo obtenido se podrá aplicar únicamente a plataformas dentro de las zonas de interés delimitadas por PEMEX Exploración y Producción en aguas someras a una profundidad máxima de 100m, sin embargo, el método aquí

presentado puede servir de base para el desarrollo de futuros trabajos. Así mismo, cabe mencionar que para este estudio no se considerarán los efectos ocasionados por sismos ya que su ocurrencia de forma simultánea con otros fenómenos meteorológicos es poco probable.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

#### 4. ANTECEDENTES

Los inicios de las plataformas para exploración de petróleo y gas costa afuera a nivel mundial datan del siglo XIX. Los primeros pozos petroleros dentro del mar fueron perforados en las costas de Summerlands, California en el Océano Pacífico y las costas de Bakú, Azerbaiyán en el Mar Caspio, cerca de 1890. Sin embargo, se considera que el nacimiento de la industria *offshore* fue hasta 1947 cuando Kerr-McGee completó de manera exitosa el primer pozo en el Golfo de México a una profundidad de 4.6 m frente a las costas de Luisiana (Chakrabarti, 2005).

En México fue hasta nueve años después, en 1958, que se logró instalar la primera plataforma marina de perforación frente a la Barra de Santa Ana, en la costa del Estado de Tabasco, marcando el inicio de la participación del recién creado Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la exploración marina del Golfo de México, culminando en 1976, cuando inicia el descubrimiento de los campos marinos supergigantes en la Cuenca del Sureste (Hernández, 2017).

##### 4.1 Evolución y Avances de la Investigación

Posterior a los eventos catastróficos en plataformas *offshore*, el interés por conocer de forma precisa el comportamiento de las mismas fue en aumento. A continuación, se presenta una reseña de los avances en las investigaciones sobre este tipo de estructuras, partiendo de los aspectos generales para después enfocarse en el análisis y diseño dinámico de las mismas.

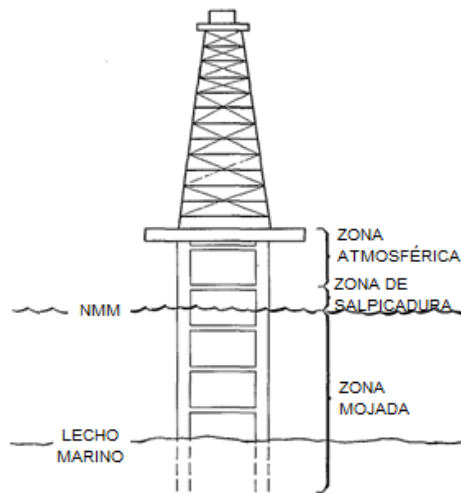
En el estudio realizado por Feibusch (1969) se presenta el análisis de una plataforma para perforación ubicada en tirantes de agua de alrededor de 120m. En él, se considera el acoplamiento de la estructura elástica y las pilas de cimentación con las propiedades inelásticas del suelo. Adicionalmente, se estudia el efecto viga – columna causado por la excentricidad de la carga axial de las pilas. Del trabajo se concluye que i) el despreciar el efecto viga – columna puede resultar en una subestimación seria de los momentos y fuerzas en los elementos principales de la

torre; ii) el despreciar la interacción acoplada entre la estructura y la cimentación puede dar como resultado valores de diseño no conservadores.

Con el objetivo de optimizar el proceso de selección e instalación de pilas, Bender (1969) presenta una solución computacional para el proceso de conducción de pilas en estructuras *offshore*. Se menciona que uno de los principales problemas para diseñar la cimentación por medio de pilas es la elección entre un menor número de pilas de mayor longitud o un mayor número de pilas de menor longitud, resultando por lo general más económico instalar un menor número de pilas con grandes longitudes, siempre y cuando puedan instalarse sin mucha dificultad.

Otro de los problemas principales presentados en estas estructuras, es la corrosión. En el trabajo presentado por Hanson & Hurst (1969) se presta atención al tema del control de la corrosión en las plataformas marinas. Para esto se divide la plataforma en tres secciones (Figura 4.1): i) zona mojada, ii) zona de salpicadura y iii) zona atmosférica. El nivel de corrosión para el Golfo de México se encuentra entre los 25 MPY (milímetros por año) para la zona sumergida, 55 MPY para la zona de salpicadura y de 5 a 10 MPY en la zona atmosférica. Tomando en cuenta lo anterior, se recomienda minimizar el número de elementos para la zona de salpicadura, evitando utilizar miembros horizontales.

Por otra parte, en Blumberg (1969) se presenta el análisis de la respuesta dinámica de una estructura monópode sujeta a fuertes cargas de hielo impulsado por la corriente de las mareas. Se concluye que existe evidencia suficiente para decir que un gran porcentaje de estructuras colapsadas se deben a la aplicación de cargas dinámicas en ellas, ya que, al colocar plataformas en aguas cada vez más profundas se incrementan los periodos naturales en ellas.



**Figura 4.1** División de plataformas *offshore* para el control de corrosión. Fuente: adaptado de Hanson & Hurst, (1969).

Continuando con las investigaciones sobre la mejora en el análisis de las plataformas *offshore*, Godeau & Deleuil (1975) reportan que, al analizar una plataforma fija a través de un sistema de masas concentradas, la introducción de fenómenos dinámicos se traduce en una multiplicación de la relación de daño por fatiga acumulativa, aumentando aproximadamente 30% los valores obtenidos, comparados con los de referencia, esto a pesar de que el factor de amplificación dinámica utilizado era mínimo.

En otro trabajo, Fish, Dean & Heaf (1980) presentan un modelo simplificado de una estructura *offshore* tipo *Jacket* para un análisis dinámico de historia tiempo no lineal con el fin de examinar la influencia de la amortiguación utilizando la ecuación de Morison. En él se concluye que para diferentes parámetros de oleaje y de estructura, las amplitudes de respuesta dependen significativamente de la inclusión de la velocidad relativa y la aceleración en la ecuación.

Desde otro punto de vista, se presenta una investigación (Moe & Verley, 1980) en la que se estudian las fuerzas actuantes sobre cilindros en corrientes constantes. En ella se concluye que el amortiguamiento hidrodinámico basado en la fórmula de Morison puede ser muy poco conservadora.

Más adelante, en la investigación de Isaacson & Wu (1984) se considera la predicción de cargas por oleaje en estructuras *offshore* de gran tamaño en condiciones de olas poco pronunciadas, para las cuales pueden existir graves no linealidades. El estudio se hace a través de un método de difracción no lineal numérica y se concluye que las predicciones de difracción no lineal coinciden estrechamente con las fuerzas medidas in situ.

Por otra parte, Queija et al. (1997) presentaron un estudio en el cual se tomó en cuenta el daño por fatiga ocasionado por medio de tres enfoques de análisis estructural dinámico aleatorio. En él se concluye que, si se presentan cargas no lineales, los métodos híbridos (por tiempo y frecuencia) pueden proporcionar mejores resultados con un menor tiempo de CPU en comparación con el procedimiento de dominio de tiempo.

Aunado a lo anterior, de un estudio realizado a una plataforma fija tipo *Jacket* desde un enfoque estático (Mohan et al., 2013), se llegó a la conclusión de que, al no considerar la inclusión de efectos dinámicos se puede llegar a sobreestimar el valor del cortante basal en aproximadamente un 4%.

En cuanto a los efectos generados por el viento, el trabajo presentado por Kareem (1980) discute las características espaciotemporales de las ráfagas para la definición de las cargas actuantes sobre estructuras *offshore*, sin embargo, se determina que existen datos inadecuados e insuficientes para las características de la condición de frontera existente en la capa límite sobre el mar.

Para entender los efectos que el viento puede generar sobre una torre de perforación, en Liu et al. (2016) se realizó un estudio en el cual se consideraron las cargas en configuraciones de 0° a 360° incluyendo un modelo de distribución espacial de la carga de viento fluctuante que actúa sobre la plataforma. Asimismo, resulta importante conocer el comportamiento de los elementos más susceptibles como lo son las grúas, helipuertos, andadores, quemadores entre otros. Esto toma mayor importancia al presentarse cargas de viento extremas como es el caso de un

huracán, en el cual se presentan velocidades y turbulencia de gran relevancia. Adicionalmente, se menciona que el grado de correlación de las cargas de viento de la plataforma petrolera en diferentes capas disminuye con el aumento de la distancia entre éstas. Con respecto a la estructura, es de suma importancia atender la respuesta inducida por el viento tanto en la superestructura como en la subestructura (Gomathinayagam, 2000 & Patil, 2017).

En síntesis, como se ha observado, a lo largo del tiempo se han realizado esfuerzos con el objetivo de para afinar los métodos de análisis y diseño de las plataformas *offshore*. Lo anterior se hace más visible al notar la inclusión de cargas dinámicas para conocer sus posibles efectos sobre estas estructuras, tanto de forma global como de forma local, acercándose de esta manera a resultados más aproximados a la realidad.

#### 4.2 Clasificación de las plataformas *offshore*

Una estructura *offshore* debe definirse por dos factores independientes que a su vez sirven para clasificarlas, estos son su función y su configuración. En cuanto a su configuración se pueden clasificar en tres grupos principales, subdivididos a su vez en estructuras tipo las cuales se aprecian en la Figura 4.2 (Cañamera-Torres, 1991; API, 2007; Chakrabarti, 2005; Chandrasekaran, 2015), éstas son:

i. Plataformas Fijas. - Son aquellas en las que la frecuencia natural más baja del movimiento de flexión de la estructura está por encima de la frecuencia natural de la ola significativa. Se considera como un cuerpo rígido que debe soportar todos los efectos dinámicos del ambiente. En este grupo se encuentran las:

- a. Plataformas *Jacket*.
- b. Plataformas de Gravedad.

ii. Plataformas *Compliant*. - Son estructuras ancladas o cimentadas al lecho marino. Son lo suficientemente flexibles para permitir deformaciones reduciendo

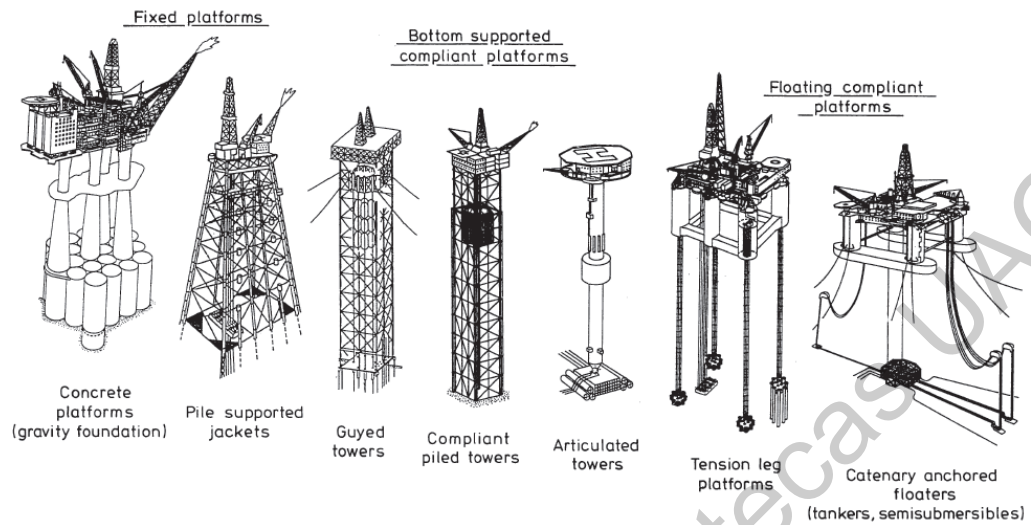


considerablemente las cargas dinámicas transmitidas a la plataforma y su cimentación. Son parte de este grupo las:

- a. Plataformas de piernas tensionadas (TLP, por sus siglas en inglés).
  - b. Torres arriostradas.
  - c. Torres articuladas.
- iii. Plataformas Flotantes. - Se caracterizan principalmente por ser dinámicamente no restringidos, permitiéndole contar con hasta seis grados de libertad. En este grupo se encuentran:
- a. Plataformas semi-sumergibles.
  - b. Unidades Flotantes de Producción (FPU, por sus siglas en inglés).
  - c. Unidades Flotantes de Almacenaje y Descarga (FSO, por sus siglas en inglés).
  - d. Unidades Flotantes de Producción, Almacenaje y Descarga (FPSO, por sus siglas en inglés).
  - e. Plataformas *Spar*.

Con respecto a su función Chakrabarti (2005) divide las plataformas en:

- i. Estructuras de Perforación Exploratoria; para su diseño se deben considerar cargas en cubierta altamente variables debido a los diferentes requisitos de perforación que se pueden encontrar. Los principales tipos de estructuras utilizadas para esta función son las plataformas Jack-Up, plataformas Semi-Sumergibles y los Barcos perforadores.
- ii. Estructuras de Producción; deben estar en servicio a lo largo de su vida útil que generalmente va de 20 a 30 años. Estas estructuras pueden desempeñar tareas de procesamiento, perforación, rehabilitación, alojamiento del personal entre otras. Las plataformas Jacket son las más utilizadas en aguas someras para esta función.



**Figura 4.2 Clasificación de plataformas offshore según su configuración y algunos ejemplos representativos. Fuente: Gauss (2014). El texto se mantiene en su idioma original para evitar errores de interpretación.**

iii. Estructuras de Almacenamiento; su capacidad depende de las cisternas de transporte y la frecuencia de sus viajes. De forma histórica se ha considerado un periodo de entre 15 y 25 días de producción pico para el diseño de estas estructuras.

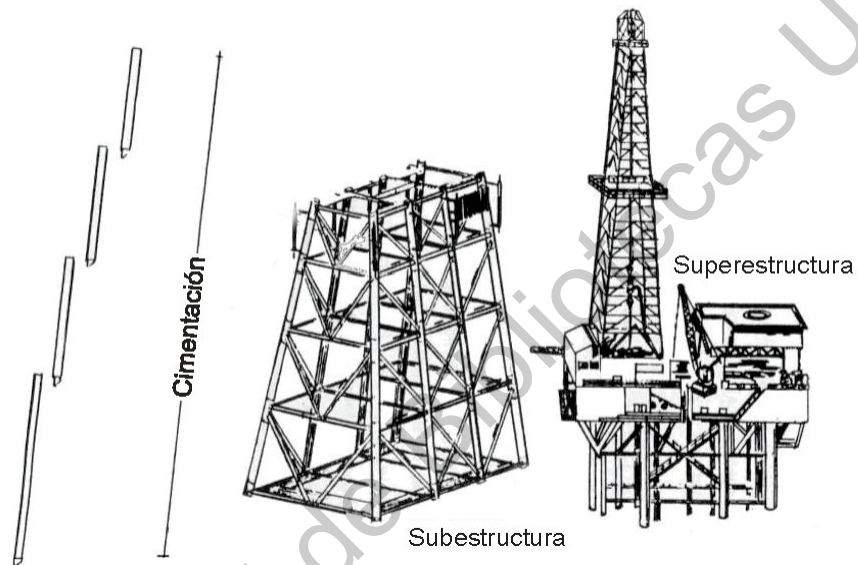
#### 4.2.1 Plataformas fijas tipo *Jacket*

Como se mencionó anteriormente, nuestro estudio se basará en el análisis de una estructura offshore fija tipo *Jacket*, por tal motivo es de particular interés describir sus características principales, así como los factores ambientales a considerar para su diseño.

Una plataforma tipo *Jacket* consiste en una serie de elementos tubulares interconectados (principalmente por medio de soldadura) para formar un marco espacial tridimensional. Estas estructuras por lo general tienen de cuatro a ocho piernas principales con la función de brindar estabilidad ante las acciones del oleaje.

Estas piernas sirven a su vez como conducto para las pilas de cimentación que son guiadas a través de ellas al lecho marino (Chakrabarti, 2005).

De forma general, una plataforma *Jacket* se divide en tres partes principales, mostradas en la Figura 4.3 (Cañamero, 1991):



**Figura 4.3 Partes principales de una plataforma fija tipo *Jacket*. Fuente: Pérez (2015).**

**Cimentación.** Compuesta habitualmente de pilotes metálicos hincados en el fondo marino. Estos pueden estar unidos a las piernas de dos formas, i) encajando el extremo del pilote en el interior de una de las piernas principales, por lo que el diámetro exterior del pilote debe ser inferior al diámetro interior de la pierna, o ii) se puede fijar el pilote a la pierna haciéndolo pasar a través de unos conectores soldados la misma.

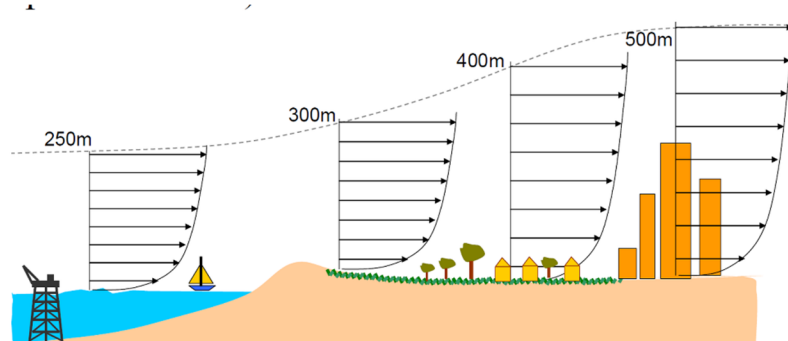
**Torre o Subestructura.** Es la encargada de soportar las condiciones ambientales, recibir las cargas generadas en cubierta para transferirla a la cimentación. Adicionalmente debe servir de soporte para otro tipo de elementos necesarios para que la plataforma cumpla con su función. Los componentes principales de la torre son: las piernas o barras verticales, las barras horizontales y diagonales que conectan las piernas entre sí, y las juntas.

Cubierta o Superestructura. Soporta las cargas de operación y servicio a las que estará sometida la plataforma dependiendo de la función o uso. Puede ser modular o integrada, formada por entramado de barras y placas para formar un suelo.

#### 4.3 Velocidades y cargas de viento

El viento juega un papel importante en la respuesta de estructuras Offshore, tomando mayor importancia según su tipo de configuración. Para el caso de una plataforma tipo Jacket, su influencia es tal que al incluirlo en el análisis estructural puede incrementar la magnitud del desplazamiento de la estructura en alrededor del 10% (Mohamad, 2012).

En principio, las cargas de viento para estructuras costa afuera pueden ser estimadas a partir de los modelos utilizados para aquellas en tierra firme, con la particularidad de que la rugosidad en mar abierto es menor a la presente en tierra, dando como resultado una variación más lenta en el perfil de viento, como se puede ver en la Figura 4.4 (Haritos, 2007). Adicionalmente, se ha encontrado que, para cualquier localización, la velocidad del viento fluctúa tanto en intensidad como en forma a través del tiempo. Por tal motivo, el periodo de tiempo a elegir para cada estudio debe considerar el tiempo mínimo que tarda en reaccionar la estructura, el cual dependerá a su vez de su forma y tamaño (Muga & Wilson, 1970).



**Figura 4.4 Perfiles de viento para diferentes rugosidades del terreno. Fuente: adaptada de Haritos (2007).**

En el caso de un viento de flujo libre, la velocidad promedio a una elevación  $z$ (m) por encima de la superficie,  $\underline{U}(z)$ , puede obtenerse por medio de la siguiente ecuación (1), también conocida como “Perfil de ley de potencia” (Haritos, 2007).

$$\underline{U}(z) = \underline{U}_{ref} \left( \frac{z}{z_{ref}} \right)^\alpha \quad (1)$$

Donde  $\underline{U}_{ref}$  es la velocidad del viento a un punto de referencia  $z_{ref}$  generalmente igual a 10 m y  $\alpha$  es el exponente de la ley de potencia cuyo valor se elige de acuerdo a la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1 Valores para  $\alpha$  según diferentes tipos de terreno. Fuente: Haritos (2007)**

Terreno	Mar agitado	Pradera	Suburbios	Ciudad
$\alpha$	0.12	0.16	0.28	0.40

Para el caso de una plataforma marina, se considera que las fuerzas del viento actúan directamente sobre la porción de la subestructura que se encuentra fuera del mar, así como en la totalidad de la subestructura y sus componentes. La velocidad del viento puede clasificarse en: i) ráfagas con duración promedio menor a un minuto; y ii) vientos sostenidos con duración mayor a un minuto. Considerando lo anterior, el API (2007) nos proporciona una serie de ecuaciones con las cuales podemos ajustar la velocidad del viento para cualquier elevación o duración, mismas que se muestran en las ecuaciones (2-5).

$$u(z, t) = U(z) \times [1 - 0.41 \times Iu(z) \times \ln\left(\frac{t}{t_0}\right)] \quad (2)$$

$$U(z) = U_0 \times [1 + C \times \ln\left(\frac{z}{32.8}\right)] \quad (3)$$

$$C = 5.73 \times 10^{-2} \times (1 + 0.0457 \times U_0)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$Iu(z) = 0.06 \times [1 + 0.0131 \times U_0] \times \left(\frac{z}{32.8}\right)^{-0.22} \quad (5)$$

Donde  $u(z,t)$  es la velocidad de diseño del viento a una altura  $z$  (ft) sobre el nivel medio del mar correspondiente a un periodo promedio de tiempo  $t$  (s) y que varía de  $t = 1$  hasta  $t_0 = 3600$  segundos;  $U(z)$  (ft/s) es la velocidad promedio del viento a una hora a la altura  $z$  (ft) elegida;  $C$  es un factor adimensional;  $I(z)$  corresponde a la intensidad de la turbulencia a la altura  $z$  (ft) seleccionada y  $U_0$  (ft/s) es la velocidad promedio del viento en una hora a 32.8 ft con respecto al nivel del mar. La selección del periodo de tiempo puede basarse en las recomendaciones dadas por API (2007), mismas que se muestran en la Tabla 4-2.

**Tabla 4-2 Recomendaciones para la selección del periodo de tiempo según diferentes criterios. Fuente: API (2007)**

Tiempo (s)	Recomendación
3	Apropiado para determinar las cargas estáticas máximas en elementos pequeños.
5	Adecuado para calcular las cargas totales en elementos cuya máxima dimensión horizontal es menor a 50m.
15	Adecuado para calcular las cargas estáticas totales en elementos cuya máxima dimensión horizontal es mayor a 50m.
60	Apropiado para determinar las cargas estáticas máximas por viento en la superestructura, asociadas a las fuerzas máximas de oleaje en estructuras que presentan respuestas dinámicas a la excitación del viento pero que no requieren un análisis dinámico completo.
3600	Recomendada para obtener las cargas máximas estáticas asociadas a las fuerzas máximas de oleaje en estructuras con respuesta dinámica al viento despreciable.

#### 4.4 Parámetros de diseño de una ola

Son varias las causas que originan la variación de la superficie libre del mar, y para este efecto se plantean dos de las causas más continuas en la variación del nivel de la superficie de mares y océanos, es decir, el oleaje y la marea astronómica.

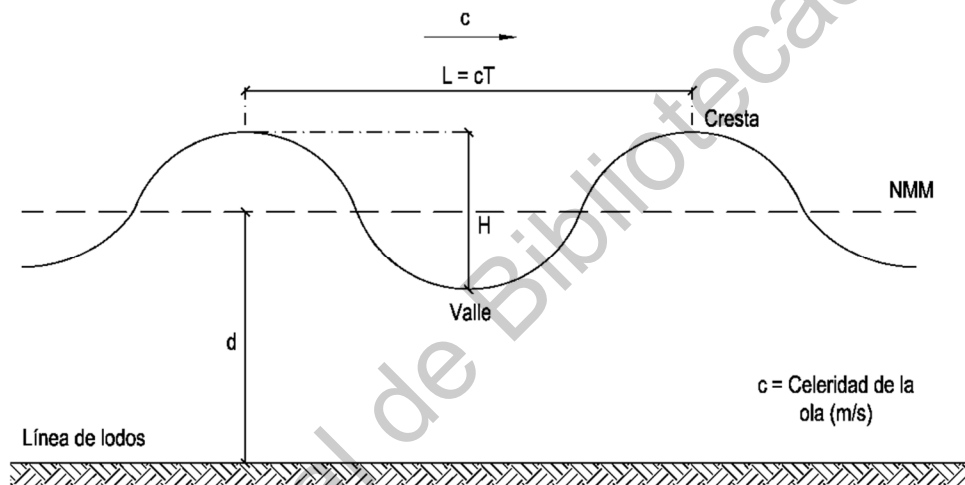
De acuerdo con Palomino & Almazán (2000), el oleaje es el efecto producido por el viento sobre la superficie del agua, que trasmite energía, pero no masa, por lo que consume parte de su energía durante su movimiento de avance, pero al llegar a la costa “rompe” liberando la totalidad de su energía; a excepción de los tsunamis los cuales producen un empuje sobre el cuerpo de agua hasta la costa. En otras palabras, el oleaje gana energía mientras se encuentre sometido a la acción de los vientos de intensidad suficiente hasta que el nivel de profundidad del agua disminuye, evitando su avance a la tierra, a esto se le conoce como “refracción”. Una vez que la ola llega a la costa, se disipa la totalidad de su energía a través de los siguientes procesos:

- a) Acción dinámica erosiva sobre las costas constituidas por materiales duros.
- b) Transportando en sentido transversal y longitudinal los sedimentos marinos existentes.
- c) Provocando un proceso de clasificación granulométrica de los sedimentos costeros

Por otra parte, la marea astronómica son las oscilaciones periódicas debido a la gravedad. El estudio del oleaje generado por viento, empezó durante la segunda guerra mundial para la operación “El desembarco de Normandía”, a mediados de los años 60 se dio un avance en la descripción espectral y durante los años 90 se dio el empleo de imágenes SAR de satélite. Sin embargo, no existe un gran avance en el estudio de oleaje en las zonas costeras de menores profundidades; es decir en un mar abierto y con grandes profundidades, el oleaje es un proceso lineal, pero se vuelve no lineal en las proximidades de la costa.

Para describir de forma adecuada el perfil completo de una ola, es necesario definir un modelo teórico que nos permita comprender los parámetros esenciales de ésta. Para ello se puede basar en la teoría de ola lineal o Airy, la cual supone que el perfil de la ola es una curva senoide, tal como se muestra en la Figura 4.5.

Como se puede observar en la figura anterior, la altura de la ola  $H$  es la distancia vertical comprendida entre el valle y la cresta; la longitud de la ola  $L$  es la distancia entre dos crestas sucesivas y  $d$  es la profundidad media del mar. Por otra parte, es necesario mencionar dos parámetros ligados al perfil, estos son el periodo de la ola  $T$  y la velocidad de la ola o celeridad  $c$ . El primero se define como el intervalo de tiempo entre dos crestas sucesivas pasando por un punto en particular y la segunda como la velocidad de la ola viajando a través del fluido (Sarpkaya & Isaacson, 1981).



**Figura 4.5** Parámetros que definen el perfil de una ola, basado en la teoría de onda lineal.

Fuente: adaptado de Chandrasekaran (2015).

Con respecto a la altura y el periodo de la ola, se pueden definir a su vez una serie de magnitudes de gran importancia para el análisis estadístico de la misma. Estos son (Frías & Moreno, 1988):

- $H_{\max N}$  y  $T_{\max N}$ : Altura y periodos máximos para un conjunto  $N$  de olas.
- $H_{1/3}$  y  $T_{1/3}$ : Altura y periodos un tercio o significantes, correspondientes al promedio del tercio de los valores más altos de un tren de olas dado.
- $H_{1/10}$  y  $T_{1/10}$ : Altura y periodos un décimo, los cuales corresponden al promedio del décimo más alto de un tren de olas.
- $\underline{H}$  y  $\underline{T}$ : Altura y periodos medios de un tren de olas dado.



#### 4.4.1 Caracterización de las partículas de agua de una ola.

Con el objetivo de conocer las fuerzas actuantes sobre los miembros de una estructura *offshore*, es necesario definir el estado del mar de forma similar a como ocurre en la naturaleza, siendo esto lo que determina el perfil de la ola y por consiguiente las características de las partículas de agua que interactúan con la estructura. Para esto es necesario plantear suposiciones que facilitan el estudio y aproximación de dichas propiedades. Éstas se basan principalmente en asumir que las olas mantienen su forma permanentemente, lo que significa que no existen corrientes subyacentes y que la superficie libre no está contaminada. Adicionalmente se considera que la dirección de propagación es horizontal, que el fluido es incompresible y no viscoso y que el flujo es irrotacional (Mohamad *et al*, 2012).

Con lo anterior, es posible obtener el potencial de velocidad ( $\phi$ ) asociado a las partículas de agua, siempre y cuando la superficie satisfaga la forma lineal de la ecuación de onda de Laplace (6) considerando un sistema de coordenadas XZ (Sarpkaya & Isaacson, 1981).

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (6)$$

La ecuación (6) se puede resolver teniendo en cuenta las siguientes condiciones de frontera:

- Interfaz Aire-Agua

La condición cinemática establece que la velocidad de la partícula debe ser tangencial a la superficie  $\eta$ , es decir:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial \phi}{\partial x} \cdot \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad \text{en } z = \eta \quad (7)$$

La condición dinámica plantea que la presión en la superficie libre, planteada en términos de la ecuación de energía de Bernoulli, es constante. Esto es:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + g\eta + \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \phi}{\partial z} \right)^2 \right] = f(t) \quad \text{en } z = \eta \quad (8)$$

- Al lecho del mar

Se considera que en este punto la velocidad vertical es cero, esto es:

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad \text{en } z = -d \quad (9)$$

Donde  $\eta(x,t)$  es la elevación de la superficie libre medidas a partir del nivel de aguas quietas.

Finalmente, las componentes verticales y horizontales de la velocidad y la aceleración de las partículas de agua en función del potencial de velocidad se pueden expresar como (Mohamad *et al*, 2012):

$$V_x = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (10)$$

$$V_z = \frac{\partial \phi}{\partial z} \quad (11)$$

$$a_x = \frac{\partial V_x}{\partial t} \quad (12)$$

$$a_z = \frac{\partial V_z}{\partial t} \quad (13)$$

Existen dos principales dificultades al intentar obtener la solución exacta para un tren de olas bidimensionales. La primera es a causa de las condiciones de frontera en la superficie libre no es lineal, y la segunda es que dichas condiciones están referenciadas a  $\eta$  que es una de las incógnitas iniciales. Sin embargo, se ha

logrado desarrollar diferentes teorías que logran resolver tales inconvenientes, entre ellas se encuentran la teoría de ola lineal o Airy, Stoke de orden superior y la de ola Cnoidal por mencionar algunas. Enseguida se presenta la solución para dos de ellas (Mohamad *et al*, 2012).

#### 4.4.1.1 Teoría de onda lineal

La respuesta se logra por medio de la linearización de las condiciones de frontera en la superficie satisfaciendo a la vez los requerimientos de un flujo irrotacional. Lo anterior permite aplicar las condiciones directamente al nivel medio del mar. Por lo tanto, las ecuaciones (7) y (8) se reducen a:

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} - \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \quad \text{en } z = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + g\eta = 0 \quad \text{en } z = 0 \quad (15)$$

Así, el potencial de velocidad de las partículas de agua obtenido es:

$$\phi = \frac{\pi H}{k T} \cdot \frac{\cos [k(z+d)]}{\sin \sin(kd)} \cdot \sin(kX - \Omega t) \quad (16)$$

Donde  $k$  es el número de ola y  $\Omega$  es la frecuencia circular de la ola en radianes. Por lo tanto, las componentes de la velocidad y la aceleración son:

$$V_x = \frac{\pi H}{k T} \cdot \frac{\cosh [k(z+d)]}{\sinh \sinh(kd)} \cdot \cos(kX - \Omega t) \quad (17)$$

$$V_z = \frac{\pi H}{k T} \cdot \frac{\sinh [k(z+d)]}{\sinh \sinh(kd)} \cdot \sin(kX - \Omega t) \quad (18)$$

$$a_x = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\cosh [k(z+d)]}{\sinh \sinh(kd)} \cdot \sin(kX - \Omega t) \quad (19)$$

$$a_z = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\sinh [k(z+d)]}{\sinh \sinh (kd)} \cdot \cos (kX - \Omega t) \quad (20)$$

#### 4.4.1.2 Teoría de Stokes

En esta teoría todas las características de la ola son formuladas como series de potencias en términos de un parámetro de perturbación pequeño. Esto permite replantear las condiciones de frontera en la superficie libre de tal forma que la no linealidad de ésta sea más manejable. Finalmente, las componentes de velocidad y aceleración quedan como (Sarpkaya & Isaacson, 1981):

$$V_x = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh [k(z+d)]}{\sinh \sinh (kd)} \cdot \cos (kX - \Omega t) + \frac{3\pi^2 H^2}{4TL} \cdot \frac{\cosh [2k(z+d)]}{(kd)} \cdot \cos [2(kX - \Omega t)] \quad (21)$$

$$V_z = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\sinh [k(z+d)]}{\sinh \sinh (kd)} \cdot \cos (kX - \Omega t) + \frac{3\pi^2 H^2}{4TL} \cdot \frac{\sinh [2k(z+d)]}{(kd)} \cdot \cos [2(kX - \Omega t)] \quad (22)$$

$$a_x = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\cosh [k(z+d)]}{\sinh \sinh (kd)} \cdot \sin (kX - \Omega t) + \frac{3\pi^3 H^2}{T^2 L} \cdot \frac{\cosh [2k(z+d)]}{(kd)} \cdot \sin [2(kX - \Omega t)] \quad (23)$$

$$a_z = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\sinh [k(z+d)]}{\sinh \sinh (kd)} \cdot \cos (kX - \Omega t) - \frac{3\pi^3 H^2}{T^2 L} \cdot \frac{\cosh [2k(z+d)]}{(kd)} \cdot \cos [2(kX - \Omega t)] \quad (24)$$

En la Tabla 4-3 se presentan las principales características y consideraciones para para las teorías anteriormente presentadas anteriormente.

**Tabla 4-3 Características y consideraciones para diferentes teorías de oleaje. Fuente: Mohamad (2012).**

Teoría de oleaje	Característica
Airy	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Es recomendable en aguas profundas para olas de baja amplitud.</li> <li>● Es menos adecuada para predecir el comportamiento de olas en aguas someras.</li> <li>● Es la teoría matemáticamente menos compleja.</li> <li>● No se consideran los efectos de la altura para determinar la velocidad de la ola.</li> </ul>
Stokes	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Es aplicable para aguas someras, de transición y profundas.</li> <li>● Es matemáticamente más compleja.</li> <li>● Los efectos de la altura de la ola son considerados para determinar la velocidad de la misma.</li> <li>● Las asimetrías de la velocidad orbital son representadas con mayor precisión.</li> </ul>

#### 4.4.2 Descripción espectral de una ola

Como alternativa a las soluciones planteadas anteriormente, es posible obtener una descripción espectral de las características irregulares del mar, gracias a que éstas se muestran dependientes a la frecuencia de la ola  $f(\text{Hz})$  (Haritos, 2007).

En general, un espectro se puede definir como la expresión gráfica de un registro de valores máximos. Con esto en mente, es posible definir el Espectro de Energía del Oleaje como la suma de ondas senoidales con diferentes frecuencias.

Existen diversos modelos de espectros aplicables a condiciones del mar totalmente desarrollado, es decir, que contemplan teóricamente la totalidad de los periodos dentro de un intervalo  $(0, \infty)$ , siendo los más representativos los siguientes (Frías, 1988):

#### 4.4.2.1 Espectro de Pierson-Moskowitz

Este espectro se encuentra calibrado para velocidades de viento a una altura de 19.5m sobre el nivel del mar,  $U_{19.5}$ , la cual corresponde a la altura de los anemómetros utilizados para las mediciones. Éste se define por la siguiente ecuación (The SWAMP Group, 1985):

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp \left[ \frac{-5}{4} \left( \frac{f_{PM}}{f} \right)^4 \right] \quad (25)$$

Donde  $\alpha = 0.0081$  y la frecuencia pico de Pierson-Moskowitz se obtiene por medio de:

$$f_{PM} = \frac{0.14g}{U_{19.5}} \quad (26)$$

Siendo  $g$  la aceleración de la gravedad (9.81 m/s). La varianza total del espectro  $E_{PM}$ , representada por el área bajo la curva, se obtiene por:

$$E_{PM} = \frac{\alpha g^2}{5(2\pi f_{PM})^4} \quad (27)$$

#### 4.4.2.2 Espectro Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)

Es el resultado de números análisis y observaciones para el Mar del Norte por parte de la JONSWAP. Constituye una modificación al espectro de Pierson-Moskowitz, mismo que sirve de parámetro ajuste para el modelo, tal como se muestra enseguida (Frías, 1988):

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp \left[ \frac{-5}{4} \left( \frac{f}{f_m} \right)^4 \right] \gamma \exp \left[ \frac{-5}{4} \left( \frac{f - f_m}{2\lambda^2 f_m^2} \right)^4 \right] \quad (28)$$

Donde  $f_m$  es la frecuencia pico, la constante  $\alpha = 0.0081$ ,  $\gamma$  es la relación entre la energía espectral máxima del modelo de JONSWAP contra la correspondiente al de Pierson-Moskowitz y  $\lambda$  toma los siguientes valores.

$$\lambda_a = 0.07 \text{ para } f \leq f_m$$

$$\lambda_b = 0.09 \text{ para } f > f_m$$

#### 4.5 Parámetros meteorológicos y oceanográficos para el diseño de plataformas *offshore*

Con base en PEMEX (2008) se pueden considerar los parámetros de diseño básicos para el diseño preliminar de una plataforma *offshore* tipo *Jacket* en el entendido de que ésta se ubicará en la zona Litoral de Tabasco a una profundidad de 60.10 m. Dichos parámetros se encuentran en la sección 9.1.

Adicionalmente, en la Figura 4.6 se muestran las regiones de aplicación de las diferentes teorías de oleaje basados en el periodo aparente, la altura de ola y la profundidad con respecto al NMM. En la Figura 4.7 podemos obtener los valores del periodo aparente a partir de la velocidad promedio de corrientes.

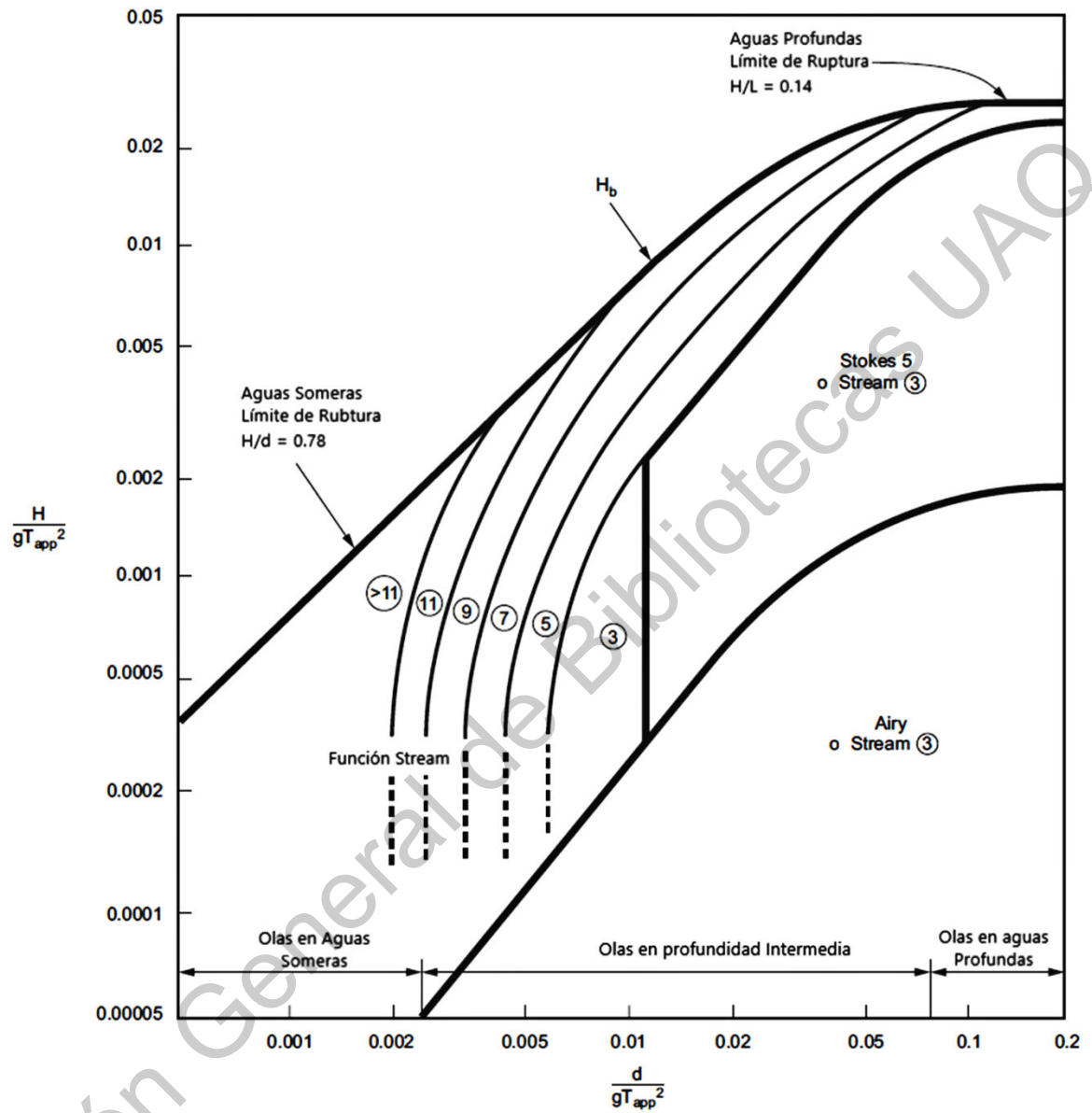
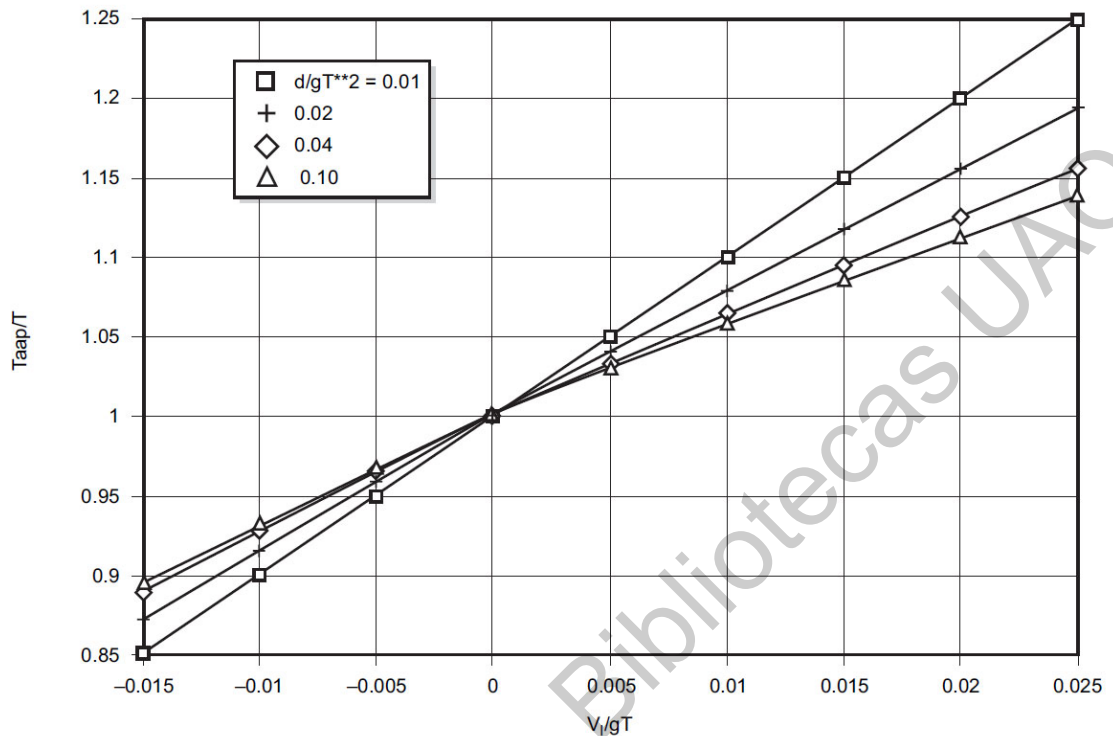


Figura 4.6 Regiones de aplicación para diferentes teorías a partir de parámetros de una ola.

Fuente: API (2007).





**Figura 4.7 Relación entre el periodo y el periodo aparente de una ola relacionado a la velocidad promedio de corriente. Fuente: API (2007). El texto se mantiene en su idioma original para evitar errores de interpretación.**

#### 4.6 Combinaciones de carga

Como se mencionó anteriormente, la norma de referencia PEMEX (2008) establece que el análisis de una plataforma tipo Jacket debe ser dividida en dos; Condiciones de Tormenta y Condiciones de Operación, por lo tanto, las combinaciones de carga deben ser divididas del mismo modo. Normalmente, éstas se dividen a su vez en 9 casos los cuales consideran el peso propio de la estructura, el peso de accesorios y equipos y cargas vivas. Adicionalmente, el análisis debe contemplar la aplicación de las cargas ambientales con direcciones de incidencia a cada 45°, medidos a partir de cualquiera de los puntos cardinales (Pérez, 2015).

Por otra parte, debido a la incertidumbre que existe con respecto al peso real de los elementos que complementan la estructura para su funcionamiento, es

necesario aplicar a las cargas de proyectos ciertos factores de contingencia que se indican en la Tabla 4-4 (PEMEX, 2007).

**Tabla 4-4 Factores de contingencia según diferentes bases de estimación peso. Fuente: PEMEX (2007).**

Fuente de la estimación de peso	Código del Estado del peso	Factor
Peso de los componentes obtenidos por pesaje físico después de la fabricación.	A	Precisión del Equipo de Medición +1%
Pesos certificados por proveedor.	B	3%
Planos aprobados para construcción. Listas de materiales. Planos de taller.	C	5%
Datos de proveedores preliminares, volumetrías preliminares, planos para aprobación.	D	10%
Equipos principales basados en catálogos o estimaciones de ingeniería. Ruteo preliminar de Tubería y Eléctrico e Instrumentación. Planos estructurales preliminares.	E	15%
Tubería basada en Diagramas de Tubería e Instrumentación, estimados de Electricidad e Instrumentación preliminares.	F	20%

**En las Tabla 4-5 y**

Tabla 4-6 encontraremos las combinaciones de carga aplicables tanto a las Condiciones de operación como a las Condiciones de Tormenta, respectivamente.

#### 4.7 Análisis Dinámico de una plataforma *offshore*

Según Chandrasekaran (2015), con el fin simplificar el análisis dinámico de una plataforma, es necesario convertir la estructura en modelos matemáticos básicos. Las cargas dinámicas son definidas como cargas variables en el tiempo cuya magnitud, dirección de aplicación o posición varían continuamente con el tiempo, por consiguiente, es de esperar que la respuesta de la estructura también varía con respecto al tiempo.

**Tabla 4-5 Combinaciones de carga aplicables a la Condición de Operación. Fuente: adaptada de Pérez (2015).**

No.	Condición de Operación	Factores de carga								
		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
1	Peso propio (modelado)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
2	Accesorios en subestructura	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
3	Carga muerta en cubierta 1	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
4	Carga muerta en cubierta 2	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
5	Carga muerta de equipos en cubierta 1	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
6	Carga muerta de equipos en cubierta 2	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
7	Carga viva en cubierta 1	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
8	Carga viva en cubierta 2	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
9	Viento, corriente y oleaje a 0° (operación)	1.00								
10	Viento, corriente y oleaje a 45° (operación)			1.00						
11	Viento, corriente y oleaje a 90° (operación)				1.00					
12	Viento, corriente y oleaje a 135° (operación)					1.00				
13	Viento, corriente y oleaje a 180° (operación)						1.00			
14	Viento, corriente y oleaje a 225° (operación)							1.00		
15	Viento, corriente y oleaje a 270° (operación)								1.00	
16	Viento, corriente y oleaje a 315° (operación)									1.00
COMBINACIONES		Gravitacional	Operación 0°	Operación 45°	Operación 90°	Operación 135°	Operación 180°	Operación 225°	Operación 270°	Operación 315°
		001	002	003	004	005	006	007	008	009

**Tabla 4-6 Combinaciones de carga aplicables a la Condición de Tormenta. Fuente: adaptada de Pérez (2015).**

No.	Condición de Tormenta	Factores de carga								
		Gravitacional	Tormenta 0°	Tormenta 45°	Tormenta 90°	Tormenta 135°	Tormenta 180°	Tormenta 225°	Tormenta 270°	Tormenta 315°
1	Peso propio (modelado)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
2	Accesorios en subestructura	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
3	Carga muerta en cubierta 1	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
4	Carga muerta en cubierta 2	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
5	Carga muerta de equipos en cubierta 1	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
6	Carga muerta de equipos en cubierta 2	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
7	Carga viva en cubierta 1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
8	Carga viva en cubierta 2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
9	Viento, corriente y oleaje a 0° (operación)		1.00							
10	Viento, corriente y oleaje a 45° (operación)			1.00						
11	Viento, corriente y oleaje a 90° (operación)				1.00					
12	Viento, corriente y oleaje a 135° (operación)					1.00				
13	Viento, corriente y oleaje a 180° (operación)						1.00			
14	Viento, corriente y oleaje a 225° (operación)							1.00		
15	Viento, corriente y oleaje a 270° (operación)								1.00	
16	Viento, corriente y oleaje a 315° (operación)									1.00
COMBINACIONES		010	011	012	013	014	015	016	017	018
		Gravitacional	Tormenta 0°	Tormenta 45°	Tormenta 90°	Tormenta 135°	Tormenta 180°	Tormenta 225°	Tormenta 270°	Tormenta 315°

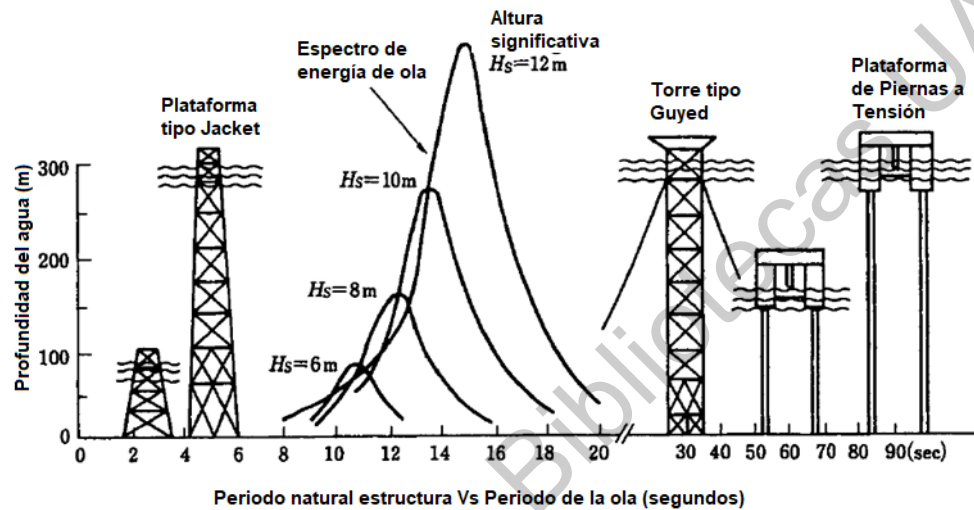
Por lo que, el entendimiento a detalle del comportamiento de una plataforma se obtiene al realizar un análisis más preciso, que incorpore los detalles requeridos del comportamiento de respuesta dinámica de las maquinarias y equipos en condiciones estáticas y en operación. Una de las herramientas más importantes para lograr este cometido son las Ecuaciones de Movimiento. Estas describen el comportamiento de un sistema físico en términos de su movimiento en función del tiempo. La ecuación de movimiento se puede obtener empleando los siguientes métodos:

- Método del Movimiento Armónico. - Implica tres consideraciones importantes: (i) La aceleración siempre será proporcional a su desplazamiento o la partícula medida a lo largo del camino; (ii) el cuerpo siempre estará dirigido hacia la posición de equilibrio (punto fijo); y (iii) la dirección es opuesta siempre hacia su movimiento.
- Método de Newton. - Este se basa en la ecuación de Ley de Movimiento de Newton derivada de la igualación de fuerzas.
- Método de Energía. - Considera que la energía cinética es una función de la velocidad, y la energía potencial es una función del desplazamiento.
- Método de Rayleigh. - Se basa en la suposición de que la energía cinética máxima en la posición media es igual a la energía potencial máxima en la posición extrema.
- Método de D'Alembert.- Se basa en el principio de D'Alembert que establece que si la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo en adición de la fuerza de inercia es cero, entonces el cuerpo permanecerá en el equilibrio. Con este enfoque, se puede tratar un problema dinámico como si fuese estático.

#### 4.8 Respuesta dinámica de una plataforma tipo Jacket

El periodo natural de oscilación horizontal de una plataforma *offshore*, entre ellas las del tipo *Jacket*, es especificado por las condiciones de oleaje encontrados en el

océano. Dichas condiciones son dadas por el espectro de oleaje obtenido a partir de la altura de ola significativa  $H_s$ . Como se puede observar en la Figura 4.8 el periodo natural horizontal en una estructura Jacket es menor que el periodo de la ola correspondiente al pico del espectro de frecuencia de la ola (Sawaragi, 2005).



**Figura 4.8 Clasificación de plataformas *offshore* según su configuración y algunos ejemplos representativos. Fuente: adaptado de Sawaragi (2005).**

Del mismo modo, el autor menciona que, debido a la generación de grandes componentes armónicos por las fuerzas de ascensión, la suposición de que el periodo de la fuerza de excitación de la ola es igual al periodo de la ola no siempre es válido, esto implicaría que el rango de respuesta de resonancia de la estructura con respecto al periodo natural de la ola sea modificado.

Por otra parte, existe un efecto relacionado con el amortiguamiento que el mar ejerce sobre los elementos de la estructura que se encuentran sumergidos, este es conocido como masas añadidas. Este fenómeno depende directamente de la forma de la sección transversal del elemento sumergido, adicionalmente, aunque su nombre lo sugiere, en realidad no existe una adición o sustracción de masas del cuerpo, sino que existe un aumento o disminución de la energía cinética del fluido dentro del volumen de control o en otras palabras el cociente de la fuerza adicional

requerida para producir aceleraciones en todo el fluido dividido por la aceleración del cuerpo se manifiestan como "masa añadida". En la Figura 4.9 se presentan diferentes ecuaciones para obtener los valores de masa añadida a partir de la forma de la sección transversal (Sarpkaya, 2010).

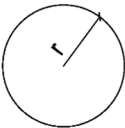
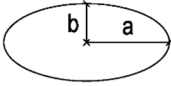
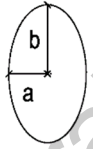

FORMA (Dirección del mov.)	MASA AÑADIDA POR UNIDAD DE LONGITUD
 CÍRCULO	$\rho \pi r^2$
 ELIPSE	$\rho \pi b^2$
 ELIPSE	$\rho \pi a^2$
 POLÍGONO REGULAR	$n=3$ $0.654 \rho \pi a^2$ $4$ $0.787 \rho \pi a^2$ $5$ $0.823 \rho \pi a^2$ $6$ $0.867 \rho \pi a^2$ $\infty$ $1.000 \rho \pi a^2$

Figura 4.9 Masas añadidas para diferentes cuerpos, donde  $n$  es el número de lados del polígono. Fuente: adaptado de Sarpkaya & Isaacson (1981).

## 5. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología propuesta para lograr los objetivos establecidos en la presente investigación (

Figura 5.1).

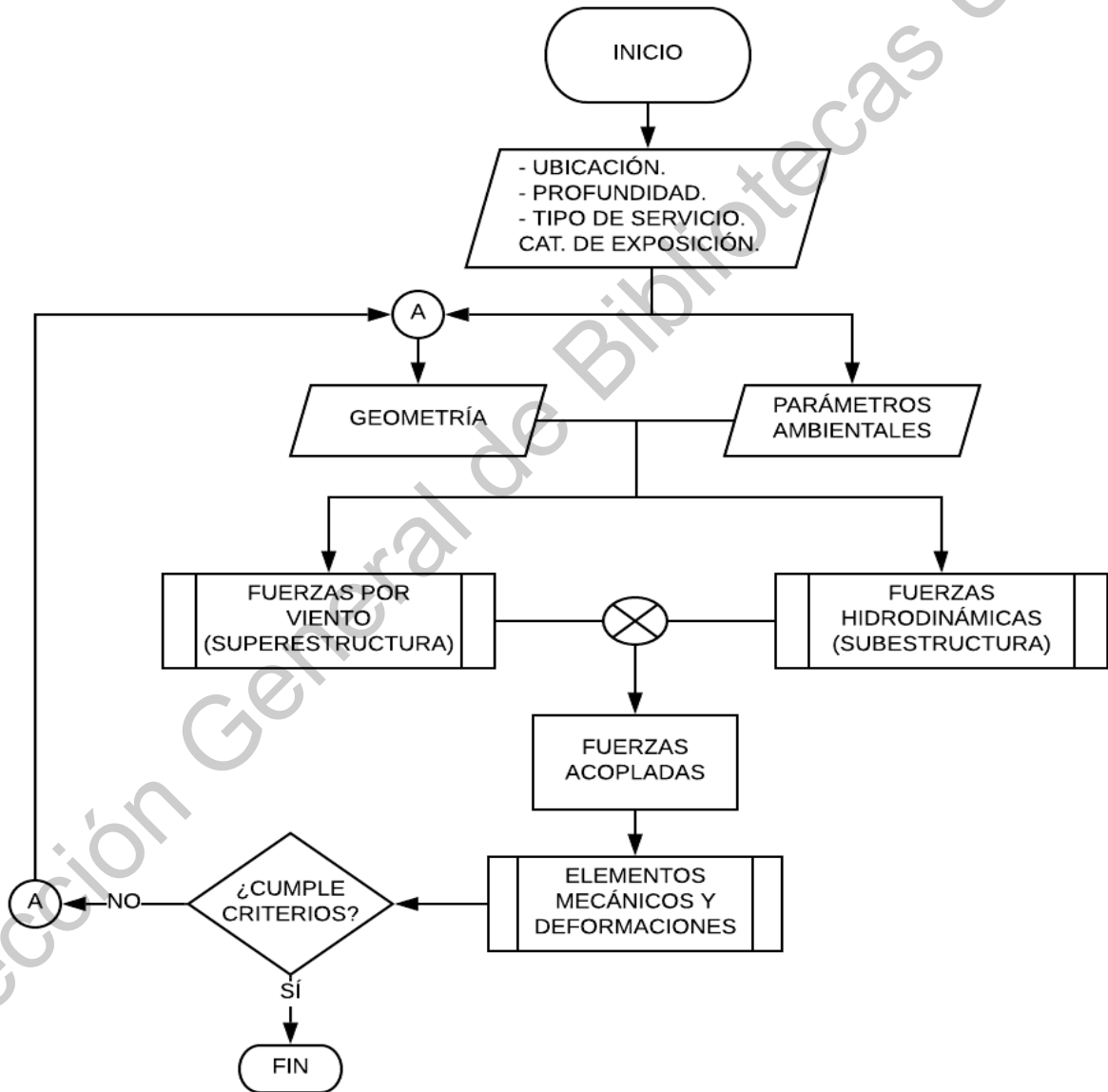


Figura 5.1 Diagrama de flujo de la metodología propuesta. Fuente: elaborada por el autor



En primer lugar, se proponen la ubicación geográfica y profundidad media del mar a la que se encontrará la plataforma. Este punto permite establecer los parámetros oceanográficos y meteorológicos de diseño necesarios y consecuentemente plantear la configuración de la estructura. La zona elegida para desarrollar este trabajo es la denominada “Litoral de Tabasco”, delimitada por las coordenadas N 19°, W 93°30', N 18°26' y W 92°, aproximadamente.

El siguiente paso fue la determinación los parámetros ambientales de diseño indicados anteriormente (Sección 9.1). Para esto se utilizó la información dada en PEMEX (2008) en los capítulos 8 y 12 (anexos A, B y C), tomando en cuenta como valores de entrada:

Ubicación: Zona Litoral de Tabasco.

Profundidad (NMM): 66.10 m.

Tipo de servicio: Mixto.

Categoría de exposición: Muy Alta.

En aquellos casos indicados en PEMEX (2008), se siguieron los criterios, metodologías y recomendaciones dadas en API (2007) para la obtención de parámetros no proporcionados en el primer documento.

Posteriormente, fue propuesto un predimensionamiento para los componentes de la subestructura y la superestructura de la plataforma. Estos elementos (pilas, columnas principales y barras diagonales y verticales) fueron seleccionados en concordancia con la estructuración del edificio en cubierta previamente propuesto. Cabe destacar que, para este punto, el documento que rige es la norma PEMEX (2008) complementada por las recomendaciones dadas en API (2007) y Chakrabarti (2005) en ese orden.

El siguiente paso fue establecer un modelo de que permita conocer las presiones ejercidas por el viento sobre los elementos de la superestructura, así

como en los cuartos de operación. El proceso en esta etapa concluyó al evaluar las presiones dinámicas como una función del tiempo para posteriormente transmitir las a la plataforma de manera integral conjuntamente con los efectos del oleaje y del movimiento marino.

Por otro lado, se evaluaron los efectos del oleaje, a través de la implementación de espectros de energía, para lo cual se utilizó el modelo de Pierson-Moskowitz. Para esto, se definió un perfil del viento que nos permitió conocer la velocidad a diferentes tiempos y diferentes alturas, mismo que se presenta en las ecuaciones (2-5). El siguiente paso fue obtener la densidad de energía contenida en la ola a través de la frecuencia pico por medio de las ecuaciones (26) y (27). A través de los valores de densidad de energía fue posible obtener la altura de ola significativa  $H_{1/3}$  la cual nos sirvió como base para obtener las fuerzas aplicables a los nodos principales de la subestructura, por medio de la ecuación de Morison para elementos tubulares sumergidos.

Una vez obtenido el paquete de funciones dinámicas por medio de los análisis anteriores, se procedió a establecer un modelo que denominado “Modelo Integral” mostrado en el apartado 9.2, a través del programa *ANSYS* en su módulo *Mechanical APDL*. Éste nos permitió establecer el comportamiento mecánico de la plataforma en su conjunto.

Finalmente, los datos resultantes del Modelo Integral fueron revisados, verificando el cumplimiento de los parámetros de esfuerzos y desplazamientos permisibles por la reglamentación aplicable.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos siguiendo la metodología planteada en los apartados anteriores.

### 6.1 Perfiles de viento

A partir de la información proporcionada en PEMEX (2008), se determinaron las velocidades del viento aplicables a diferentes alturas, así como los periodos de las olas para ambos asociados. En la Tabla 6-1 se presentan los valores correspondientes a  $\underline{U}_{ref}$  y  $\underline{U}_0$  extrapolados a una elevación de 19.5m, para todos los casos de estudio planteados anteriormente. Como se planteó anteriormente, el Caso 1 corresponde al perfil de viento calculado a partir de la ecuación (1) y el Caso 2 a los perfiles para la ecuación (2).

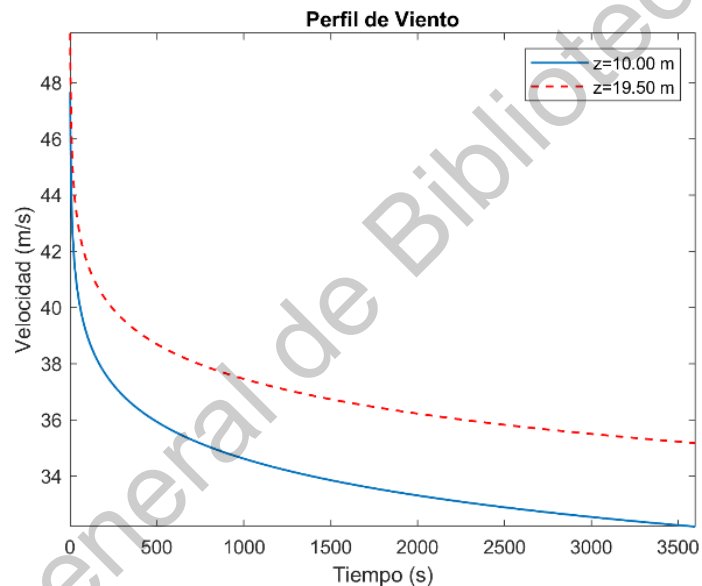
**Tabla 6-1 Frecuencias pico de Pierson-Moskowitz asociadas a diferentes velocidades de viento medidas a 19.50M sobre NMM. Fuente: elaborada por el autor.**

Caso	Velocidad del viento(m/s)			
	10	14.4*	20	30*
1	10.83	15.60	21.67	32.50
2	10.60	15.38	21.53	32.69

Como se observa, los resultados generados por medio de la ecuación (1) son ligeramente mayores que los obtenidos por (2). Lo anterior se cumple para valores  $\underline{U}_{ref}$  y  $\underline{U}_0$  menores a 25 m/s y  $t = 3600$  s.

En la Figura 6.1 podemos encontrar los perfiles de viento para diferentes alturas de referencia, denominados Casos A y B (10.00 m y 19.00 m respectivamente), con respecto a  $t$  (s). En ella se observa que existe una disminución en la velocidad del viento conforme va aumentando el tiempo. Esto se hace más notorio en el primer minuto, presentándose una diferencia de aproximadamente 15% con respecto a los valores en  $t$  (s) = 1. Dicho

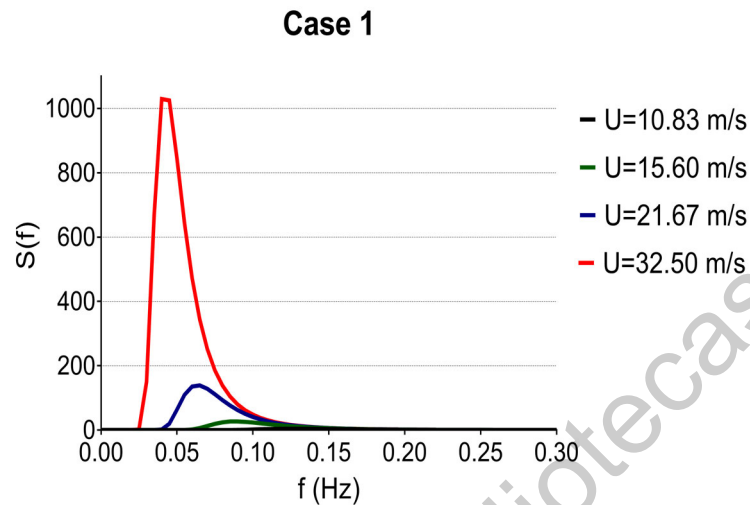
comportamiento se puede explicar gracias al termino exponencial en las Ecs. (2-5). En la primera, implica que si el cociente  $t/t_0 \leq 1s$  se generará un factor de amplificación sobre  $U(z)$ , mientras que, al superar dicho valor, el factor pasará a ser de reducción; para la segunda, si  $z$  (m) se encuentra más cerca al nivel del mar y por debajo de los 10 m, implicaría que la velocidad en ese punto sea menor a aquellas ubicadas a elevaciones  $z$  (m) mayores a 10 m. Por otra parte, se observa que la diferencia entre la velocidad, en ambos casos, considerando un mismo valor de tiempo, aumenta de un 5% para  $t$  (s) = 1 hasta un 8% en  $t$  (s) = 3600.



**Figura 6.1 Perfiles de viento para valores de  $z$ (m) constantes y valores de  $t$ (s) variables, obtenidos por el autor.**

## 6.2 Espectro de Energía de la Ola

Los espectros de energía de ola basados en el modelo de *Pierson-Moskowitz* para los casos 1 y 2, considerando los valores de velocidad  $U_{19.5}$  expuestos en la Tabla 6-1, son mostrados en las Figura 6.2 y Figura 6.3 respectivamente.



**Figura 6.2 Espectro de Pierson-Moskowitz para diferentes velocidades de viento, Caso 1.**

**Fuente:** elaborada por el autor.

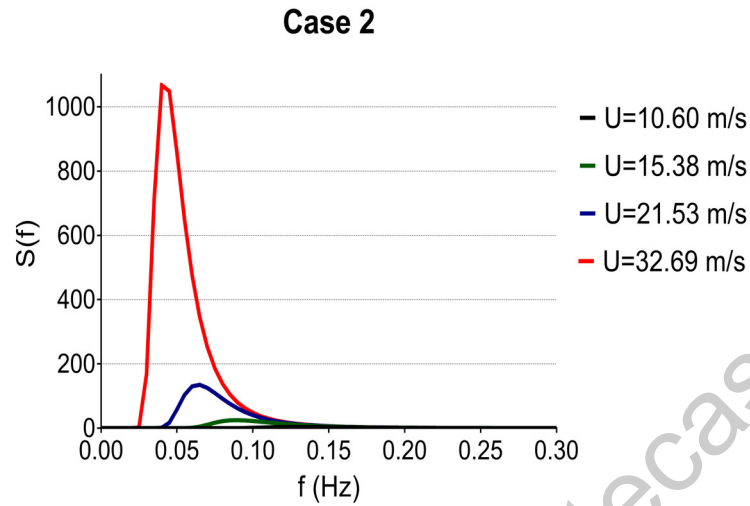
Como se observa en la Figura 6.2, existe una diferencia importante entre la energía de una ola generada por un viento de 32.50 m/s con respecto a las demás. Las frecuencias pico correspondientes a cada uno de los espectros asociados al Caso 1 se muestran en la Tabla 6-2.

**Tabla 6-2 Frecuencias pico de Pierson-Moskowitz para diferentes velocidades, Caso 1.**

**Fuente:** elaborada por el autor.

<b>Caso 1</b>	<b>Velocidad del viento (m/s) a 19.5m</b>			
	<b>10.83</b>	<b>15.60</b>	<b>21.67</b>	<b>32.50</b>
$f_{PM}$	0.127	0.088	0.063	0.042

De forma similar al Caso 1, en la Figura 6.3 se observa un cambio drástico en la energía al superar los 30 m/s. Asimismo, de la Tabla 6-3 se puede notar que no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos en ambos casos.



**Figura 6.3 Espectro de Pierson-Moskowitz para diferentes velocidades de viento, Caso 2.**

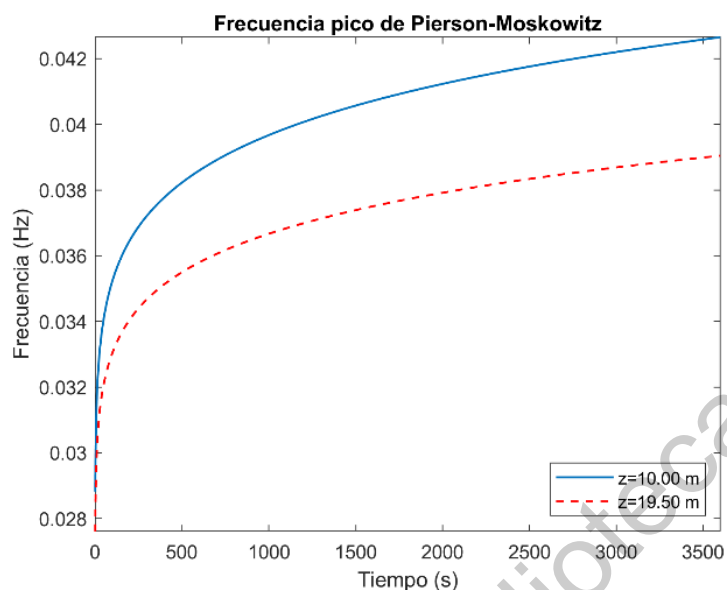
Fuente: elaborada por el autor.

**Tabla 6-3 Frecuencias pico de Pierson-Moskowitz para diferentes velocidades, Caso 2.**

Fuente: elaborada por el autor.

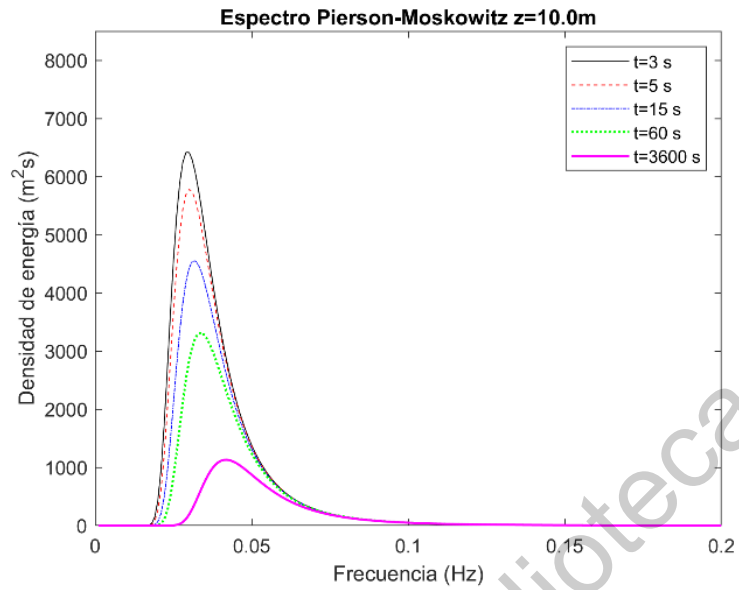
Caso 2	Velocidad del viento (m/s) a 19.5m			
	10.60	15.38	21.53	32.69
$f_{PM}$	0.129	0.089	0.063	0.042

Con respecto a la frecuencia pico, podemos observar que, conforme va aumentando el tiempo, los valores van en aumento (Figura 6.4). Esto corresponde con los resultados obtenidos los perfiles de viento, ya que las frecuencias son inversamente proporcionales a la velocidad. Dicho comportamiento corresponde a lo esperado en la realidad, ya que, al aumentar la intensidad de la velocidad del viento, se espera una mayor excitación de las partículas de agua, lo cual se refleja en olas con mayor amplitud y de menor frecuencia. Adicionalmente, se puede mencionar el hecho de que, al igual que en los perfiles de viento, las variaciones entre los valores del Caso A y Caso B tienen un comportamiento exponencial, presentando diferencias de entre un 5% al inicio para llegar a un 8% en los segundos finales.

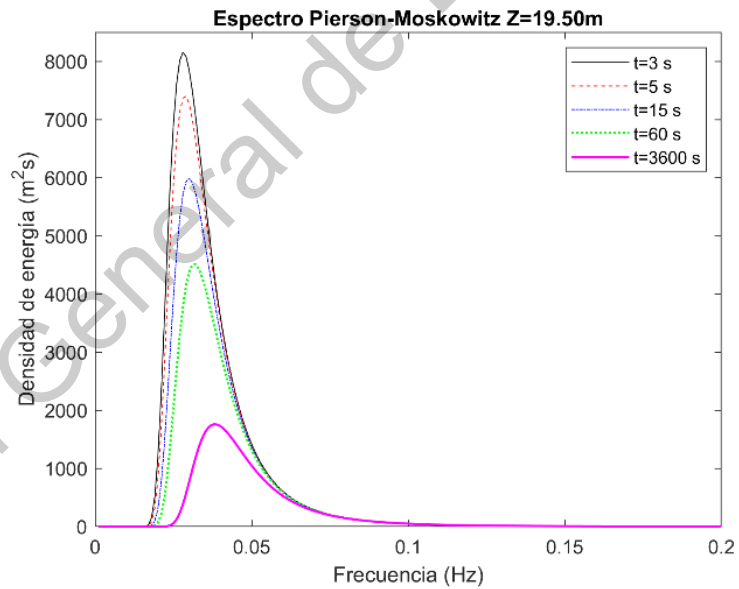


**Figura 6.4 Frecuencia pico de Pierson-Moskowitz para velocidades asociadas a  $z=10.00\text{m}$  y  $z=19.50\text{m}$  y  $t(\text{s})$  variable, obtenidas por el autor.**

Por otra parte, los resultados obtenidos en la densidad de energía de la ola, reflejan una importante diferencia al variar, tanto la duración del viento como en la elevación de referencia (Figura 6.5). Con respecto al tiempo, podemos mencionar que, existe una disminución en la densidad de energía máxima alcanzada en el espectro, para cada una de las magnitudes de  $t$  (s) seleccionadas, llegando a valores máximos en los primeros segundos y disminuyendo su magnitud hasta cinco veces en los segundos finales. En cuanto a la altura de referencia, se puede observar que, para mismos valores de tiempo, las magnitudes del Caso A son sustancialmente mayores, logrando alcanzar valores hasta 20% superiores.



a)



b)

Figura 6.5. Espectros de Pierson-Moskowitz para velocidades asociadas a a)  $z = 10.00\text{ m}$  y b)  $z = 19.50\text{ m}$  a diferentes valores de  $t(\text{s})$ , obtenidas por el autor.



## 7. CONCLUSIONES

Los resultados de la extrapolación de las velocidades para los casos estudiados no presentaron diferencias significativas, por lo tanto, es posible utilizar indistintamente cualquiera de las ecuaciones (1) y (2) en la plataforma propuesta. Esto es verdad, siempre y cuando, se trabaje dentro de los rangos de  $\underline{U}_{ref}$  y  $\underline{U}_0$  aquí tratados, y considerando  $t(s)=3600$ .

Se debe prestar suma atención al momento de elegir las velocidades del viento de diseño ya que como se observó anteriormente, el espectro de energía seleccionado es relativamente sensible a éstas, pudiendo tener variaciones drásticas en intervalos de 5 m/s aproximadamente.

Las frecuencias contenidas en los espectros presentados, asociadas a las condiciones de operación y tormentas, quedan fuera de los valores esperados para la estructura propuesta de acuerdo con lo esperado en la práctica, mismos que oscilan alrededor de los 0.5 Hz.

A partir de los resultados obtenidos es posible establecer una relación entre la densidad de energía de una ola y la velocidad del viento para diferentes periodos promedio tiempo. De forma general se puede decir que, debido a que para valores de  $t(s)$  iniciales, es decir  $t(s) = 3, 5$  y  $15$ , la densidad de energía es mucho mayor que las presentes en  $t(s) = 60$  y  $3600$ ; es de suma importancia elegir un valor promedio de  $t(s)$  adecuado para el elemento que estemos analizando, con mayor razón si se trata de estructuras sensibles a los efectos dinámicos del viento, como es el caso de las plataformas flotantes. Cabe mencionar la importancia que tiene la correcta selección de la altura de referencia, ya que como se observó en la Figura 6.5, aun considerando un mismo valor de tiempo, los valores obtenidos pueden variar significativamente, con una diferencia del 20% aproximadamente.

Con referencia a las frecuencias pico, se concluye que, al depender principalmente de la velocidad de viento, éstas tendrán un comportamiento asociado al que presente el perfil de viento utilizado para su obtención. Se encontró una diferencia de un 5% a un 8% entre los casos estudiados. Por otra parte, los valores máximos obtenidos en las frecuencias, de 0.028 a 0.041 Hz, quedan fuera de las frecuencias esperadas para una plataforma tipo Jacket. Por otra parte, es necesario recalcar la sensibilidad que tienen los modelos utilizados tanto para conocer los perfiles de viento como los espectros de oleaje, ya que, para variaciones relativamente pequeñas en el tiempo y por consiguiente la velocidad del viento, pueden obtenerse resultados con diferencias significativas.

## 8. REFERENCIAS

- API. 2007. Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms—Working Stress Design. American Petroleum Institute. Washington.
- Azarhoushang, A. 2010. Dynamic Response of Fixed Offshore Platforms to Environmental Loads. Tesis de Maestría. Curtin University of Technology. Australia
- Bender, C. et al. 1969. Applications of Wave-Equations Analysis to Offshore Piles Foundations. In: I Offshore Technology Conference. Texas
- Blumberg, R. & Strader, N. 1969. Dynamic Analyses of Offshore Structures. In: I Offshore Technology Conference, Texas
- Cañamero-Torres, F. 1991. Análisis de Estructuras Offshore Sometidas a la Acción del Oleaje Mediante ANSYS. Tesis de Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingenieros. España.
- Chakrabarti, S. (Ed.) 2005. Handbook of Offshore Engineering (Volume I). Elsevier. Gran Bretaña
- Chandrasekaran, S. (Ed.) 2015. Dynamic Analysis and Design of Offshore Structures. Springer India.
- Das, B. & Janardhan, P. 2017. Model Development and Load Analysis of Offshore Jacket Structure using SAP2000. In: International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)
- Feibusch, R., & Keith, E. 1969. Analysis of Offshore Structures Including Couple Structure, Pile and Inelastic Soil Properties. In: I Offshore Technology Conference. Texas

- Fish, P., Dean R. & Heaf, N. 1980. Fluid-Structure Interaction in Morison's Equation for the Design of Offshore Structures. Engineering Structures Vol. 2. IPC Business Press.
- Freudenthal, A., & Gaither, W. 1969. Design Criteria for Fixed Offshore structures. In: I Offshore Technology Conference, Texas.
- Frías, A. & Moreno, G. 1988. "Ingeniería de Costas", 2da ed. Editorial Limusa, México. Pp. 94-103.
- Gauss, G. (Ed.) 2014, Offshore Structures: Volume I: Conceptual Design and Hydromechanics, Springer.
- Godeau, A. & Deleuil, G. 1975. Dynamic Response and Fatigue Analysis of Fixed Offshore Structures. In: VII Offshore Technology Conference, Texas
- Gomathinayagam, S., Vendhan, C. & Shanmugasundaram P. 2000. Dynamic Effects of Wind Loads on Offshore Deck Structures - A critical evaluation of provisions and practices. In: Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 84. Elsevier
- Hanson, H., & Hurst, D. 1969. Corrosion Control – Offshore Platforms. In: I Offshore Technology Conference, Texas.
- Haritos, N. 2007. Introduction to the Analysis and Design of Offshore Structures– An Overview. Electronic Journal of Structural Engineering.
- Hernández, D. 2017. La Producción Petrolera Mexicana: Análisis Histórico y Escenario a Futuro. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de México. México.
- Isaacson, M. & Wu, S. 1984. Shallow Wave Forces on Offshore Structures. In: 16th Offshore Technology Conference, Texas.

- Kareem, A. 1980. Dynamic Effects of Wind on Offshore Structures. In: 12th Offshore Technology Conference, Texas.
- Kharade, A. & Kapadiya, S. 2014. "Offshore engineering: An overview of types and loadings on structures", International Journal of Structural and Civil Engineering Research, vol. 3, No. 2.
- Liu, H. et al. 2016. Wind-induced Response of Large Offshore Oil Platform. In: Petroleum Exploration and Development, Vol. 4.
- Ma, J. et al. 2017. Numerical Simulation of Fluctuating Wind Effects on an Offshore Deck Structure. In: Hindawi Shock and Vibration Volume.
- Meli, R., 2010. Diseño Estructural, 2da ed., Editorial Limusa, México. pp. 247,248
- Moe, G. & Verley, R. 1980. Hydrodynamic Damping of Offshore Structures in Waves and Currents. In: 12th Offshore Technology Conference, Texas.
- Mohamad, A., Al-Kadhimi, A. & Shaker, M. 2012. Dynamic Behavior of Jacket Type Offshore Structure. In: Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 6, No. 4
- Mohan, P. et al. 2013. Modeling and Analysis of Offshore Jacket Platform. In: International Journal of Advances in Engineering & Technology.
- Muga, B. J. & Wilson, J. F., 1970. Dynamic Analysis of Ocean Structures, 1<sup>st</sup> ed., Plenum Press, New York, US.
- Patil, T. & Alandkar, P. 2017. Dynamic Response of Offshore Structures – An Overview. International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS). Volume VI, Issue VIII. ISSN 2278-2540
- PEMEX, 2007. NRF-041-PEMEX-2007: Carga, Amarre, Transporte e Instalación de Plataformas Costa afuera. Petróleos Mexicanos, México

- PEMEX, 2008. NRF-003-PEMEX-2007: Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas Fijas en el Golfo de México. Petróleos Mexicanos, México
- PEMEX. 2018. Petróleos Mexicanos: Informe Anual 2017. Petróleos Mexicanos, México.
- Pérez, R., 2015. Criterios y Consideraciones para el Modelado de Plataformas Marinas tipo Jacket, para Tirantes de Aguas Someras. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de México. México.
- Queija, M. et al. 1997. Random Fatigue Analysis of a Jacket Type Offshore Structure: Time and Frequency-Domain Approaches. International Offshore and Polar Engineering Conference. Brazil
- Sarpkaya, T. & Isaacson, M., 1981. "Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures". 1st ed.
- Sarpkaya, T., 1981. "Wave Forces on Offshore Structures". 1st ed. Cambridge University Press, New York
- Sawaragi, T. (Ed.) 1995, Coastal Engineering – Waves, Beaches, Wave-Structure Interactions, Elsevier.
- Schoefs, F. 2005. Fatigue of Jacket Platforms: Effect of Marine Growth Modelling. In: 24th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE 2005). Grecia.
- The SWAMP Group, 1985. "Ocean Wave Modeling", 1st ed. Springer, US.
- Zhang, A. et al. 2017. Smoothed Particle Hydrodynamics and its Applications in Fluid-Structure Interactions. Journal of Hydrodynamics. DOI: 10.1016/S1001-6058(16)60730-8

## **Páginas Web**

Duddu, P. 2014. The World's Worst Offshore Oil Rig Disasters. <https://www.offshore-technology.com/features/feature-the-worlds-deadliest-offshore-oil-rig-disasters-4149812/>. (Visitado el 05 de septiembre de 2018)

Gershenson, A. 2017. Opinión: Más Sobre el Litoral de Tabasco. <https://www.jornada.com.mx/2017/03/19/opinion/020a2pol>. (Visitado el 15 de septiembre de 2018)

PEMEX, 2019. Nuestro Negocio – Infraestructura, <https://www.pemex.com/nuestro-negocio/infraestructura/Paginas/default.aspx> (Visitado el 07 de abril de 2020).

PEMEX, 2020. Nuestro Negocio – Pemex Exploración y Producción, <https://www.pemex.com/nuestro-negocio/pep/Paginas/default.aspx> (Visitado el 07 de abril de 2020).

## 9. APÉNDICE

9.1 Información meteorológica y oceanográfica de extremos para el diseño de plataformas fijas en el Golfo de México.

9.1.1 Parámetros para diseño por tormenta.

A continuación, se presentan los parámetros aplicables al diseño por tormenta para plataformas fijas ubicadas en la zona de interés Activo Litoral de Tabasco para tirantes de agua entre 0 y 100 metros sobre el NMM (PEMEX,2008).

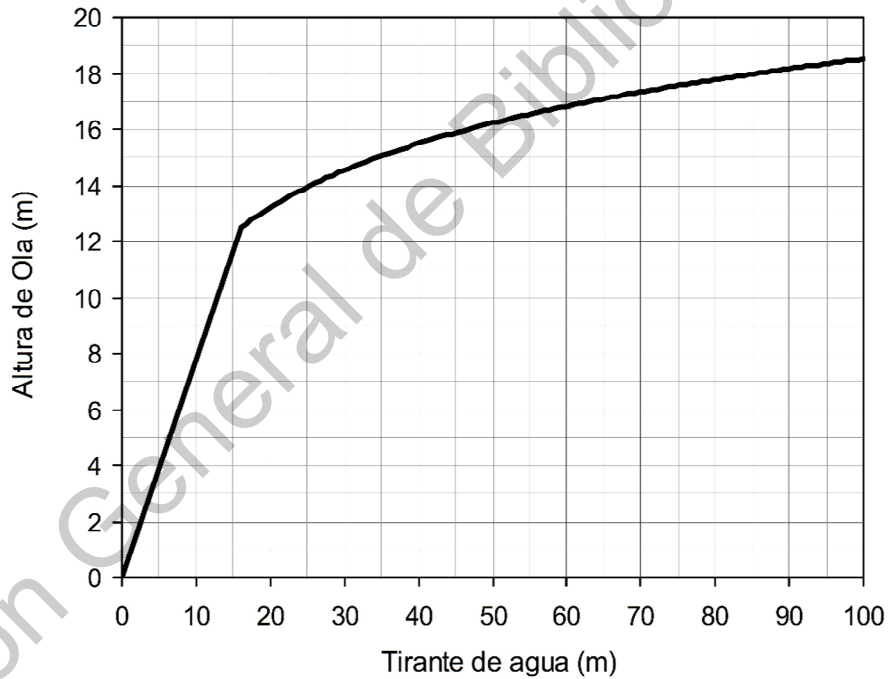


Figura 9.1 Altura de ola máxima para el diseño por tormenta. Fuente: (PEMEX,2008).



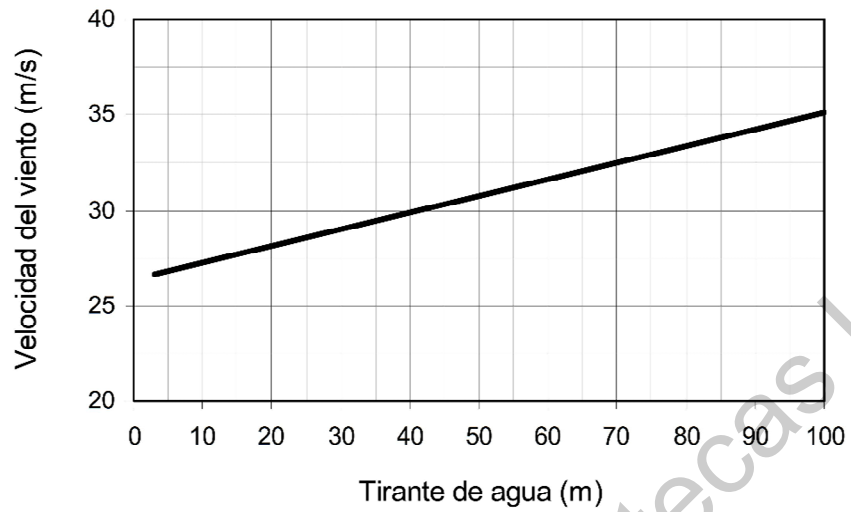


Figura 9.2 Velocidad máxima del viento a 10 metros sobre el NMM, promedio para 1 hora.

Fuente: (PEMEX, 2008).

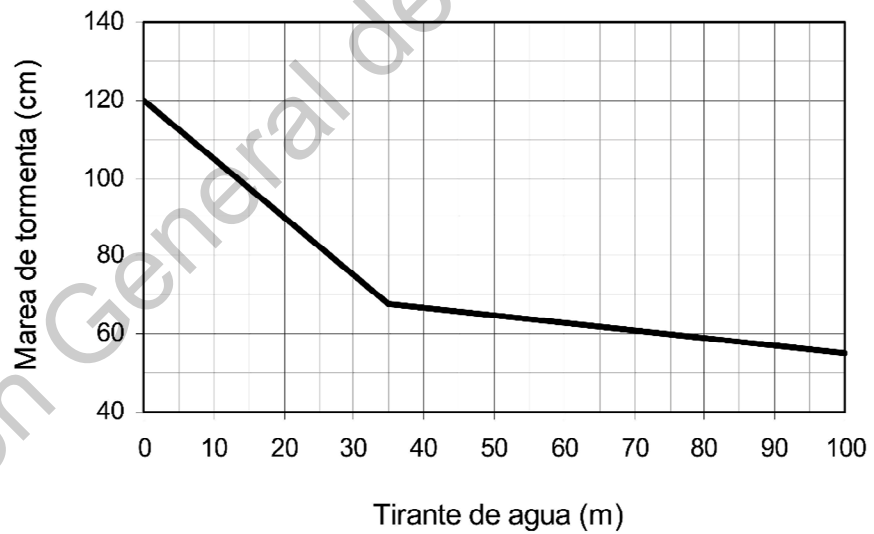


Figura 9.3 Altura de marea de tormentas. Fuente: (PEMEX, 2008).

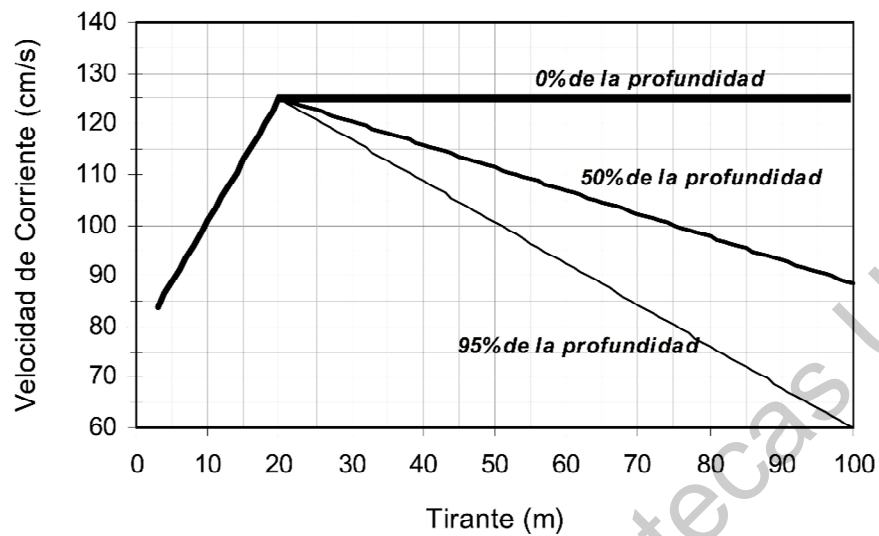


Figura 9.4 Perfil de velocidades de corriente para diferentes profundidades. Fuente: (PEMEX,2008).

Tabla 9-1 Parámetros oceanográficos aplicables a todos los tirantes. Fuente: (PEMEX, 2008).

Parámetro	Valor
Período de la ola (s)	12.18
Marea astronómica (m)	0.76.

#### 9.1.1.1 Parámetros para el análisis de resistencia última para diseño.

Tabla 9-2 Factores de amplificación para análisis de resistencia última que deben afectar a los parámetros de la sección 9.1.1. Fuente: (PEMEX,2008).

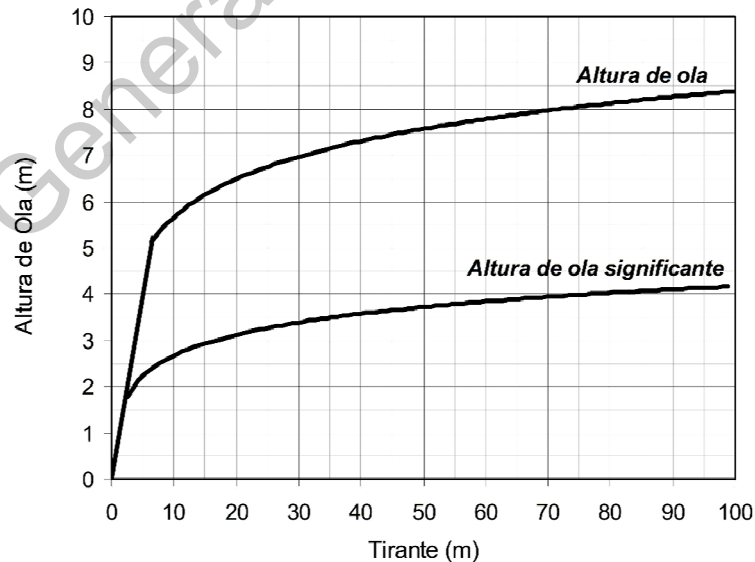
Parámetro	Factor
Altura de ola última (m)	1.38
Período de la ola (s)	1.12

**Tabla 9-2 (continuación) Factores de amplificación para análisis de resistencia última que deben afectar a los parámetros de la sección 9.1.1. Fuente: (PEMEX,2008).**

Parámetro	Factor
Marea astronómica (m)	1.00
Marea de tormenta (m)	1.51
Velocidad máxima del viento a 10 metros sobre el NMM, promedio a 1 hr (m/s)	1.40
Velocidad de corriente (cm/s)	2.04

**9.1.2 Parámetros para diseño en condiciones de operación.**

A continuación, se presentan los parámetros aplicables al diseño por operación para plataformas fijas ubicadas en la zona de interés Activo Litoral de Tabasco para tirantes de agua entre 0 y 100 metros sobre el NMM (PEMEX,2008).



**Figura 9.5 Alturas de ola máxima y significativa para diseño por operación. Fuente: (PEMEX,2008).**

**Tabla 9-3 Parámetros asociados a la altura de ola máxima para diseño por operación.**

**Fuente: (PEMEX, 2008).**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Período de la ola (s)	8.20
Marea astronómica (m)	0.76

**Tabla 9-3 (continuación) Parámetros asociados a la altura de ola máxima para diseño por operación. Fuente: (PEMEX, 2008).**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	
Marea de tormenta (m)	0.30	
Velocidad máxima del viento a 10 metros sobre el NMM, promedio a 1 hr (m/s)	14.40	
Velocidad de corriente (cm/s)	0% de la profundidad	30
	50% de la profundidad	25
	95% de la profundidad	18

## 9.2 Código fuente.

A continuación, se presenta el código fuente propuesto para generar y solucionar el modelo acoplado, objetivo principal de este trabajo. Cabe mencionar que dicho código fue programado para la versión 14.0 de *ANSYS Mechanical APDL*, por lo que pueden presentarse incompatibilidades en rutinas o procesos al ejecutarlo en versiones diferentes. Para tal caso, se recomienda revisar los posibles cambios en el ejecutable *ANSYS Help* de la versión correspondiente.

```

*CREATE, INICIO
/NOPR
/PMETH, OFF, 0
KEYW, PR_SET, 1
KEYW, PR_STRUC, 1
/GO
/NOPR
/PREP7

*END

*CREATE, DATOS_SECSUB
MULTIPRO, 'start', 4
*CSET, 1, 3, DEXCP2, 'DIÁMETRO EXT
COLUMNAS EJE 2 (M)=' , 2.1336
*CSET, 4, 6, ESPCP2, 'ESPESOR COLUMNAS
EJE 2 (M)=' , 0.0381
*CSET, 7, 9, DEXCP4, 'DIÁMETRO EXT
COLUMNAS EJE 4 (M)=' , 1.9812
*CSET, 10, 12, ESPCP4, 'ESPESOR
COLUMNAS EJE 4 (M)=' , 0.0381
*CSET, 61, 62, 'SECCIÓN COLUMNAS,'
PRINCIPALES SUBESTRUCTURA'
MULTIPRO, 'END'

MULTIPRO, 'start', 10
*CSET, 1, 3, DEXBH66, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N-66.10 (M)=' , 0.762
*CSET, 4, 6, ESPBH66, 'ESPESOR TUBO N-
66.10 (M)=' , 0.0127
*CSET, 7, 9, DEXBH52, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N-52.10 (M)=' , 0.9144
*CSET, 10, 12, ESPBH52, 'ESPESOR TUBO N-
52.10 (M)=' , 0.0254
*CSET, 13, 15, DEXBH38, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N-38.10 (M)=' , 0.9144
*CSET, 16, 18, ESPBH38, 'ESPESOR TUBO N-
38.10 (M)=' , 0.0254
*CSET, 19, 21, DEXBH14, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N-14.10 (M)=' , 0.9144
*CSET, 22, 24, ESPBH14, 'ESPESOR TUBO N-
14.10 (M)=' , 0.0254
*CSET, 25, 27, DEXBH6, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N+6.90 (M)=' , 0.6096
*CSET, 28, 30, ESPBH6, 'ESPESOR TUBO
N+6.90 (M)=' , 0.01905
*CSET, 61, 62, 'SECCIÓN TUBOS,'
HORIZONALES SUBESTRUCTURA'
MULTIPRO, 'END'

MULTIPRO, 'start', 8
*CSET, 1, 3, DEXBDV1, 'DIÁMETRO EXT
TUBO NIV. 1 (M)=' , 0.9144
*CSET, 4, 6, ESPBDV1, 'ESPESOR TUBO NIV.
1 (M)=' , 0.0254
*CSET, 7, 9, DEXBDV2, 'DIÁMETRO EXT
TUBO NIV. 2 (M)=' , 0.9144
*CSET, 10, 12, ESPBDV2, 'ESPESOR TUBO
NIV. 2 (M)=' , 0.0254

*CSET, 13, 15, DEXBDV3, 'DIÁMETRO EXT
TUBO NIV. 3 (M)=' , 0.7620
*CSET, 16, 18, ESPBDV3, 'ESPESOR TUBO
NIV. 3 (M)=' , 0.01905
*CSET, 19, 21, DEXBDV4, 'DIÁMETRO EXT
TUBO NIV. 4 (M)=' , 0.6604
*CSET, 22, 24, ESPBDV4, 'ESPESOR TUBO
NIV. 4 (M)=' , 0.03175
*CSET, 61, 62, 'SECCIÓN CONTRAVENTEO,'
VERTICAL SUBESTRUCTURA'
MULTIPRO, 'END'

MULTIPRO, 'start', 10
*CSET, 1, 3, DEXBDH66, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N-66.10 (M)=' , 0.6096
*CSET, 4, 6, ESPBDH66, 'ESPESOR TUBO N-
66.10 (M)=' , 0.0127
*CSET, 7, 9, DEXBDH52, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N-52.10 (M)=' , 0.4064
*CSET, 10, 12, ESPBDH52, 'ESPESOR TUBO
N-52.10 (M)=' , 0.0127
*CSET, 13, 15, DEXBDH38, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N-38.10 (M)=' , 0.6096
*CSET, 16, 18, ESPBDH38, 'ESPESOR TUBO
N-38.10 (M)=' , 0.0127
*CSET, 19, 21, DEXBDH14, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N-14.10 (M)=' , 0.6096
*CSET, 22, 24, ESPBDH14, 'ESPESOR TUBO
N-14.10 (M)=' , 0.0127
*CSET, 25, 27, DEXBDH6, 'DIÁMETRO EXT
TUBO N+6.90 (M)=' , 0.4064
*CSET, 28, 30, ESPBDH6, 'ESPESOR TUBO
N+6.90 (M)=' , 0.0127
*CSET, 61, 62, 'SECCIÓN CONTRAVENTEO,'
HORIZONTAL SUBESTRUCTURA'
MULTIPRO, 'END'

*END

*CREATE, DATOS_SECSUP
MULTIPRO, 'start', 2
*CSET, 1, 3, DEXCPS, 'DIÁMETRO EXTERIOR
COLUMNAS (M)=' , 1.3716
*CSET, 4, 6, ESPCPS, 'ESPESOR COLUMNAS
(M)=' , 0.0508
*CSET, 61, 62, 'SECCIÓN COLUMNAS,'
PRINCIPALES SUPERESTRUCTURA'
MULTIPRO, 'END'

MULTIPRO, 'start', 2
*CSET, 1, 3, DEXCSS, 'DIÁMETRO EXTERIOR
COLUMNAS (M)=' , 1.0668
*CSET, 4, 6, ESPCSS, 'ESPESOR COLUMNAS
(M)=' , 0.0381
*CSET, 61, 62, 'SECCIÓN COLUMNAS,'
SECUNDARIAS SUPERESTRUCTURA'
MULTIPRO, 'END'

MULTIPRO, 'start', 8
*CSET, 1, 3, PEVPXN1, 'PERALTE VIGAS
NIVEL 1 (M)=' , 1.219
*CSET, 4, 6, ANVPXN1, 'ANCHO VIGAS NIVEL
1 (M)=' , 0.457
*CSET, 7, 9, EALVPXN1, 'ESPESOR ALMA
VIGAS NIVEL 1 (M)=' , 0.013
*CSET, 10, 12, EPVPXN1, 'ESPESOR PATIN
VIGAS NIVEL 1 (M)=' , 0.051
*CSET, 13, 15, PEVPXN2, 'PERALTE VIGAS
NIVEL 2 (M)=' , 1.219
*CSET, 16, 18, ANVPXN2, 'ANCHO VIGAS
NIVEL 2 (M)=' , 0.457
*CSET, 19, 21, EALVPXN2, 'ESPESOR ALMA
VIGAS NIVEL 2 (M)=' , 0.013
*CSET, 22, 24, EPVPXN2, 'ESPESOR PATIN
VIGAS NIVEL 2 (M)=' , 0.051
*CSET, 61, 62, 'PERFIL I VIGAS
PRINCIPALES,' EN X SUPERESTRUCTURA'
MULTIPRO, 'END'

MULTIPRO, 'start', 8
*CSET, 1, 3, PEVPZN1, 'PERALTE VIGAS
NIVEL 1 (M)=' , 1.219
*CSET, 4, 6, ANVPZN1, 'ANCHO VIGAS NIVEL
1 (M)=' , 0.457
*CSET, 7, 9, EALVPZN1, 'ESPESOR ALMA
VIGAS NIVEL 1 (M)=' , 0.013
*CSET, 10, 12, EPVPZN1, 'ESPESOR PATIN
VIGAS NIVEL 1 (M)=' , 0.051
*CSET, 13, 15, PEVPZN2, 'PERALTE VIGAS
NIVEL 2 (M)=' , 1.219
*CSET, 16, 18, ANVPZN2, 'ANCHO VIGAS
NIVEL 2 (M)=' , 0.457
*CSET, 19, 21, EALVPZN2, 'ESPESOR ALMA
VIGAS NIVEL 2 (M)=' , 0.013
*CSET, 22, 24, EPVPZN2, 'ESPESOR PATIN
VIGAS NIVEL 2 (M)=' , 0.051
*CSET, 61, 62, 'PERFIL I VIGAS
PRINCIPALES,' EN X SUPERESTRUCTURA'
MULTIPRO, 'END'

```

```

*CSET,1,3,PEVCN1,'PERALTE VIGAS
NIVEL 1 (M)='0.349
*COM, SE GENERAN LOS KEYPOINT DE LA
SUBESTRUCTURA
/COM, SE GENERAN LOS KP DE LA BASE
(NIVEL -66.10)
K,-12.192,-66.1,-9.177
K,21.369,-66.1,-9.177
K,21.369,-66.1,22.893
K,-12.192,-66.1,22.893
*GET,KBASE,KP,0,NUM,MAX
!
NIVEL -38.10
K,7.119,-38.1,-5.677
K,17.869,-38.1,0.023
K,17.869,-38.1,13.693
K,7.119,-38.1,19.393
*GET,KBH38,KP,0,NUM,MAX
!
NIVEL -14.10
K,4.1189,-14.1,-2.6769
K,14.8689,-14.1,0.0731
K,14.8689,-14.1,13.6429
K,4.1189,-14.1,16.3929
*GET,KBH14,KP,0,NUM,MAX
!
NIVEL +6.90
K,-5.742,6.9,0.0519
K,0.02595,6.9,0.0519
K,6.4239,6.9,0.0519
K,12.2439,6.9,6.9099
K,6.4239,6.9,13.7679
K,0.02595,6.9,13.7679
K,-5.742,6.9,13.7679
K,-12.192,6.9,10.0979
K,-12.192,6.9,3.7219
*GET,KBH6,KP,0,NUM,MAX
!-----
!-SE GENERAN LOS KP
CORRESPONDIENTES A LAS BARRAS
HORIZONTALES CENTRALES--
!-----
-
NIVEL -66.10
K,-3.80175,-66.1,-1.1595
K,4.5885,-66.1,-1.1595
K,4.5885,-66.1,14.8755
K,-3.80175,-66.1,14.8755
K,-3.80175,-66.1,6.858
K,12.97875,-66.1,6.858
*GET,KBHC66,KP,0,NUM,MAX
!
NIVEL -38.10
K,-2.5365,-38.1,6.858
K,7.119,-38.1,6.858
*GET,KBHC38,KP,0,NUM,MAX
!
NIVEL -14.10
K,-4.03655,-14.1,6.858
K,4.1189,-14.1,6.858
*GET,KBHC14,KP,0,NUM,MAX
!
NIVEL +6.90
K,0.02595,6.9,6.9099
*GET,KBHC6,KP,0,NUM,MAX
/COM, SE GENERAN LOS KP
CORRESPONDIENTES A LA
INTERSECCIÓN DE LAS BARRAS
DIAGONALES EN Y
K,2.0491,-25.4698,-4.0982
K,16.165,-24.4688,6.858
K,2.0491,-25.4698,17.8142
K,-12.192,-24.4688,6.858
*GET,KDIA1,KP,0,NUM,MAX !DIAGONALES
K,0.6487,-3.0648,-1.2975
K,13.3469,-1.9239,6.858
K,0.6487,-3.0648,15.0135
K,-12.192,-1.9239,6.858
*GET,KDIA2,KP,0,NUM,MAX !DIAGONALES
NUMMRG,KP
NUMCMP,KP
SAVE,KPSUB
*END
*CREATE,KPSUPER
!-----
!--AQUÍ EMPIEZAN LOS KP DE LA
SUBESTRUCTURA--
!-----

```

/COM, SE GENERAN LOS KP  
CORRESPONDIENTES A LAS COLUMNAS  
PRINCIPALES DE LA SUPERESTRUCTURA

/COM, KP CORRESPONDIENTES AL INICIO  
DE LAS DIAGONALES

K,-12.192,8.315,0  
K,,12.192,8.315,0  
K,-12.192,8.315,13.716  
K,-12.192,8.315,13.716  
\*GET,KPSPDI,KP,0,NUM,MAX

/COM, KP CORRESPONDIENTES AL NIVEL  
+18.034 (PRIMER NIVEL VIGA PRINCIPAL)

K,-12.192,18.034,0  
K,,12.192,18.034,0  
K,-12.192,18.034,13.716  
K,-12.192,18.034,13.716  
\*GET,KPSPN1,KP,0,NUM,MAX

/COM, KP CORRESPONDIENTES AL INICIO  
DE LAS DIAGONALES INTERMEDIAS

K,-12.192,21.895,0  
K,,12.192,21.895,0  
K,-12.192,21.895,13.716  
K,-12.192,21.895,13.716  
\*GET,KPSPDI2,KP,0,NUM,MAX

/COM, KP CORRESPONDIENTES AL NIVEL  
+27.246 (SEGUNDO NIVEL VIGA  
PRINCIPAL)

K,-12.192,27.246,0  
K,,12.192,27.246,0  
K,-12.192,27.246,13.716  
K,-12.192,27.246,13.716  
\*GET,KPSPN2,KP,0,NUM,MAX

/COM,-----  
/COM,-EMPEZAMOS GENERANDO LOS KP  
CORRESPONDIENTES A LAS COLUMNAS  
SECUNDARIAS-

/COM,-----  
K,-20.422,18.034,0  
K,,0,18.034,0  
K,,24.384,18.034,0  
K,,24.384,18.034,13.716  
K,,0,18.034,13.716  
K,-20.422,18.034,13.716

\*GET,KPSPSN1,KP,0,NUM,MAX

/COM, KP CORRESPONDIENTES A LAS  
DIAGONALES DE LAS COLUMNAS  
SECUNDARIAS

K,-20.422,21.895,0  
K,,24.384,21.895,0  
K,,24.384,21.895,13.716  
K,-20.422,21.895,13.716  
\*GET,KPSPDI3,KP,0,NUM,MAX

/COM, GENERAMOS LOS KP FINALES DE  
LAS COLUMNAS SECUNDARIAS

K,-20.422,27.246,0  
K,,0,27.246,0  
K,,24.384,27.246,0  
K,,24.384,27.246,13.716  
K,,0,27.246,13.716  
K,-20.422,27.246,13.716  
\*GET,KPSPSN2,KP,0,NUM,MAX

/COM,-----  
/COM,-SE GENERAN LOS KP DE LOS  
EXTREMOS DE LAS VIGAS PRINCIPALES  
DE LA SUPERESTRUCTURA-

/COM,-----  
K,-22.04,18.034,0  
K,,29.05,18.034,0  
K,,29.05,18.034,13.716  
K,-22.04,18.034,13.716  
\*GET,KPSPVN1,KP,0,NUM,MAX

K,-23.122,27.246,0  
K,,25.356,27.246,0  
K,,25.356,27.246,13.716  
K,-23.122,27.246,13.716  
\*GET,KPSPVN2,KP,0,NUM,MAX

/COM,-----  
/COM,-SE GENERAN LOS KP DE LOS  
EXTREMOS DE LAS VIGAS SECUNDARIAS  
DE LA SUPERESTRUCTURA-

/COM,GENERAMOS LOS PUNTOS  
INTERMEDIOS

K,-20.422,18.034,-4.75  
K,-12.192,18.034,-4.75  
K,,0,18.034,-4.75  
K,,12.192,18.034,-4.75  
K,,24.384,18.034,-4.75

K,,24.384,18.034,18.366  
K,,12.192,18.034,18.366  
K,,0,18.034,18.366  
K,-12.192,18.034,18.366  
K,-20.422,18.034,18.366  
\*GET,KPVSIN1,KP,0,NUM,MAX

/COM,GENERAMOS LOS PUNTOS  
EXTREMOS

K,,0,18.034,-8.75  
K,,12.192,18.034,-8.75

K,,24.384,18.034,23.016  
K,,12.192,18.034,23.016  
K,,0,18.034,23.016  
K,-12.192,18.034,23.016  
K,-20.422,18.034,23.016  
\*GET,KPVSIN1,KP,0,NUM,MAX

/COM,GENERAMOS LOS PUNTOS  
INTERMEDIOS DE LAS VIGAS  
SECUNDARIAS

K,-12.192,18.034,6.858  
K,,12.192,18.034,6.858  
\*GET,KPVSIN1,KP,0,NUM,MAX

/COM,-----  
/COM,-SE GENERAN LOS KP DE LAS VIGAS  
SECUNDARIAS DE LA  
SUPERESTRUCTURA N2-

/COM,-----  
K,-20.422,27.246,-4.75  
K,-12.192,27.246,-4.75  
K,,0,27.246,-4.75  
K,,12.192,27.246,-4.75  
K,,24.384,27.246,-4.75

K,,24.384,27.246,18.366  
K,,12.192,27.246,18.366  
K,,0,27.246,18.366  
K,-12.192,27.246,18.366  
K,-20.422,27.246,18.366  
\*GET,KPVSIN2,KP,0,NUM,MAX

K,,0,27.246,-11.50  
K,,12.192,27.246,-11.50  
K,,24.384,27.246,-11.50  
K,,24.384,27.246,23.016  
K,,12.192,27.246,23.016  
\*GET,KPVSEN2,KP,0,NUM,MAX

NUMMRG,KP  
NUMCMP,KP

SAVE,KPPLAT

\*END

\*CREATE, LINSUBEST

/COM,-----  
/COM,-SE GENERAN LAS LINEAS,  
INICIANDO CON LAS COLUMNAS  
PRINCIPALES-

/COM,-----  
!

L,KBASE-3,KNIV1-3  
L,KNIV1-3,KNIV2-3  
L,KNIV2-3,KNIV3-3  
L,KNIV3-3,KNIV4-3  
L,KNIV4-3,KNIV5-3

!  
L,KBASE-2,KNIV1-2  
L,KNIV1-2,KNIV2-2  
L,KNIV2-2,KNIV3-2  
L,KNIV3-2,KNIV4-2  
L,KNIV4-2,KNIV5-2

!  
L,KBASE-1,KNIV1-1  
L,KNIV1-1,KNIV2-1  
L,KNIV2-1,KNIV3-1  
L,KNIV3-1,KNIV4-1  
L,KNIV4-1,KNIV5-1

!  
L,KBASE,KNIV1  
L,KNIV1,KNIV2  
L,KNIV2,KNIV3  
L,KNIV3,KNIV4  
L,KNIV4,KNIV5  
\*GET,LMAXCOL,LINE,0,NUM,MAX

/COM,-----  
/SE GENERAN LAS LINEAS DE LOS  
ELEMENTOS HORIZONTALES  
PERIMETRALES--

!  
NIVEL -66.10

!  
L,KBASE-3,KBH66-5  
L,KBH66-5,KBASE-2  
L,KBASE-2,KBH66-4  
L,KBH66-4,KBH66-3  
L,KBH66-3,KBASE-1  
L,KBASE-1,KBH66-2  
L,KBH66-2,KBASE  
L,KBASE,KBH66-1  
L,KBH66-1,KBH66  
L,KBH66,KBASE-3  
\*GET,LBHN66,LINE,0,NUM,MAX

!  
NIVEL -58.10

!  
L,KNIV1-3,KBH52-5  
L,KBH52-5,KNIV1-2  
L,KNIV1-2,KBH52-4  
L,KBH52-4,KNIV1-1  
L,KNIV1-1,KBH52-3  
L,KBH52-3,KNIV1  
L,KNIV1,KBH52-2  
L,KBH52-2,KBH52-1  
L,KBH52-1,KBH52  
L,KBH52,KNIV1-3  
\*GET,LBHN52,LINE,0,NUM,MAX

!  
NIVEL -38.10

!  
L,KNIV2-3,KBH38-3  
L,KBH38-3,KNIV2-2  
L,KNIV2-2,KBH38-2  
L,KBH38-2,KBH38-1  
L,KBH38-1,KNIV2-1  
L,KNIV2-1,KBH38  
L,KBH38,KNIV2  
L,KNIV2,KNIV2-3  
\*GET,LBHN38,LINE,0,NUM,MAX

!  
NIVEL -14.10

!  
L,KNIV3-3,KBH14-3  
L,KBH14-3,KNIV3-2  
L,KNIV3-2,KBH14-2  
L,KBH14-2,KBH14-1  
L,KBH14-1,KNIV3-1  
L,KNIV3-1,KBH14  
L,KBH14,KNIV3  
L,KNIV3,KNIV3-3  
\*GET,LBHN14,LINE,0,NUM,MAX

!  
NIVEL +6.90

!  
L,KNIV4-3,KBH6-8  
L,KBH6-8,KBH6-7

```

L,KBH6-7,KBH6-6
L,KBH6-6,KNIV4-2
L,KNIV4-2,KBH6-5
L,KBH6-5,KNIV4-1
L,KNIV4-1,KBH6-4
L,KBH6-4,KBH6-3
L,KBH6-3,KBH6-2
L,KBH6-2,KNIV4
L,KNIV4,KBH6-1
L,KBH6-1,KBH6
L,KBH6,KNIV4-3
*GET, LBHN6,LINE,0,NUM,MAX
!
!-----
!-SE GENERAN LAS LINEAS DE LOS
ELEMENTOS HORIZONTALES CENTALES-
!-----
!
!NIVEL -66.10
!
!Principales
L,KBH66,KBHC66-5
L,KBHC66-5,KBHC66-4
L,KBHC66-4,KBH66-4
L,KBH66-1,KBHC66-2
L,KBHC66-2,KBHC66-3
L,KBHC66-3,KBH66-3
!
L,KBH66-5,KBHC66-4
L,KBHC66-4,KBHC66-3
L,KBHC66-3,KBH66-2
!
!CENTRALES
!Horizontales
L,KBHC66-5,KBHC66-1
L,KBHC66-1,KBHC66-2
!
!Vertical
L,KBHC66-1,KBHC66-4
L,KBHC66-4,KBHC66-3
!
!Diagonales
L,KBHC66-4,KBHC66
L,KBHC66,KBH66-3
L,KBHC66-3,KBHC66
L,KBHC66,KBH66-4
*GET, LBHCN66,LINE,0,NUM,MAX
!
!NIVEL -52.10
!
!Diagonales
L,KBH52,KBH52-5
L,KBH52-5,KBH52-4
L,KBH52-4,KBH52-3
L,KBH52-3,KBH52-2
*GET, LBHCN52,LINE,0,NUM,MAX
!
!NIVEL -38.10
!
!Verticales
!
L,KBH38-3,KBHC38
L,KBHC38,KBH38
!
!Diagonales
L,KNIV2-3,KBHC38-1
L,KBHC38-1,KBH38
L,KNIV2,KBHC38-1
L,KBHC38-1,KBH38-3
L,KBH38-3,KBH38-2
L,KBH38-2,KBHC38
L,KBHC38,KBH38-1
L,KBH38-1,KBH38
*GET, LBHCN38,LINE,0,NUM,MAX
!
!NIVEL -14.10
!
!Verticales
!
L,KBH14-3,KBHC14
L,KBHC14,KBH14
!
!Diagonales
L,KNIV3-3,KBHC14-1
L,KBHC14-1,KBH14
L,KNIV3,KBHC14-1
L,KBHC14-1,KBH14-3

```

```

L,KBH14-3,KBH14-2
L,KBH14-2,KBHC14
L,KBHC14,KBH14-1
L,KBH14-1,KBH14
*GET, LBHCN14,LINE,0,NUM,MAX
!
!NIVEL +6.90
!
!Verticales
L,KBH6-7,KBHC6
L,KBHC6,KBH6-3
!
!Diagonales
!
L,KBH6,KBH6-8
L,KBH6-8,KBHC6
L,KBH6-1,KBH6-2
!
L,KBH6-2,KBHC6
L,KBHC6,KBH6-6
L,KBH6-6,KBH6-5
L,KBHC6,KBH6-4
L,KBH6-4,KBH6-5
*GET, LBHCN6,LINE,0,NUM,MAX
!
/COM,-----
/COM,--SE GENERAN LAS LINEAS
CORRESPONDIENTES A LAS DIAGONALES
EN Y--
/COM,-----
!
/COM, INICIAMOS CON LAS DIAGONALES
DE LA BASE A NIVEL 1
L,1,KBH52-5
L,2,KBH52-5
L,2,KBH52-4
L,3,KBH52-4
L,3,KBH52-3
L,4,KBH52-3
L,4,KBH52-1
L,1,KBH52-1
*GET, LDIBASE,LINE,0,NUM,MAX
!
/COM, CONTINUAMOS CON LAS
DIAGONALES DE NIVEL 1 A NIVEL 2
L,KNIV1+1,KBH52-5
L,KNIV1+2,KBH52-5
L,KNIV1+2,KBH52-4
L,KNIV1+3,KBH52-4
L,KNIV1+3,KBH52-3
L,KNIV1+4,KBH52-3
L,KNIV1+4,KBH52-1
L,KNIV1+1,KBH52-1
*GET, LDINIV12,LINE,0,NUM,MAX
!
/COM, CONTINUAMOS CON LAS
DIAGONALES DE NIVEL 2 A NIVEL 3
!
L,KNIV1+1,KDIA1-3
L,KNIV1+2,KDIA1-3
L,KNIV2+1,KDIA1-3
L,KNIV2+2,KDIA1-3
L,KNIV1+2,KDIA1-2
L,KNIV1+3,KDIA1-2
L,KNIV2+2,KDIA1-2
L,KNIV2+3,KDIA1-2
L,KNIV1+3,KDIA1-1
L,KNIV1+4,KDIA1-1
L,KNIV2+3,KDIA1-1
L,KNIV2+4,KDIA1-1
L,KNIV1+4,KDIA1
L,KNIV1+1,KDIA1
L,KNIV2+4,KDIA1
L,KNIV2+1,KDIA1
*GET, LDINIV23,LINE,0,NUM,MAX
!
/COM, CONTINUAMOS CON LAS
DIAGONALES DE NIVEL 3 A NIVEL 4
!
L,KNIV2+1,KDIA2-3
L,KNIV2+2,KDIA2-3
L,KNIV3+1,KDIA2-3
L,KNIV3+2,KDIA2-3
L,KNIV2+2,KDIA2-2
L,KNIV2+3,KDIA2-2
L,KNIV3+2,KDIA2-2
L,KNIV3+3,KDIA2-2
L,KNIV2+3,KDIA2-1
L,KNIV2+4,KDIA2-1

```

```

L,KNIV3+3,KDIA2-1
L,KNIV3+4,KDIA2-1
L,KNIV2+4,KDIA2
L,KNIV2+1,KDIA2
L,KNIV3+4,KDIA2
L,KNIV3+1,KDIA2
*GET, LDINIV34,LINE,0,NUM,MAX
!
!
NUMMRG,KP
NUMCMP,KP
!
SAVE,ESTR_INFE
*END
!-----
!---DESDE ESTE PUNTO SE EMPIEZA A
GENERAR LAS LINEAS DE LA
SUPERESTRUCTURAS---
!-----
*CREATE,LINSUPER
/COM,-----
/COM,SE GENERAN LAS LINEAS
CORRESPONDIENTES A LAS COLUMNAS
PRINCIPALES DE SUPERESTRUCTURA-
/COM,-----
!
L,KNIV4+1,KPSPDI-3
L,KPSPDI-3,KPSPN1-3
L,KPSPN1-3,KPSPDI2-3
L,KPSPDI2-3,KPSPN2-3
!
L,KNIV4+2,KPSPDI-2
L,KPSPDI-2,KPSPN1-2
L,KPSPN1-2,KPSPDI2-2
L,KPSPDI2-2,KPSPN2-2
!
L,KNIV4+3,KPSPDI-1
L,KPSPDI-1,KPSPN1-1
L,KPSPN1-1,KPSPDI2-1
L,KPSPDI2-1,KPSPN2-1
!
L,KNIV4+4,KPSPDI
L,KPSPDI,KPSPN1
L,KPSPN1,KPSPDI2
L,KPSPDI2,KPSPN2
*GET, LCOLPSP,LINE,0,NUM,MAX
!
/COM,GENERAMOS LAS COLUMNAS
SECUNDARIAS
!
L,KPSPN2+1,KPSPSN1+1
L,KPSPSN1+1,KPSPDI3+1
!
L,KPSPN2+2,KPSPDI3+2
!
L,KPSPN2+3,KPSPSN1+2
L,KPSPSN1+2,KPSPDI3+3
!
L,KPSPN2+4,KPSPSN1+3
L,KPSPSN1+3,KPSPDI3+4
!
L,KPSPN2+5,KPSPDI3+5
!
L,KPSPN2+6,KPSPSN1+4
L,KPSPSN1+4,KPSPDI3+6
*GET, LCOLSSP,LINE,0,NUM,MAX !LINEA
NUM 194
!
/COM,-----
/COM,--SE GENERAN LAS LINEAS
CORRESPONDIENTES A LAS VIGAS
PRINCIPALES PRINCIPALES DE
SUPERESTRUCTURA--
/COM,-----
!
L,KPSPVN1-3,KPSPSN1-5
L,KPSPSN1-5,KPSPN1-3
L,KPSPN1-3,KPSPSN1-4
L,KPSPSN1-4,KPSPN1-2
L,KPSPN1-2,KPSPSN1-3
L,KPSPSN1-3,KPSPVN1-2
!
L,KPSPVN1,KPSPSN1
L,KPSPSN1,KPSPN1

```



L,KPSPN1,KPSPSN1-1  
L,KPSPSN1-1,KPSPN1-1  
L,KPSPN1-1,KPSPSN1-2  
L,KPSPSN1-2,KPSPN1-1  
\*GET,LVSPSN1,LINE,0,NUM,MAX

L,KPSPVN2-3,KPSPSN2-5  
L,KPSPSN2-5,KPSPN2-3  
L,KPSPN2-3,KPSPSN2-4  
L,KPSPSN2-4,KPSPN2-2  
L,KPSPN2-2,KPSPSN2-3  
L,KPSPSN2-3,KPSPVN2-2

L,KPSPVN2,KPSPSN2  
L,KPSPSN2,KPSPN2  
L,KPSPN2,KPSPSN2-1  
L,KPSPSN2-1,KPSPN2-1  
L,KPSPN2-1,KPSPSN2-2  
L,KPSPSN2-2,KPSPVN2-1  
\*GET,LVSPSN2,LINE,0,NUM,MAX

/COM,-----  
/COM,-SE GENERAN LAS LINEAS  
CORRESPONDIENTES A LAS VIGAS  
SECUNDARIAS DE SUPERESTRUCTURA-  
/COM,-----

/COM.INICIAMOS CON LAS SECUNDARIAS  
EN DIRECCIÓN DE Z NIVEL 1

L,KPVSEN1,KPVSN1 !EXTERIOR A  
INTERIOR  
L,KPVSN1,KPSPSN1 !INTERIOR A  
PRINCIPAL  
L,KPSPSN1,KPSPSN1-5 !PRINCIPAL A  
PRINCIPAL  
L,KPSPSN1-5,KPVSN1-9 !PRINCIPAL A  
INTERIOR

L,KPVSEN1-1,KPVSN1-1 !EXTERIOR A  
INTERIOR  
L,KPVSN1-1,KPSPN1 !INTERIOR A  
PRINCIPAL  
L,KPSPN1,KPVSCN1-1 !PRINCIPAL A  
CENTRAL  
L,KPVSCN1-1,KPSPN1-3 !CENTRAL A  
PRINCIPAL  
L,KPSPN1-3,KPVSN1-8 !PRINCIPAL A  
INTERIOR

L,KPVSEN1-2,KPVSN1-2 !EXTERIOR A  
INTERIOR  
L,KPVSN1-2,KPSPSN1-1 !INTERIOR A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN1-1,KPSPSN1-4 !SECUNDARIA A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN1-4,KPVSN1-7 !SECUNDARIA A  
INTERIOR  
L,KPVSN1-7,KPVSEN1-6 !INTERIOR A  
EXTERIOR

L,KPVSEN1-3,KPVSN1-3 !EXTERIOR A  
INTERIOR  
L,KPVSN1-3,KPSPN1-1 !INTERIOR A  
PRINCIPAL  
L,KPSPN1-1,KPVSCN1 !PRINCIPAL A  
CENTRAL  
L,KPVSCN1,KPSPN1-2 !CENTRAL A  
PRINCIPAL  
L,KPSPN1-2,KPVSN1-6 !PRINCIPAL A  
INTERIOR  
L,KPVSN1-6,KPVSEN1-5 !INTERIOR A  
EXTERIOR

L,KPVSEN1-4,KPVSN1-4 !EXTERIOR A  
INTERIOR  
L,KPVSN1-4,KPSPSN1-2 !INTERIOR A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN1-2,KPSPSN1-3 !SECUNDARIA A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN1-3,KPVSN1-5 !SECUNDARIA A  
INTERIOR

L,KPSPVN1-1,KPSPVN1-2 !INTERMEDIA  
EXTREMO  
\*GET,LVSSPN1,LINE,0,NUM,MAX

NUMMRG,KP

/COM, CONTINUAMOS CON LAS VIGAS  
SECUNDARIAS EN DIRECCIÓN DE Z NIVEL  
2

L,KPVSN2,KPSPSN2 !INTERIOR A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN2,KPSPSN2-5 !SECUNDARIA A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN2-5,KPVSN2-9 !SECUNDARIA A  
INTERIOR

L,KPVSN2-1,KPSPN2 !INTERIOR A  
PRINCIPAL  
L,KPSPN2,KPSPN2-3 !PRINCIPAL A  
PRINCIPAL  
L,KPSPN2-3,KPVSN2-8 !PRINCIPAL A  
INTERIOR

L,KPVSN2-2,KPSPSN2-1 !INTERIOR A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN2-1,KPSPSN2-4 !SECUNDARIA A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN2-4,KPVSN2-7 !SECUNDARIA A  
INTERIOR  
L,KPVSN2-7,KPVSEN2-4 !INTERIOR A  
EXTERIOR

L,KPVSEN2,KPVSN2-3 !EXTERIOR A  
INTERIOR  
L,KPVSN2-3,KPSPN2-1 !INTERIOR A  
PRINCIPAL  
L,KPSPN2-1,KPSPN2-2 !PRINCIPAL A  
PRINCIPAL  
L,KPSPN2-2,KPVSN2-6 !PRINCIPAL A  
INTERIOR  
L,KPVSN2-6,KPVSEN2-3 !INTERIOR A  
EXTERIOR

L,KPVSEN2-1,KPVSN2-4 !EXTERIOR A  
INTERIOR  
L,KPVSN2-4,KPSPSN2-2 !INTERIOR A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN2-2,KPSPSN2-3 !SECUNDARIA A  
SECUNDARIA  
L,KPSPSN2-3,KPVSN2-5 !SECUNDARIA A  
INTERIOR  
L,KPVSN2-5,KPVSEN2-2 !INTERIOR A  
EXTERIOR

L,KPSPVN2,KPSPVN2-3  
\*GET,LVSN2,LINE,0,NUM,MAX

NUMMRG,KP  
NUMCMP,KP

/COM, AHORA GENERAMOS LAS VIGAS  
SECUNDARIAS EN DIRECCION DE X  
COMENZANDO POR EL PRIMER NIVEL

L,KPVSEN1,KPVSN1-1  
L,KPVSN1-1,KPVSEN1-2  
L,KPVSEN1-2,KPVSEN1-3  
L,KPVSEN1-3,KPVSEN1-4

L,KPVSN1,KPVSN1-1  
L,KPVSN1-1,KPVSN1-2  
L,KPVSN1-2,KPVSN1-3  
L,KPVSN1-3,KPVSN1-4

L,KPVSN1-5,KPVSN1-6  
L,KPVSN1-6,KPVSN1-7  
L,KPVSN1-7,KPVSN1-8  
L,KPVSN1-8,KPVSN1-9

L,KPVSEN1-5,KPVSEN1-6  
\*GET,LVSN1,LINE,0,NUM,MAX

/COM, GENERAMOS LAS DEL SEGUNDO  
NIVEL

L,KPVSEN2,KPVSEN2-1

L,KPVSN2,KPVSN2-1  
L,KPVSN2-1,KPVSN2-2  
L,KPVSN2-2,KPVSN2-3  
L,KPVSN2-3,KPVSN2-4

L,KPVSN2-5,KPVSN2-6  
L,KPVSN2-6,KPVSN2-7

L,KPVSN2-7,KPVSN2-8  
L,KPVSN2-8,KPVSN2-9

L,KPVSEN2-2,KPVSEN2-3  
L,KPVSEN2-3,KPVSEN2-4  
\*GET,LVSN2,LINE,0,NUM,MAX

SAVE,ESTR\_INTER

/COM,-----  
/COM,-SE GENERAN LAS LINEAS  
CORRESPONDIENTES A LAS DIAGONALES  
DE LA SUPERESTRUCTURA-  
/COM,-----

L,KPSPDI,KPSPSN1  
L,KPSPDI,KPSPSN1-1

L,KPSPDI-1,KPSPSN1-1  
L,KPSPDI-1,KPSPSN1-2

L,KPSPDI-2,KPSPSN1-3  
L,KPSPDI-2,KPSPSN1-4

L,KPSPDI-3,KPSPSN1-4  
L,KPSPDI-3,KPSPSN1-5  
\*GET,LDIXN1,LINE,0,NUM,MAX

/COM.GENERAMOS LAS DIAGONALES DEL  
CENTRO

L,KPSPDI,KPVSCN1-1  
L,KPSPDI-1,KPVSCN1

L,KPSPDI-2,KPVSCN1  
L,KPSPDI-3,KPVSCN1-1  
\*GET,LDICZ,LINE,0,NUM,MAX

NUMMRG,KP

/COM.GENERAMOS LAS DIAGONALES EN  
Z NIVEL 1

L,KNIV5,KPVSEN1-1

L,KNIV5-1,KPVSEN1-3

L,KNIV5-2,KPVSEN1-5

L,KNIV5-3,KPVSN1-8  
\*GET,LDIZN1,LINE,0,NUM,MAX

/COM.GENERAMOS LAS DIAGONALES EN  
Z NIVEL 2

L,KPSPDI2,KPVSN2-1  
L,KPSPDI2-1,KPVSN2-3  
L,KPSPDI2-2,KPVSN2-6  
L,KPSPDI2-3,KPVSN2-8

L,KPSPDI3,KPVSN2  
L,KPSPDI3-1,KPVSN2-4  
L,KPSPDI3-2,KPVSN2-5  
L,KPSPDI3-3,KPVSN2-9  
\*GET,LDIZN2,LINE,0,NUM,MAX

SAVE,ESTR\_INTER1

/COM, PARA PODER GENERAR LAS  
LINEAS DE TAL FORMA QUE ESTÉN  
UNIDAS A LA ESTRUCTURA PRINCIPAL  
/COM,SE PROCEDE EN EL SIGUIENTE  
ORDEN: PRIMERO SE GENERAL LAS  
LINEAS EN EL NIVEL 1, PARTIENDO  
/COM.DE LAS LINEAS QUE INTERSECTAN  
A LAS TRABES PRINCIPALES EN X PARA  
DESPUES GENERAR LAS QUE  
/COM,INTERSECTAN A LAS  
SECUNDARIAS, DE DERECHA A  
IZQUIERDA EN EL PLANO XY.  
POSTERIORMENTE, PARA EL  
/COM,NIVEL 2 SE

/COM,SECCIÓN CENTRAL (PRINCIPALES)  
NIVEL 1

LGEN,5,LVSSPN1,LVSSPN1,1,-(4.66/5)  
\*GET,LCUNI101,LINE,0,NUM,MAX  
FLST,2,1,4,ORDER,1

FITEM,2,200  
 FLST,3,4,4,ORDER,2  
 FITEM,3,313  
 FITEM,3,-316  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,206  
 FLST,3,4,4,ORDER,2  
 FITEM,3,313  
 FITEM,3,-316  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN101,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-2,LVSSPN1-2,1,-  
 (12.192/13)  
 \*GET,LCUNI102,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,199  
 FLST,3,12,4,ORDER,2  
 FITEM,3,327  
 FITEM,3,-338  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,205  
 FLST,3,12,4,ORDER,2  
 FITEM,3,327  
 FITEM,3,-338  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN102,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-13,LVSSPN1-  
 13,1,(12.192/13)  
 \*GET,LCUNI103,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,198  
 FLST,3,12,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN102+1  
 FITEM,3,-LCUNI103  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,204  
 FLST,3,12,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN102+1  
 FITEM,3,-LCUNI103  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN103,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-13,LVSSPN1-13,1,-  
 (12.192/13)  
 \*GET,LCUNI104,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,197  
 FLST,3,12,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN103+1  
 FITEM,3,-LCUNI104  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,203  
 FLST,3,12,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN103+1  
 FITEM,3,-LCUNI104  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN104,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,9,LVSSPN1-22,LVSSPN1-  
 22,1,(8.23/9)  
 \*GET,LCUNI105,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,196  
 FLST,3,8,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN104+1  
 FITEM,3,-LCUNI105

LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,202  
 FLST,3,8,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN104+1  
 FITEM,3,-LCUNI105  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN105,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,3,LVSSPN1-22,LVSSPN1-22,1,-  
 (1.618/2)  
 \*GET,LCUNI106,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,195  
 FLST,3,1,4,ORDE,1  
 FITEM,3,LCUNI106-1  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,201  
 FLST,3,1,4,ORDE,1  
 FITEM,3,LCUNI106-1  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN106,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 /COM,SECCIONES                      LATERALES  
 (SECUNDARIAS) NIVEL 1  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-1,LVSSPN1-1,1,-  
 (12.192/13)  
 \*GET,LCUNI107,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,273  
 FLST,3,12,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN106+1  
 FITEM,3,-LCUNI107  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN107,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-6,LVSSPN1-5,1,-  
 (12.192/13)  
 \*GET,LCUNI108,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,274  
 FLST,3,24,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN107+1  
 FITEM,3,-LCUNI108  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,277  
 FLST,3,24,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN107+1  
 FITEM,3,-LCUNI108  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN108,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-12,LVSSPN1-12,1,-  
 (12.192/13)  
 \*GET,LCUNI109,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,275  
 FLST,3,12,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN108+1  
 FITEM,3,-LCUNI109  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN109,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,9,LVSSPN1-16,LVSSPN1-16,1,-  
 (8.23/9)  
 \*GET,LCUNI110,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDE,1  
 FITEM,2,276

FLST,3,8,4,ORDE,2  
 FITEM,3,LVPXN109+1  
 FITEM,3,-LCUNI110  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN110,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-4,LVSSPN1-3,1,-  
 (12.192/13)  
 \*GET,LCUNI111,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,272  
 FLST,3,24,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN110+1  
 FITEM,3,-LCUNI111  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,268  
 FLST,3,24,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN110+1  
 FITEM,3,-LCUNI111  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN111,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-10,LVSSPN1-9,1,-  
 (12.192/13)  
 \*GET,LCUNI112,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,271  
 FLST,3,24,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN111+1  
 FITEM,3,-LCUNI112  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,267  
 FLST,3,24,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN111+1  
 FITEM,3,-LCUNI112  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN112,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,13,LVSSPN1-15,LVSSPN1-14,1,-  
 (12.192/13)  
 \*GET,LCUNI113,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,270  
 FLST,3,24,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN112+1  
 FITEM,3,-LCUNI113  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,266  
 FLST,3,24,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN112+1  
 FITEM,3,-LCUNI113  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN113,LINE,0,NUM,MAX  
  
 NUMMRG,KP  
 NUMCMP,KP  
  
 LGEN,9,LVSSPN1-20,LVSSPN1-19,1,-  
 (8.23/9)  
 \*GET,LCUNI114,LINE,0,NUM,MAX  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,269  
 FLST,3,16,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN113+1  
 FITEM,3,-LCUNI114  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
  
 FLST,2,1,4,ORDER,1  
 FITEM,2,265  
 FLST,3,16,4,ORDER,2  
 FITEM,3,LVPXN113+1  
 FITEM,3,-LCUNI114  
 LSBL,P51X,P51X,KEEP,KEEP  
 \*GET,LVPXN114,LINE,0,NUM,MAX

```

NUMMRG,KP
NUMCMP,KP

SAVE,ESTR_INTER2

/COM,SECCIONES          LATERALES
(SECONDARIAS) NIVEL 2

LGEN,8,LVSN2-1,LVSN2,1,0,0,(6.75/8)
*GET,LCUNI201,LINE,0,NUM,MAX
FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,253
FLST,3,14,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPXN114+1
FITEM,3,-LCUNI201
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,258
FLST,3,14,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPXN114+1
FITEM,3,-LCUNI201
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,263
FLST,3,14,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPXN114+1
FITEM,3,-LCUNI201
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP
*GET,LVPZN201,LINE,0,NUM,MAX
NUMMRG,KP
NUMCMP,KP

LGEN,5,LVSN2-5,LVSN2-2,1,0,0,(4.75/5)
*GET,LCUNI202,LINE,0,NUM,MAX
FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,246
FLST,3,16,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN201+1
FITEM,3,-LCUNI202
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,249
FLST,3,16,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN201+1
FITEM,3,-LCUNI202
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,252
FLST,3,16,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN201+1
FITEM,3,-LCUNI202
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,257
FLST,3,16,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN201+1
FITEM,3,-LCUNI202
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,262
FLST,3,16,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN201+1
FITEM,3,-LCUNI202
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP
*GET,LVPZN202,LINE,0,NUM,MAX
NUMMRG,KP
NUMCMP,KP

LGEN,5,LVSN2-10,LVSN2-6,1,0,0,-
(4.65/5)
*GET,LCUNI203,LINE,0,NUM,MAX
FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,244
FLST,3,20,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN202+1
FITEM,3,-LCUNI203
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,247
FLST,3,20,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN202+1

FITEM,3,-LCUNI203
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FITEM,3,-LCUNI203
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,250
FLST,3,20,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN202+1
FITEM,3,-LCUNI203
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,254
FLST,3,20,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN202+1
FITEM,3,-LCUNI203
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,255
FLST,3,20,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN202+1
FITEM,3,-LCUNI203
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,259
FLST,3,20,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN202+1
FITEM,3,-LCUNI203
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,260
FLST,3,20,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN202+1
FITEM,3,-LCUNI203
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP
*GET,LVPZN203,LINE,0,NUM,MAX
NUMMRG,KP
NUMCMP,KP

SAVE,ESTR_AUX

LGEN,14,LVPSPN2-11,LVPSPN2-
6,1,0,0,(13.716/14)
*GET,LCUNI204,LINE,0,NUM,MAX
FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,264
FLST,3,78,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN203+1
FITEM,3,-LCUNI204
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,245
FLST,3,78,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN203+1
FITEM,3,-LCUNI204
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,248
FLST,3,78,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN203+1
FITEM,3,-LCUNI204
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,251
FLST,3,78,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN203+1
FITEM,3,-LCUNI204
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,256
FLST,3,78,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN203+1
FITEM,3,-LCUNI204
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,261
FLST,3,78,4,ORDE,2
FITEM,3,LVPZN203+1
FITEM,3,-LCUNI204
LSBL,P51X,P51X, ,KEEP,KEEP

*GET,LVPZN204,LINE,0,NUM,MAX

NUMMRG,KP
NUMCMP,KP

SAVE,LINPLAT

*END

! TERMINA LA GENERACIÓN DE LÍNEAS

*CREATE,EDIF

/COM,SE GENERA EL EDIFICIO DE LA
SUPERESTRUCTURA

K,,12.192,27.346,0.00
K,,12.192,27.346,6.858
K,,12.192,27.346,13.716
K,,6.096,27.346,13.716
K,,0.00,27.346,13.716
K,,0.00,27.346,6.858
K,,0.00,27.346,0.00
K,,6.096,27.346,0.00
K,,6.096,27.346,6.858
*GET,KPED1,KP,0,NUM,MAX

K,,12.192,31.346,0.00
K,,12.192,31.346,6.858
K,,12.192,31.346,13.716
K,,6.096,31.346,13.716
K,,0.00,31.346,13.716
K,,0.00,31.346,6.858
K,,0.00,31.346,0.00
K,,6.096,31.346,0.00
K,,6.096,31.346,6.858
*GET,KPED2,KP,0,NUM,MAX

K,,12.192,35.346,0.00
K,,12.192,35.346,6.858
K,,12.192,35.346,13.716
K,,6.096,35.346,13.716
K,,0.00,35.346,13.716
K,,0.00,35.346,6.858
K,,0.00,35.346,0.00
K,,6.096,35.346,0.00
K,,6.096,35.346,6.858
*GET,KPED3,KP,0,NUM,MAX

K,,12.192,39.346,0.00
K,,12.192,39.346,6.858
K,,12.192,39.346,13.716
K,,6.096,39.346,13.716
K,,0.00,39.346,13.716
K,,0.00,39.346,6.858
K,,0.00,39.346,0.00
K,,6.096,39.346,0.00
K,,6.096,39.346,6.858
*GET,KPED4,KP,0,NUM,MAX

NUMMRG,KP
NUMCMP,KP

/COM,GENERAMOS LAS LÍNEAS

L,,86,KPED1-8
L,,504,KPED1-7
L,,87,KPED1-6
L,,103,KPED1-4
L,,503,KPED1-3
L,,100,KPED1-2
*GET,LCOED1,LINE,0,NUM,MAX !PRIMERA
SECCIÓN COLUMNAS

L,,KPED1-8,KPED1-7
L,,KPED1-7,KPED1-6
L,,KPED1-6,KPED1-5
L,,KPED1-5,KPED1-4
L,,KPED1-4,KPED1-3
L,,KPED1-3,KPED1-2
L,,KPED1-2,KPED1-1
L,,KPED1-1,KPED1-8
L,,KPED1-3,KPED1-1
L,,KPED1,KPED1-7
*GET,LHED1,LINE,0,NUM,MAX !LÍMITE
INFERIOR MUROS

L,,KPED1-8,KPED2-8

```

L,KPED1-7,KPED2-7  
L,KPED1-6,KPED2-6  
L,KPED1-5,KPED2-5  
L,KPED2-4,KPED1-4  
L,KPED2-3,KPED1-3  
L,KPED1-2,KPED2-2  
L,KPED1-1,KPED2-1  
L,KPED1,KPED2  
\*GET,LCOED2,LINE,0,NUM,MAX !SEGUNDA  
SECCIÓN COLUMNAS

L,KPED2-7,KPED2-8 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED2-6,KPED2-7 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED2-6,KPED2-5 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED2-5,KPED2-4 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED2-4,KPED2-3 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED2-3,KPED2-2 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED2-2,KPED2-1 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED2-1,KPED2-8 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED2-3,KPED2 !TRABE INTERMEDIA  
L,KPED2,KPED2-7 !TRABE INTERMEDIA EN  
Z  
L,KPED2,KPED2-1 !TRABE INTERMEDIA EN  
Z  
\*GET,LTED1,LINE,0,NUM,MAX !TRABES  
NIVEL 1 EDIFICIO

L,KPED2-8,KPED3-8  
L,KPED2-7,KPED3-7  
L,KPED2-6,KPED3-6  
L,KPED2-5,KPED3-5  
L,KPED3-4,KPED2-4  
L,KPED3-3,KPED2-3  
L,KPED2-2,KPED3-2  
L,KPED2-1,KPED3-1  
L,KPED2,KPED3  
\*GET,LCOED3,LINE,0,NUM,MAX !TERCERA  
SECCIÓN COLUMNAS

L,KPED3-7,KPED3-8 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED3-6,KPED3-7 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED3-6,KPED3-5 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED3-5,KPED3-4 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED3-4,KPED3-3 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED3-3,KPED3-2 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED3-2,KPED3-1 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED3-1,KPED3-8 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED3-3,KPED3 !TRABE INTERMEDIA  
L,KPED3,KPED3-7 !TRABE INTERMEDIA  
L,KPED3-5,KPED3 !TRABE INTERMEDIA EN  
Z  
L,KPED3,KPED3-1 !TRABE INTERMEDIA EN  
Z  
\*GET,LTED2,LINE,0,NUM,MAX !TRABES  
NIVEL 2 EDIFICIO

L,KPED3-8,KPED4-8  
L,KPED3-7,KPED4-7  
L,KPED3-6,KPED4-6  
L,KPED3-5,KPED4-5  
L,KPED4-4,KPED3-4  
L,KPED4-3,KPED3-3  
L,KPED3-2,KPED4-2  
L,KPED3-1,KPED4-1  
L,KPED3,KPED4  
\*GET,LCOED4,LINE,0,NUM,MAX !CUARTA  
SECCIÓN COLUMNAS

L,KPED4-7,KPED4-8 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED4-6,KPED4-7 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED4-6,KPED4-5 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED4-5,KPED4-4 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED4-4,KPED4-3 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED4-3,KPED4-2 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED4-2,KPED4-1 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED4-1,KPED4-8 !TRABE PERIMETRAL  
L,KPED4-3,KPED4 !TRABE INTERMEDIA  
L,KPED4,KPED4-7 !TRABE INTERMEDIA  
L,KPED4-5,KPED4 !TRABE INTERMEDIA EN  
Z  
L,KPED4,KPED4-1 !TRABE INTERMEDIA EN  
Z  
\*GET,LTED3,LINE,0,NUM,MAX !TRABES  
NIVEL AZOTEA EDIFICIO

NUMMRG,KP  
NUMCMP,KP

/COM,GENERAMOS LAS ÁREAS  
CORRESPONDIENTES A MUROS Y  
AZOTEA

/COM,GENERAMOS MUROS PLANTA BAJA

AL,LCOED2-8,LHED1-9,LCOED2-7,LTED1-  
11  
AL,LCOED2-7,LHED1-8,LCOED2-6,LTED1-  
10  
AL,LCOED2-6,LHED1-7,LCOED2-5,LTED1-9  
AL,LCOED2-5,LHED1-6,LCOED2-4,LTED1-8  
AL,LCOED2-4,LHED1-5,LCOED2-3,LTED1-7  
AL,LCOED2-3,LHED1-4,LCOED2-2,LTED1-6  
AL,LCOED2-2,LHED1-3,LCOED2-1,LTED1-5  
AL,LCOED2-1,LHED1-2,LCOED2-8,LTED1-4  
\*GET,AMUR1,AREA,0,NUM,MAX

/COM,GENERAMOS MUROS NIVEL 1

AL,LCOED3-8,LTED1-11,LCOED3-7,LTED2-  
11  
AL,LCOED3-7,LTED1-10,LCOED3-6,LTED2-  
10  
AL,LCOED3-6,LTED1-9,LCOED3-5,LTED2-9  
AL,LCOED3-5,LTED1-8,LCOED3-4,LTED2-8  
AL,LCOED3-4,LTED1-7,LCOED3-3,LTED2-7  
AL,LCOED3-3,LTED1-6,LCOED3-2,LTED2-6  
AL,LCOED3-2,LTED1-5,LCOED3-1,LTED2-5  
AL,LCOED3-1,LTED1-4,LCOED3-8,LTED2-4  
\*GET,AMUR2,AREA,0,NUM,MAX

/COM,GENERAMOS MUROS NIVEL 2

AL,LCOED4-8,LTED2-11,LCOED4-7,LTED3-  
11  
AL,LCOED4-7,LTED2-10,LCOED4-6,LTED3-  
10  
AL,LCOED4-6,LTED2-9,LCOED4-5,LTED3-9  
AL,LCOED4-5,LTED2-8,LCOED4-4,LTED3-8  
AL,LCOED4-4,LTED2-7,LCOED4-3,LTED3-7  
AL,LCOED4-3,LTED2-6,LCOED4-2,LTED3-6  
AL,LCOED4-2,LTED2-5,LCOED4-1,LTED3-5  
AL,LCOED4-1,LTED2-4,LCOED4-8,LTED3-4  
\*GET,AMUR3,AREA,0,NUM,MAX

/COM,GENERAMOS LOSAS DE AZOTEA

AL,LTED3-11,LTED3-2,LTED3,LTED3-4  
AL,LTED3-10,LTED3-9,LTED3-1,LTED3-2  
AL,LTED3-1,LTED3-8,LTED3-7,LTED3-3  
AL,LTED3,LTED3-3,LTED3-6,LTED3-5  
\*GET,ALOS1,AREA,0,NUM,MAX  
AL,LTED2-11,LTED2-2,LTED2,LTED2-4  
AL,LTED2-10,LTED2-9,LTED2-1,LTED2-2  
AL,LTED2-1,LTED2-8,LTED2-7,LTED2-3  
AL,LTED2,LTED2-3,LTED2-6,LTED2-5

AL,LTED1-11,LTED1-2,LTED1,LTED1-4  
AL,LTED1-10,LTED1-9,LTED1-1,LTED1-2  
AL,LTED1-1,LTED1-8,LTED1-7,LTED1-3  
AL,LTED1,LTED1-3,LTED1-6,LTED1-5  
\*GET,ALOS2,AREA,0,NUM,MAX

AL,LCOED2-7,LTED1-2,LCOED2,LHED1  
AL,LCOED2,LTED1-3,LCOED2-3,LHED1-1  
AL,LCOED3-7,LTED2-2,LCOED3,LTED1-2  
AL,LCOED3,LTED2-3,LCOED3-3,LTED1-3  
AL,LCOED4-7,LTED3-2,LCOED4,LTED2-2  
AL,LCOED4,LTED3-3,LCOED4-3,LTED2-3  
\*GET,AMUR4,AREA,0,NUM,MAX

\*END

\*CREATE,PREP\_MALLADO

/COM,DEFINIMOS ESPESOR DE LA PLACA

ESPPL=0.0127  
R,1,ESPPL

PERLZM=0.15  
R,2,PERLZM

/COM,ASIGNAMOS LAS PROPIEDADES AL  
MATERIAL ACERO A36

MODULA=2.1E+7 !MODULO DE  
ELASTICIDAD (TON/M2)  
MPOIA=0.25 !MODULO DE POISSON  
PVOLA=7.8 !DENSIDAD DEL ACERO  
(TON/M3)  
COEXVA=1E-04 !COEF EXP VOL ACERO

/COM,ASIGNAMOS LAS PROPIEDADES AL  
MATERIAL CONCRETO

FC=300  
MPOIC=0.1  
PVOLC=2.4  
COEXVC=1E-04  
MODULC=140000\*SQRT(FC)

IDEFINIMOS MATERIAL 1 (ACERO A36)

MP,EX,1,MODULA

MP,PRXY,1,MPOIA  
MP,DENS,1,PVOLA/9.81  
MP,ALPX,1,COEXVA  
MP,ALPD,1,0.1570  
MP,BETD,1,0.00573

IDEFINIMOS MATERIAL 2 (CONCRETO)

MP,EX,2,MODULC  
MP,PRXY,2,MPOIC  
MP,DENS,2,PVOLC/9.81  
MP,ALPX,2,COEXVC  
MP,ALPD,2,0.1570  
MP,BETD,2,0.00573

/COM,GENERAMOS KP ADICIONALES  
PARA ORIENTAR LOS ELEMENTOS

/COM,KEYPOINTS DE ORIENTACION  
TRABES X

K,1000,30,100,0  
K,1001,30.05,100,13.716  
K,1002,30,100,23.016  
K,1003,30,100,18.366  
K,1004,30,100,-4.75  
K,1005,30,100,-8.75  
K,1006,30,100,-11.50

/COM,KP DE ORIENTACIÓN TRABES EN Z

K,3000,-23.122,100,30  
K,3001,-20.422,100,30  
K,3002,-12.192,100,30  
K,3003,0,100,30  
K,3004,12.192,100,35  
K,3005,24.384,100,30  
K,3006,29.05,100,30

/COM,KP DE ORIENTACIÓN TRABES EN  
CUBIERTA, LOS QUE TIENEN VALORES  
DIFERENTES DE  
/COM,X Y Z SERÁN UTILIZADOS EN AMBOS  
NIVELES

K,4000,29.05-(1\*(4.66/5)),100,-  
11.50+(1\*(6.75/8)) !SECCIONES A LA  
DERECHA (PRIMEROS 14 ELEMENTOS)  
K,4001,29.05-(2\*(4.66/5)),100,-  
11.50+(2\*(6.75/8))  
K,4002,29.05-(3\*(4.66/5)),100,-  
11.50+(3\*(6.75/8))  
K,4003,29.05-(4\*(4.66/5)),100,-  
11.50+(4\*(6.75/8))

K,4004,24.384-(1\*(12.192/13)),100,-  
11.50+(5\*(6.75/8))  
K,4005,24.384-(2\*(12.192/13)),100,-  
11.50+(6\*(6.75/8))  
K,4006,24.384-(3\*(12.192/13)),100,-  
11.50+(7\*(6.75/8))

K,4007,24.384-(4\*(12.192/13)),100,-  
4.75+(1\*(4.75/5)) !ELEMENTOS RESTANTES  
K,4008,24.384-(5\*(12.192/13)),100,-  
4.75+(2\*(4.75/5))  
K,4009,24.384-(6\*(12.192/13)),100,-  
4.75+(3\*(4.75/5))  
K,4010,24.384-(7\*(12.192/13)),100,-  
4.75+(4\*(4.75/5))  
K,4011,24.384-(8\*(12.192/13)),100,23.016-  
(1\*(4.65/5)) !SECCIONES A LA IZQUIERDA  
(PRIMEROS 4 ELEMENTOS)  
K,4012,24.384-(9\*(12.192/13)),100,23.016-  
(2\*(4.65/5))  
K,4013,24.384-(10\*(12.192/13)),100,23.016-  
(3\*(4.65/5))  
K,4014,24.384-(11\*(12.192/13)),100,23.016-  
(4\*(4.65/5))  
K,4015,24.384-(12\*(12.192/13)),100,18.366-  
(1\*(4.65/5))!ELEMENTOS RESTANTES

K,4016,12.192-(1\*(12.192/13)),100,18.366-  
(2\*(4.65/5))  
K,4017,12.192-(2\*(12.192/13)),100,18.366-  
(3\*(4.65/5))  
K,4018,12.192-(3\*(12.192/13)),100,18.366-  
(4\*(4.65/5))  
K,4019,12.192-  
(4\*(12.192/13)),100,0.00+(1\*(13.716/14))  
!ELEMENTOS CENTRALES  
K,4020,12.192-  
(5\*(12.192/13)),100,0.00+(2\*(13.716/14))  
K,4021,12.192-  
(6\*(12.192/13)),100,0.00+(3\*(13.716/14))  
K,4022,12.192-  
(7\*(12.192/13)),100,0.00+(4\*(13.716/14))  
K,4023,12.192-  
(8\*(12.192/13)),100,0.00+(5\*(13.716/14))  
K,4024,12.192-  
(9\*(12.192/13)),100,0.00+(6\*(13.716/14))  
K,4025,12.192-  
(10\*(12.192/13)),100,0.00+(7\*(13.716/14))  
K,4026,12.192-  
(11\*(12.192/13)),100,0.00+(8\*(13.716/14))  
K,4027,12.192-  
(12\*(12.192/13)),100,0.00+(9\*(13.716/14))

K,4028,0.00-  
(1\*(12.192/13)),100,0.00+(10\*(13.716/14))  
K,4029,0.00-  
(2\*(12.192/13)),100,0.00+(11\*(13.716/14))  
K,4030,0.00-  
(3\*(12.192/13)),100,0.00+(12\*(13.716/14))  
K,4031,0.00-  
(4\*(12.192/13)),100,0.00+(13\*(13.716/14))  
K,4032,0.00-(5\*(12.192/13)),100,100  
K,4033,0.00-(6\*(12.192/13)),100,100  
K,4034,0.00-(7\*(12.192/13)),100,100  
K,4035,0.00-(8\*(12.192/13)),100,100  
K,4036,0.00-(9\*(12.192/13)),100,100  
K,4037,0.00-(10\*(12.192/13)),100,100  
K,4038,0.00-(11\*(12.192/13)),100,100  
K,4039,0.00-(12\*(12.192/13)),100,100

K,4040,-12.192-(1\*(8.26/9)),100,100  
K,4041,-12.192-(2\*(8.26/9)),100,100  
K,4042,-12.192-(3\*(8.26/9)),100,100  
K,4043,-12.192-(4\*(8.26/9)),100,100  
K,4044,-12.192-(5\*(8.26/9)),100,100  
K,4045,-12.192-(6\*(8.26/9)),100,100  
K,4046,-12.192-(7\*(8.26/9)),100,100  
K,4047,-12.192-(8\*(8.26/9)),100,100

K,4048,-20.442-(1\*(1.618/2)),100,100  
K,4049,-20.442-(2\*(1.618/2)),100,100

K,4050,6.096,100,100

/COM,-----  
/COM,-DATOS MATERIAL ACERO--  
/COM,-----  
!  
/COM,GENERAMOS LOS DATOS DE LAS  
SECCIONES DE LA SUBESTRUCTURA

!-----SECCIONES COLUMNAS  
PRINCIPALES-----

!DIÁMETRO EXTERIOR DEL ANILLO DE  
GROUT

DEXGR2= 2.0955 !DIAMETRO EXTERIOR  
DEL ANILLO DE GROUT EN EL EJE 2  
DEXGR4= 1.9431 !DIAMETRO EXTERIOR  
DEL ANILLO DE GROUT EN EL EJE 4

ESPGR2=0.0508 !ESPESOR ANILLO DE  
GROUT EJE 2  
ESPGR4=0.0444 !ESPESOR ANILLO DE  
GROUT EJE 4

!DIÁMETRO EXTERIOR DE LOS PILOTES  
COMO

DEXPI2= 1.9812 !DIAMETRO EXTERIOR DE  
LOS PILOTES EN EL EJE 2  
DEXPI4= 1.8987 !DIAMETRO EXTERIOR DE  
LOS PILOTES EN EL EJE 4

ESPPI2=0.0286 !ESPESOR PILOTES EJE 2  
ESPPI4=0.0254 !ESPESOR PILOTES EJE 4

!LA SECCIÓN INUNDADA

DSECIN2=DEXPI2-(2\*ESPPI2) !EJE 2  
DSECIN4=DEXPI4-(2\*ESPPI4) !EJE 4

SECNUM,1 !CORRESPONDE A LAS  
COLUMNAS PRINCIPALES EN EL EJE 2  
SECTYPE,1,BEAM,CTUBE  
SECCONTROLS,....  
((3.1416\*(DEXGR2\*\*2)/4)-  
(3.1416\*(DEXPI2\*\*2)/4))\*2.1/9.81 +  
((3.1416\*(DEXPI2\*\*2)/4)-  
(3.1416\*(DSECIN2\*\*2)/4))\*7.86/9.81 +  
(3.1416\*(DSECIN2\*\*2)/4)\*1.027/9.81 +  
((3.1416\*(DEXCP2\*\*2)/4)\*1.027/9.81)  
/COM, MASAS AÑADIDAS DE ANILLO  
GROUT + PILOTE + AGUA INTERIOR +  
AGUA FUERA DE LA COLUMNA  
SECDATA,(DEXCP2-  
ESPCP2)/2,DEXCP2/2,8

SECNUM,2 !CORRESPONDE A LAS  
COLUMNAS PRINCIPALES EN EL EJE 2  
SECTYPE,2,BEAM,CTUBE  
SECCONTROLS,....  
((3.1416\*(DEXGR4\*\*2)/4)-  
(3.1416\*(DEXPI4\*\*2)/4))\*2.1/9.81 +  
((3.1416\*(DEXPI4\*\*2)/4)-  
(3.1416\*(DSECIN4\*\*2)/4))\*7.86/9.81 +  
(3.1416\*(DSECIN4\*\*2)/4)\*1.027/9.81 +  
((3.1416\*(DEXCP4\*\*2)/4)\*1.027/9.81)  
/COM, MASAS AÑADIDAS DE ANILLO  
GROUT + PILOTE + AGUA INTERIOR +  
AGUA FUERA DE LA COLUMNA  
SECDATA,(DEXCP4-  
ESPCP4)/2,DEXCP4/2,8

/COM,NOTA:LA MASA QUE SE AÑADE ES  
POR UNIDAD DE LONGITUD DEL  
ELEMENTO

!-----SECCIONES TUBOS  
HORIZONTALES-----

SECNUM,3 !CORRESPONDE A LOS TUBOS  
HORIZONTALES EN EL NIVEL -66.10  
SECTYPE,3,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBH66-  
ESPBH66)/2,DEXBH66/2,8

SECNUM,4 !CORRESPONDE A LOS TUBOS  
HORIZONTALES EN EL NIVEL -52.10  
SECTYPE,4,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBH52-  
ESPBH52)/2,DEXBH52/2,8

SECNUM,5 !CORRESPONDE A LOS TUBOS  
HORIZONTALES EN EL NIVEL -38.10  
SECTYPE,5,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBH38-  
ESPBH38)/2,DEXBH38/2,8

SECNUM,6 !CORRESPONDE A LOS TUBOS  
HORIZONTALES EN EL NIVEL -14.10  
SECTYPE,6,BEAM,CTUBE

SECDATA,(DEXBH14-  
ESPBH14)/2,DEXBH14/2,8

SECNUM,7 !CORRESPONDE A LOS TUBOS  
HORIZONTALES EN EL NIVEL +6.90  
SECTYPE,7,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBH6-  
ESPBH6)/2,DEXBH6/2,8

!-----SECCIONES  
CONTRAVENTEO VERTICAL-----

SECNUM,8 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS VERTICALES DEL N-  
66.10 AL N.-58.10  
SECTYPE,8,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDV1-  
ESPBDV1)/2,DEXBDV1/2,8

SECNUM,9 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS VERTICALES DEL N-  
58.10 AL N.-38.10  
SECTYPE,9,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDV2-  
ESPBDV2)/2,DEXBDV2/2,8

SECNUM,10 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS VERTICALES DEL N-  
38.10 AL N.-14.10  
SECTYPE,10,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDV3-  
ESPBDV3)/2,DEXBDV3/2,8

SECNUM,11 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS VERTICALES DEL N-  
14.10 AL N.+6.90  
SECTYPE,11,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDV4-  
ESPBDV4)/2,DEXBDV4/2,8

!-----SECCIONES  
CONTRAVENTEO HORIZONTAL-----

SECNUM,12 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS HORIZONTALES EN EL  
NIVEL -66.10  
SECTYPE,12,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDH66-  
ESPBH66)/2,DEXBDH66/2,8

SECNUM,13 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS HORIZONTALES EN EL  
NIVEL -52.10  
SECTYPE,13,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDH52-  
ESPBH52)/2,DEXBDH52/2,8

SECNUM,14 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS HORIZONTALES EN EL  
NIVEL -38.10  
SECTYPE,14,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDH38-  
ESPBH38)/2,DEXBDH38/2,8

SECNUM,15 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS HORIZONTALES EN EL  
NIVEL -14.10  
SECTYPE,15,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDH14-  
ESPBH14)/2,DEXBDH14/2,8

SECNUM,16 !CORRESPONDE A LOS  
CONTRAVENTEOS HORIZONTALES EN EL  
NIVEL +6.90  
SECTYPE,16,BEAM,CTUBE  
SECDATA,(DEXBDH6-  
ESPBH6)/2,DEXBDH6/2,8

/COM,GENERAMOS LOS DATOS DE LAS  
SECCIONES DE LA SUPERESTRUCTURA

!-----SECCIONES COLUMNAS  
PRINCIPALES Y SECUNDARIAS-----

SECNUM,17

```

SECTYPE,17,BEAM,CTUBE
SECDATA,(DEXCPS-
ESPCPS)/2,DEXCPS/2,8

SECNUM,18
SECTYPE,18,BEAM,CTUBE
SECDATA,(DEXCSS-
ESPCSS)/2,DEXCSS/2,8

!-----SECCIONES      COLUMNAS
DIAGONALES-----

SECNUM,19
SECTYPE,19,BEAM,CTUBE
SECDATA,(DEXDPX-
ESPDPX)/2,DEXDPX/2,8

SECNUM,20
SECTYPE,20,BEAM,CTUBE
SECDATA,(DEXDPZ-
ESPDPZ)/2,DEXDPZ/2,8

SECNUM,21
SECTYPE,21,BEAM,CTUBE
SECDATA,(DEXDSZ-
ESPDSZ)/2,DEXDSZ/2,8

/COM,GENERAMOS LAS SECCIONES I

!----- SECCIONES      VIGAS
PRINCIPALES Y SECUNDARIAS EN X -----
-----

SECNUM,22
SECTYPE,22,BEAM,I
SECDATA,ANVPXN1,ANVPXN1,PEVPXN1,E
PVPXN1,EPVPXN1,EALVPXN1

SECNUM,23
SECTYPE,23,BEAM,I
SECDATA,ANVPXN2,ANVPXN2,PEVPXN2,E
PVPXN2,EPVPXN2,EALVPXN2

SECNUM,24
SECTYPE,24,BEAM,I
SECDATA,ANVSXN1,ANVSXN1,PEVSXN1,E
PVSXN1,EPVSXN1,EALVSXN1

SECNUM,25
SECTYPE,25,BEAM,I
SECDATA,ANVSXN2,ANVSXN2,PEVSXN2,E
PVSXN2,EPVSXN2,EALVSXN2

!-----SECCIONES      VIGAS
PRINCIPALES EN Z -----

SECNUM,26
SECTYPE,26,BEAM,I
SECDATA,ANVPZN1,ANVPZN1,PEVPZN1,E
PVPZN1,EPVPZN1,EALVPZN1

SECNUM,27
SECTYPE,27,BEAM,I
SECDATA,ANVPZN2,ANVPZN2,PEVPZN2,E
PVPZN2,EPVPZN2,EALVPZN2

!-----SECCIONES      VIGAS
CUBIERTAS NIVEL 1 Y 2 -----

SECNUM,28
SECTYPE,28,BEAM,I
SECDATA,ANVCN1,ANVCN1,PEVCN1,EPV
CN1,EPVCN1,EALVCN1

SECNUM,29
SECTYPE,29,BEAM,I
SECDATA,ANVCN2,ANVCN2,PEVCN2,EPV
CN2,EPVCN2,EALVCN2

!----- SECCIONES      EDIFICIO
SUPERESTRUCTURA -----

SECNUM,30
SECTYPE,30,BEAM,HREC
SECDATA,L1COLE,L2COLE,ESPCOLE,ESP
COLE,ESPCOLE,ESPCOLE

SECNUM,31
SECTYPE,31,BEAM,I
SECDATA,ANVED,ANVED,PEVED,EPVED,E
PVED,EALVED

SECNUM,32
SECTYPE,32,BEAM,I
SECDATA,ANVENA,ANVENA,PEVENA,EPV
ENA,EPVENA,EALVENA

!-----PLACA      MUROS
EDIFICIO-----

SECNUM,33
SECTYPE,33,SHELL
SECDATA,ESPL,1

!-----LOSA MACIZA EDIFICIO--
-----

SECNUM,34
SECTYPE,34,SHELL
SECDATA,PERLZM,2

SAVE,SEC_DEF

*END

*CREATE,MALLADO_SUB
!

ET,1,BEAM188
KEYOPT,1,3,3

ET,2,SHELL63
KEYOPT,2,3,2

!CARACTERÍSTICAS MALLADO SHELL

MSHAPE,0,2D      IO=CUADRILATERIO,
2D=AREA
MSHKEY,1 11=2D

/COM,-----
/COM,--SELECCIONAREMOS LAS LINEAS
PARA REALIZAR EL MALLADO--
/COM,-----
!
/COM,SELECCIONAMOS LAS LINEAS
CORRESPONDIENTES A LAS COLUMNAS
DE LA SUBESTRUCTURA

SAVE,PREP1

/COM,COMENZANDO POR LAS COLUMNAS
PRINCIPALES Y POSTERIORMENTE LAS
SECUNDARIAS

LSEL,S,LINE,,1,4 !CORRESPONDE A LAS
COLUMNAS DEL EJE 2
LSEL,A,LINE,,LMAXCOL-3,LMAXCOL
LATT,1,,1,,,1
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,5,LMAXCOL-4
!CORRESPONDE A LAS COLUMNAS DEL
EJE 4
LATT,1,,1,,,2
LSEL,ALL

/COM,AHORA SE SELECCIONAN LAS
CORRESPONDIENTES A LAS BARRAS
HORIZONTALES

LSEL,S,LINE,,LMAXCOL+1,LBHN66
!CORRESPONDE A LOS TUBOS
HORIZONTALES AL NIVEL -66.10
LATT,1,,1,,,3
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LBHN66+1,LBHN52
!CORRESPONDE A LOS TUBOS
HORIZONTALES AL NIVEL -52.10

LATT,1,,1,,,4
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LBHN52+1,LBHN38
!CORRESPONDE A LOS TUBOS
HORIZONTALES AL NIVEL -38.10
LATT,1,,1,,,5
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LBHN38+1,LBHN14
!CORRESPONDE A LOS TUBOS
HORIZONTALES AL NIVEL -14.10
LATT,1,,1,,,6
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LBHN14+1,LBHN6
!CORRESPONDE A LOS TUBOS
HORIZONTALES AL NIVEL +6.90
LATT,1,,1,,,7
LSEL,ALL

/COM,SELECCIONAMOS LAS LINEAS DE
LOS CONTRAVENTEOS VERTICALES

LSEL,S,LINE,,LBHCN6+1,LDIBASE
!CORRESPONDE A LOS CONTRAVENTEOS
VERTICALES NIVEL -66.10 A -52.10
LATT,1,,1,,,8
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LDIBASE+1,LDINIV12
!CORRESPONDE A LOS CONTRAVENTEOS
VERTICALES NIVEL -52.10 A -38.10
LATT,1,,1,,,9
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LDINIV12+1,LDINIV23
!CORRESPONDE A LOS CONTRAVENTEOS
VERTICALES NIVEL -38.10 A -14.10
LATT,1,,1,,,10
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LDINIV23+1,LDINIV34
!CORRESPONDE A LOS CONTRAVENTEOS
VERTICALES NIVEL -14.10 A +6.90
LATT,1,,1,,,11
LSEL,ALL

/COM,SELECCIONAMOS LAS LINEAS DE
LOS CONTRAVENTEOS HORIZONTALES

LSEL,S,LINE,,LBHN6+1,LBHCN66
LATT,1,,1,,,12
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LBHCN66+1,LBHCN52
LATT,1,,1,,,13
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LBHCN52+1,LBHCN38
LATT,1,,1,,,14
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LBHCN38+1,LBHCN14
LATT,1,,1,,,15
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LBHCN14+1,LBHCN6
LATT,1,,1,,,16
LSEL,ALL

/COM,SELECCIONAMOS LAS COLUMNAS
PRINCIPALES DE LA SUPERESTRUCTURA

LSEL,S,LINE,,LDINIV34+1,LCOLPSP
LATT,1,,1,,,17
LSEL,ALL

```

```

/COM,SELECCIONAMS LAS COLUMNAS
SECUNDARIAS DE LA
SUPERESTRUCTURA
!
LSEL,S,LINE,,LCOLPSP+1,LCOLSSP
LATT,1,,1,,18
LSEL,ALL

/COM,AHORA SE SELECCIONAN LAS
DIAGONALES PRINCIPALES EN X
LSEL,S,LINE,,LVSXN2+1,LDIXN1
LATT,1,,1,,19
LSEL,ALL

/COM,AHORA SE SELECCIONAN LAS
DIAGONALES PRINCIPALES EN Z
LSEL,S,LINE,,LDIXN1+1,LDIZN1
LATT,1,,1,,20
LSEL,ALL
!
/COM,-----
/COM,--SELECCIONAMOS LAS LINEAS
DIAGONALES FINALES EN Z NIVEL 2--
/COM,-----
!
LSEL,S,LINE,,LDIZN1+1,LDIZN2
LATT,1,,1,,21
LSEL,ALL

SAVE,PREP2

!
/COM,SELECCIONAMOS LAS VIGAS
PRINCIPALES EN X NIVEL 1 Y 2
!
!NIVEL 1 (SECCIÓN 22)
!
LSEL,S,LINE,,LCUNI101+1,LVPXN101-5
LATT,1,,1,,1000,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102+1,LVPXN102-13
LATT,1,,1,,1000,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103+1,LVPXN103-13
LATT,1,,1,,1000,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104+1,LVPXN104-13
LATT,1,,1,,1000,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105+1,LVPXN105-9
LATT,1,,1,,1000,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI106+1,LVPXN106-2
LATT,1,,1,,1000,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN101-4,LVPXN101
LATT,1,,1,,1001,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN102-12,LVPXN102
LATT,1,,1,,1001,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN103-12,LVPXN103
LATT,1,,1,,1001,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN104-12,LVPXN104
LATT,1,,1,,1001,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN105-8,LVPXN105
LATT,1,,1,,1001,22
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN106-1,LVPXN106
LATT,1,,1,,1001,22
LSEL,ALL

!
!NIVEL 2 (SECCIÓN 23)
!
LSEL,S,LINE,,LVPSPN1+1,LVPSPN2-5
LATT,1,,1,,1000,23
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVPSPN2-5,LVPSPN2
LATT,1,,1,,1001,23
LSEL,ALL
!
/COM,-----
/COM,--VIGAS SECUNDARIAS EN X NIVEL
1--
/COM,-----
!
!Z=-8.75M
!
LSEL,S,LINE,,LVPXN108-12,LVPXN108
LATT,1,,1,,1005,24
LSEL,ALL
!
!Z=-4.75M
!
LSEL,S,LINE,,LCUNI107+1,LVPXN107
LATT,1,,1,,1004,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI108+1,LVPXN108-13
LATT,1,,1,,1004,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI109+1,LVPXN109
LATT,1,,1,,1004,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI110+1,LVPXN110
LATT,1,,1,,1004,24
LSEL,ALL
!
!Z=+18.366M
!
LSEL,S,LINE,,LCUNI111+1,LVPXN111-13
LATT,1,,1,,1003,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI112+1,LVPXN112-13
LATT,1,,1,,1003,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI113+1,LVPXN113-13
LATT,1,,1,,1003,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI114+1,LVPXN114-9
LATT,1,,1,,1003,24
LSEL,ALL
!
!Z=23.016M
!
LSEL,S,LINE,,LVPXN111-12,LVPXN111
LATT,1,,1,,1002,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN112-12,LVPXN112
LATT,1,,1,,1002,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN113-12,LVPXN113
LATT,1,,1,,1002,24
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LVPXN114-8,LVPXN114
LATT,1,,1,,1002,24
LSEL,ALL

/COM,-----
/COM,--VIGAS SECUNDARIAS EN X NIVEL
2--
/COM,-----
!
LSEL,S,LINE,,LVSXN1+1,LVSXN1+1
LATT,1,,1,,1002,25
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVSXN2-9,LVSXN2-6
LATT,1,,1,,1003,25

LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVSXN2-5,LVSXN2-2
LATT,1,,1,,1004,25
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVSXN2-1,LVSXN2
LATT,1,,1,,1006,25
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LDIZN2+1,LVSECN2
LATT,1,,1,,1002,25
LSEL,ALL
!

/COM,-----
/COM,--VIGAS PRINCIPALES EN Z NIVEL 1-
-
/COM,-----
!
LSEL,S,LINE,,LVPSPN2+1,LVSSPN1-21
LATT,1,,1,,3001,26
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVSSPN1-20,LVSSPN1-16
LATT,1,,1,,3002,26
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVSSPN1-15,LVSSPN1-11
LATT,1,,1,,3003,26
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVSSPN1-10,LVSSPN1-5
LATT,1,,1,,3004,26
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVSSPN1-4,LVSSPN1-1
LATT,1,,1,,3005,26
LSEL,ALL
!
LSEL,S,LINE,,LVSSPN1,LVSSPN1
LATT,1,,1,,3006,26
LSEL,ALL
!

/COM,-----
/COM,--VIGAS PRINCIPALES EN Z NIVEL 2-
-
/COM,-----
!
LSEL,S,LINE,,LCUNI204+1,LCUNI204+14
LATT,1,,1,,3000,27
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203+1,LCUNI203+5
LSEL,A,LINE,,LCUNI204+15,LCUNI204+28
LSEL,A,LINE,,LCUNI202+1,LCUNI202+5
LATT,1,,1,,3001,27
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203+6,LCUNI203+10
LSEL,A,LINE,,LCUNI204+29,LCUNI204+42
LSEL,A,LINE,,LCUNI202+6,LCUNI202+10
LATT,1,,1,,3002,27
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203+11,LCUNI203+15
LSEL,A,LINE,,LCUNI204+43,LCUNI204+56
LSEL,A,LINE,,LCUNI202+11,LCUNI202+15
LSEL,A,LINE,,LCUNI201+1,LCUNI201+8
LATT,1,,1,,3003,27
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203+16,LCUNI203+25
LSEL,A,LINE,,LCUNI204+57,LCUNI204+70
LSEL,A,LINE,,LCUNI202+16,LCUNI202+20
LSEL,A,LINE,,LCUNI201+9,LCUNI201+16
LATT,1,,1,,3004,27
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203+26,LCUNI203+35
LSEL,A,LINE,,LCUNI204+71,LCUNI204+84
LSEL,A,LINE,,LCUNI202+21,LCUNI202+25
LSEL,A,LINE,,LCUNI201+17,LCUNI201+24
LATT,1,,1,,3005,27
LSEL,ALL

/COM,-----

```

/COM,--VIGAS CUBIERTAS NIVEL 1 Y 2--  
/COM,-----

LSEL,S,LINE,,LCUNI101-3,LCUNI101-3  
!TRAMO 1  
LATT,1,,1,,4000,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI101-2,LCUNI101-2  
LATT,1,,1,,4001,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI101-1,LCUNI101-1  
LATT,1,,1,,4002,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI101,LCUNI101  
LATT,1,,1,,4003,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-11,LCUNI102-11  
!TRAMO 2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-11,LCUNI107-11  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-23,LCUNI111-22  
LATT,1,,1,,4004,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-10,LCUNI102-10  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-10,LCUNI107-10  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-21,LCUNI111-20  
LATT,1,,1,,4005,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-9,LCUNI102-9  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-9,LCUNI107-9  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-19,LCUNI111-18  
LATT,1,,1,,4006,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-8,LCUNI102-8  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-8,LCUNI107-8  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-17,LCUNI111-16  
LATT,1,,1,,4007,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-7,LCUNI102-7  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-7,LCUNI107-7  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-15,LCUNI111-14  
LATT,1,,1,,4008,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-6,LCUNI102-6  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-6,LCUNI107-6  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-13,LCUNI111-12  
LATT,1,,1,,4009,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-5,LCUNI102-5  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-5,LCUNI107-5  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-11,LCUNI111-10  
LATT,1,,1,,4010,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-4,LCUNI102-4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-4,LCUNI107-4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-9,LCUNI111-8  
LATT,1,,1,,4011,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-3,LCUNI102-3  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-3,LCUNI107-3  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-7,LCUNI111-6  
LATT,1,,1,,4012,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-2,LCUNI102-2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-2,LCUNI107-2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-5,LCUNI111-4  
LATT,1,,1,,4013,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102-1,LCUNI102-1  
LSEL,A,LINE,,LCUNI107-1,LCUNI107-1  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-3,LCUNI111-2  
LATT,1,,1,,4014,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI102,LCUNI102

LSEL,A,LINE,,LCUNI107,LCUNI107  
LSEL,A,LINE,,LCUNI111-1,LCUNI111  
LATT,1,,1,,4015,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103,LCUNI103 !TRAMO  
3  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-23,LCUNI108-22  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-23,LCUNI112-22  
LATT,1,,1,,4016,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-1,LCUNI103-1  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-21,LCUNI108-20  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-21,LCUNI112-20  
LATT,1,,1,,4017,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-2,LCUNI103-2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-19,LCUNI108-18  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-19,LCUNI112-18  
LATT,1,,1,,4018,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-3,LCUNI103-3  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-17,LCUNI108-16  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-17,LCUNI112-16  
LATT,1,,1,,4019,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-4,LCUNI103-4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-15,LCUNI108-14  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-15,LCUNI112-14  
LATT,1,,1,,4020,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-5,LCUNI103-5  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-13,LCUNI108-12  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-13,LCUNI112-12  
LATT,1,,1,,4021,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-6,LCUNI103-6  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-11,LCUNI108-10  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-11,LCUNI112-10  
LATT,1,,1,,4022,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-7,LCUNI103-7  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-9,LCUNI108-8  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-9,LCUNI112-8  
LATT,1,,1,,4023,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-8,LCUNI103-8  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-7,LCUNI108-6  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-7,LCUNI112-6  
LATT,1,,1,,4024,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-9,LCUNI103-9  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-5,LCUNI108-4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-5,LCUNI112-4  
LATT,1,,1,,4025,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-10,LCUNI103-10  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-3,LCUNI108-2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-3,LCUNI112-2  
LATT,1,,1,,4026,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI103-11,LCUNI103-11  
LSEL,A,LINE,,LCUNI108-1,LCUNI108  
LSEL,A,LINE,,LCUNI112-1,LCUNI112  
LATT,1,,1,,4027,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-11,LCUNI104-11  
!TRAMO 4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-11,LCUNI109-11  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-23,LCUNI113-22  
LATT,1,,1,,4028,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-10,LCUNI104-10  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-10,LCUNI109-10  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-21,LCUNI113-20  
LATT,1,,1,,4029,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-9,LCUNI104-9  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-9,LCUNI109-9  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-19,LCUNI113-18  
LATT,1,,1,,4030,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-8,LCUNI104-8  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-8,LCUNI109-8  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-17,LCUNI113-16  
LATT,1,,1,,4031,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-7,LCUNI104-7  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-7,LCUNI109-7  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-15,LCUNI113-14  
LATT,1,,1,,4032,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-6,LCUNI104-6  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-6,LCUNI109-6  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-13,LCUNI113-12  
LATT,1,,1,,4033,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-5,LCUNI104-5  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-5,LCUNI109-5  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-11,LCUNI113-10  
LATT,1,,1,,4034,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-4,LCUNI104-4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-4,LCUNI109-4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-9,LCUNI113-8  
LATT,1,,1,,4035,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-3,LCUNI104-3  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-3,LCUNI109-3  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-7,LCUNI113-6  
LATT,1,,1,,4036,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-2,LCUNI104-2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-2,LCUNI109-2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-5,LCUNI113-4  
LATT,1,,1,,4037,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104-1,LCUNI104-1  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109-1,LCUNI109-1  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-3,LCUNI113-2  
LATT,1,,1,,4038,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI104,LCUNI104  
LSEL,A,LINE,,LCUNI109,LCUNI109  
LSEL,A,LINE,,LCUNI113-1,LCUNI113  
LATT,1,,1,,4039,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105,LCUNI105 !TRAMO  
5  
LSEL,A,LINE,,LCUNI110-7,LCUNI110-7  
LSEL,A,LINE,,LCUNI114-15,LCUNI114-14  
LATT,1,,1,,4040,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105-1,LCUNI105-1  
LSEL,A,LINE,,LCUNI110-6,LCUNI110-6  
LSEL,A,LINE,,LCUNI114-13,LCUNI114-12  
LATT,1,,1,,4041,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105-2,LCUNI105-2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI110-5,LCUNI110-5  
LSEL,A,LINE,,LCUNI114-11,LCUNI114-10  
LATT,1,,1,,4042,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105-3,LCUNI105-3  
LSEL,A,LINE,,LCUNI110-4,LCUNI110-4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI114-9,LCUNI114-8  
LATT,1,,1,,4043,28



LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105-4,LCUNI105-4  
LSEL,A,LINE,,LCUNI110-3,LCUNI110-3  
LSEL,A,LINE,,LCUNI114-7,LCUNI114-6  
LATT,1,,1,,,4044,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105-5,LCUNI105-5  
LSEL,A,LINE,,LCUNI110-2,LCUNI110-2  
LSEL,A,LINE,,LCUNI114-5,LCUNI114-4  
LATT,1,,1,,,4045,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105-6,LCUNI105-6  
LSEL,A,LINE,,LCUNI110-1,LCUNI110-1  
LSEL,A,LINE,,LCUNI114-3,LCUNI114-2  
LATT,1,,1,,,4046,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI105-7,LCUNI105-7  
LSEL,A,LINE,,LCUNI110,LCUNI110  
LSEL,A,LINE,,LCUNI114-1,LCUNI114  
LATT,1,,1,,,4047,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI106-1,LCUNI106-1  
!TRAMO 6  
LATT,1,,1,,,4048,28  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI106,LCUNI106  
LATT,1,,1,,,4049,28  
LSEL,ALL

!CUBIERNIA NIVEL 2

LSEL,S,LINE,,LCUNI201-13,LCUNI201-12  
LATT,1,,1,,,4000,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI201-11,LCUNI201-10  
LATT,1,,1,,,4001,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI201-9,LCUNI201-8  
LATT,1,,1,,,4002,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI201-7,LCUNI201-6  
LATT,1,,1,,,4003,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI201-5,LCUNI201-4  
LATT,1,,1,,,4004,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI201-3,LCUNI201-2  
LATT,1,,1,,,4005,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI201-1,LCUNI201  
LATT,1,,1,,,4006,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI202-15,LCUNI202-12  
!INICIA  
LATT,1,,1,,,4007,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI202-11,LCUNI202-8  
LATT,1,,1,,,4008,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI202-7,LCUNI202-4  
LATT,1,,1,,,4009,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI202-3,LCUNI202  
LATT,1,,1,,,4010,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203-19,LCUNI203-19  
!INICIA  
LATT,1,,1,,,4011,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203-14,LCUNI203-14  
LATT,1,,1,,,4012,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203-9,LCUNI203-9  
LATT,1,,1,,,4013,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203-4,LCUNI203-4  
LATT,1,,1,,,4014,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203-18,LCUNI203-15  
!INICIA  
LATT,1,,1,,,4015,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203-13,LCUNI203-10  
LATT,1,,1,,,4016,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203-8,LCUNI203-5  
LATT,1,,1,,,4017,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI203-3,LCUNI203  
LATT,1,,1,,,4018,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-77,LCUNI204-72  
!INICIA  
LATT,1,,1,,,4019,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-71,LCUNI204-66  
LATT,1,,1,,,4020,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-65,LCUNI204-60  
LATT,1,,1,,,4021,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-59,LCUNI204-54  
LATT,1,,1,,,4022,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-53,LCUNI204-48  
LATT,1,,1,,,4023,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-47,LCUNI204-42  
LATT,1,,1,,,4024,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-41,LCUNI204-36  
LATT,1,,1,,,4025,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-35,LCUNI204-30  
LATT,1,,1,,,4026,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-29,LCUNI204-24  
LATT,1,,1,,,4027,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-23,LCUNI204-18  
LATT,1,,1,,,4028,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-17,LCUNI204-12  
LATT,1,,1,,,4029,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-11,LCUNI204-6  
LATT,1,,1,,,4030,29  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LCUNI204-5,LCUNI204  
LATT,1,,1,,,4031,29  
LSEL,ALL

/COM,EDIFICIO SUPERESTRUCTURA

LSEL,S,LINE,,LCOED1-5,LCOED1  
LSEL,A,LINE,,LCOED2-8,LCOED2  
LSEL,A,LINE,,LCOED3-8,LCOED3  
LSEL,A,LINE,,LCOED4-8,LCOED4  
LATT,1,,1,,,30

LSEL,ALL

/COM,GENERAMOS LAS TRABES

LSEL,S,LINE,,LTED1-11,LTED1-10  
LSEL,A,LINE,,LTED2-11,LTED2-10  
LSEL,A,LINE,,LHED1-9,LHED1-8  
LATT,1,,1,,,3004,31  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED1-9,LTED1-8  
LSEL,A,LINE,,LTED2-9,LTED2-8  
LSEL,A,LINE,,LHED1-7,LHED1-6  
LATT,1,,1,,,1001,31  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED1-7,LTED1-6  
LSEL,A,LINE,,LTED2-7,LTED2-6  
LSEL,A,LINE,,LHED1-5,LHED1-4  
LATT,1,,1,,,3003,31  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED1-5,LTED1-4  
LSEL,A,LINE,,LTED2-5,LTED2-4  
LSEL,A,LINE,,LHED1-3,LHED1-2  
LATT,1,,1,,,1000,31  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED1-3,LTED1-2  
LSEL,A,LINE,,LTED2-3,LTED2-2  
LSEL,A,LINE,,LHED1-1,LHED1  
LATT,1,,1,,,4025,31  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED1-1,LTED1  
LSEL,A,LINE,,LTED2-1,LTED2  
LATT,1,,1,,,4050,31  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED3-11,LTED3-10  
LATT,1,,1,,,3004,32  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED3-9,LTED3-8  
LATT,1,,1,,,1001,32  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED3-7,LTED3-6  
LATT,1,,1,,,3003,32  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED3-5,LTED3-4  
LATT,1,,1,,,1000,32  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED3-3,LTED3-2  
LATT,1,,1,,,4025,32  
LSEL,ALL

LSEL,S,LINE,,LTED3-1,LTED3  
LATT,1,,1,,,4050,32  
LSEL,ALL

/COM,SELECCIONAMOS ÁREAS PARA MALLAR

ASEL,ALL

ASEL,S,AREA,,AMUR1-7,AMUR1  
ASEL,A,AREA,,AMUR2-7,AMUR2  
ASEL,A,AREA,,AMUR3-7,AMUR3  
AATT,1,1,2,,33  
ASEL,ALL

ASEL,S,AREA,,ALOS2+1,AMUR4  
AATT,1,1,2,,33  
ASEL,ALL

ASEL,S,AREA,,ALOS1-3,ALOS1  
AATT,2,2,2,,34  
ASEL,ALL

ASEL,S,AREA,,ALOS1+1,ALOS2  
AATT,2,2,2,,34  
ASEL,ALL

```

/COM,PROCEDEMOS A REALIZAR EL
MALLADO
SAVE,PREP3
!MALLAMOS LAS COLUMNAS
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,1
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,2
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
!MALLAMOS LOS TUBOS HORIZONTALES
LSEL,S,SEC,,3
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,4
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,5
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,6
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,7
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS LOS CONTRAVENTEOS
VERTICALES
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,8
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,9
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,10
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,11
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS LOS CONTRAVENTEOS
HORIZONTALES
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,12
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,13
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,14
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,15
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,16
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
/COM,MALLAMOS LOS ELEMENTOS DE LA
SUPERESTRUCTURA
!MALLAMOS COLUMNAS PRINCIPALES
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,17
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS COLUMNAS SECUNDARIAS
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,18
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS ELEMENTOS DIAGONALES
PRINCIPALES
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,19
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,20
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS ELEMENTOS DIAGONALES
SECUNDARIOS
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,21
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS VIGAS PRINCIPALES EN X
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,22
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,23
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS VIGAS SECUNDARIAS EN X
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,24
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,25
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS VIGAS PRINCIPALES EN Z
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,26
LESIZE,ALL,,,1
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,27
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS LAS VIGAS DE CUBIERTA
NIVEL 1 Y 2
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,28
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,29
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!-----
!-MALLADO EDIFICIO
SUPERESTRUCTURA--
!-----
!MALLAMOS LAS COLUMNAS EDIFICIO
SUPERESTRUCTURA
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,30
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
!MALLAMOS LAS TRABES EDIFICIO
SUPERESTRUCTURA
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,31 !ENTREPISO
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
LSEL,S,SEC,,32 !AZOTEA
LESIZE,ALL,,,6
LMESH,ALL
LSEL,ALL
SAVE,MALLADO_PLAT
!MALLAMOS ÁREAS
ASEL,ALL
ASEL,S,SEC,,33 !MUROS
LESIZE,ALL,,,3
AMESH,ALL
ASEL,ALL
ASEL,S,SEC,,34 !LOSAS
LESIZE,ALL,,,3
AMESH,ALL
ASEL,ALL
*END
*CREATE,RESTRICCIONES

```

```

FINISH
/SOLU
/COM,RESTRICION
DESPAZAMIENTOS
NSEL,S,LOC,Y,-66.10
NSEL,U,LOC,X,-12.191,21.368
NSEL,U,LOC,Z,-9.176,22.892
D,ALL,ALL
NSEL,ALL
NSEL,S,LOC,Y,-66.10
NSEL,U,LOC,X,-12.192,4.588
NSEL,U,LOC,X,4.59,21.37
NSEL,U,LOC,Z,-9.18,-1.160
NSEL,U,LOC,Z,-1.158,14.87
NSEL,U,LOC,Z,14.88,22.90
D,ALL,ALL
NSEL,ALL
SAVE,RESTRIC
*END
*CREATE,PEPRO
FINISH
/SOLU
ANTYPE,0
ACEL,,9.81
/COM,CARGA VIVA
CVIVAOP=1.02 !10 KN/M2
CVIVA=0.25
CAZOT=0.1
LSEL,S,LOC,Y,18.034
LSEL,U,LOC,Z,-15,-0.001
LSEL,U,LOC,Z,0.001,13.715
LSEL,U,LOC,Z,13.717,30
FINISH
/PREP7
LSUM
*GET,LTOTV1,LINE,0,LENG
FINISH
/SOLU
ARDECK=1657
FCVIVA1=CVIVAOP*ARDECK
WCVIVA1=FCVIVA1/LTOTV1
ESLL
SFBEAM,ALL,1,PRES.,WCVIVA1
LSEL,ALL
ESEL,ALL
LSEL,S,LOC,Y,27.246
LSEL,U,LOC,Z,-15,-0.001
LSEL,U,LOC,Z,0.001,13.715
LSEL,U,LOC,Z,13.717,30
FINISH
/PREP7
LSUM
*GET,LTOTV2,LINE,0,LENG
FINISH
/SOLU
FCVIVA2=CVIVAOP*ARDECK
WCVIVA2=FCVIVA2/LTOTV2
ESLL
SFBEAM,ALL,1,PRES.,WCVIVA2
LSEL,ALL
ESEL,ALL
LSEL,S,LOC,Y,31.346
FINISH
/PREP7
LSUM
*GET,LTOTV3,LINE,0,LENG
FINISH
/SOLU
LSEL,A,LOC,Y,35.346
ARLOS=160
FCVIVA3=CVIVA*ARLOS
WCVIVA3=FCVIVA3/LTOTV3
ESLL
SFBEAM,ALL,1,PRES.,WCVIVA3
LSEL,ALL
ESEL,ALL
LSEL,S,LOC,Y,39.346
FINISH
/PREP7
LSUM
*GET,LTOTV4,LINE,0,LENG
FINISH
/SOLU
FCVIVA4=CAZOT*ARLOS
WCVIVA4=FCVIVA4/LTOTV4
ESLL
SFBEAM,ALL,1,PRES.,WCVIVA4
LSEL,ALL
ESEL,ALL
EPLLOT
SOLVE
FINISH
/POST1
ESEL,U,SEC,,30,34
SET, LAST
PLDISP,1
ETABLE,NI,SMISC,1
ETABLE,NF,SMISC,14
ETABLE,VIY,SMISC,6
ETABLE,VFY,SMISC,19
ETABLE,VIZ,SMISC,5
ETABLE,VFZ,SMISC,18
!/TITLE,FZAS NORMALES PLATAFORMA
(TON).
!PLLS,NI,NF,-1
!/TITLE,FZAS CORTANTES Y MARCO
(TON).
!PLLS,VIY,VFY,-1
!/TITLE,FZAS CORTANTES Z MARCO (TON).
!PLLS,VIZ,VFZ,-1
/ESHAPE,1
/EFACET,4
*END
*CREATE,PRESVI
RESUME,RESTRIC
FINISH
/SOLU
ANTYPE,0
ACEL,,9.81
MULTIPRO,'start',5
*CSET,1,3,VEV10,'VEL. DEL VIENTO A 10
MSNM (M/S)',32.0
*CSET,4,6,TVIENTO,'TIEMPO DE REF. (1 A
3600 S)=' ,3
*CSET,7,9,DENAIRE,'DENSIDAD DEL AIRE
(T/M^3)=' ,1.22E-3
*CSET,10,12,CFOEDIF,'COEFICIENTE DE
FORMA EDIFICIO=' ,1.50
*CSET,13,15,CFOVIG,'COEFICIENTE DE
FORMA VIGAS=' ,1.50
*CSET,61,62,INGRESAR DATOS,' DEL
VIENTO'
MULTIPRO,'END'
/COM,PRESIONES
/PSF,PRES,NORM,2,0 IVER PRESIONES
COMO VECTORES
TCERO=3600 !TIEMPO EN SEGUNDOS
ALTZ1=31.346 !ALTURA DE REFERENCIA 1
EN M
ALTZ2=35.346 !ALTURA DE REFERENCIA 2
EN M
ALTZ3=39.346 !ALTURA DE REFERENCIA 3
EN M
ALTZ4=18.034 !ALTURA DE REFERENCIA 3
EN M
ALTZ5=27.246 !ALTURA DE REFERENCIA 3
EN M
FACMFT=3.28084 !FACTOR DE
CONVERSIÓN DE METROS A PIES
FACFTM=0.3048 !FACTOR DE
CONVERSIÓN DE PIES A METROS
!CONVERTIMOS A PIES
VEV10FT=VEV10*FACMFT
ALTZ1FT=ALTZ1*FACMFT
ALTZ2FT=ALTZ2*FACMFT
ALTZ3FT=ALTZ3*FACMFT
ALTZ4FT=ALTZ4*FACMFT
ALTZ5FT=ALTZ5*FACMFT
/COM,CALCULAMOS LAS VELOCIDADES
PARA CADA VALOR DE Z CON LOS
PERFILES DE API
/COM,PARA Z1
INTURZ1=0.06*(1+0.0131*VEV10FT)*((ALTZ
1FT/32.81)**(-0.22)) !INTENSIDAD DE LA
TURBULENCIA
CZ1=(5.73E-2)*((1+0.0457*VEV10FT)**0.5)
!FACTOR DE AJUSTE
VEVIZ1=VEV10FT*(1+CZ1*LOG(ALTZ1FT/3
2.81)) !VELOCIDAD DEL PROMEDIO A UNA
HORA VIENTO AL NIVEL Z, SIN AJUSTE EN
EL TIEMPO
VELZ1T=VEVIZ1*(1-
0.41*INTURZ1*LOG(TVIENTO/TCERO))
!VELOCIDAD DE DISEÑO DEL VIENTO
(FT/S) PARA UN INSTANTE T (S)
VELZ1TM=VELZ1T*FACFTM !VELOCIDAD
DE DISEÑO DEL VIENTO (M/S) PARA UN
INSTANTE T (S)
/COM,PARA Z2
INTURZ2=0.06*(1+0.0131*VEV10FT)*((ALTZ
2FT/32.81)**(-0.22)) !INTENSIDAD DE LA
TURBULENCIA
CZ2=(5.73E-2)*((1+0.0457*VEV10FT)**0.5)
!FACTOR DE AJUSTE
VEVIZ2=VEV10FT*(1+CZ2*LOG(ALTZ2FT/3
2.81)) !VELOCIDAD DEL PROMEDIO A UNA
HORA VIENTO AL NIVEL Z, SIN AJUSTE EN
EL TIEMPO
VELZ2T=VEVIZ2*(1-
0.41*INTURZ2*LOG(TVIENTO/TCERO))
!VELOCIDAD DE DISEÑO DEL VIENTO
(FT/S) PARA UN INSTANTE T (S)
VELZ2TM=VELZ2T*FACFTM !VELOCIDAD
DE DISEÑO DEL VIENTO (M/S) PARA UN
INSTANTE T (S)
/COM,PARA Z3
INTURZ3=0.06*(1+0.0131*VEV10FT)*((ALTZ
3FT/32.81)**(-0.22)) !INTENSIDAD DE LA
TURBULENCIA
CZ3=(5.73E-2)*((1+0.0457*VEV10FT)**0.5)
!FACTOR DE AJUSTE
VEVIZ3=VEV10FT*(1+CZ3*LOG(ALTZ3FT/3
2.81)) !VELOCIDAD DEL PROMEDIO A UNA
HORA VIENTO AL NIVEL Z, SIN AJUSTE EN
EL TIEMPO
VELZ3T=VEVIZ3*(1-
0.41*INTURZ3*LOG(TVIENTO/TCERO))
!VELOCIDAD DE DISEÑO DEL VIENTO
(FT/S) PARA UN INSTANTE T (S)

```

VELZ3TM=VELZ3T\*FACFTM IVELOCIDAD DE DISEÑO DEL VIENTO (M/S) PARA UN INSTANTE T (S)

PREVIZ1=(DENAIRE/2)\*(VELZ1TM\*\*2)\*CFO EDIF  
PREVIZ2=(DENAIRE/2)\*(VELZ2TM\*\*2)\*CFO EDIF  
PREVIZ3=(DENAIRE/2)\*(VELZ3TM\*\*2)\*CFO EDIF

/COM,CALCULAMOS LAS VELOCIDADES PARA LAS VIGAS PRINCIPALES

/COM,PARA Z4

INTURZ4=0.06\*(1+0.0131\*VEV10FT)\*((ALTZ4FT/32.81)\*\*(-0.22)) !INTENSIDAD DE LA TURBULENCIA  
CZ4=(5.73E-2)\*((1+0.0457\*VEV10FT)\*\*0.5)  
!FACTOR DE AJUSTE  
VEVIZ4=VEV10FT\*(1+CZ4\*LOG(ALTZ4FT/32.81)) IVELOCIDAD DEL PROMEDIO A UNA HORA VIENTO AL NIVEL Z, SIN AJUSTE EN EL TIEMPO  
VELZ4T=VEVIZ4\*(1-0.41\*INTURZ4\*LOG(TVIENTO/TCERO))  
!VELOCIDAD DE DISEÑO DEL VIENTO (FT/S) PARA UN INSTANTE T (S)  
VELZ4TM=VELZ4T\*FACFTM IVELOCIDAD DE DISEÑO DEL VIENTO (M/S) PARA UN INSTANTE T (S)

/COM,PARA Z5

INTURZ5=0.06\*(1+0.0131\*VEV10FT)\*((ALTZ5FT/32.81)\*\*(-0.22)) !INTENSIDAD DE LA TURBULENCIA  
CZ5=(5.73E-2)\*((1+0.0457\*VEV10FT)\*\*0.5)  
!FACTOR DE AJUSTE  
VEVIZ5=VEV10FT\*(1+CZ5\*LOG(ALTZ5FT/32.81)) IVELOCIDAD DEL PROMEDIO A UNA HORA VIENTO AL NIVEL Z, SIN AJUSTE EN EL TIEMPO  
VELZ5T=VEVIZ5\*(1-0.41\*INTURZ5\*LOG(TVIENTO/TCERO))  
!VELOCIDAD DE DISEÑO DEL VIENTO (FT/S) PARA UN INSTANTE T (S)  
VELZ5TM=VELZ5T\*FACFTM IVELOCIDAD DE DISEÑO DEL VIENTO (M/S) PARA UN INSTANTE T (S)

PREVIZ4=(DENAIRE/2)\*(VELZ4TM\*\*2)\*CFO EDIF  
PREVIZ5=(DENAIRE/2)\*(VELZ5TM\*\*2)\*CFO EDIF

SAVE,PERF\_VIENTO

ESEL,ALL

/COM,ASIGNAMOS LAS PRESIONES A LAS ÁREAS, POR NIVEL

ASEL,S,AREA,,AMUR1-5,AMUR1-4  
SFA,ALL,1,PRES,PREVIZ1  
ASEL,ALL

ASEL,A,AREA,,AMUR2-5,AMUR2-4  
SFA,ALL,1,PRES,PREVIZ2  
ASEL,ALL

ASEL,A,AREA,,AMUR3-5,AMUR3-4  
SFA,ALL,1,PRES,PREVIZ3  
ASEL,ALL

/COM,CARGA VIVA

CVIVAOP=0.08 18 KN/M2  
CVIVA=0.18  
CAZOT=0.07

LSEL,S,LOC,Y,18.034

FINISH  
/PREP7  
LSUM  
\*GET,LTOTV1,LINE,0,LENG  
FINISH  
/SOLU

ARDECK=1657  
FCVIVA1=CVIVAOP\*ARDECK  
WCVIVA1=FCVIVA1/LTOTV1  
ESLL  
SFBEAM,ALL,1,PRES,,WCVIVA1  
LSEL,ALL  
ESEL,ALL

LSEL,S,LOC,Y,27.246

FINISH  
/PREP7  
LSUM  
\*GET,LTOTV2,LINE,0,LENG  
FINISH  
/SOLU

FCVIVA2=CVIVAOP\*ARDECK  
WCVIVA2=FCVIVA2/LTOTV2  
ESLL  
SFBEAM,ALL,1,PRES,,WCVIVA2  
LSEL,ALL  
ESEL,ALL

LSEL,S,LOC,Y,31.346

FINISH  
/PREP7  
LSUM  
\*GET,LTOTV3,LINE,0,LENG  
FINISH  
/SOLU

LSEL,A,LOC,Y,35.346

ARLOS=160  
FCVIVA3=CVIVA\*ARLOS  
WCVIVA3=FCVIVA3/LTOTV3  
ESLL  
SFBEAM,ALL,1,PRES,,WCVIVA3  
LSEL,ALL  
ESEL,ALL

LSEL,S,LOC,Y,39.346

FINISH  
/PREP7  
LSUM  
\*GET,LTOTV4,LINE,0,LENG  
FINISH  
/SOLU

FCVIVA4=CAZOT\*ARLOS  
WCVIVA4=FCVIVA4/LTOTV4  
ESLL  
SFBEAM,ALL,1,PRES,,WCVIVA4  
LSEL,ALL  
ESEL,ALL

EPL0T

SOLVE  
FINISH  
/POST1  
ESEL,U,SEC,,30,34  
SET,LAST  
PLDISP,1

ETABLE,NI,SMISC,1  
ETABLE,NF,SMISC,14  
ETABLE,VY,SMISC,6  
ETABLE,VY,SMISC,19  
ETABLE,VIZ,SMISC,5  
ETABLE,VFZ,SMISC,18

/!TITLE,FZAS NORMALES PLATAFORMA (TON).  
!PLLS,NI,NF,-1

/!TITLE,FZAS CORTANTES Y MARCO (TON).  
!PLLS,VIY,VFY,-1

/!TITLE,FZAS CORTANTES Z MARCO (TON).  
!PLLS,VIZ,VFZ,-1

/!ESHAPE,1

/!EFACET,4

\*END

/COM,-----

\*CREATE,MODAL

/COM,INDICAMOS LA CANTIDAD DE MODOS A REVISAR, EN ESTE CASO 10

ANTYPE,MODAL

MODOPT,LANB,10,0.1,100,,OFF  
EQSLV,SPAR  
MXPAND,8  
OUTPR,BASIC,ALL  
ACEL,,9.81

SOLVE  
FINISH

\*END

\*CREATE,VISUA  
/POST1  
SET,FIRST

\*GET,FREQ,MODE,1,FREQ  
PERIODF=1/FREQ

/!TITLE,PERIODO FUNDAMENTAL DE LA PLATAFORMA = %PERIODF% S  
PLDISP,1

SAVE,MODESEL

\*END

\*CREATE,INSTRUC

\*USE,INICIO  
!\*USE,DATOS\_SECSUB  
!\*USE,DATOS\_SECSUP

\*END

\*CREATE,DORT

\*USE,KPSUBEST  
\*USE,KPSUPER  
\*USE,LINSUBEST  
\*USE,LINSUPER  
\*USE,EDIF  
\*USE,PREP\_MALLADO  
\*USE,MALLADO\_SUB  
!\*USE.RESTRICCIONES  
!\*USE,MODAL  
!\*USE,VISUA  
!\*USE,PEPRO  
!\*USE,PRESVI

\*END

\*USE,INSTRUC  
\*USE,DOR