

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ Diseño y Construcción de Plataforma Metálica
Soportada en Pilotes para Perforación
de Pozos Petroleros ”**

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

CARLOS ARTURO ALARCON GUZMAN

PROMOCION: 1983 - I

LIMA • PERU • 1990

INDICE

PROLOGO	01
Capitulo I	03
1.0 Introducci3n	03
Capitulo II	09
2.0 Consideraciones para el proyecto de Plataforma	09
2.1 Datos basicos de dise1o	09
2.1.1 Caracteristicas del equipo de perforaci3n ...	10
2.1.2 Distribuci3n del equipo de perforaci3n	11
2.1.3 Analisis de cargas, esfuerzos, torques, sometidos a la plataforma	12
2.2 Determinaci3n de cargas de dise1o	13
2.2.1 Area critica	13
2.2.1.1 Carga m1xima cuando el equipo esta trabajando	13
2.2.1.2 Carga m1xima cuando el equipo no trabaja	13
2.2.1.3 Cargas m1ximas Horizontales	14
2.2.2 Area no critica	15
Capitulo III	18
3.0 Dise1o de la Plataforma	18
3.1 Dimensionamiento de la plataforma	18
3.2 Sistema de sustentaci3n	18
3.2.1 Pilotaje	18
3.2.2 Estudio de suelo	19
3.2.3 Selecci3n de pilotes	19
3.2.4 Determinaci3n de capacidad de carga del pilote	20
3.2.5 Determinaci3n del numero de pilotes	23
3.2.6 Verificaci3n de posibilidad de falla de	

	un grupo de pilotes	24
3.2.7	Verificación de asentamientos	26
3.3	Diseño de estructura metalica	26
3.3.1	Verificación de carga axial admisible del del tubo de acero utilizado como pilote	26
3.3.2	Vigas y arriostres	27
3.3.3	Verificación de la estructura cuando el equipo es jalado	29
3.3.4	Enmaderado	31
3.3.5	Verificación de cortante por acción de torque de la mesa rotaria	32
3.4	Diseño de soportes de amarre	34
3.4.1	Diseño de pierna	35
3.4.2	Diseño de tubo horizontal	37
3.4.3	Uniones soldadas	38
3.5	Optimización en el tipo de plataformas	39
3.5.1	Plataformas sobre terreno firme	39
3.5.2	Plataformas Marinas	40
3.5.3	Plataformas en terrenos inundables	40
Capítulo IV	46
4.0	Proceso constructivo	46
4.1	Especificaciones	46
4.1.1	Especificaciones tecnicas de equipos y mater.	46
4.1.2	Especificaciones del proceso de soldadura ...	47
4.1.3	Especificaciones en el montaje	48
4.1.4	especificaciones generales	49
4.2	Plan de trabajo	50
4.3	Procedimiento constructivo	52

4.3.1	Ubicación del pozo y facilidades	52
4.3.2	Area de plataforma	52
4.3.3	Roce y tala de área de aproximación	53
4.3.4	Habilitación de pilotes de madera	53
4.3.5	Helipuerto para extracción de pilotes	54
4.3.6	Construcción de plataforma	54
4.3.6.1	Replanteo	54
4.3.6.2	Preparación de punta de pilotes de acero	54
4.3.6.3	Hincado de pilotes	55
4.3.6.4	Nivelación de pilotes	57
4.3.6.5	Envigado y arriostrado	58
4.3.6.6	Enlistonado	59
4.3.6.7	Enmaderado	60
4.4	Helipuerto	61
4.5	Soporte de amarre	61
4.6	Obras auxiliares	62
4.6.1	Tala y limpieza de área de edificaciones.....	63
4.6.2	Habilitación de materiales	63
4.6.3	Edificaciones	64
4.6.4	Almacén de química	65
4.6.5	Caseta de geología	66
4.7	Otras facilidades	67
4.7.1	Base para campamento "Staff"	67
4.7.2	Pasarelas	67
4.7.3	Línea de agua	68
4.7.4	Barbacoa	68
4.7.5	Rampas para tubería	68
4.7.6	Descortezado y preservado de pilotes	69

Capitulo V	70
5.0 Planeamiento y Evaluación Economica	70
5.1 Determinación de los recursos necesarios	70
5.1.1 Mano de obra	71
5.1.2 Materiales, insumos y equipos	72
5.1.3 Transporte Aereo y fluvial	73
5.2 Cronograma de actividades	74
5.3 Presupuesto estimado	77
5.3.1 Materiales	77
5.3.2 Transporte	77
5.3.3 Mano de obra	78
5.3.4 Equipos	79
5.3.5 herramientas	79
5.3.6 Gastos administrativos	79
5.4 Comparación de costos	80
5.4.1 Recuperación de vigas y arriostres	81
5.4.1 Costo de pilote de acero vs pilote de madera.	82
5.4.1 Costos en la construcción de plataformas	83
Conclusiones y Recomendaciones	89
Bibliografía	92
Apéndice	93
Planos	

PROLOGO

Este trabajo titulado "Diseño y construcción de Plataforma metálica soportada en pilotes, para perforación de pozos petroleros", esta desarrollada en base a la aplicación teórica, práctica y experiencia con que se cuenta en la industria del petroleo.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental el de diseñar y construir plataformas en terrenos inundables ó pantanosos a costos relativamente menores al que normalmente se construyen. Sin perjudicar en lo mas minimo la capacidad resistente de la plataforma ó que ocasione dificultades en la perforación.

Por tal motivo se plantea el hincado de pilotes de acero y madera tal como se detalla en los capitulos posteriores.

Asimismo en base a la información histórica y rendimientos con que se cuenta en este tipo de trabajos se plantea el uso del paquete de software HTPM (Harvard Total Project Managment), el cual es una gran herramienta para la programación de actividades y control en la ejecución del proyecto.

En el capitulo 2, se presenta una descripción general de las características físicas, distribución de sus componentes, etc. del equipo de perforación TBA - 2000.

También se detalla las capacidades, esfuerzos y cargas al cual esta sometida. A fin de poder diseñar la plataforma en base a estos requerimientos.

En el capitulo 3, se detalla el diseño de la plataforma,

para lo cual se ha delimitado dos áreas (área critica que será la que soporte el castillo del equipo y el área no critica en el cual seran ubicados los equipos auxiliares). La determinación de las vigas a utilizar esta en base a cálculos iterativos iniciales que se efectuaron y estan verificados al corte, aplastamiento y la flexión, en las áreas y condiciones mas criticas en el cual sea sometidas. En el capítulo 4, se describe las especificaciones técnicas que se deberá tener presente en el proceso constructivo.

También se detalla, las diferentes actividades que deben ejecutarse así como el personal, tiempo requerido y rendimientos que se estima lograr durante la construcción. En el capítulo 5, se evalua el planeamiento de las diferentes actividades en función a las partidas a efectuar, tiempo disponible, recursos con que se cuenta, etc. Para lo cual se hace uso del paquete de software HTPM a fin optimizar la secuencia y control de actividades.

Para el cálculo de costos se hace referencia a los anexos que comprenden los materiales, equipos, costos de transporte, etc. los cuales están expresados en dolares.

Referente a la mano de obra los montos indicados representan el costo diario de un determinado trabajador en el cual está incluido salarios, alimentación, seguros, gastos administrativos de la Cia. para el cual trabaja.

Finalmente se ha evaluado el análisis de precios unitarios de las partidas de mayor trascendencia, en la construcción de la plataforma.

CAPITULO I

1.0 INTRODUCCION.

En la selva peruana, durante los trabajos de exploración se presento la necesidad de instalar equipos de perforación en terrenos pantanosos - inundables, denominados "aguajales", que no permiten la sustentación de los equipos de perforación directamente sobre el terreno, por lo que se tuvo que recurrir a la construcción de plataformas sobre pilotes, con extensión suficiente para dar cabida al equipo de perforación, sus equipos auxiliares tuberías y además espacio suficiente para la circulación.

Por lo general, la ubicación de los pozos resulta en lugares lejanos de los rios navegables, sin posibilidad de acceso terrestre para transportar los pesados equipos de perforación, por lo que su transporte tiene que ser planeado para efectuarse por helicópteros a partir de la orilla mas proxima posible del rio navegable mas cercano, en la cual se construye las sub-bases de apoyo. Esta circunstancia limita la carga transportable tanto para la construcción como para la perforación, a la capacidad de los helicópteros disponibles, por lo que los equipos, materiales son diseñados para ser fraccionados en partes de 2 Ton. de peso como máximo.

Las plataformas son construidas por lo general sobre pantanos sin capacidad de sustentación, pero que en general permiten el hincado de pilotes en longitud variable entre

8 y 24 metros en la mayor parte de los casos.

Dentro de la industria del petróleo existen tipos de pozos de perforación que son: Exploratorios, confirmatorios, y de desarrollo. Los cuales están ordenados de acuerdo a la probabilidad de éxito en la obtención de crudo.

La presente tesis trata sobre la construcción de una plataforma para la perforación de un pozo exploratorio (123X Chambira, lote No 8 - Petroperu), figuras 1.1 ,1.2 el cual como todo pozo exploratorio tiene una probabilidad de éxito de 10% a un costo aproximado de 8'000,000 a 10'000,000 de dólares.

El costo aproximado para la construcción de una plataforma con pilotes de acero es de 1'000,000 a 1'200,000 Dólares, dependiendo este de la ubicación de la plataforma y el tipo de terreno con que se cuente, representando un 25% a 35%, el costo de los materiales utilizados.

En caso que el pozo exploratorio sea "seco", todo el equipo de perforación es desmovilizado y toda la plataforma y edificaciones es abandonada en esta locación, por consiguiente todos los materiales quedan abandonadas sin poder ser recuperados.

En vista que la inversión es bastante fuerte y la probabilidad de éxito es mínima, en el presente proyecto se plantea la construcción de plataformas con pilotes de acero y madera simultáneamente de este modo garantizar la resistividad de la plataforma y reducir costos de la misma; así mismo se efectúan estudios y análisis para la recuperación de material metálico a fin de ser utilizados

en otras locaciones.

Para el diseño y construcción de estas plataformas se han considerado las limitaciones propias del medio como las que podemos detallar:

- Carecer de medios de acceso terrestre.
- Su ubicación por lo general es en lugares remotos y a grandes distancias.
- Son construidas sobre terrenos innundables.
- Todo el apoyo logístico es aéreo.
- Para la construcción no se cuenta con equipos auxiliares de manipuleo, (gruas, montacargas, tractores, etc.).
- Las adversas condiciones meteorológicas.
- Los plazos de ejecución por lo general son muy ajustados por los altos costos del equipo de perforación.

CAPITULO II

2.0 CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO DE LA PLATAFORMA

Confirmado la perforación del pozo exploratorio 123X en el área de Chambira, fue necesario realizar lo conveniente para ubicar y construir la plataforma de perforación sub base de apoyo y facilidades.

Durante los trabajos de ubicación del pozo 123X se determino que el terreno era pantanoso e inundable y que no permitiría la sustentación de los equipos directamente sobre el terreno, por lo que se tuvo que decidir la construcción de la plataforma piloteada.

Debido al alto costo que representa la construcción de una plataforma piloteada con tubería de acero, y teniendo presente que el pozo a perforar es exploratorio, se plantea la factibilidad de usar pilotes de acero (área crítica) y pilotes de madera (área no crítica).

Asimismo en vista que la plataforma 82X (abandonada) se encuentra a una distancia de 600 metros de la plataforma 123X se decidió recuperar las vigas y arriostres con la finalidad de disminuir los costos referentes a materiales y transporte.

2.1 DATOS BASICOS DE DISEÑO

Antes de proceder al diseño de la plataforma piloteada, es necesario contar con la información básica que permita conocer los datos requeridos.

Esta información se solicitó a la proveedora de estos

Equipos, la Cia. PARKER DRILLING CO. Esta información esta referida al torque, tensión en diferentes condiciones criticas que desarrolla el Equipo, su peso total estatico y la distribución del mismo.

2.1.1 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE PERFORACION

El equipo helitransportable de mayor uso en la selva peruana es el modelo TBA-2000 , con mesa rotaria IDECO SR23 los cuales son alquilados por la Cia Parker Drilling.

a.) Máximo Torque.

Velocidad Rotaria	Velocidades	Torque de Rotaria
R.P.M	Transmisión	Kg. - Mt.
80	2	2,200
100	3	1,770
110	4	1,600
120	4	1,397
130	4	1,330
Maximo torque al desplazamiento (100 Psi)		3,250

B.) Tensión Máxima.

La tensión máxima del Equipo 150,000 Kg.

C.) Peso estático de los componentes.

Componente	Peso (Kg.)
- Torre y subestructura	84,100
- Malacate y base	23,180
- Motor Caterpillar con transmisión y	23,180

sección compound en la base (4 unid.)	
- Montaje en patin de bomba independiente con motor, transmisión y bomba lodo OPI-350	11,350
- Bomba de lodo OPI-350 con base (3 Unid.)	6,820
- Tanque de lodo (7 Unidades)	1,820
- Motor caterpillar 3304 con bomba centrif. en montaje de patin (4 Unid.)	1,900
- Casa de perro de acero (2 Unid.)	1,820
- Tanque de diesel ó agua (6 Unid.)	1,730
- Acumulador de B.O.P	2,180
- Planta de luz (2 Unid.)	1,910
- Mesa rotaria	3,180
- Cabraestante	3,410
- Cabeza de inyección de equipo rotario	1,750
- Caballete porta-polea movil y gancho	7,270
- Capacidad estática de la Torre	304,550
- Peso total estático del equipo, incluyendo sarta de perfor. y equipo auxiliar (aprox.)	393,000

2.1.2 DISTRIBUCION DEL EQUIPO DE PERFORACION

La distribución del equipo de perforación y sus equipos auxiliares se muestra en el plano No. 004-90 y fue hecha en base a la información proporcionada por el Depto. de Perforación y Servicio de Pozos y la Cia. Parker Drilling. En los equipos destinados al almacenamiento (tanques de lodo, agua, combustible, etc.) los pesos indicados en el plano de distribución, se ha considerado el peso de los materiales que contienen durante la perforación del pozo.

2.1.3 ANALISIS DE CARGAS, ESFUERZOS, TORQUES SOMETIDOS A LA PLATAFORMA DE PERFORACION.

Como se ha visto, las cargas a considerar las podemos dividir en cargas muertas y cargas vivas.

Las cargas muertas corresponden a los pesos de los equipos tanques, y el peso propio de la estructura.

Las cargas vivas, ó dinámicas, serán aquellas que correspondan al funcionamiento de los equipos, cargas en movimiento y otros efectos dinámicos.

Ademas de las cargas verticales, existirán ademas cargas horizontales (debido al movimiento de traslación "jalado" del equipo), y momentos torsores (torques) desarrollado por la acción del perforado.

Estos dos ultimos efectos, serán absorbidos ampliamente por el conjunto de pilotes del area critica, por lo que no representan mayor peligro, como se vera mas adelante.

Se considerará un factor de sobre carga adicional del 25%, asimismo no se tendra en cuenta el efecto del peso propio de la estructura (vigas); No se tendra en cuenta el efecto sismico ni la acción del viento.

Es imprescindible destacar, que en lo posible se deberá emplear material existente en la zona (madera) así como material de plataformas abandonadas colindantes (debido al alto costo de los mismos, del transporte aereo, y de su construcción) Por lo que se decidio combinar pilotes de tubos de acero (zona critica) y de madera (zonas no criticas).

Los pilotes se diseñarán para que no fallen por pandeo, las vigas por flexión con las verificaciones correspondientes.

Finalmente se verificará la estructura cuando el equipo es jalado y cuando se encuentra en funcionamiento.

2.2 DETERMINACION DE CARGAS DE DISEÑO

Del analisis del funcionamiento y distribución del equipo sobre la plataforma de perforación, se determina que es necesario calcular las cargas de diseño para dos áreas:

Area critica y Area no critica.

2.2.1 AREA CRITICA.

Comprende el área donde se apoya la torre de perforación, en el grafico 2.1, se muestra la distribución de la base del equipo en el área crítica.

Para esta área se determinará las cargas de diseño siguientes

2.2.1.1 Carga máxima que soporta cada pilote y/o Viga cuando el equipo no esta funcionando.

- Peso del equipo (Incluye torre, subestructura, 113,600 Kg malacate, base, mesa rotaria y cabrestante).
- Tensión maxima del equipo 150,000 Kg
- No de pilotes/vigas en área influencia 16 Und
- Factor dinámico 1.25
- P = 20 Toneladas.

2.2.1.2 Carga máxima que soporta cada pilote y/o viga cuando esta en funcionamiento.

- Peso total del equipo, incluyendo sarta de tubería de perforación y equipo auxiliar. 392,730 Kg
- No pilotes/vigas en área de influencia 16 Und
- Factor dinámico 1.25
- P = 30 Toneladas (carga máxima).

Como resultado del análisis de las cargas máximas actuantes en el área crítica para las dos alternativas del estado del equipo, se determina el diagrama de carga para las vigas principales en la zona crítica, lo que se muestra en el gráfico 3.5

2.2.1.3 Cargas máximas (horizontal y vertical) que actúan cuando el equipo es jalado.

Cuando el equipo es jalado, las cargas que actúan sobre la estructura son las siguientes:

A) Cargas horizontales en la cabeza de cada pilote debido a fuerzas de rozamiento entre la superficie de la madera y el patín de acero (H1).

- Peso del equipo 113,600 Kg
- Factor de rozamiento Acero - Madera $f = 0.53$
- No de pilotes en área de influencia 60 Und
(debido a colocación de arriostres).
- Factor dinámico 1.25
- H1 = 1.25 Toneladas.

El diagrama de cargas, debido a fuerzas horizontales generadas cuando el equipo es jalado, se muestra en el gráfico No 2.3

B) Cargas verticales axiales en el pilote, debido al peso propio del equipo.

- Peso del equipo 113,600 Kg
- No de pilotes en el área de influencia 16 Und
- Factor dinámico 1.25
- P1 = 8.8 Toneladas.

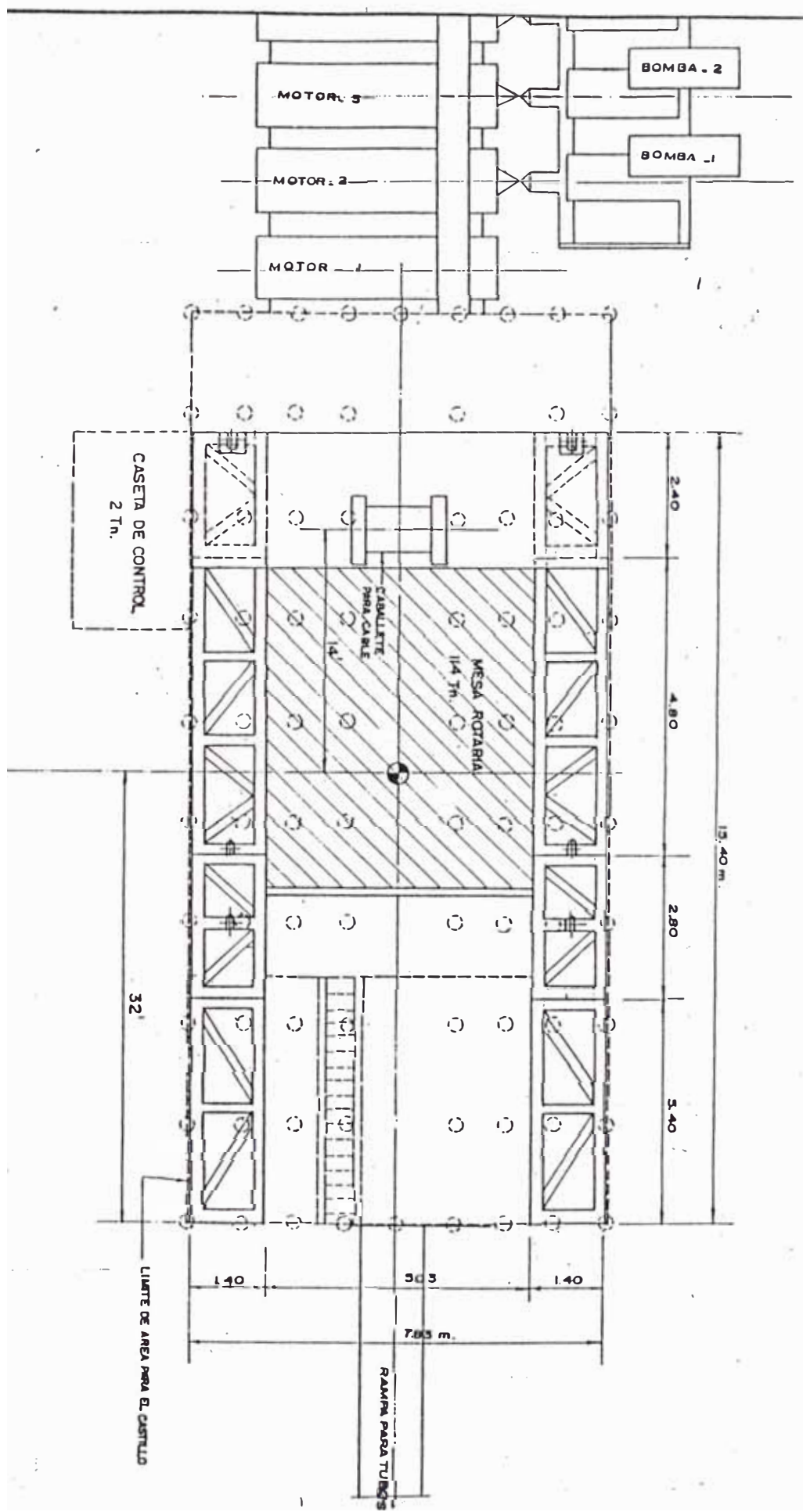
2.2.2 AREA NO CRITICA

Comprende el área donde se ubican los equipos auxiliares que sirven de apoyo a la perforación (tanques de lodo, agua, combustibles, bombas, tuberías, etc.) y el área de circulación del personal y el tractor.

Para determinar las cargas de Diseño en esta área, se localiza en la zona donde las vigas y pilotes reciben los mayores pesos, de acuerdo a la ubicación de los equipos auxiliares sobre la plataforma, plano 004 - 90.

- Diagrama de cargas de vigas en el área no crítica.

Una vez determinada la zona donde las vigas y/o pilotes reciben las mayores cargas, se determina el diagrama de cargas para las vigas de la zona no crítica, el cual se muestra en el grafico 3.2



DISTRIBUCION DE EQUIPO EN EA RITICA.
 GRAFIC N° 2.

CAPITULO III

3.0 DISEÑO DE LA PLATAFORMA.

Teniendo definido el área de la plataforma, así como la distribución de equipos y pilotes, se procede al diseño de las columnas y vigas (según material), capaces de soportar las cargas verticales, horizontales y torques.

El dimensionamiento de los miembros estructurales, se efectuara teniendo en cuenta el método de la AISC.

3.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA.

Se ha realizado, teniendo en cuenta las dimensiones del equipo de perforación, así como el área adecuada para los equipos auxiliares, tanques, tubería, etc. Considerando las respectivas zonas libres para facilitar el acceso.

Para nuestro caso se tomó como referencia, la información suministrada por la compañía fabricante del equipo, plano 002-90.

3.2 SISTEMA DE SUSTENTACION

3.2.1 Pilotaje.

Normalmente, los pasos a seguir en el diseño de una cimentación con pilotaje son los siguientes.

- Estudio de suelos, determinando el perfil estatigráfico del terreno.
- Selección preliminar de la longitud y tipo de pilote
- Determinación de la capacidad de carga del pilote.
- Determinación de la cantidad de pilotes requeridos
- Verificación de la posibilidad de falla del grupo de pilotes.

- Cálculo de asentamiento y revisión del diseño de acuerdo a criterio de asentamiento.

3.2.2 Estudio de suelos.

El estudio del perfil estatigráfico del suelo sirve para determinar si la cimentación se hará sobre pilotes de fricción, pilotes resistentes de punta o una combinación de ambos, de acuerdo a las características generales y al espesor de cada estrato que conforman el perfil.

Asimismo será necesario determinar las propiedades de las muestras obtenidas, tales como : olor, color, textura, límites Atterberg, análisis granulométrico, peso específico, relación de vacío, resistencia a la compresión simple, ángulo de fricción interna (ϕ), etc.

Para efectos del presente trabajo, debido a la carencia de estudios estatigráficos del área de Chambira y la imposibilidad de realizarlos en corto plazo, se asumió que la estatigrafía era similar al área de Trompeteros.

3.2.3 Selección Preliminar de longitud y tipo de pilote.

La longitud de un pilote resistente por punta, es posible estimarla con bastante exactitud si se tiene el perfil estatigráfico del suelo, mientras que la longitud de los pilotes por fricción solo pueden determinarse hincando pilotes de prueba, tomando un adecuado coeficiente de seguridad

En el área de Chambira, considerando la potencia del aguajal se asumió y considero que el estrato de arena se encontraba a un promedio de 5 Mt. de profundidad, lo cual fue corroborado con el hincado de pilote de prueba

efectuado en la misma plataforma (anexo 01).

Con la prueba efectuada se determino que la longitud de los pilotes debia estar comprendido entre 8 a 10 Mts.

Considerando que el pozo a perforar (123X - Chambira) es exploratorio se plantea la utilización de pilotes de acero en el área critica y pilotes de madera en el área no critica, a fin reducir los costos de construcción en base a la relativa probabilidad de hallazgo.

3.2.4 Determinación de la capacidad de carga del pilote.

Existen tres (3) metodos para determinar la capacidad de carga del pilote.

- Calculo estático, que depende de las propiedades del suelo en el cual penetra.
- Calculo dinamico, que depende de las formulas dinamicas del hincado y que setan determinados por el fabricante del equipo de hinca.
- Prueba de carga.

A) Calculo Estatico.

En el grafico N_o 3.1 ,se muestran las condiciones de diseño para el calculo de pilotes.

Para el calculo estatico de la capacidad de carga del pilote se ha utilizado las formulas de CUAQUOT-KERISEL (fuente : pilotes y cimentaciones sobre pilotes - Zaven Davidian).

Metodo de CUAQUOT - KERISEL

Para terrenos friccionantes (arena).

Resistencia por punta (P).

$$P = \frac{\pi D^2}{4 \gamma} (P_0 + \gamma L) N_q$$

= Factor de seguridad (3.57)

N_q = Factor de carga que depende del ángulo de fricción interna del suelo (de tablas).

P_0 = Carga debida al terreno muerto, sobre la capa superior del estrato portante.

γ = Peso específico del estrato.

P = 32.9 Toneladas.

Resistencia por punta (F).

$$F = \frac{\pi DL}{\gamma} (P_0 + \gamma L) s_{32}$$

s_{32} = Coeficiente de fricción que depende del ángulo de del terreno (de tablas).

$s_{32} = 1.10$ para $\phi 25^\circ$

$s_{32} = 3.27$ para $\phi 35^\circ$

F = 50.5 Toneladas.

Como se puede apreciar, de los cálculos efectuados, los pilotes pueden trabajar independientemente por punta o por fricción, ya que en ambos casos la capacidad de carga del pilote es mayor que la carga máxima actuante (30 Ton.).

Este diseño se verificará durante el proceso del hincado, a fin de determinar si los valores supuestos asumidos para el calculo son correctos.

B) Calculo Dinámico

Se han desarrollado fórmulas a partir del principio común, según el cual la energía del impacto se iguala con el trabajo efectuado durante la penetración del pilote por el impacto.

Para el presente trabajo, para efectos del cálculo dinámico de la capacidad de carga del pilote se utilizó la formula para martillos DELMAG 5, los cuales serían usados para el pilotaje.

$$R = \frac{1000 W M}{\sigma (e + \gamma l) (M + P)}$$

$$\sigma (e + \gamma l) (M + P)$$

R = Resistencia del pilote.

W = Energía del martillo (Ton-Mt)

σ = Factor de seguridad ($\sigma = 2.5$)

e = Rechazo promedio en una serie de 10 golpes (mm).

l = Longitud del pilote

P = peso del pilote

γ = Coeficiente elasticidad del pilote ($\gamma = 0.3$ acero)

M = Peso masa del martillo

Para martillo DELMAG 5 (D-5) se tiene los siguientes valores:

$$W = 1.26 \text{ Ton} - \text{Mt.}$$

$$M = 0.50 \text{ Ton}$$

Cálculo del pilote en el área crítica.

Resistencia requerida

$$R = 30 \text{ Ton. Pilote de acero}$$

l(Mt)	P(Kg.)	e (Cn/10 golpes)	e (golpes/10Cn)
8	272	8.4	12
10	340	7.0	14
12	408	5.6	18
14	476	4.4	23
16	544	3.2	31
18	612	2.15	46

Cálculo del pilote en el área no crítica.

Resistencia requerida R = 20 Ton. Pilote de madera

l(Mt)	P(Kg.)	e (Cn/10 golpes)	e (golpes/10Cn)
8	360	13.4	8
10	450	11.8	9
12	540	10.3	10
14	630	9.1	11
16	720	7.9	13
18	810	6.9	15

C) Prueba de carga.

Es el mejor método para estimar la capacidad de carga de un pilote individual, su inconveniente es el alto costo y el tiempo que necesita para realizarlas. Para efectos del presente trabajo, debido a las limitaciones existentes no se calculará la capacidad de los pilotes mediante este sistema.

3.2.5 Determinación del número de pilotes requerido

A) En el Área crítica

En vista de las limitaciones de peso en el transporte

aéreo así como en el manipuleo en el proceso de construcción las vigas a utilizar serán bastante livianas por lo que la luz de estas deberán ser bastante cortas, asimismo por la longitud comercial de los cuartones (4Mt) Se asume un distanciamiento de pilotes, con un espaciamiento longitudinal de 2 Mt. y transversal de 1 Mt. lo que da una capacidad máxima sobre el pilote de 24.90 Tn que es menor a la capacidad de carga del pilote (30 Tn).

B) En el Area no crítica

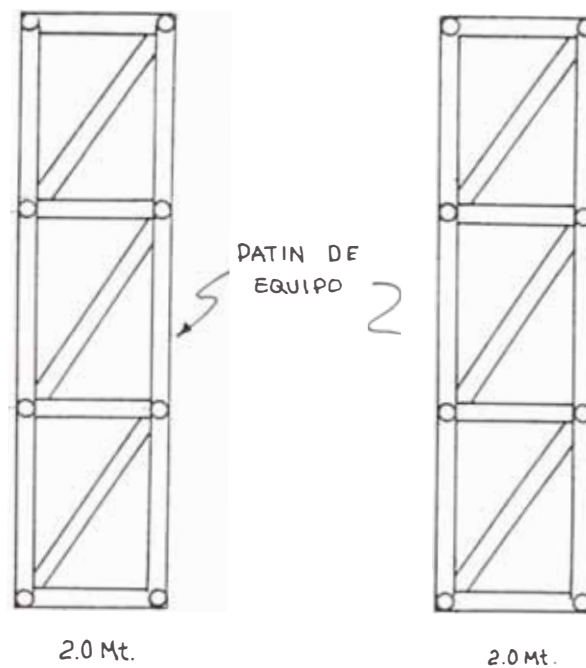
Se asume un distanciamiento de 2 Mt. en el sentido longitudinal (determinado por la longitud del tablón disponible comercialmente que es de 6"*10"*4 Mt) y 3 Mt en el sentido transversal (determinado por la capacidad de carga de la viga).

Este distanciamiento obtenido, da para el caso mas desfavorable una carga máxima actuante sobre el pilote de 18 ton. (diagrama 3.3).

3.2.6 Verificación de la posibilidad de falla de un grupo de pilotes.

Tanto la experiencia como la teoría, han demostrado que los grupos de pilotes pueden fallar en conjunto como una unidad, hundiéndose en el terreno antes que la carga del pilote alcance la carga admisible.

El grupo de pilotes, puede considerarse seguro con respecto a este tipo de falla, cuando la carga total del proyecto (No de pilotes multiplicado por la carga admisible del pilote) no exceda de $Q_c/3$.



GRUPO DE PILOTES EN AREA CRITICA

Grupo de pilotes del área crítica

$$Q_c = A_c \cdot P / (\pi \cdot D^2 / 4) + p \cdot F / (\pi \cdot D)$$

Q_c = Capacidad de carga del conjunto de pilotes
 = Capacidad de carga del pilote por punta

F = Capacidad de carga del pilote por fricción

A_c = Área de cimentación (32 Mt²)

p = Perímetro de la cimentación (40 M.l)

Tomando la capacidad de carga de los pilotes

$$P = 32.9 \text{ Ton}$$

$$F = 50.5 \text{ Ton}$$

$$Q_c = 24 \ 031 \text{ Ton}$$

verificando la posibilidad de falla del grupo de pilotes del área crítica que soportan el patin del equipo (16 Und)

$$Q_c / 3 = 8016 \text{ ton}$$

Carga total del proyecto:

$$16 * 30 = 480 \text{ Ton}$$

$$480 < Q_c / 3 \quad \text{OK.}$$

3.2.7. Verificación de asentamientos

A fin de evitar que se produzcan asentamientos peligrosos, se debe verificar que la resistencia por punta que suministran los pilotes deben ser por lo menos igual a las dos terceras partes de la carga total que soportan.

$$P = 32.9 \text{ Ton} \quad (\text{resistencia por punta})$$

$$2/3 * R = 2/3 * 30 = 20 \text{ Ton.} \quad (\text{carga total que soporta el pilote})$$

$$32.9 \text{ Ton} > 2/3 * R \quad \text{OK.}$$

3.3 DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA

3.3.1 Verificación de la carga axial admisible del tubo de acero utilizado como pilote.

Características de la tubería.

$$\phi = 10''$$

$$e = 0.219''$$

$$f = 35 \text{ Ksi}$$

$$A = 6.75 \text{ in}^2$$

$$I = 80.51 \text{ in}^4$$

$$S = 16.10 \text{ in}^3$$

$$r = 3.46 \text{ in}$$

$$\text{Peso} = 22.85 \text{ lb/ft.}$$

Para las condiciones de trabajo que se muestra en el grafico 3.1 podemos asumir

$$K_1 = 1.2$$

Relación de esbeltez

$$KL = 54$$

Esfuerzo admisible = F_{adm} .

$$F_{adm} = 17.63 \text{ Ksi (tabla AISC)}$$

Carga Axial admisible (P)

$$P_{adm} = F_{adm} \times A$$

$$P_{adm} = 54 > 30 \text{ Ton. OK.}$$

3.3.2 Vigas y arriostres.

La estructura metálica de la plataforma piloteada en general esta limitada a usar vigas y arriostres livianos por la capacidad de carga disponible de los helicópteros y por la carencia de equipos de manipuleo en la plataforma. Asimismo la luz de los mismos estara limitada por la capacidad de las vigas y por la capacidad portante de los pilotes.

Despues de calculos iterativos se plantea el uso de los siguientes elementos

Area critica

Viga principal : Viga de acero W12 x 35

Arriostres : Viga de acero W6 x 9

Fierro corrugado de 0 3/4"

Area no critica

Viga principal : Viga de acero W8 x 20

Arriostres : Fierro corrugado de 0 3/4"

Con los diagramas de cargas, cortes y momentos que se muestran en el grafico No 3.2 y 3.3 , se verifica si las secciones de las vigas cumplen los requerimientos máximos a que son sometidas.

AREA CRITICA (Viga W12 x 35)

caracteristicas de la viga W12 x 35 (tabla AISC)

$$d = 12.5 \text{ in}$$

$$T_w = 0.300 \text{ in}$$

$$b_f = 6.56 \text{ in}$$

$$t_f = 1/2 \text{ in}$$

$$A_c = 2.91 \text{ in}$$

$$F_y = 36 \text{ Ksi}$$

$$S_x = 45.60 \text{ in}^3$$

$$S_y = 7.47 \text{ in}^3$$

$$V_{act} = 24.916 \text{ Ton.}$$

$$R_{act} = 28.092 \text{ Ton.}$$

$$M_{act} = 3.074 \text{ Ton} - \text{Mt.}$$

A) Verificación por corte:

$$F_v \text{ act} = V_{act} / d_t w \quad F_v \text{ adm} = 0.40 F_y = 14.4 \text{ Ksi}$$

$$F_v \text{ act} = 14.03 \text{ Ksi} < F_v \text{ adm} \text{ OK.}$$

B) Verificación por aplastamiento:

$$F_a \text{ act} = R_{act} / A_c \quad F_a \text{ adm} = 0.75 F_y = 27 \text{ Ksi}$$

A_c = Area de contacto:

R = Reacción total en el apoyo.

$$F_a \text{ act} = 17.98 \text{ Ksi} < F_a \text{ adm} \text{ OK.}$$

C) Verificación por Flexión:

$$F \text{ act} = M_{act} / S_x \quad F_{adm} = 0.6 F_y = 21.60 \text{ Ksi}$$

$$F \text{ act} = 5.83 \text{ Ksi} < F_{adm} \text{ OK.}$$

AREA NO CRITICA (viga W8 x 20)

Caracteristicas de la viga W8 x 20 (tabla AISC)

$$d = 8.28 \text{ in}$$

$$T_w = 0.25 \text{ in}$$

$$A_c = 2.19 \text{ in}^2$$

$$b_f = 5.27 \text{ in}$$

$$t_f = 3/8 \text{ in}$$

$$F_y = 36 \text{ Ksi}$$

$$S = 18.2 \text{ in}^3$$

$$V_{act} = 9.45 \text{ Ton}$$

$$R_{act} = 17.92 \text{ Ton}$$

$$M_{act} = 4.39 \text{ Ton} - \text{Mt.}$$

A) Verificación por cortante

$$F_v \text{ act} = V_{act} / dtw \quad F_v \text{ adm} = 0.4 F_y = 14.4 \text{ Ksi}$$

$$F_v \text{ act} = 10.04 \text{ Ksi} < F_v \text{ adm} \quad \text{OK.}$$

B) Verificación por aplastamiento

$$F_a \text{ act} = R / A_c \quad F_a \text{ adm} = 0.75 F_y = 27 \text{ Ksi}$$

$$F_a \text{ act} = 13.56 \text{ Ksi} < F_a \text{ adm} \quad \text{OK.}$$

C) Verificación por Flexión

$$F \text{ act} = M_{act} / S \quad F \text{ adm} = 0.6 F_y = 27 \text{ Ksi}$$

$$F \text{ act} = 20.88 \text{ Ksi} < F \text{ adm} \quad \text{OK.}$$

3.3.3 Verificación de estructura metálica en el área crítica cuando el equipo es jalado.

Cuando el equipo es jalado, las cargas que actúan sobre el pilote, serán las Cargas horizontales, debido a la fuerza de rozamiento entre la madera y el acero.

- Verificación de viga W12 x 35

Con los diagramas de cargas, cortante y momentos que se muestran en el diagrama 3.5 se procede a verificar la sección de la viga.

$$M_{act} = 7.59 \text{ Ton} - M_t = 649 \text{ Ksi} - \text{in}$$

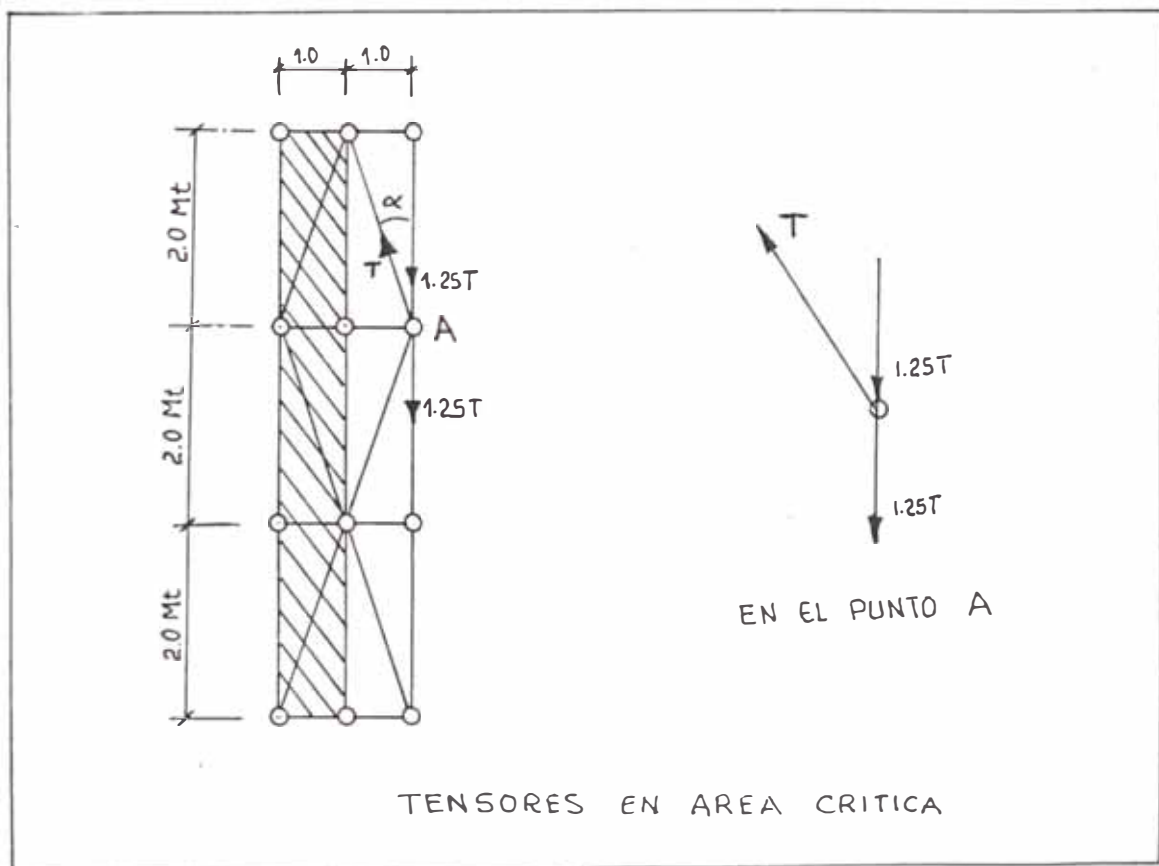
$$M_{perm} = F_y \times S_y$$

$$M_{perm} = 161 \text{ Ksi} - \text{in}$$

$$M_{act} > M_{perm}$$

El momento actuante es mayor que el momento permisible por lo que es necesario colocar arriostres W6 x 9.

- Verificación de tensores en área crítica.



Area de acero para arriostre (A).

$$A = P / f \quad f = 0.60 F_y \quad F_y = 60 \text{ Ksi} \quad f = 36 \text{ Ksi}$$

$$A = 0.17 \text{ in} \quad (\phi 1/2)$$

se instalarán fierro corrugado de $\phi 3/4''$ OK.

3.3.4 Enmaderado.

En el grafico 3.4 se muestran los diagramas de carga, cortante, y momentos para las cargas máximas, con lo cual se procede a verificar el diseño del enmaderado.

De acuerdo al manual de Diseño para maderas del Grupo Andino maderas oriundas del Perú - grupo C (copaiba, marupá, tornillo, diablo fuerte, etc) las propiedades estructurales son las siguientes

$$f = 110 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo permisible a la flexión})$$

$$F_a = 15 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo admisible a la compresión perpendicular a las fibras})$$

$$F_v = 8 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo permisible al corte paralelo a las fibras}).$$

A) Verificación del corte.

$$F_v \text{ act} = (1.5 V_{\text{max}}) / b h$$

Para una sección de 6" x 10" para efectos de diseño estructural, se recomienda tomar una sección de 14 cm x 24 cm .

$$F_v \text{ act} = 5.63 \text{ Kg / cm}^2 \quad < \quad 8 \text{ Kg / cm}^2 \quad \text{OK.}$$

B) Verificación por flexión.

$$F_{\text{act}} = M_{\text{max}} / S \quad S = b h / 6$$

$$F_{\text{act}} = 89.3 \text{ Kg / cm}^2 \quad < \quad 110 \text{ Kg / cm}^2 \quad \text{OK.}$$

C) Verificación por aplastamiento.

$$f_a \text{ act} = F_a / b a \quad b \times a = \text{Area de apoyo.}$$

$$f_a \text{ act} = 7.5 \text{ Kg /cm}^2 \quad < \quad 15 \text{ Kg / cm}^2 \quad \text{OK.}$$

3.3.5 Verificación de cortante por acción del torque en la mesa rotaria.

Calculo del centro de rigideces (grafico 3.6)

Tomando momentos respecto a eje X

$$82 \bar{Y}_r = 10 (1 + 2 + 3 + 5 + 6 + 7 + 8) M_t + 2 \times Y_m$$

$$\bar{Y}_r = 4 M_t.$$

Tomando momentos respecto a eje Y

$$82 \bar{X}_r = 9 \times 0 + 18 \times 9 + 8(16 + 14 + 12 + 10 + 8 + 6 + 4 + 2) M$$

$$\bar{X}_r = 9 M_t.$$

Máximo momento en mesa rotaria = 23,445 Lb - pie

Mmax = 3.5 Ton - Mt.

Asumiendo que el pilote está articulado a las vigas en ambos sentidos.

- Desplazam. relat.de un pilote respecto al eje X = DX = 1

- Desplazam. relat.de un pilote respecto al eje Y = Dy = 1

- Incremento de fuerza cortante en el elemento = AV para un elemento "n" cualquiera, el incremento del cortante sera :

$$AV_n^x = DX_n \cdot \frac{M_e}{I_x + I_y} \cdot Y$$

$$AV_n^y = DY_n \cdot \frac{M_t}{I_x + I_y} \cdot X$$

$$I_x = \sum DX \cdot Y^2 \quad I_y = \sum DY \cdot X^2$$

$$\sum Dx * Y^2 = 600$$

$$\sum Dy * X^2 = 2802$$

$$Ix + Iy = 3402$$

El incremento del cortante en el pilote más crítico (el más alejado).

$$X = 4 \text{ Mt} \quad Y = 9 \text{ Mt}$$

$$AVx = 1 * (3.25 / 3402) * 4 \quad AVx = 0.004 \text{ Tn}$$

$$AVy = 1 * (2.35 / 3402) * 9 \quad AVy = 0.009 \text{ Tn}$$

El incremento total del cortante en el pilote más alejado

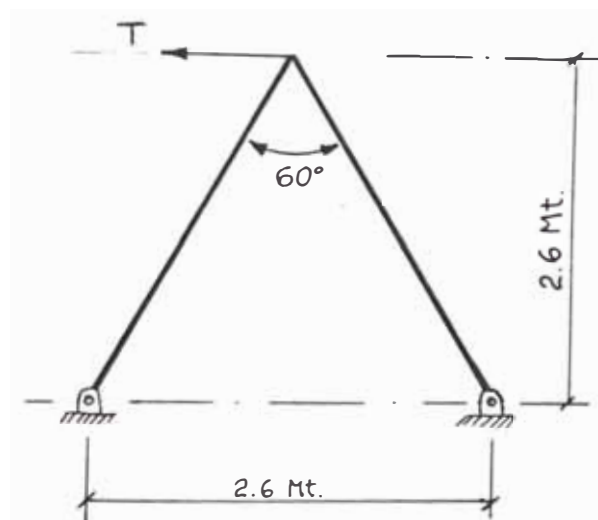
$$AV = \sqrt{AVx^2 + AVy^2}$$

$$AV = 0.010 \text{ Ton.}$$

Por ser una cantidad muy pequeña, se considera despreciable para efectos de cálculo.

3.4 DISEÑO DE SOPORTES DE AMARRE PARA MOVIMIENTO DEL EQUIPO

Los soportes de amarre para el jalado del equipo de perforación serán construidas en base a tubos de pilotaje, hincados en forma inclinada, para lo cual se tendrá un extremado cuidado en el hincado, para no rebasar la capacidad del equipo y evitar accidentes fatales.



Datos:

- Peso del equipo $P = 250.000$ Libras
- Coeficiente de rozamiento (madera-fierro) : 0.53
- Tubo de acero:

$$\begin{aligned} \text{Diametro} &= 10'' & e &= 0.219'' \\ i &= 35 \text{ ksi} & A &= 6.75 \text{ in} \end{aligned}$$

Fuerza Horizontal $T = P \times f = 132.500$ Libras

Esta fuerza será tomada por el muerto de anclaje, se considerará el siguiente esquema de carga, en la cual la carga será repartida en las piernas del siguiente modo :

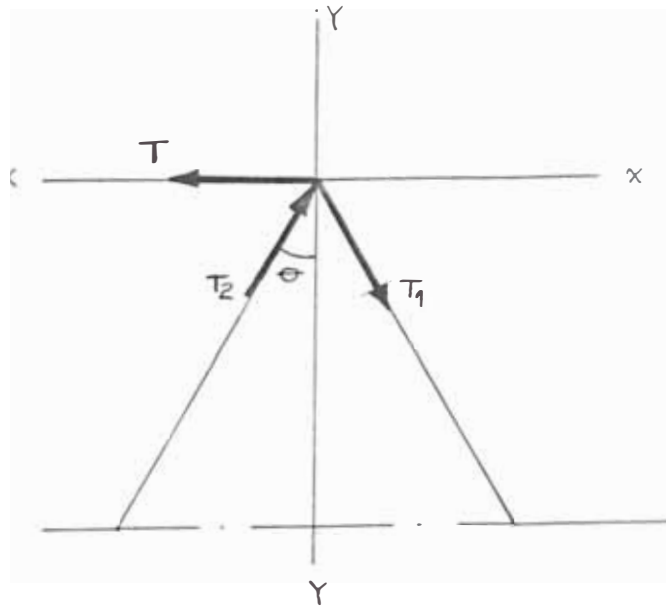


DIAGRAMA DE FUERZAS EN SOPORTE DE AMARRE

- En el Eje Y : $T_1 \cos \theta = T_2 \cos \theta$
como se trata del mismo ángulo : $T_1 = T_2$
- En el Eje X : $T_1 \sin \theta + T_2 \sin \theta = T$
 $2 T_1 \sin \theta = T$
 $T_1 = T_2 = \frac{T}{2 \sin \theta}$

Estas cargas tendrán que distribuirse en cuatro piernas luego cada pierna a tracción y compresión recibirá :

$$T / 4 = 132.500 / 4 = 33.125 \text{ Lbs.}$$

3.4.1 Diseño de Pierna

Considerando la pierna a compresión, como la más crítica, esta se comportará como columna, con extremos articulados

(caso mas crítico) y con una longitud de:

$$l = 102 / \cos 30^\circ = 118''$$

Del manual del AISC para una columna con $118 / 12 = 9.85'$ de longitud efectiva y una carga axial de 33.1 Kips (pag 3.38) seria suficiente un tubo Standard de 4" de diametro. Como se esta trabajando con tubos de 10" (pilotaje) SCH 20 en desuso ó con retazeria se tiene:

$$A = 11.9 \text{ Pulg}^2$$

$$I = 161 \text{ Pulg}^4$$

$$r = 3.67 \text{ Pulg}$$

La relación de esbeltes será

$$\lambda = K \cdot l / r$$

$$K = 1$$

$$l = 118$$

$$\lambda = 32.2 \text{ (muy bajo)}$$

Teniendo en cuenta acero A36 el esfuerzo admisible (tabla 1-36 AISC) será 20.09 Ksi y la carga maxima a aplicar :

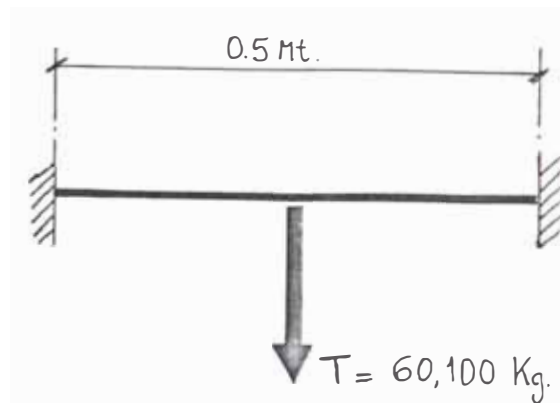
$$F_{max} = 20.09 \times 11.9 = 239 \text{ Kips}$$

Lo que supera ampliamente a la carga aplicada. Ademas, esta carga (33.1 Kips ó 15 Ton) no produce hundimiento de la pierna, que previamente será clavada.

Asimismo considerando la tensión maxima del equipo (150 Ton.) y suponiendo que el patin del equipo sea trabado, en la superficie de la plataforma, el winche del equipo podra transmitir tensiones hasta 100 Ton. como maximo.

3.4.2 Diseño de tubo horizontal.

Al aplicar la carga horizontal, esta será recibida por un tubo horizontal de 12" de diametro STD.



SOPORTE DE AMARRE
CARGAS EN TUBO HORIZONTAL

Las reacciones serán : $R = T/2 = 66.250 \text{ Lbs.}$

El momento flector maximo será

$$M_{\max} = 1/8 * T * l = 331,250 \text{ Lb - Pulg.}$$

El esfuerzo maximo será : (considerando tubo 12" STD)

$$I = 279 \text{ Pulg}^4$$

$$c = 6.375 \text{ Pulg}$$

$$\sigma_{\max} = M * c / I$$

$$\sigma_{\max} = 7.669 \text{ Lb - pulg}$$

Lo que será menor que el admisible considerando

$$\sigma_{\text{adm}} = 20,000 \text{ psi}$$

La deformacion maxima será (en el centro)

$$Y_{\max} = (T * l^3) / (192 E I) = 0.12" \text{ (aceptable)}$$

Comprobación por pandeo localizado : (aproximado)

Segun Rook (*).

$$\sigma_{\max} = (p \cdot R \cdot \lambda) / 2t \quad \text{donde} \quad \lambda = \sqrt[4]{3(1-\mu^2) / R^3 t^2}$$

μ = Relación de Poisson

R = Radio medio

(*) Para presión radial uniforme de p (Kg/cn) lineal de circunferencia.

$$\lambda = \sqrt[4]{3(1 - 0.3^2) / 6.1875^3 \cdot 0.375^2}$$

$$\lambda = 0.53$$

$$R = (6.375 + 6) / 2 = 6.1875$$

Considerando que T actua en toda la circunferencia (aproximadamente).

$$p = T / 2\pi R = 3408 \text{ lbs / pulg.}$$

$$\sigma_{\max} = 3408 \times 6.1875 \times 0.535 / 2 \times 0.375 = 15,0403 \text{ Lb/pulg}^2$$

Lo que sera menor que el admisible ($\sigma_{\text{adm}} = 20,000 \text{ psi}$)

Se debe aclarar que esta ultima verificación es muy gruesa, habra zonas de mayor presión lineal, y el estado de esfuerzos es muy complejo, lo que se estudia en la teoria de Elasticidad.

Para garantizar la operatividad y eliminar toda probabilidad de falla del tubo que servira para el amarre, interiormente se llena de concreto armado a fin de evitar todo tipo de falla por aplastamiento o colapso.

3.4.3 Uniones soldadas.

Estas uniones soldadas estan sometidas a corte directo y a un pequeño efecto de corte secundario por flexión, siendo suficiente emplear cordones de 3/8" como minimo, Por tener longitudes de uniones soldadas que cubren areas mucho mayores a las areas de los tubos utilizadas.

Se han ubicado arriostres longitudinales y un arriostre transversal para permitir cierta rigidez y mejor trabajo de conjunto de las piernas.

3.5 OPTIMIZACION EN EL TIPO DE PLATAFORMAS.

Dentro de la industria del petroleo, para la perforación de pozos petroleros podemos considerar tres grandes tipos de plataformas.

- Plataformas sobre terrenos firmes.
- Plataformas marinas.
- Plataformas sobre terrenos inundables.

3.5.1 Plataformas sobre terreno firme.

Este tipo de plataformas son las que se iniciaron con la industria del petroleo, son las mas economicas y las mas comunes, con la gran ventaja de tener acceso por via terrestre.

El equipo de perforacion es instalado directamente sobre un enmaderado habilitado sobre el terreno, el cual tiene la finalidad de nivelar adecuadamente y repartir las cargas sobre el terreno, en algunos casos los equipos son montados en camiones que son trasladados e instalados directamente en el punto determinado.

Normalmente se efectuan trabajos previos de movimiento de tierras para habilitar areas niveladas capaces de alojar a todo el equipo, materiales y equipos auxiliares.

asi mismo es necesario la habilitacion de caminos de

acceso a fin de transportar el equipo de perforación y dar el apoyo logístico durante la perforación, por vía terrestre .

3.5.2 Plataformas Marinas.

Son aquellas que sirven para la perforación de pozos en el zocalo continental, su construcción es modular y se efectúan en astilleros especiales, para luego ser transportados a flote e instalados en los puntos previamente determinados.

Para su flotabilidad y anclaje tienen un sistema de valvulas que son accionadas en las columnas y estructuras que conforma la plataforma, de acuerdo a la necesidad; estas plataformas se caracterizan por ser demasiadas compactas ya que deberan dar cabida a todo lo referente a la perforacion, materiales, equipos, personal, etc.

3.5.3 Plataformas en terrenos inundables.

Para la perforación de pozos en zonas inundables, tales como en la mayor parte de la Selva peruana se ha desarrollado diferentes tipos de plataformas de acuerdo a las características y requerimientos de los equipos de perforación, los cuales se detallan:

- Plataformas sobre madera.
- Plataformas sobre pilotes de madera.
- Plataformas Metalicas.
- Plataformas Modulares boyantes.
- Plataformas Mixtas.

3.5.3.1 Plataformas sobre madera.

En sus inicios de la industria del petroleo se acondiciono las plataformas de perforación sobre troncos de madera, a manera de un emparrillado; mejorando de esta manera la capacidad portante casi nula del terreno.

Para de esta manera instalar un enmaderado con cuarterones a fin de dar una superficie adecuada de trabajo.

3.5.3.2 Plataformas sobre pilotes de madera.

Estas plataformas eran construidas en base al hincado de pilotes de madera, en su totalidad la estructura y accesorios es integramente en base a madera, conformando de esta manera plataformas bastante economicas pero de poca durabilidad y con capacidades limitadas.

3.5.3.3 Plataformas Metálicas.

Estas plataformas son construidas integramente en base a pilotes, vigas, estructuras, etc. de acero.

Estas plataformas son bastante caras por el material a usarse y por el transporte que deberán efectuarse mediante helicopteros desde la sub base de apoyo, consiguiendose de esta manera plataformas bastante seguras y de gran durabilidad, con la caracteristica fundamental de tener la luz de las vigas bastante restringidas por el uso de vigas livianas para la maniobrabilidad por el personal durante la construcción.

Este tipo de plataformas son recomendadas su construcción para pozos de desarrollo en yacimientos productivos ya confirmados.

3.5.3.4 Plataformas modulares.

Son plataformas que se ha implementado la tecnología moderna, la plataforma se arma íntegramente a flote y luego se eleva a gato.

Los componentes principales son

- a) Flotadores de STYROFOAM forrado con acero (4'x36'x2.5') capaces de soportar cargas de 5000 Kg. a un 60% de flote.
- b) Vigas flotantes de acero FLEXIGIRDER que se instalarán sobre los pontones para formar balsas del tamaño requerido cada viga tiene dos agujeros pasantes a través de los cuales se hincarán los pilotes posteriormente.
- c) Chapas metálicas de acero inoxidable que cubrirán la superficie de la plataforma.

3.5.3.5 Plataformas Mixtas.

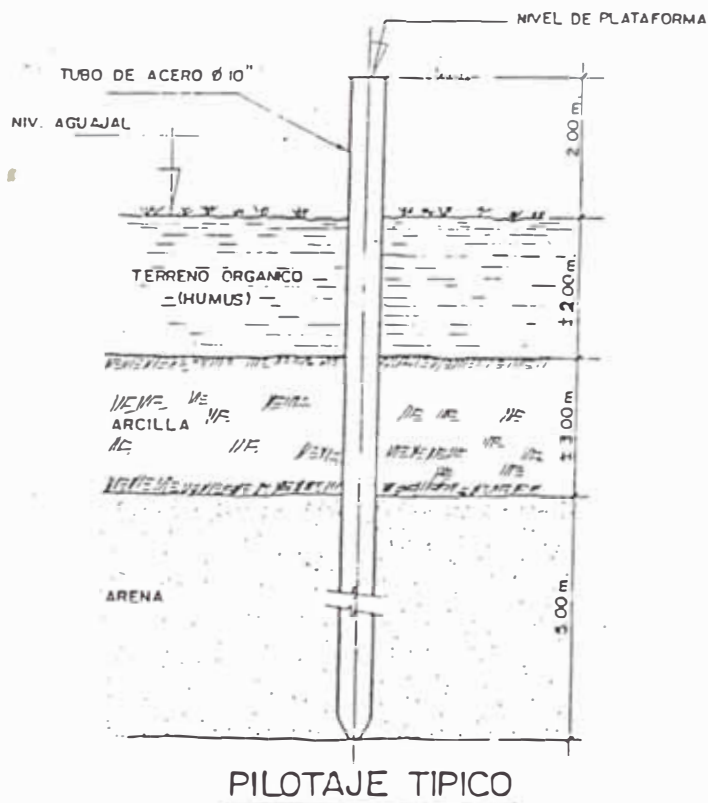
En base a los grandes costos del acero y al alto costo que representa el transporte aéreo de los materiales, se pretende reducir estos costos con la implementación de plataformas mixtas, las cuales garantizan una resistencia a los grandes esfuerzos al que va ser sometido y mantener una durabilidad considerable.

Su construcción es en base a la utilización de pilotes de acero y madera de acuerdo al análisis y diseño desarrollado en la presente tesis.

DISEÑO PLATAFORMA PILOTEADA

CAPACIDAD DE CARGA DE LOS PILOTES.

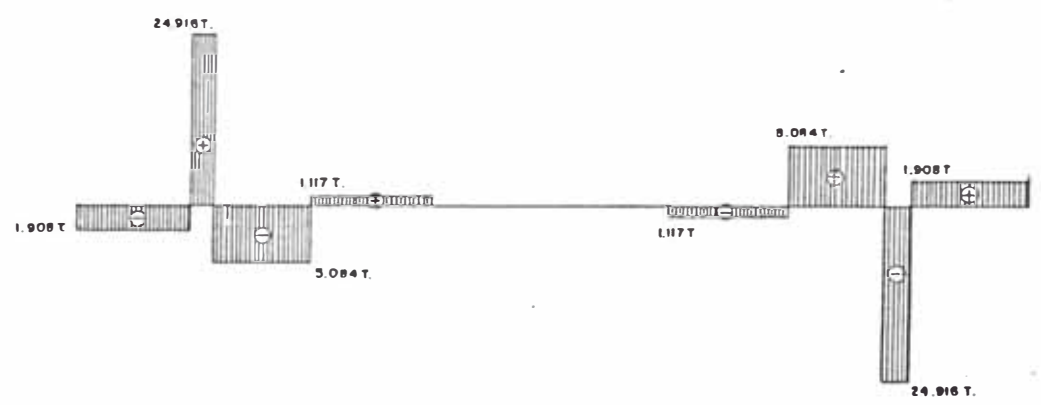
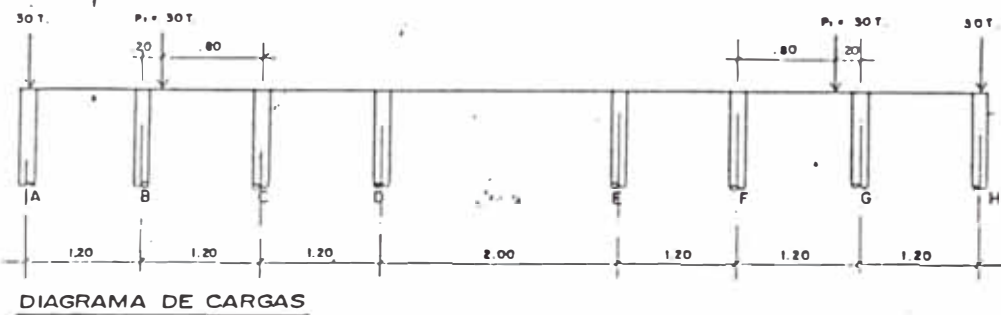
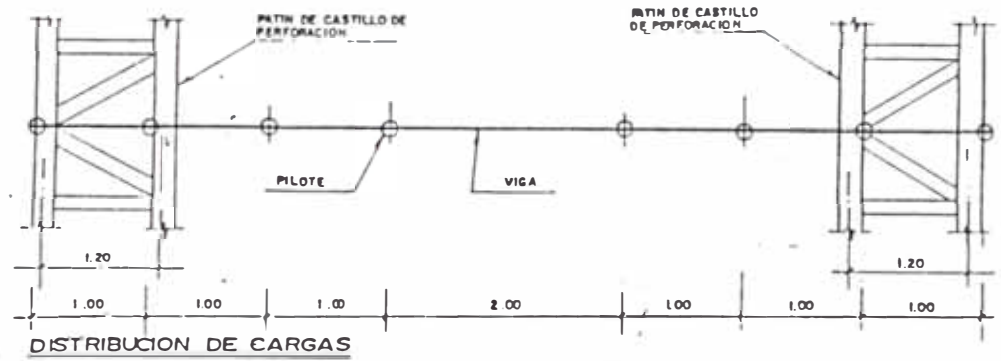
a) CONSIDERANDO EL TERRENO...CALCULO ESTATICO



CARACTERISTICAS DEL TERRENO:

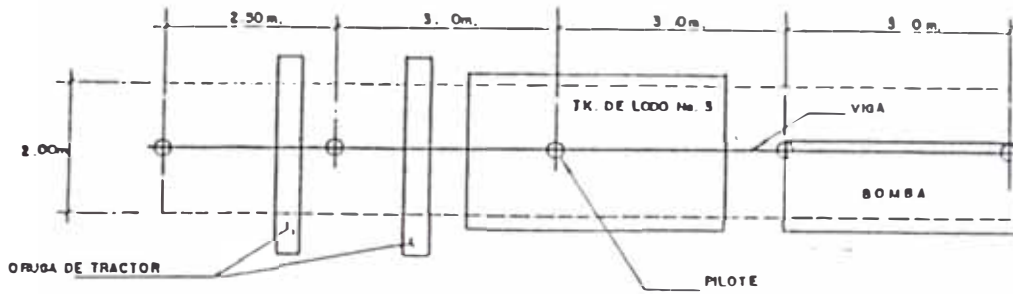
DESCRIPCION	HUMUS	ARCILLA (SATURADA)	ARENA
- PESO ESPECIFICO (γ) Tn./m ³	1.1	2.2	1.8
- ANGULO DE FRICCION (δ)	0	0°	35°
- COHESION (C) T/m ²	0	5	0

GRAFICO N° 3.1



DIAGRAMAS DE VIGA EN ZONA CRITICA.

GRAFICO N° 3.2



DISTRIBUCION DE CARGAS

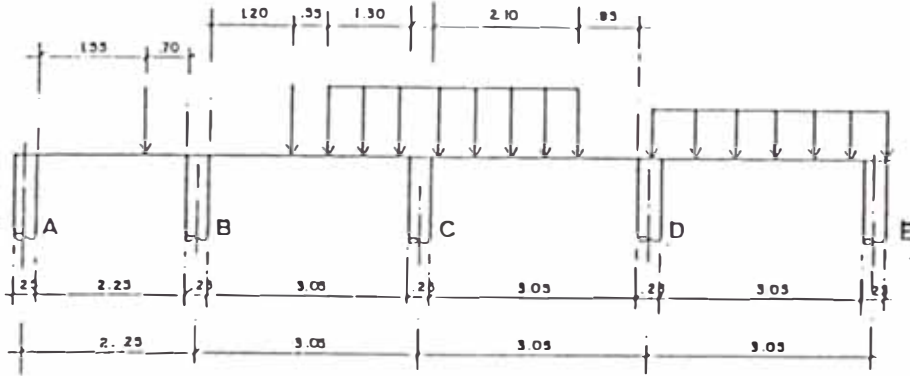


DIAGRAMA DE CARGA

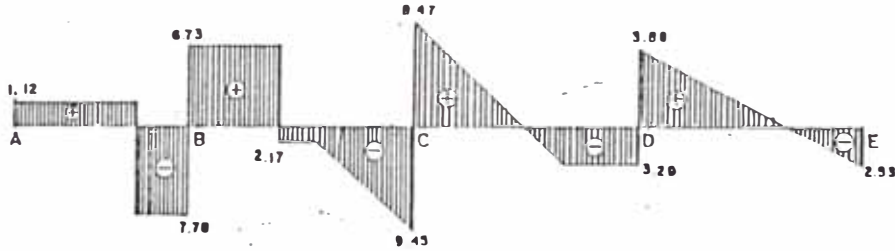


DIAGRAMA DE CORTANTES (Th.)

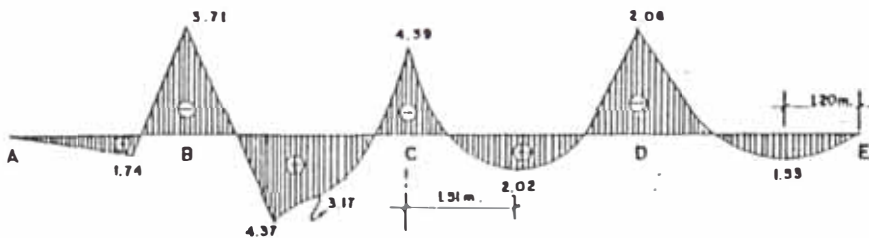
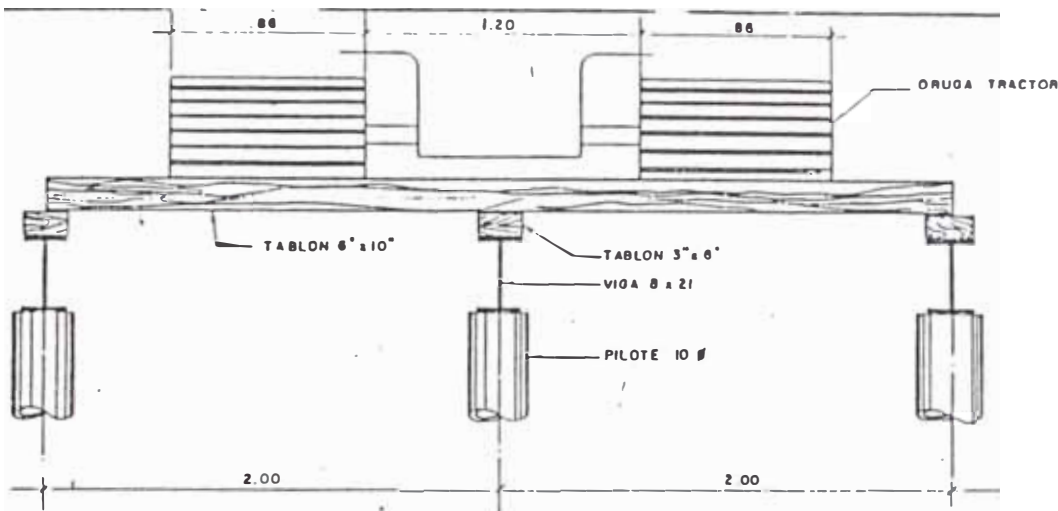


DIAGRAMA DE MOMENTOS (T.m.)

GRAFICO N° 3.3

DIAGRAMA VIGA ZONA NO CRITICA



DISTRIBUCION DE CARGA

PESO TRACTOR = 15 Tn.
 CAR. GRUA = 5 Tn.
 P.T. = 20 Tn.

LARGO ORUGA = 2.82
 No. TABLONES INFLUENCIA = 2.82
 INFLUENCIA = 25
 No. TABLONES = 11

TEORICAMENTE UNA ORUGA DEL TRACTOR SE APOYA SOBRE 11 TABLONES DE 10" DE ANCHO, PERO COMO LA SUPERFICIE DE LA PLATAFORMA NO ES PERFECTAMENTE NIVELADA, ASUMIREMOS QUE LA ORUGA HACE CONTACTO EN EL 50% DE LOS MISMOS (5.5 Tablones).

$$P = \frac{PT/2}{5.5}$$

$$P = 1.82 \text{ Tn.}$$

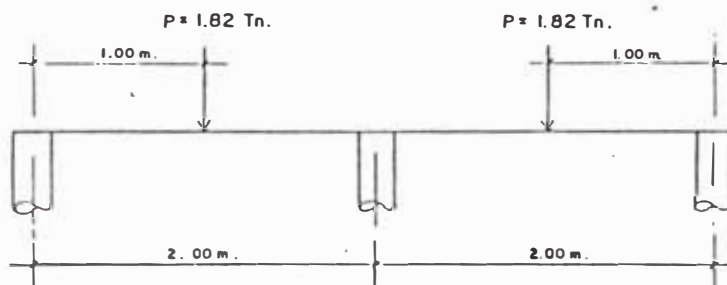


DIAGRAMA DE CARGA

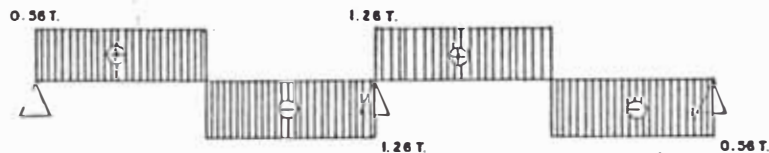


DIAGRAMA DE CORTANTES (Tn)

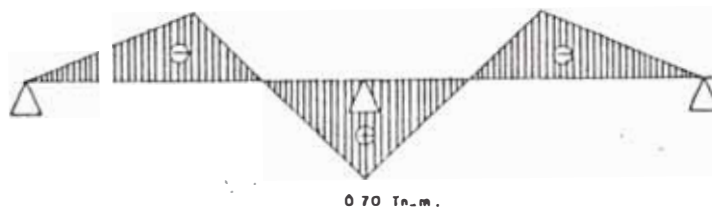


DIAGRAMA DE MOMENTOS (Tn.m.)

GRAFICO 3.4
 DIAGRAMA REDISENO ENMADERADO PLATAFORMA.

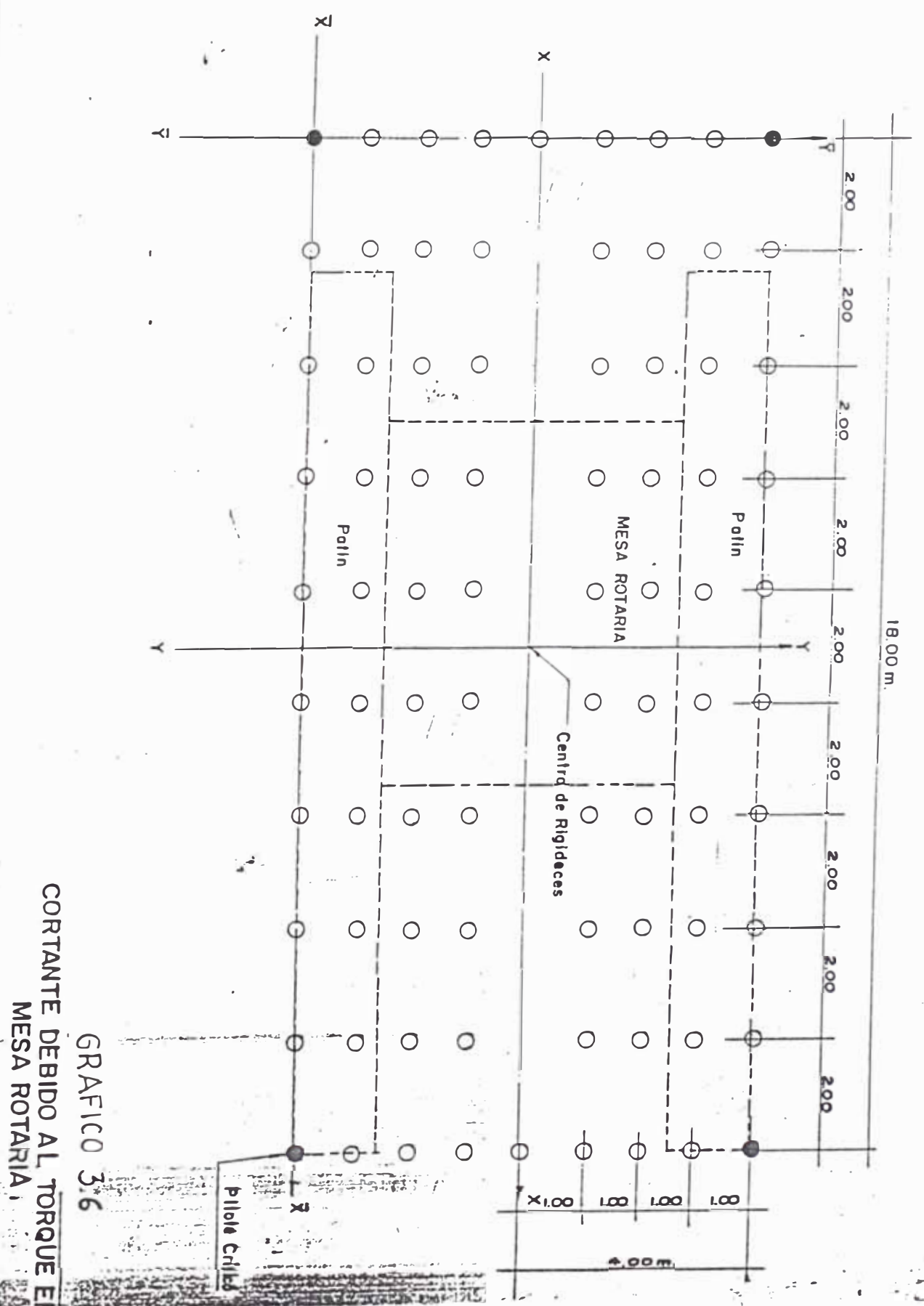


GRAFICO 3.6
 CORTANTE DEBIDO AL TORQUE EN
 MESA ROTARIA

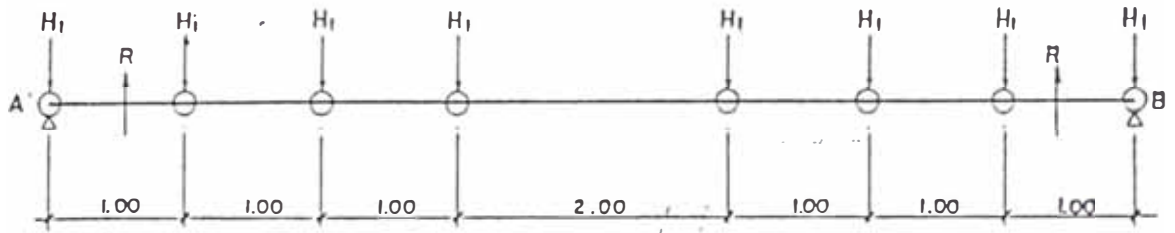


DIAGRAMA DE CARGAS

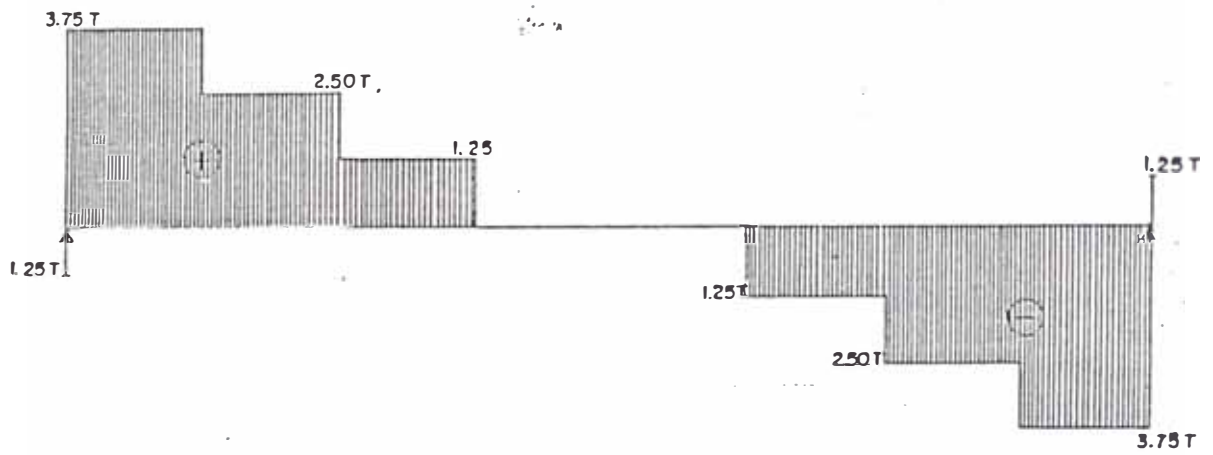


DIAGRAMA DE CORTANTES

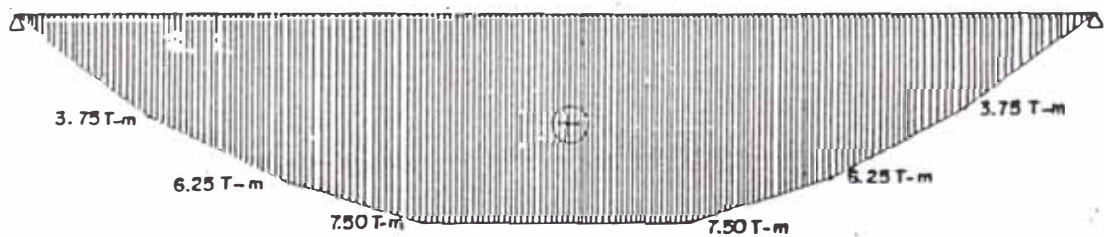


DIAGRAMA DE MOMENIOS

GRAFICO 3.5.

DIAGRAMA DE VIGA EN ZONA CRITICA CUANDO ES JALADO EL EQUIPO

CAPITULO IV

4.0 PROCESO CONSTRUCTIVO.

4.1 ESPECIFICACIONES

4.1.1 Especificaciones tecnicas de Equipos y materiales.

Equipos:

- Martillo Hincapilote DELMAG 5, con motor de combustión interna, Winche y base de soporte, martinete de un cilindro a combustión de diesel, estructura capaz de alojar pilotes de 12 Mt.de largo e hincar pilotes inclinados hasta angulos no menores de 60 grados.
- Máquina de soldar por arco electrico de 200 amperios, accionada con motor de combustión interna y equipado con accesorios de control, montada en trailer o patin de remolque, peso aproximado 250 Kg.
- Motosierra con motor de combustion interna a gasolina, dos tiempos, cadenas con filos carburados y con guardas de protección.
- Equipo de soldeo que incluye; cables, máscara, delantal, etc para soldador.
- Equipo biselador para corte de tuberia de pilotes, accionada con cadena.
- Tecles de 5 Toneladas, con accionamiento mecánico.

Materiales:

- Tuberia de pilotaje, acero ASTM A-36 tipo A252-G2 de acero estructural comprendidas en el AISC.
- Vigas de acero estructural ASTM, A-36 segun AISC.
- Varilla de fierro corrugado de 3/8" de diametro

- Madera a utilizar (cuartones, tablas, listones, etc), sera del tipo lagarto caspi, copaiba, Mohema, etc.
- Pernos de acero A-307 de 3/8" x 4" de longitud.
- Electrodo Especificación AWS A5.1 clasificación E60XX y E70XX de Oerlikón ó similar.
- Oxigeno industrial.
- Gas propano ó carburo.
- Spray detector de 9 onzas para inspección de soldadura conformada por : Penetrante, Removedor y revelador.

4.1.2 Especificaciones del proceso de soldadura.

El proceso de soldadura, se debe efectuar de acuerdo, a lo especificado en plano, las recomendaciones aplicables de la Norma API 1104 y las recomendaciones generales siguientes.

- El proceso de soldadura se efectuará manualmente y sólamente por operarios calificados, previa aprobación de la supervisión.
- Las superficies a soldar estarán : libres de escamas de óxido sueltas, escoria, grasa, pintura y cualquier materia extraña.
- La soldadura se efectuará conforme a las instrucciones del fabricante relativas al voltaje y amperaje recomendados y la selección del electrodo adecuado para tal uso y la posición del soldado.
- Se deben tomar todas las precauciones adecuadas para asegurar que el proceso de soldadura se ejecute bajo las condiciones de protección contra los efectos nocivos de la humedad, viento, lluvia.

- Antes de ejecutar un pase de soldadura se limpiará cuidadosamente la escoria.
- El contratista debe proveer un extintor portátil de polvo químico con capacidad de 30 Lbs. por cada frente de soldadura.
- La costura de soldadura debe quedar libre de fisuras y exentas de defectos perjudiciales tales como : falta de fusión o penetración, inclusión de escoria y porosidad; por el cual se debe efectuar inspección ocular permanente y también inspección mediante tintes penetrantes por muestreo, (donde existe duda de la buena calidad de la soldadura) y a criterio de la supervisión.

4.1.3 Especificaciones en el Montaje.

- La estructura metálica será montada correctamente y a plomo de acuerdo a planos.
- Para esto podrá usarse arriostramientos o estructuras auxiliares temporales para aliviar de cargas a la estructura durante su montaje o como plataforma de trabajo.
- Si estos arriostramientos o estructuras auxiliares son metálicas, su construcción se ceñirá igualmente a estas especificaciones.
- Cualquier conexión temporal de los arriostramientos o estructuras auxiliares con la estructura en construcción, que no fuese prevista en el diseño, evitará causar daños que puedan afectar su comportamiento.
- Se empezarán a fijar pernos permanentes y a depositar cordones de soldaduras, una vez comprobado el correcto

alineamiento de la estructura, de acuerdo a los planos.

4.1.4 Especificaciones Generales.

- Los pilotes se hincarán hasta la profundidad que sea necesaria, siendo la profundidad mínima de 8 metros.
- La secuencia de hincado de pilotes, será de acuerdo al plano N^o 002-90.
- El hincado de pilotes en el área crítica se efectuara con un rechazo de 27 golpes en 10 centímetros, repetidos tres veces y en el resto de la plataforma será de 13 golpes en diez centímetros repetidos también tres veces.
- Para los pilotes de madera se seleccionara, árboles cuya dureza y resistencia sea aceptable con diámetros comprendidos entre 12" a 14", asimismo será necesario el descortezado y la aplicación de preservantes.

4.2 PLAN DE TRABAJO

Comprende las actividades mas importantes que representa la construccion de la plataforma.

Con el fin de avanzar la construcción de acuerdo al cronograma planeado se confeccionará un programa que evalua el avance de obra diario en función de las partidas mas importantes y/o criticas ,dando los pesos a las partidas en base al grado de dificultad, personal, requerido, tiempo de ejecución, etc. Segun la información historica con que se cuenta (anexo No7).

La primera etapa consiste en enviar un grupo de topografia para que localice el punto del pozo ha perforar.

La segunda etapa consiste en la preparación del lugar, esto es la apertura y limpieza del área donde se construirá la plataforma con sus instalaciones de servicios, campamento, helipuerto,etc.

La tercera etapa consiste en el transporte de Personal, equipos y materiales.

La cuarta etapa es la construcción de la plataforma, segun la secuencia siguiente:

- Trazado : se marcan los ejes y se colocan las respectivas estacas en la parte lateral para fijar la ubicación de cada uno de los pilotes.
- Preparación de área : Se instalaran plataformas de trabajo para ubicar y disponer de los equipos de hincado de pilotes en el lugar indicado a hincar.

- Pilotaje : Se trasladan los pilotes a medida que se van necesitando, (previamente preparados adecuadamente las puntas de los mismos) y se inicia el hincado en el área central donde se instalara el equipo de perforación, el hincado se efectuará con cuatro frentes de trabajo (cuatro martillos Hincapilotes).
- Envigado y Arriostrado : Concluido el hincado de los pilotes se nivelan todos estos en función a un pilote guia; considerando una altura adecuada a fin de garantizar su operatividad cuando se elimine el lodo de la perforacion (Alt aprox 1.5 - 2.0 Mts). Posteriormente se instalan vigas de acero Sobre los pilotes nivelados apoyados con el helicoptero y en otros casos con personal. estas vigas van soldadas a los pilotes y arriostrados adecuadamente a fin de soportar las cargas verticales, horizontales y de torque que genere el equipo durante la perforación.
- Plataforma : Sobre las vigas ya soldadas se instalan listones de madera amarrados mediante pernos de tal manera que sobre estos descansen y sean clavadas los cuartones de madera que finalmente seran los que sirvan como superficie de trabajo de la plataforma.
- Soporte de amarre : llamados "Muertos de anclaje" son estructuras que se habilitan a fin de facilitar el Movimiento o jalado del Castillo de perforacion, para cambiar su Ubicación; Son pilotes hincados adecuadamente y arriostrados segun un diseño especial capaz de soportar los grandes esfuerzos a los cuales estara sometido.

- Area para tuberia : Son areas preparadas para el recibo y almacenamiento de la tuberia de perforación, son construidas a los costados de la plataforma y capaces de resistir las grandes cargas de los tubos apilados.

4.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

4.3.1 UBICACION DEL POZO Y FACILIDADES.

Inicialmente el personal efectuara la ubicación del "Punto", de acuerdo a las coordenadas establecidas por los estudios previos de sismica y técnica de petroleo. Seguidamente se habilitará un área despejada de árboles aproximada a 50 x 100 Mt² , en el cual se habilitara un helipuerto provisional para facilitar el apoyo aéreo de personal, viveres, equipos, materiales, etc.

Asi mismo se acondicionara el campamento provisional para dar facilidades al personal que trabajara en la construcción de la plataforma.

- Personal requerido : 01 Topografo.
04 Motosierristas.
12 Ayudante General.
- Tiempo Requerido : 15 Dias.

4.3.2 AREA DE PLATAFORMA (Roce, Tala, Limpieza).

Este trabajo consiste en preparar un área aproximada a 50x120 Mt² totalmente limpia de arboles maleza y cualquier otro elemento, a fin de acondicionar las bases que serviran para recepcionar y armar los martinetes.

- Personal Requerido : 04 Motosierristas.
10 Ayudantes generales.
- Tiempo Requerido : 15 Dias.

4.3.3 ROCE Y TALA DE AREA DE APROXIMACION.

consiste en la tala de un area de 100 x 800 Mt2, adyacente al area de plataforma el cual sirve para facilitar el ingreso y despegue de los Helicopteros.

Inicialmente se efectuara la tala de un area de 100 x 400 Mt2 a fin de facilitar el movimiento de los helicopteros durante la construcción.

- Personal requerido : 06 Motosierristas.
15 Ayudantes Generales.
- Tiempo Requerido : 18 Dias.

4.3.4 HABILITACION DE PILOTES DE MADERA.

Corresponde la preparación de los pilotes de madera en base a los arboles existentes en la zona, comprende las siguientes actividades.

- Identificacion de árboles adecuados : Forma y tipo.
- Tala de arboles.
- Corte de pilote (L= 10 a 12 Mt. Diam = 12" a 14"
- Acondicionamiento de caminos para su extracción.
- Acarreo de pilotes.
- Personal Requerido : 03 Motosierristas.
32 Ayudantes Generales.
- Tiempo requerido : 20 Dias.

4.3.5 HELIPUERTOS PARA EXTRACCION DE PILOTES.

Los pilotes una vez cortados y acarreados seran acumulados en áreas para los cuales se tendran que habilitar helipuertos provisionales para su traslado al área de Plataforma mediante helicópteros.

- Personal Requerido : 03 Motosierristas.
13 Ayudantes Generales.
- Tiempo Requerido : 07 Días.

4.3.6 CONSTRUCCION DE LA PLATAFORMA.

4.3.6.1 Replanteo.

Consiste en la verificación definitiva de la ubicación del pozo a perforar segun las coordenadas proporcionadas para el proyecto, asi como delimitar el area de la plataforma, ubicando los ejes principales y marcado "estacado" de las filas e hileras a fin de ubicar los pilotes a hincar.

- Personal Requerido : 01 Topografo.
04 Ayudantes generales.
- Tiempo Requerido : 04 Dias.

4.3.6.2 Preparación de punta de Pilotes.

De acuerdo a ensayos efectuados y de acuerdo a la teoria sobre pilotaje se ha determinado que existe un ahorro aproximado entre un 30% a 40% de la longitud a hincar, al confeccionar en el extremo que penetra al terreno una punta conica de aproximadamente 30 grados.

Motivo por el cual todas las puntas de los pilotes seran

preparados a fin de lograr el rechazo requerido a menores profundidades, logrando de esta manera un ahorro considerable en los pilotes de acero.

- Numero de pilotes de Acero = $131 + 8 = 139$

- Personal Requerido : 01 Armador Tubero.

02 Soldadores.

02 Ayud. Soldadores.

02 Cortadores Oxigenistas.

02 Ayudantes generales.

- Tiempo Requerido : 13 Dias (jornadas de 12 Horas).

4.3.6.3 Hincado de Pilotes.

Para el hincado de pilotes, los cuatro martinets son instalados sobre plataformas capaces de soportar el equipo y sean de facil desplazamiento sobre el terreno inundado, estas plataformas se instalarán en la parte central a fin de iniciar el hincado y avanzar hacia los extremos.

Segun el diseño y calculos realizados los pilotes seran hincados a una distancia de 3 Mt. (transversal) y a 2 Mt.(longitudinal); en el área central (critica) el hincado sera a 1 Mt. transversalmente segun los detalles.

Para el hincado se tendrá especial cuidado en el alineamiento y verticalidad de los pilotes; estimandose que el hincado se llevará a cabo con cuatro frentes de trabajo (cuatro martillos Delmag 5) a un promedio de 15 pilotes - Dia, por frente de trabajo en jornadas de 12 a 16 horas por dia.

El hincado se efectuará en las siguientes areas y con las

características que se detallan.

	Mater.	Diam.	Cant.	T.punta	Rech.	Cap
- Area critica	Acero	10"	131	c.punta	27	30
- A. no critica	Madera	10"-14"	408	c.punta	13	20
- Helipuerto	Acero	10"	24	s.punta	13	20
- Almac.Quimica	Madera	10"-14"	55	c.punta	13	20
- Soport.Amarre	Acero	10"	16	c.punta	60	40
- Soport.Amarre	Acero	10"	16	s.punta	120	60

Material : El tipo de material del pilote a hincar.

Diametro : Diametro del pilote.

Cantidad : Numero de pilotes considerados por área.

T.Punta : Considera si se confecciona ó no la punta.

Rechazo : Es el minimo numero de golpes que deberá dar el martillo, en los ultimos 10 Centimetros de penetracion del pilote, a fin de garantizar la capacidad requerida.

Capacidad : Es la capacidad portante que tendra el pilote ó el esfuerzo al que se le podra someter al mismo de acuerdo al diametro del pilote, el rechazo que se le de y a las características del Martillo Delmag 5. Esta información es proporcionada por el fabricante o tambien puede ser calculada (anexo No2 y No3).

Para el hincado se requiere del siguiente personal de acuerdo a la siguiente detalle.

	Plataf.	Helip.	Almacén	P.Amarre

- Operador Martillo	04	01	01	02
- Ayud. Operd. Mart.	04	01	01	02
- Soldador	02(*)	01	--	02
- Ayud. Soldador	02(*)	01	--	02
- Motosierrista	04	01	01	02
- Cortador Oxigenista	02(*)	01	--	02
- Esmerilador	02(*)	01	--	02
- Ayud. General	20	05	08	14

- Tiempo Estimado (dias)	25	05	07	05

(*) Este personal trabajará en el área Central (critica) unicamente.

4.3.6.4 Nivelación de pilotes.

Una vez hincados los pilotes, se determinará un pilote que sirva de guía y referencia (se recomienda en el área central), que será cortado a una altura adecuada a fin de garantizar la operatividad, de tal manera que el lodo proveniente de la perforación, así como el nivel de agua en tiempo de inundaciones y lluvias no sobrepase la plataforma.

Según la zona y las características del terreno se dispone

la altura que normalmente esta entre 1.5 Mt a 2.0 Mt. de acuerdo con la experiencia con que se cuenta.

Para el nivelado se toma el pilote de referencia y en base a este se ira marcando los demas pilotes mediante el uso de mangueras transparentes llenas de agua y en algunos casos comprobandose con equipos de topografia.

En el caso de pilotes de madera, adicionalmente a la nivelación se instalara "cabezales" (casquetes metalicos, segun se detallan en los planos), en la parte superior del pilote el cual servirá para la instalación y soldado de las vigas metalicas asi como de los respectivos arriostres.

- Personal Requerido

PILOTES DE ACERO	PILOTES DE MADERA
01 soldador	02 Motosierristas
01 Cort.Oxigenista	04 Ayudantes
01 Esmerilador	
02 Ayudantes	

- Tiempo

Estimado	30 pilote - dia	20 pilote - dia
----------	-----------------	-----------------

4.3.6.5 Envigado y arriostrado.

Concluido con la nivelacion, se iniciará el transporte de las vigas mediante helicópteros desde la sub base de apoyo los cuales se irán instalando sobre los pilotes, a medida que sean transportados, en algunos casos estas vigas seran instaladas mediante personal ya que en el área no se

tendran equipos auxiliares para el manipuleo.

Estas vigas iran soldadas a los pilotes de acero y en el caso de los pilotes de madera iran soldadas a los casquetes metalicos. En el área central (critica), seran instaladas vigas W12x35 y en el area no critica se instalaran vigas W8x20, de acuerdo al analisis y diseño efectuado.

Posteriormente estas vigas serán arriostradas adecuadamente segun los planos de detalle, finalmente a lo largo de las vigas y en el ala superior se efectuaran agujeros espaciados a 80 centímetros los cuales servirán para instalar los pernos de amarre de los listones.

- Personal requerido : 02 Cuadrillas confr. c/u por:
 - 02 Soldadores.
 - 01 Armador Tubero
 - 02 Ayudante soldador
 - 02 Cortador Oxigenista
 - 02 Esmeriladores
 - 10 Ayudantes

- Rendimiento estimado

- 20 Mt. Viga W12x35 - Cuadrilla/Dia (Area critica)
- 30 Mt. Viga W8x20 - Cuadrilla/Dia (Area no critica)
- 20 EA Viga W8x20 - Cuadrilla/Dia (Arriostres A.N.C)
- 100 Mt. Varilla fierro corrugado 3/4" Dia. (Arriostres).

4.3.6.6 Enlistonado.

Los listones de madera son instalados sobre las vigas y son asegurados mediante pernos de tal manera que estos

sirvan para alojar a los cuartones de madera y pueda ser clavados directamente, consiguiendo de esta manera un anclaje rapido y seguro de los cuartones.

La longitud total a enlistonar es aproximadamente 1300 Mt. lineales el cual incluye plataforma y Helipuerto.

- Personal Requerido : 02 Cuadrillas conformada por :
 - 01 Carpintero
 - 01 Ayud. Carpintero
 - 03 Ayudantes
- Tiempo Estimado : 150 Mt. Cuadrilla - Dia.

4.3.6.7 Enmaderado.

Comprende la instalación de los cuartones de Madera sobre los listones asegurados previamente a las vigas, para de esta manera conformar la superficie final de trabajo.

Los cuartones son transportados desde la sub base de apoyo mediante Helicopteros, los cuales se van instalando directamente sobre las vigas enlistonadas a fin de reducir tiempo y personal en el manipuleo de las mismas; motivo por el cual el numero de cuadrillas que efectue este trabajo sera igual al numero de helicopteros que apoyen en el transporte.

Los cuartones (6"x10"x4Mt.) son apoyados en tres vigas para lo cual se taladraran agujeros en los extremos y el centro a fin de poder instalar los respectivos clavos.

El área a cubrir en la plataforma es aproximadamente 2400 Mt² y en el helipuerto es de 100 Mt².

- Personal requerido : Por cuadrilla.

01 Carpintero
01 Ayud. Carpintero
02 Motosierristas
08 Ayudantes

- Rendimiento Estimado : 115 Mt2 - Dia/Cuadrilla.

4.4 HELIPUERTO.

El apoyo logístico desde la construcción de la plataforma hasta la perforación y por consiguiente durante la producción se efectuará por medio de helicópteros, por lo que es necesario la construcción de un helicóptero capaz de dar cabida y la seguridad del caso.

El helipuerto se construirá sobre pilotes de acero con las mismas características que la plataforma teniendo un área de 100 Mt2. debiendo ser ubicada en un área aledaña al espigón, distante no menor de 30 mt. Y comprendido en el área de aproximación.

4.5 SOPORTE DE AMARRE ("Muertos de anclaje").

Debido al alto costo que representa la construcción de una plataforma y el tiempo que genera su construcción; la tecnología en la perforación de pozos permite perforar más de un pozo desde una misma plataforma, debiendo ser el primer pozo, una perforación vertical y los siguientes en forma dirigida al yacimiento determinado.

Para lograr este objetivo el Equipo de perforación deberá ser movido sobre la plataforma debiéndose mover principalmente el castillo y todos sus componentes. Al no

disponer de equipos especiales para el movimiento, se tendra que jalar mediante el Winche del mismo equipo para lo cual es necesario construir soportes de amarre capaces de resistir a los grandes esfuerzos al que serán sometidos.

Estos puntos de amarre son construidos en los extremos de la plataforma en el eje longitudinal. para lo cual son hincados 8 pilotes por amarre de acuerdo al diseño y mostrado en el plano correspondiente. 4 de estos pilotes trabajaran a compresión motivo por el cual se habilitán las puntas de los pilotes en forma conica, mientras las otras 4 trabajaran a tracción motivo por el cual no se habilita las puntas.

4.6 OBRAS AUXILIARES

Comprende la construcción de los ambientes que daran las facilidades al personal que labore durante la perforación, asi como los trabajos complementarios requeridos para instalacion de campamentos, equipos, materiales propios de la perforación.

Estas edificaciones y trabajos auxiliares serán habilitadas en su mayoria con materiales de la zona las estructuras estaran compuestas en su totalidad por madera extraida del lugar, los pisos estarán conformados por soportes "pilotes" de madera de un promedio de 15 centímetros de diametro hincados mediante combas de 6 Kg. a profundidades aproximadas de 2 a 3 Mt. Estas soportaran

el piso de las edificaciones los cuales irán a una altura de 80 centímetros sobre el nivel del suelo organico.

Las paredes, puertas, cielo raso estaran conformadas por planchas de triplay y el techo cubierto con planchas de calamina.

Todas estas edificaciones, plataforma y helipuerto serán unidas mediante pasarelas, tambien a 80 cn. sobre el terreno a fin de facilitar el desplazamiento rapido y seguro del personal.

Los trabajos a efectuar comprenden los siguientes:

4.6.1 Tala y limpieza del área de edificaciones.

El área comprendida es de 100 Mt x 200 Mt. en el lado adyacente al área de plataforma y opuesta al área de aproximación, este área debera ser talado y luego efectuarse una limpieza general a fin de poder iniciar la construcción de las edificaciones e instalación de las bases del campamento "Staff".

- Personal requerido : 02 Motosierristas
08 Ayudantes
- Tiempo Estimado : 06 Dias.

4.6.2 Habilidadón de Materiales.

Comprende la selección y preparación de todos los materiales a ser utilizados en la construcción de las edificaciones asi como de los trabajos auxiliares que se deberán efectuar. En vista que la mayor parte de materiales a utilizarse serán provenientes de la zona.

- Personal requerido 21 Ayudantes
- Tiempo estimado : 07 Dias.

4.6.3 Edificaciones.

Los ambientes a construirse a fin de dar facilidades al personal que labore durante la perforación comprende:

- 02 Dormitorios de 6 Mt x 24 Mt cada uno.
- 01 Cocina Comedor de 92 Mt2.
- 01 Dormitorio para especialistas.
- 01 Ambiente para servicios higienicos.

Estos ambientes serán construidos de acuerdo al proceso constructivo descrito en el parrafo 4.6 y de acuerdo a modelos tipicos existentes para la zona.

Se debera agilizar en terminar un ambiente (dormitorio) en el mas corto plazo a fin de alojar al personal que labore durante la construcción de la plataforma.

Dormitorio (02):

- Personal Requerido : 02 cuadrillas conformada por :
 - 04 Carpinteros.
 - 04 Ayudantes carpinteros.
 - 02 Motosierristas.
 - 16 Ayudantes.
- Tiempo estimado : 25 Dias.

Cocina comedor:

- Personal requerido : 02 Carpinteros.
 - 02 Ayudantes carpinteros.

01 Motosierristas.

10 Ayudantes.

- Tiempo estimado : 22 Dias.

Dormitorio para especialistas:

- Personal requerido : 02 Carpinteros.

02 Ayudantes carpinteros.

01 Motosierrista.

05 Ayudantes.

- Tiempo estimado : 15 Dias.

Servicios Higienicos

- Personal requerido : 01 Carpintero.

01 Ayudante carpintero.

01 Motosierrista

04 Ayudantes.

- Tiempo estimado : 10 Dias.

4.6.4 Almacén de Química.

Es un ambiente que será construido en un área de 8 Mt x 20 Mt ,sobre los pilotes hincados oportunamente y en el lado paralelo adjunto a la plataforma.

La función de este ambiente es de almacenar todos los componentes quimicos que seran utilizados durante la perforación tales como : cemento, sal, ventonita, soda caustica, materia prima para el lodo de perforación, etc.

Este ambiente debera ser lo suficientemente capaz de soportar cargas considerables ya que durante la

perforación el movimiento y consumo de productos químicos es extremadamente considerable, motivo por el cual las vigas del piso serán cuarterones de madera (6"x10"x4Mt) y llevarán viguetas de madera de 15 centímetros aprox. para luego recién instalar las tablas de 2" de espesor, las paredes y techo serán cubiertos con planchas de calamina.

- Personal requerido : 02 Carpinteros.

02 Ayudantes Carpinteros

02 Motosierristas.

10 Ayudantes.

- Tiempo estimado : 15 Dias.

4.6.5 Caseta de Geología.

Sera construido también al costado de la plataforma, la cual servirá para la instalación de los equipos y materiales utilizados por el personal que labore en el análisis geológico durante la perforación.

La construcción será también de las mismas características que el almacén de química y con los mismos procesos constructivos.

- Personal requerido : 01 Carpintero.

01 Ayudante carpintero.

01 Motosierrista.

04 Ayudantes.

- Tiempo estimado : 11 Dias.

4.7 OTRAS FACILIDADES

4.7.1 Base para campamento "Staff".

Consistira en habilitar una base en un área de 36Mt x 24Mt limpio de todo material a fin de instalar bases metálicas a 80 centímetros sobre el terreno, capaces de soportar las cabinas helitransportables que servirán para el campamento del personal técnico, "Staff".

- Personal Requerido : 02 Motosierristas.
10 Ayudantes.
- Tiempo estimado : 08 Dias.

4.7.2 Pasarelas.

serán construidas de madera redonda extraída de la zona, cubiertas con madera aserrada, también a 80 centímetros sobre el nivel del "aguajal".

Estas pasarelas se deberán construir de tal manera que comuniquen todos los ambientes y áreas de trabajo de la plataforma, para garantizar un desplazamiento rápido y seguro del personal, considerando una longitud aproximada de 200 Mt de pasarelas.

- Personal Requerido : 02 Motosierristas.
02 Carpinteros.
02 Ayudantes carpinteros.
08 Ayudantes.
- Tiempo estimado : 10 Dias.

4.7.3 Línea de Agua.

Para la perforación de un pozo es necesario contar con grandes volúmenes de agua, las cuales serán suministrados desde la quebrada más cercana, para lo cual es necesario tender una línea de 4" de diámetro de acero, roscada, desde la quebrada hasta la plataforma.

Adicionalmente será necesario habilitar una plataforma de 5 Mt x 5 Mt, capaz de soportar un promedio de 500 Kg. para instalar la motobomba de captación de agua.

- Personal requerido : 01 Motosierrista.
01 Carpintero.
01 Ayudante carpintero
10 Ayudantes.
- Tiempo estimado : 10 Días.

4.7.4 "Barbacoa".

Es una plataforma flotante que se construirá al costado del almacén de química, en un área de 10 Mt x 10 Mt; el cual servirá para la recepción de los productos químicos transportados por el helicóptero a fin de ser guardados en el almacén para su posterior utilización.

4.7.5 Rampas para Tuberías.

Para la perforación de un Pozo exploratorio, es necesario utilizar la misma longitud de tubería que la profundidad del pozo que es aproximadamente 3000 Mt. Esto es la tubería que protegerá las paredes del pozo "Forros". (tubos de Schedule 80-120, de diámetros que varían de 7" a 20").

Asi mismo al determinar la productividad del pozo sera necesario instalar la tuberia producción "Tubing" de 3.5 pulgadas

Para alojar este gran volumen de tuberia, es necesario habilitar en las areas laterales al espigon de la plataforma bases, comunmente llamadas "camas de tuberia". Las cuales podran ser habilitadas con tubos de acero y en los casos mas generales y mucho mas economicas con troncos de madera.

- Personal requerido : 02 Motosierristas.
10 Ayudantes.
- Tiempo estimado : 06 Dias.

4.7.6 Descortezado y preservado de pilotes.

A fin de garantizar la durabilidad de los pilotes de madera , sera necesario el preservado respectivo con productos quimicos, detallados en el apendice adjunto; para lo cual los pilotes deberan ser descortezados a fin de aplicarseles adecuadamente, (apendice No 8).

Estas sales que son en base a cobre, cromo y boro por su alta toxicidad y su alto poder corrosivo debera ser aplicado por personal previamente instruido y capacitado.

- Personal requerido : 12 Ayudantes.
- Tiempo estimado : 07 Dias.

CAPITULO V

5.0 PLANEAMIENTO Y EVALUACION ECONOMICA

5.1 DETERMINACION DE LOS RECURSOS NECESARIOS

Debido a la prioridad del Proyecto y el escaso tiempo que se disponia para la ejecución ,se considera la contratación de la mano de obra requerida ,lo que significa que PETROPERU deberá contar con el resto de recursos necesarios para la ejecución del proyecto,aun a costo de diferir los trabajos de menor importancia.

Como una referencia, a continuación se detalla las principales partidas que comprende la construcción de la Plataforma de Perforación, las cuales se grafica en el plano N^o 001-90

- 130,000 M2 roce y tala de árboles (incluye area para la extracción de los pilotes de Madera).
- Plataforma Piloteada de 2,400 M2.
- Un Almacén para química de 160 M2.
- Una Caseta para Geología de 48 M2.
- Una cocina comedor de 92 M2.
- Dos cuadras Dormitorios de 126 M2.
- UN Dormitorio para especialistas de 25 M2.
- SSHH de 35 M2.
- Un Helipuerto piloteado de 100 M2.
- Caminos de acceso,bases para campamento "STAFF", Soporte de amarre," Cama " para Tuberias, linea de agua,etc.

5.1.1 MANO DE OBRA

El Calculo del requerimiento de mano de obra necesaria, se efectuó teniendo presente los siguientes aspectos.

- Metrados de las partidas a efectuarse.
- Rendimiento de mano de obra.
- Factor de zona, grado de dificultad.
- Plazo de Ejecución.

El factor determinante para calcular la mano de obra requerida fue el plazo de ejecución establecida en 75 días calendarios.

De acuerdo al proceso constructivo detallado en el capítulo 4, en base a la evaluación de la mano de obra obtenido durante la construcción de la plataforma San Juan, afectando estos valores por un factor de Zona (0.89) se concluye en la necesidad de contar con el personal que se detalla en la tabla siguiente y su contratación y salida se determina según el cronograma de entradas y salidas del personal mostradas en el gráfico No 5.3

<u>PERSONAL</u>	<u>HOMBRE-DIA</u>
- Capataz de plataforma	150
- Armador tubero	50
- Topografo	20
- Soldador	200
- Ayudante Soldador	200
- Operador de martillo	120
- Ayudante Oper. martillo	120
- Cortador oxigenista.	200

- Esmerilador	200
- Carpintero	385
- Ayudante carpintero	385
- Motosierrista	820
- Ayudante general	4500

5.1.2 MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

Los materiales, insumos y equipos para la construcción de la plataforma de perforación, fueron determinados en base a los planos del proyecto lo cual se detalla en los planos N^o 001 y 002.

La necesidad de los equipos anotados para la construcción de la plataforma y helipuerto se determinaron teniendo en cuenta los siguientes frentes de trabajo:

- Cuatro (4) para la habilitación de pilotes (madera).
- Dos (2) para la fabricación de punta de pilotes (acero).
- Cuatro (4) para el hincado de pilotes.
- Cuatro (4) nivelado, soldado de pilotes, vigas arriostres y taladrado de vigas.
- Uno (1) para el enmaderado de plataforma.

5.1.3 TRANSPORTE AEREO Y FLUVIAL.

5.1.3.1 Transporte Aereo Iquitos - Trompeteros:

El transporte aéreo en esta ruta fue en los vuelos de rutina de los Aviones Antonov que prestan apoyo a nuestra operación según se detalla.

Descripción	Peso (Ton)
- Transp. de personal - 145 x 2 vuelos	21
- Transp. de viveres (inicial)	2
- Transp. de viveres frescos (400Kg-Semana)	4
- Transp. de carpas, enseres, etc.	2
Total(Ton) :	29

5.1.3.2 Transporte Aereo Sub-Base Aerico - Plataforma:

El transporte a la plataforma en su totalidad, se considera a realizarse mediante Helicopteros (Twin Bell ó MI-8) de acuerdo al siguiente detalle.

<u>Descripción</u>	<u>Peso (Ton)</u>
- Transp. de Martillos (5EA)	15
- Transp. de tuberia de pilote (170EA)	76
- Transp. de vigas de 12" y 8" (faltante)	10
- Transp. de listones 3"*6*4Mt.(400EA)	20
- Transp. de cuartones de 6"*10"*4Mt.(2500EA)	375
- Transp. de equipos menores (sold.Motos.)	15
- Transp. de materiales para edificaciones	40
- Transp. de personal, viveres etc.	20
Total (Ton) :	571

Cabe señalar que para la construcción de la plataforma se efectuarán vuelos para el transporte de pilotes de madera del Helipuerto provisional hacia la plataforma,asi mismo las vigas recuperadas de la platataforma abandonada 82X serán transportadas hacia la plataforma 123X mediante el

apoyo de Helicopteros, lo cual se resume en el siguiente cuadro.

Helicoptero	TWIN BELL				*	MI - 8		
	Origen	P.Rozas	Aerico	Helip	82X	P.Rozas	Aer.	82X
No.Vuelos	70	151	251	29	60	173	18	
T.Vuelo min.	30	25	4	4	30	25	4	
Horas Vuelo	35	63	17	2	30	72	1	
Horas Acum.Vuelo	117				103			

5.1.3.3 Transporte Fluvial Trompeteros - Sub-Base Aerico:

El transporte fluvial efectuado para la construcción de la plataforma se detalla a continuación.

Descripción	Peso (Ton)
- Transp. de equipos (tractor,grua,mart.)	80
- Transp. de vigas,tubo para pilotes	86
- Transp. de Cuartones,listones,etc.	395
- Transp. materiales para edificaciones	40
Total (Ton):	601

5.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

5.2.1 Adquisición de Materiales.

En vista de los volúmenes considerables de los distintos materiales a utilizar en la construcción de la Plataforma,

y del corto tiempo disponible una vez confirmado la perforación de un pozo, es norma general que para este tipo de infraestructura se cuente por lo general con materiales que sean suficientes para la construcción de dos plataformas.

En vista que la adquisición de materiales tiene procedimientos establecidos y tiempos relativamente prolongados para su adquisición por la cual es necesario cumplir con los dispositivos legales vigentes. Sin embargo, existe materiales y herramientas menores que su adquisición se efectuara prioritariamente.

5.2.2 Cronograma de transporte.

En los cuadros N^o 5.4 y 5.5 se detalla los cronogramas de transporte Fluvial y Aereo los cuales estan de acuerdo a los requerimientos en la construcción, señalando que para el transporte Aereo se ha considerado la disponibilidad de un Helicoptero y en algunas oportunidades dos, tambien se ha considerado el factor de tiempo en vista que las condiciones metereologicas en la zona son muy cambiantes.

5.2.3 Cronograma de personal.

En los cronogramas No 5.2 se muestra la necesidad del personal para efectuar los trabajos en la construcción sin embargo a fin de racionalizar el personal se plantea el cronograma de entradas y salidas de personal (cronograma 5.3) a fin de efectuar la contratación del personal de acuerdo a las cantidades y por los periodos establecidos.

5.2.4 Control de Partidas en la Ejecución del proyecto.

Para la ejecución del proyecto (Construcción de la plataforma), en base a los datos históricos con que se cuenta en trabajos similares, se ha confeccionado el análisis unitario de las partidas más importantes que representan en la construcción de una plataforma, la cual nos sirve para hacer uso del paquete de software HTPM (Harvard Total Project Management), el cual es una importantísima herramienta para la programación y control en la ejecución de un Proyecto.

Este programa nos analiza las partidas en función a los recursos necesarios y rendimientos con que se cuenta, racionaliza y confecciona los Diagramas de PERT-CPM Gantt, etc.

Al contar con el diagrama de Pert-Cpm y por ende contar con la ruta crítica en la secuencia de actividades se tendrá que dar una mayor importancia a las mencionadas actividades en vista que el plazo de ejecución es muy reducido.

En el plano N^o 05 puede observarse el diagrama de Pert_Cpm notando la secuencia de actividades involucradas en la ruta crítica, asimismo es preciso resaltar que en diferentes actividades se ha considerado las condiciones climáticas y la posibilidad de trabajar en horas Extras. También para la evaluación del avance de obra se ha confeccionado un programa que evalúa el avance general en forma diaria en base a el avance de partidas que se ira alimentando diariamente al programa.

Como un ejemplo en el anexo N^o 7, se ha tomado una fecha y se ha alimentado con supuestos avances que tubierán para esa fecha las diferentes partidas, obteniendo un avance general para dicha fecha.

5.3 PRESUPUESTO ESTIMADO

El costo que representa la construcción de la plataforma 123X Chambira fue calculada en Dolares, considerando unicamente lo referente a la construcción de la plataforma Edificaciones y Facilidades.

El monto calculado representa el costo Total considerando los materiales recuperados de la plataforma 82X (Vigas de W12 x 35 , W8 x 20 , W6 x 9 y varillas de fierro corrugado de 0 3/4"). En el resumen de materiales en estos rubros aparece unicamente el Material Adicional que se utilizo.

5.3.1 MATERIALES.

Los materiales a ser utilizados para la construcción de la plataforma unicamente, se detallan en el anexo N^o 04 El cual resulta \$ 143,330

5.3.2 TRANSPORTE.

Los costos de transporte estan referidos basicamente al transporte aereo (aviones y helicopteros) y el transporte fluvial mediante remolcadores y barcazas en los cuales ya se encuentran considerados los costos de manipuleo.

Los costos de los diferentes medios de transporte tales

como Aviones, helicópteros, embarcaciones fluviales se detallan en el anexo No 05

5.3.2.1 Transporte Aereo:

- Avion (Iqt-Tromp-Iqt.)	29	384	11136
- Helicoptero MI-8	103	2240	230720
- Helicoptero Twin Bell	117	1680	196560

5.3.2.2 Transporte Fluvial:

- Trompeteros Sub Base - Plataf	601	22.4	13462.4
---------------------------------	-----	------	---------

Costo Transp. = T.Aereo + T.Helicopt. + T. Fluvial

11136 230720 196560 13462.4

Costo Total de Transporte (Dolares) : 451878

5.3.3 MANO DE OBRA	H-D	\$(H-D)	C.Parc.
- Capataz de plataforma	150	14	2100
- Armador tubero	50	13	650
- Topografo	20	14	280
- Soldador	200	12	2400
- Ayudante Soldador	200	11	2200
- Operador de martillo	120	12	1440
- Ayudante Oper. martillo	120	11	1320
- Cortador oxigenista.	200	11	2200
- Esmerilador	200	11	2200
- Carpintero	385	12	4620
- Ayudante carpintero	385	11	4235
- Motosierrista	820	11	9020
- Ayudante general	4500	10	45000
Costo Total M.O (Dolar)			77665

5.3.4 EQUIPOS

Los Equipos necesarios para el presente proyecto se detallan en el anexo No 05 : en el cual se detalla las unidades que se requieren, el numero de horas o dias que se estima usar y los costos de alquiler o de posesión.

Segun lo detallado el monto asciende a \$ 57,782 (dolares)

5.3.5 HERRAMIENTAS

Los costos referentes a las herramientas a usar se considerarán como un porcentaje del costo de los equipos, el cual lo vamos asumir como el 1% ya que es un valor muy aceptable dentro de los costos referidos a herramientas en proyectos similares.

Lo cual nos arroja \$ 578 (dolares)

5.3.6 GASTOS ADMINISTRATIVOS

Para la ejecución del proyecto Participará un grupo de Profesionales asi como será necesario contar con personal administrativo, encargado en labores de oficina compras, apoyo logistico, control de trabajos,etc.

Estos gastos podemos asumir un porcentaje de la mano de obra y consideraremos un 20 %.

Lo cual nos arroja \$ 15,500 (dollares).

El monto que representa la construcción de la plataforma podemos resumir:

Costo Plataf = Materiales	:	143330
Transporte	:	451478

Mano de obra	:	77665
Equipos	:	57782
Herramientas	:	578
Gastos Admin.	:	15500
Costo total Plataforma (\$)	:	746333

Cabe señalar que el costo detallado representa la construcción de una plataforma mixta, sustentada sobre pilotes de acero y madera, asimismo se va utilizar en parte de la estructura metálica las vigas y arriostres que serán recuperados de una plataforma abandonada colindante.

5.4 COMPARACION DE COSTOS.

En el presente acápite se analiza el costo de un pilote de madera versus un pilote de acero. Para lo cual se tiene presente todos los gastos como son, costo de material, transporte, mano de obra, etc.

Asimismo se detalla el monto ahorrado que representa el uso de material recuperado de una plataforma abandonada.

Por último se detalla la comparación de costos en la construcción de plataformas integrales de acero, mixtas y la plataforma del presente trabajo.

RECUPERACION DE VIGAS Y ARRIOSTRES DE PLATAF.82X

(Monto Ahorrado)

MATERIALES:	\$
- Viga 12" 350 Pies (+)	6684
- Viga 8" 4000 Pies (+)	43610
- Varilla 1"D 105 Pc.(+)	1604

Sub Total (\$) (+)	51898

MANO DE OBRA:	
- Personal req.(1oxi,10AG.) (-)	1935

EQUIPO:	
- Equipo de corte (-)	90

INSUMO:	
- Oxigeno (-)	110
- Propano (-)	15.56

TRANSPORTE:	
- Aereo (21 Mint./Vuelo.) (+)	31164
- Fluvial (42 Ton) (+)	840

Sub Total (\$) (+)	32004

=====

MONTO TOTAL AHORRADO (Dolares)	81751.44
--------------------------------	----------

(+) Monto ahorrado

(-) Monto desembolsado Para Recuperar las Vigas.

COMPARACION DEL COSTO DE PILOTE DE ACERO vs MADERA

(Longitud 10 Mt.)

PILOTE DE ACERO		PILOTE DE MADERA	
MATERIAL:	\$	MATERIAL:	\$
Tubo 10"	419.84		
Soldadura	1.44		
Sub Total:	421.28		
MANO DE OBRA:		<u>MANO DE OBRA:</u>	
Preparac. Punta	5.25	Hab.Helip.Prov	2.2
		Habilit. Pilotes	13.76
		Descortezado	1.65
		Instalac.Casquete	2.38
		Sub Total (\$)	19.99
EQUIPOS:		EQUIPOS	
Maq.Sol 0.13 D-E	2.59	Motosier. 0.2 D-E	0.52
Eq.Cort 0.13 D-E	0.39	Tilfor 0.07 D-E	0.18
Esmeril 0.13 D-E	0.39	Tecle 0.07 D-E	0.18
Sub Total (\$)	3.37	Sub Total (\$):	0.88
TRANSPORTE:		TRANSPORTE:	
Fluvial (350Kg.)	8	Aereo	56
Aereo (350Kg.)	230		
Sub Total (\$)	238		
=====		=====	
COSTO PILOTE (\$	667.9	COSTO PILOTE (\$)	76.87
ACERO		MADERA	

COSTOS DE CONSTRUCCION DE PLATAFORMA

	Plataforma 100% Pilotes de Acero	Plataforma Mixta Pilotes (acero-Madera)	Plataforma 123X Pilote(acero-madera)
MATERIALES (\$):	367071	195230	143330
MANO DE OBRA (\$):	76380	91200	93165
EQUIPOS+HERR. (\$)	59160	58143	58359
TRANSPORTE (\$):	559729	485473	453469
Costo Total (\$)	1062340	830046	748323

* El menor costo de la plataforma 123X es debido a la recuperación de Vigas y varillas de la Plataforma abandonada 82X.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por lo expuesto en el presente trabajo podemos concluir con lo siguiente.

- 1.- De acuerdo a la evaluación Económica, la construcción de plataformas mixtas (pilotes de acero y madera), para la perforación de "Pozos Exploratorios" , es una buena solución, por el ahorro considerable en la construcción , la confiabilidad , capacidad resistente y la durabilidad relativa de este tipo de plataformas en función a la probabilidad minima de hallazgo que se tiene en este tipo de pozos.

Pudiendo de esta manera recuperar la totalidad de vigas y arriostres y abandonar una menor cantidad de pilotes de acero en caso de ser un pozo "seco".

- 2.- Para la perforación de pozos de desarrollo si es recomendable la construcción de plataformas integramente con pilotes de acero, por la probabilidad de hallazgo de petroleo casi segura y por la resistencia y durabilidad que es necesario una vez que el pozo entre en proceso de producción.

- 3.- Una forma de ahorrar el volumen de acero a utilizar en la construcción de una plataforma, asi como minimizar la cantidad de tubos que puedan quedar abandonados al determinarse la improductividad del pozo, es utilizar tubos de mayor diametro (Mayor capacidad resistente)

disminuir el numero de pilotes y por ende agrandar la luz existente de las vigas para lo cual seria necesario utilizar vigas mas robustas.

Sin embargo esta alternativa esta restringida por la capacidad de carga de los helicópteros y por la carencia de equipos de manipuleo e izaje en la plataforma.

4.- Los costos que se indican en la construcción de los diferentes tipos de plataformas, son costos unicamente referenciales debido a que en este tipo de proyectos existen factores que se determinarán una vez iniciado la la construcción y cualquier variación en determinados factores influira en los materiales, personal tiempo de ejecución, etc.

5.- De acuerdo al análisis de precio unitario que representa la fabricación de puntas conicas en los pilotes de acero, es recomendable fabricar de todas maneras estas puntas, por el ahorro que representa al tener que hincar mayor longitud de tubo, en caso de no habilitar dichas puntas , (Costo fabricación de punta \$ 14.05 , costo de tuberia \$42 por metro).

6.- Es recomendable utilizar los pilotes a hincar en el presente proyecto como testigos a escala 1:1 , a fin de determinar la calidad y comportamiento de las mismas, en las condiciones severas que serán sometidas , a fin de poder ser utilizados para futuros proyectos.

Por lo que se recomienda identificar el tipo de madera utilizado por cada pilote hincado y llevar un record del comportamiento de los mismos, tambien será necesario determinar las características físicas de los diferentes tipos de madera utilizados.

- 7.- Es necesario fomentar convenios con instituciones especializadas (Universidades, Institutos de investigación) para la ejecución de proyectos de investigación, con el objeto de determinar las especies forestales existentes en la Región Amazonica que puedan ser utilizados en la fabricación de pilotes y metodos de preservación de acuerdo a requerimiento estructural del pilote y las características Fisico - Mecánicas de la especie a usarse.
- 8.- En vista del alto costo que representa el transporte aéreo es imprescindible efectuar un control estricto en cuanto a la programación de vuelos y racionalizar las cargas a volar de tal modo que en su mayoría todas esten en la máxima capacidad disponible de los Helicópteros.

B I B L I O G R A F I A

- 01.- FEODOSIEV, Resistencia de Materiales, Editorial Mir
- 02.- L. SINGER, Resistencia de Materiales.
- 03.- B. ARBULU, Cálculo de estructuras hiperestáticas.
- 04.- JUAN ORTEGA, Manual de estructuras de acero.
- 05.- J.J. HORI ASANO, Diseño de elementos de maquinas
- 06.- ZAVEN DAVIDIAN, Pilotes y cimentación sobre pilotes
- 07.- C. PESHKOVSKI, Producción de estructuras metálicas
- 08.- Manual de la AISC - " Steel Construction"
- 09.- Manual para el diseño de maderas, Acuerdo de
Cartagena
- 10.- Aplicación de la Norma API - 1104 al control de
soldadura con ensayos no destructivos.
- 11.- Revista "Petroleo Internacional" - Agosto 1975
- 12.- Revista "Petroleo Internacional" - Setiembre 1975
- 13.- Catalogo de Martillo Hincapilote DELMAG D5.
- 14.- Catalogo del Equipo TBA 200 - Parker Drilling
- 15.- Manual del Paquete de Software HTPM.
- 16.- Manual del Paquete de Software Symphony.