

41



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

PLATAFORMAS MARINAS, INFRAESTRUCTURA
PARA LA EXPLOTACION DE HIDROCARBUROS
EN LA SONDA DE CAMPECHE, MEXICO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
CARLOS ALBERTO GOMEZ DE LA LUZ

12-9-40

ASESOR: ING. BENJAMIN CONTRERAS SANTACRUZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE
 MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de:
"Plataformas marinas, infraestructura para la explotación de hidrocarburos en la Sonda de Campeche, México".

que presenta el pasante: GOMEZ DE LA LUZ CARLOS ALBERTO
 con número de cuenta: 7693547-5 para obtener el TITULO de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A I E N T A M E N T E
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx, a 25 de abril de 2000.

PRESIDENTE ING. ALFONSO RODRIGUEZ CONTRERAS

VOCAL ING. BENJAMIN CONTRERAS SANTACRUZ

SECRETARIO ING. MARIA DE LA LUZ GONZALEZ QUIJANO

PRIMER SUPLENTE ING. ESTEBAN CORONA ESCAMILLA

SEGUNDO SUPLENTE ING. CASILDO RODRIGUEZ ARCINEGA

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos:

A mi esposa, Carmen Orizaga V., por su apoyo incondicional en los momentos decisivos, y a mis hijos, Carlos Samuel y Carla Renata, que con su presencia me han impulsado a seguir adelante. Mi más profundo amor para los tres.

A mi madre, Ramona de la Luz D., por su labor permanente para que sus hijos seamos más útiles cada día, y a mi padre, Antonio Gómez C., que me enseñó a nunca decir no puedo y nunca decir no sé. A los dos gracias por su apoyo sempiterno.

A mis hermanos, José Antonio, Jorge, Patricia, Ramón y sus respectivas familias, ejemplos de tenacidad y perseverancia.

A todos y cada uno de mis compañeros de trabajo y de mis superiores, que de una u otra manera, me han alentado y contribuido a la conclusión de éste trabajo. La lista es larga, a todos ellos mil gracias, especialmente a la Sra. M^a Elena Fraile, autora de los dibujos, gracias por su paciencia y disposición.

A los miembros del jurado, Ing. ALFONSO RODRIGUEZ C., Ing. BENJAMIN CONTRERAS S., Ing. M^a DE LA LUZ GONZALEZ Q., Ing. ESTEBAN CORONA E. e Ing. CASILDO RODRIGUEZ A., de quienes solo he recibido buena disposición, atinados comentarios para el mejoramiento de éste trabajo y prestancia en su revisión. Agradezco especialmente al Ing. BENJAMIN CONTRERAS S., por haber conducido ésta tesis. Hago extensivo éste agradecimiento a mi Facultad la F.E.S. Cuautitlán, a la Universidad en su conjunto y a quienes dirigen sus destinos con dignidad y vocación, es una labor encomiable y trascendente para nuestra sociedad y nuestro país.

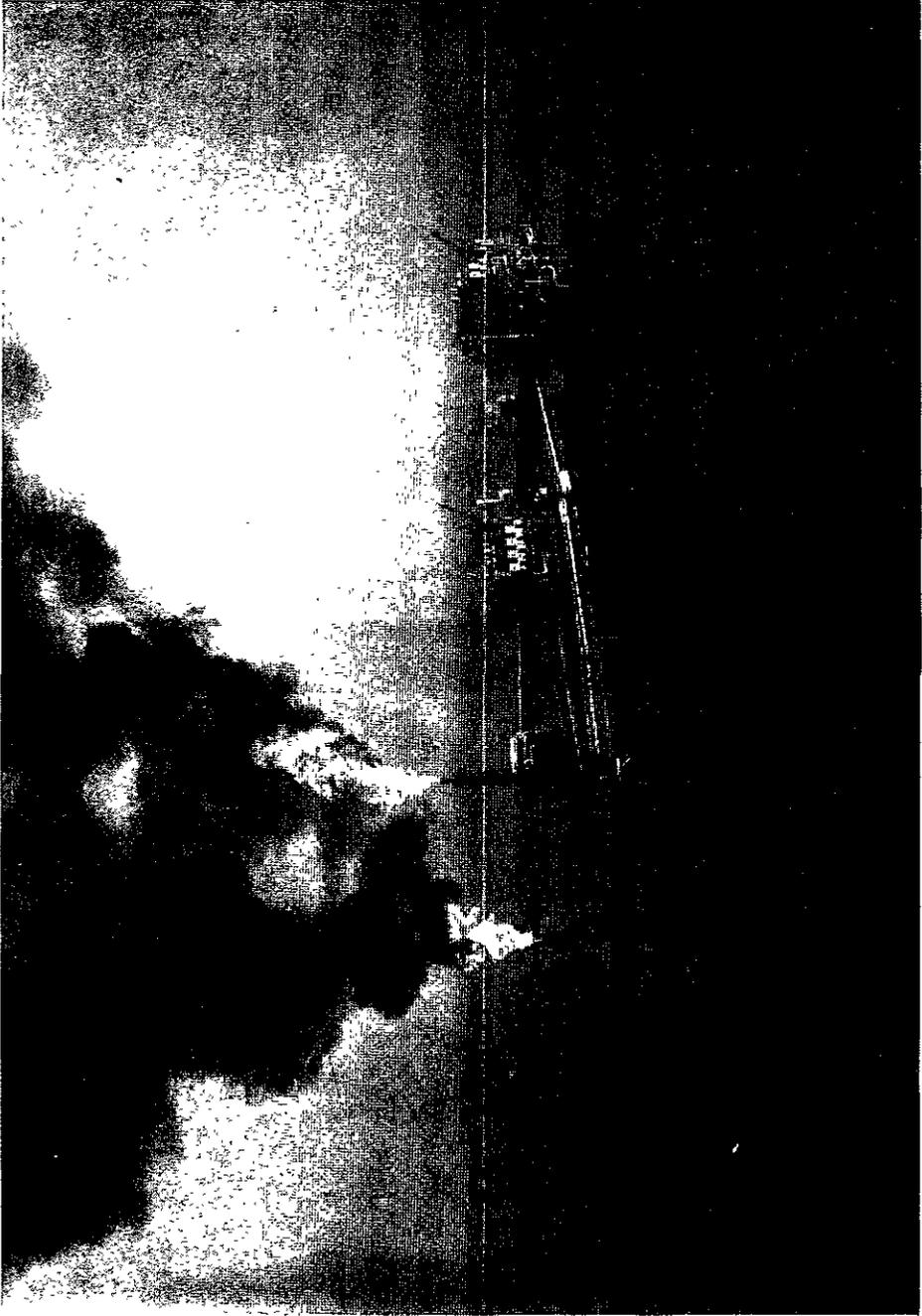
Finalmente, a todas aquellas personas que en algún momento de mi vida me han ayudado a ser mejor, les doy las gracias, recuerdo a muchas.

"Si mucho es lo que recibimos del país, mucho más es lo que debemos darle. Hay un único privilegio que reconocemos tener (los Universitarios): el de servir al pueblo del que somos parte; por ello, ni la Universidad ni sus Autoridades pueden ser instrumentos de partidos, facciones o grupos. El nuestro es un deber más profundo que el creado por las circunstancias o las ambiciones. La Universidad tiene una misión principal: formar hombres; educarlos; hacerlos útiles a México. Los jóvenes lo saben, los maestros lo enseñan, los trabajadores colaboran en esta vasta tarea".

-Fragmento de la respuesta de Javier Barros Sierra
(26 de septiembre de 1968) a la Junta de Gobierno,
aceptando seguir en la Rectoría de la UNAM-

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION	7
CAP. 1 ANTECEDENTES GENERALES	17
1.1 DESCRIPCION Y EXPLOTACION DE LOS YACIMIENTOS PETROLIFEROS DE LA SONDA DE CAMPECHE	21
1.2 LAS PLATAFORMAS MARINAS Y EL APROVECHAMIENTO DE LOS PETROLIFEROS DE LA SONDA DE CAMPECHE	23
1.3 LA PLATAFORMA DE PRODUCCION PERMANENTE "ABKATUN 1-A"	26
CAP. 2 DESCRIPCION GENERAL DE LA PLATAFORMA ABKATUN 1-A	32
2.1 CONFIGURACION DE LA SUPERESTRUCTURA	34
2.2 CONFIGURACION DE LA SUBESTRUCTURA	35
2.3 PROCESOS PRINCIPALES	39
2.4 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y PROTECCION CONTRA INCENDIO	51
CAP. 3 DESCRIPCION Y OPERACION DEL SISTEMA ELECTRICO	70
3.1 CLASIFICACION DE AREAS	70
3.2 RED DE TIERRAS	75
3.3 SISTEMA DE GENERACION, DISTRIBUCION DE FUERZA Y CONTROL	79
3.4 PROTECCIONES A EQUIPOS	90
3.5 SISTEMA DE ALUMBRADO	94
CAP. 4 CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO TRIFASICAS	107
4.1 ANALISIS DE CARGAS Y DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	108
4.2 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS NOMINALES DE LOS EQUIPOS	115
4.3 SELECCION DEL METODO DE CALCULO Y VALORES BASE	120
4.4 CALCULO DE REACTANCIAS P.U. DE LOS COMPONENTES	121
4.5 CALCULO Y RESUMEN DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO	125
CAP. 5 CONSERVACION DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS	144
5.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	146
5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	162
5.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	171
5.4 EVALUACION Y ARCHIVO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO	173
CAP. 6 CONCLUSIONES	175
BIBLIOGRAFIA	181
ANEXO 1 INSTALACION DE PLATAFORMAS MARINAS	183
ANEXO 2 ACIDO SULFHIDRICO	191
ANEXO 3 BREVE HISTORIA DEL PETROLEO	199



COMPLEJO DE PRODUCCION ABKATUN A

INTRODUCCION

El estado actual del sistema energético mundial está marcado por el dominio del petróleo. El desarrollo alcanzado hasta nuestros días reposa en el rápido crecimiento que este flujo de "oro negro" ha tenido en estos últimos tiempos.

Por ser un recurso no renovable y en base a que el consumo mundial de petróleo crece con una rapidez extraordinaria, las reservas probadas de petróleo actuales, aseguran el consumo mundial a corto y mediano plazo; para satisfacer este consumo de energía (vía petróleo) a largo plazo, será necesario descubrir nuevos yacimientos, optimizar la explotación de los actuales, así como reexplotar los que en el pasado fueron subexplotados por carecer de la tecnología con la que se cuenta en la actualidad.

El petróleo tiene en la actualidad, sin lugar a dudas, un

papel relevante, ya sea como proveedor de energía o como materia prima -en un destino más rentable- para la industria de los petroquímicos.

Nuestro país, con una larga historia petrolera, posee en la actualidad grandes recursos petrolíferos, gracias a descubrimientos recientes de importantes yacimientos localizados mar adentro, en la plataforma continental que rodea a la península de Yucatán; específicamente en la zona conocida como la "Sonda de Campeche", ubicada a 80 km. frente a las costas de la Isla del Carmen, Campeche. Dichos yacimientos aportan aproximadamente el 74% de la producción nacional de petróleo y por su ubicación son explotados por medio de "Plataformas Marinas".

Las plataformas marinas son estructuras de acero de forma irregular, que cumplen con diferentes funciones, como son: de exploración, perforación, producción, enlace, rebombeo, almacenamiento de diesel, compresión de gas, así como habitacionales (hotel) para los trabajadores que tienen que permanecer 14 días en sus labores en el mar y 14 en "tierra" fuera de servicio.

A partir de la confirmación de la potencialidad petrolífera de la Sonda de Campeche, en junio de 1977, la industria petrolera mexicana tuvo un crecimiento sin precedente en su historia reciente. La explotación inicial de los recursos petroleros de esta zona representó todo un reto para la industria en aquellos años. Por la ubicación de los pozos productores -en el mar-, no se disponía en el momento de la

infraestructura adecuada para su pronta explotación.

Pemex (Petróleos Mexicanos) había iniciado hacia el año de 1965 la exploración de yacimientos marinos, frente a las costas de Tampico, Tamaulipas y posteriormente explotó, por medio de plataformas marinas, dichos yacimientos, de los cuales hasta la fecha algunos producen.

Como una solución inmediata para satisfacer las necesidades de infraestructura - plataformas de perforación y producción - en la Sonda de Campeche, se tomaron algunas de estas plataformas -previa rehabilitación- para iniciar la explotación de estos importantes yacimientos petrolíferos. Así mismo se reunieron técnicos y obreros que contaban con experiencia en el manejo de estas instalaciones que, aunque no suficientes, podían dar inicio a esta vasta tarea y paralelamente preparar más personal para las necesidades futuras.

En el lapso de 2 años, en junio de 1979, se iniciaba la explotación comercial de estos recursos, con la incorporación de nuevos pozos productores cada año. Técnicos, obreros, ingenieros y directivos de Pemex iniciaban una larga historia caracterizada por múltiples obstáculos; falta de personal calificado, incertidumbre en el comportamiento de pozos e instalaciones, falta de procedimientos, planes y programas ad hoc en casi todas las áreas, instalaciones inadecuadas para el descanso, la higiene y el esparcimiento del personal; estos, por mencionar algunos, fueron aspectos que se hicieron patentes en la incipiente explotación de los recursos petrolíferos de la Sonda de Campeche.

En una región tan vasta, sin duda la más importante en la actualidad, en cuanto a producción e incorporación de reservas a futuro, queda mucho por decir y más que nada por hacer; y por hacer más y mejor cada día; ésta sigue siendo nuestra tarea.

En lo personal, me sume a las labores de las plataformas marinas en junio de 1981, recién egresado en mayo del mismo año de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, fui adscrito a la sección de Electromecánica -en su momento a cargo del Ing. Adalberto Vega Soto- perteneciente al Departamento de Mantenimiento y Servicios Auxiliares, donde me asignaron a una plaza de ayudante de Ingeniero de Mantenimiento Eléctrico en el Complejo de Producción "Akal J". Laboré en el área de mantenimiento eléctrico aproximadamente dos años, de 1981 a 1983, ocupando eventualmente la jefatura de mantenimiento eléctrico en el complejo Akal J y, hacia el final del período en la plataforma de Rebombéo. Fueron dos años de trabajo intenso, participativo y enriquecedor; de iniciación al conocimiento de las instalaciones y de sus primeras estructuras organizativas.

Hacia marzo de 1983, se me dió la oportunidad de incursionar en una área de reciente creación en la Región Marina: el Depto. de Sistemas de Medición -que más adelante se convertiría en Superintendencia-, a cargo del Ing. Francisco Vázquez Vasco. Con un reducido grupo, se dieron los primeros pasos para organizar los aspectos técnico y administrativo, para llevar a cabo una medición de hidrocarburos - crudo y gas - confiable y sistematizada. Se calcularon y seleccionaron los equipos para efectuar la medición del gas natural de las

diferentes plataformas que se encontraban en producción y en las cuales el aprovechamiento de este recurso aumentaba cada día -en un principio casi todo el gas se "quemaba"-, por lo cual se tenía la urgencia de contabilizar este producto.

En cuanto al crudo, se adecuaron a las condiciones propias de los yacimientos de la región, los equipos de medición que tenían instalados las diferentes plataformas de producción, ya que en algunas los rangos de temperatura de los pozos superaban el rango de operación de los instrumentos.

De 1983 a 1987 laboré a bordo del "barco cautivo" Venture Europe, de la compañía Conoco -rentado por Pemex-, el cual se utilizaba como barco cisterna, con una capacidad de 2'000,000 de barriles, para trasegar crudo de exportación a buques tanques acoderados a su costado, en el área de la Terminal Marítima "Cayos Arcas". Aquí tenía la responsabilidad del área de operación de los sistemas de medición de Crudo de Exportación. Durante el lapso de tiempo señalado me encargue de mantener una operación confiable y segura de los equipos de medición instalados a bordo del barco cautivo, en coordinación con los oficiales de dicho barco. Así mismo, tuve la satisfacción de participar en la elaboración del programa de mantenimiento preventivo a los equipos de medición instalados; programa que en la actualidad, con las adecuaciones y perfeccionamientos que ha dado la experiencia, todavía se aplica.

En el año de 1987 se concluyó la instalación de 2 "paquetes" de medición de crudo de exportación -con cinco "trenes" de medición cada paquete-, a bordo de la plataforma de

medición "Cayos Arcas", contigua - a 5 km. aproximadamente - al barco cautivo. Próximo el término del contrato del barco cautivo, urgía poner en operación estos equipos, ya que a bordo de la plataforma -propiedad de Pemex- se efectuaría en lo futuro, la cuantificación de los volúmenes de exportación de aceite crudo (crudo tipo "maya"), derivados hacia los buques tanques. En la inspección previa del equipo instalado, se encontraron partes sumamente dañadas, sobre todo en los medidores de desplazamiento positivo (P.D. Meter, por sus siglas en inglés), amén del mantenimiento que obviamente requería un equipo almacenado a la intemperie por casi tres años, previos a su utilización. Tuve la oportunidad de participar en la rehabilitación general de estos equipos -en su momento poco conocidos en la Región Marina-, en las pruebas de arranque, en su certificación internacional (de exactitud) por la cía. SGS Redwood, y en su puesta en marcha para operación continua. En mayo de 1988 se iniciaron, oficialmente, las operaciones de medición a volúmenes de exportación, en la plataforma y Terminal Marítima "Cayos Arcas". Posteriormente, se instalaría un tercer paquete de medición (recuperado del barco cautivo) para contar con tres paquetes de medición en total con una capacidad de medición de exportación de 1'500,000 bls./día. De 1988 a la fecha me he mantenido a cargo del área operativa de los Sistemas de Medición a bordo de la plataforma mencionada, compartiendo la responsabilidad con un relevo en jornadas de 12 x 12 hrs. (12 de trabajo por 12 de descanso a bordo de la plataforma) y etapas de trabajo de 14 x 14 días (14 de trabajo a bordo por 14 de

descanso en "tierra"). Los sistemas de medición se han mantenido operando en forma confiable, segura y dentro de los márgenes de exactitud que marcan los estándares internacionales que rigen a la industria del petróleo.

En la actualidad el área de medición se encuentra adscrita a la Subgca. de Transporte y Distribución de Aceite, a cargo del Ing. David Herrera Ruiz, perteneciente a la Coordinación Técnica Operativa de la Subdirección de la Región Marina Noreste -todos con sede en Cd. del Carmen, Campeche-. Formamos parte del organismo Pemex Exploración y Producción, cuya dirección tiene su sede en la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

Hay mucho más que decir del área en la que actualmente me desempeño, pero esto estaría fuera del alcance del presente trabajo; Quiero señalar que esta reseña previa fué con la finalidad de ubicarnos en los orígenes del mismo, el cual surge en mi etapa de iniciación al conocimiento de las plataformas marinas, como lo dije anteriormente, allá por los años de 1981-83. La motivación inicial fué -y sigue siendo- dar a conocer lo poco conocido: las plataformas marinas y su utilización en la explotación de hidrocarburos en el mar. Es necesario decir que en lo personal no participé en ninguno de los aspectos de diseño, cálculos, construcción, instalación y otros de estas instalaciones; sin embargo, tuve la oportunidad de poner en marcha, operar y mantener algunos de sus sistemas y si algún mérito llegase a tener el presente trabajo, será el prestado por la experiencia de muchos compañeros supervisores, obreros y superiores con los que he colaborado y que gracias a ellos, en

gran medida, fué posible plasmar esta parte de mi experiencia profesional.

Por último, antes de iniciar la descripción de cada capítulo, es necesario precisar lo siguiente: las unidades de medida empleadas a lo largo de este trabajo, se utilizan como "nombres" (son parte de la jerga del área de plataformas marinas y en general de la industria petrolera nacional y mundial); por ejemplo, cuando se dice: "nivel 52", se refiere a la 1^a cubierta de la plataforma (la razón de ser es que dicha cubierta se encuentra a 52 pies del nivel medio del mar -N.M.M.-, que es el nivel 0, todo esto medido en pies). O cuando nos referimos a volumen, utilizamos "barriles" en el crudo - veáse anexo 3 - y pies cúbicos en el gas. De antemano es sabido que el sistema de unidades que por conferencias internacionales se ha adoptado es el Sistema Internacional de Unidades o Sistema S.I., fundado en el uso de seis unidades fundamentales: metro (longitud), kilogramo (masa), segundo (tiempo), amperio (intensidad de la corriente eléctrica), grado Kelvin (temperatura absoluta) y candela (intensidad luminosa). Todas las demás unidades se derivan de éstas y pueden ser definidas recurriendo a ellas.

En el capítulo 1 se dan a conocer los antecedentes de la explotación de hidrocarburos en el mar en México, así como los inicios de la exploración y explotación de los yacimientos petrolíferos de la Sonda de Campeche. Se describen las funciones que desempeñan los diferentes tipos de plataformas. El principal apoyo bibliográfico para la realización de éste capítulo, así como del anexo 1, fué el trabajo llamado "Instalación de

Plataformas Marinas", veáse bibliografía.

El capítulo 2 corresponde al estudio detallado de la plataforma Abkatún 1-A, en tres grandes aspectos: Configuración Estructural, Procesos y Sistemas de Seguridad.

En los tres capítulos siguientes se trata el Sistema Eléctrico de la plataforma, por la importancia del mismo en el funcionamiento de los procesos principales; el sistema eléctrico asiste, sin excepción, a todos los demás sistemas.

En el capítulo 3 se describe como está constituido el sistema eléctrico de la plataforma en sus aspectos más relevantes y la filosofía de operación del mismo, así como la normatividad nacional e internacional a la que estuvo sujeto para diseño, construcción y operación, por encontrarse en un ambiente corrosivo y peligroso.

En los capítulos 2 y 3 el apoyo bibliográfico mayor le correspondió a la obra: "Libro de Proyecto de Plataforma de Producción Permanente Abkatún 1-A" por Desarrollo de Ingeniería Integral, S.A. de C.V./Proyectos Marinos (contrato PM 0021), en 39 tomos.

El capítulo 4 muestra los pasos a seguir para calcular las corrientes de corto circuito trifásicas del sistema, con la finalidad de observar el comportamiento de los dispositivos protectores de sobrecorriente de los diferentes equipos (generadores, transformadores, motores, etc.) durante su operación normal y durante las fallas. Los cálculos fueron tomados del trabajo: "Plataforma de Producción Permanente Abkatún A, estudio de coordinación de los dispositivos de

protección de sobrecorriente", elaborado por la Cía. Desarrollo de Ingeniería Integral, S.A. de C.V. en 1986, para la Superintendencia de Producción, Región Marina. Es un estudio preliminar en el cual algunos valores son supuestos y no necesariamente corresponden con los de operación del sistema eléctrico de la plataforma; se utiliza con la finalidad de mostrar los pasos a seguir para la determinación de las características nominales de los equipos (apartado 4.2) y de las corrientes de corto circuito (apartado 4.5).

El capítulo 5 muestra el Sistema de Mantenimiento que se ha desarrollado en las plataformas marinas por personal especializado, para conservar los equipos eléctricos, mecánicos y otros en general, en una lucha constante contra un ambiente marino altamente corrosivo y peligroso. El capítulo está sustentado, básicamente, por la obra: "Sistema de Mantenimiento Programado a Equipos Eléctricos" por Pemex, Suptcia. de Producción, 1980, Cd. del Carmen, Campeche.

Además del apoyo bibliográfico señalado, para el desarrollo de los capítulos anteriormente citados, estos se han sustentado en infinidad de información documental y de campo.

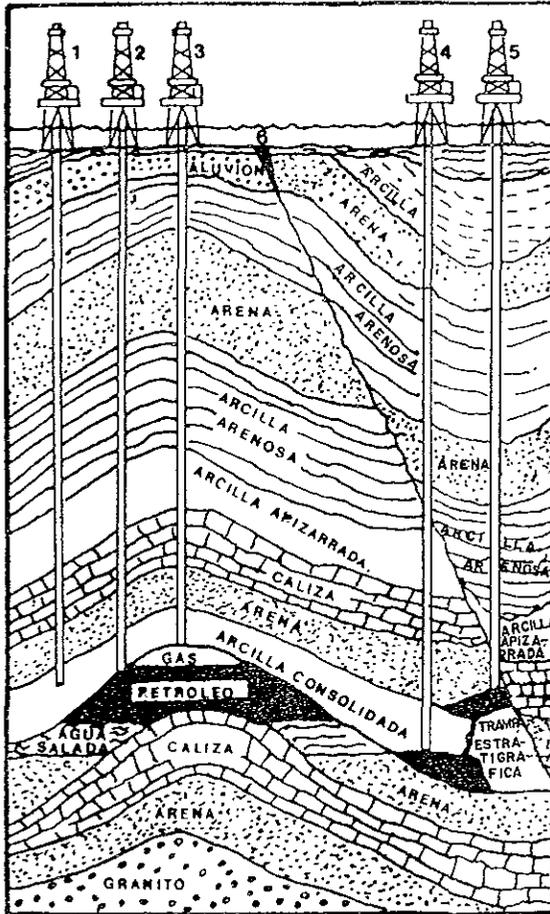
Para terminar, en el capítulo 6 se analizan en retrospectiva, los cambios ocurridos en las plataformas marinas, que en la actualidad cuentan con muchos de los avances que la tecnología moderna ha desarrollado.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES GENERALES

Hacia el año de 1965, México inicio por primera vez la exploración de yacimientos de hidrocarburos en el mar, frente a las costas de Tampico, Tamps. El resultado de estas exploraciones fué muy satisfactorio, lo que determino que se decidiera iniciar la perforación de estos yacimientos con PLATAFORMAS MARINAS FIJAS. Se instalaron 10 plataformas y su trabajo fué todo un éxito, a tal grado que un solo pozo alcanzo la producción de 26000 BPD. Actualmente algunas de estas plataformas se encuentran en producción.

Estudios de exploración efectuados en el año de 1972, en las zonas costeras sumergidas de las aguas del Golfo de México, encontraron estructuras geológicas -fig. 1.1- con posibilidades de contener hidrocarburos; concretamente, en la plataforma continental que rodea a la Península de Yucatán, que se extiende



- POZO 1: IMPRODUCTIVO
 POZO 2: GRAN PRODUCTOR DE PETROLEO
 POZO 3: GRAN PRODUCTOR DE PETROLEO Y GAS
 POZO 4: GRAN PRODUCTOR DE PETROLEO POR POCO TIEMPO
 POZO 5: GRAN PRODUCTOR DE PETROLEO POR POCO TIEMPO
 6: AFLORACION DE GILSONITA (CHAPOPOTERA)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I. M. E.	TESIS PROFESIONAL
CORTE GEOLOGICO DE UN YACIMIENTO PETROLIFERO	
DELUJO	CGDL FIG. 1.1

al norte y poniente de la península, en una superficie de más de 170000 km².

En el año de 1974, Petroleos Mexicanos inició con una Barcasa, la perforación del primer pozo exploratorio llamado "CHAC N^o 1", obteniendo resultados positivos. En el año de 1976 se concluyeron las pruebas de producción de éste pozo, cuantificándose en 950 BPD. El 9 de junio de 1977, se concluyo la perforación del segundo pozo exploratorio, el "BAKAB N^o 1", a una profundidad de 3382 mts., resultando productor de petróleo y gas. Con la perforación del pozo "AKAL N^o 1", el 13 de junio de 1977, se confirmo la potencialidad petrolífera de la Sonda de Campeche.

De los 21000 km² que comprenden el área explorada hasta la fecha, por medio de trabajos de sismología, 700 km² corresponden a la superficie que abarcan las estructuras en las que se ha concentrado el desarrollo; dichas estructuras se encuentran localizadas a 80 km. frente a las costas de la Isla del Carmen -fig. 1.2-, en el estado de Campeche.

Los principales Campos Productores de Hidrocarburos descubiertos, a los cuales se les han dado nombres Mayas, son: CHAC (Dios de la Lluvia), BACAB (Columna), AKAL (Pozo de Lodo), ABKATUN (Veinte Piedras Calientes), MALOOB (Bueno), NOHOCH (Grande), KU (Dios), IXTOC (Pedernal), KUTZ (Tabaco), HA (Hondo), POL (Cabeza), EK (Estrella), CHUC (Carbón Vegetal), ZAZIL HA (Agua Blanca), PICH (Chaparro), CAAN (Serpiente), BATAB (Hombre Blanco); en el orden en que fueron descubiertos.

1.1 DESCRIPCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS PETROLÍFEROS DE LA SONDA DE CAMPECHE.

La explotación de los yacimientos de la Sonda de Campeche se inició en junio de 1979, a partir de esta fecha, en ésta área se ha establecido un crecimiento sin precedentes en la industria petrolera mexicana. Es importante hacer notar que los yacimientos en los que se ha concentrado el desarrollo, se dividen en dos grupos bien definidos; al noreste, los productores de "Aceite Pesado" con gravedad específica de 20 a 24 °API y, al suroeste, los productores de "Aceite Ligero" de 25 a 39 °API. El crudo de mayor calidad es el producido por los campos Chuc, Pol y Abkatún, productores de Aceite Ligero denominado "Itsmo". Los campos Cantarell, Ku y Nohoch, son productores de Aceite Pesado denominado "Maya", fig. 1.2 y 1.3.

Actualmente se producen 1'996,000 BPD., de los cuales 1'218,000 BLS. son de aceite pesado y 778,000 BLS. de aceite ligero; además de 1,379 millones de ft^3 de gas diarios. Aproximadamente el 74% de la producción nacional de petróleo crudo y el 38% de gas natural, proceden de la Zona Marina.

El aumento de las Reservas Probadas de petróleo en México, se debe en gran parte a las descubiertas en la Sonda de Campeche, que representan actualmente el 48% de la reserva total del país, que es de 62058 millones de barriles.

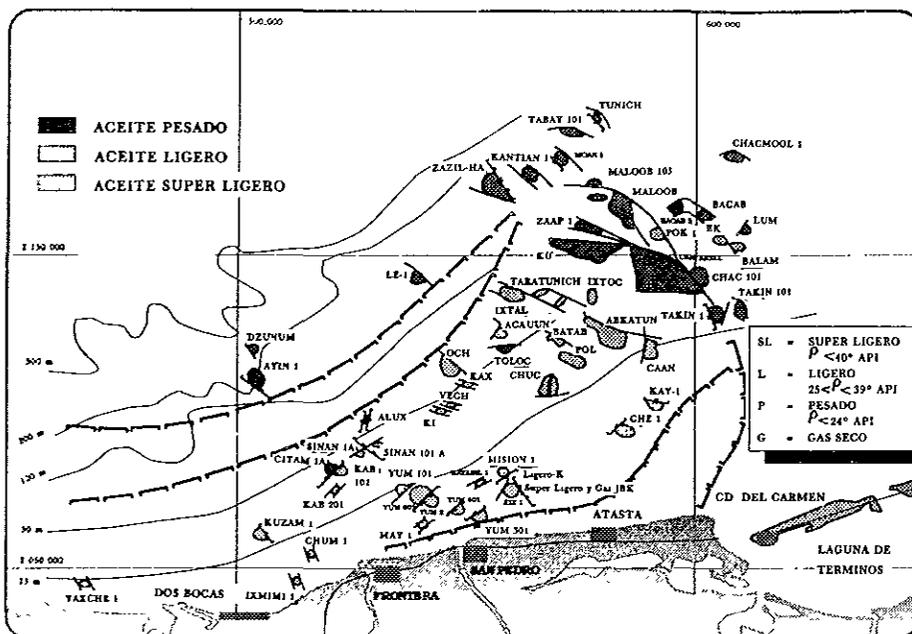


Fig. 1.3 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS DE LA REGION MARINA

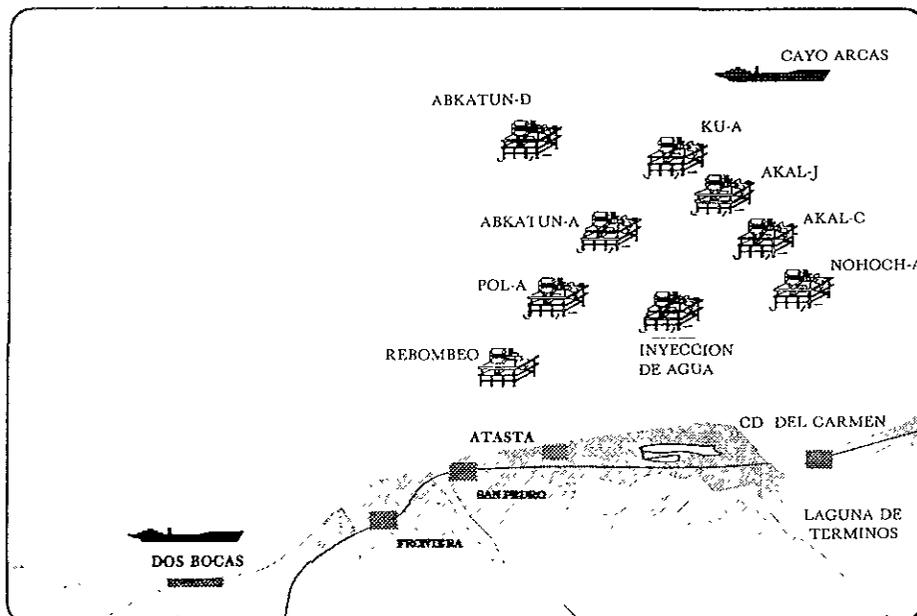
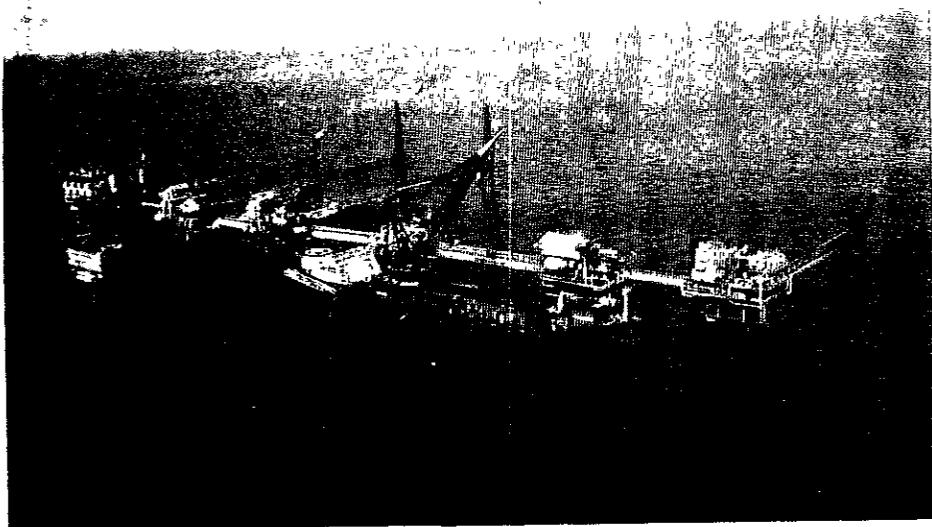


Fig. 1.4 INSTALACIONES DE PRODUCCION DE LA REGION MARINA

1.2 LAS PLATAFORMAS MARINAS Y EL APROVECHAMIENTO DE LOS PETROLIFEROS DE LA SONDA DE CAMPECHE.

Para el aprovechamiento del petróleo, se encuentran en operación ocho "Complejos de Producción", que son: "Akal C", "Akal J", "Nohoch A", "Abkatún A", "Pol A", "Abkatún D", "Ku A" y "Ku H".



Complejo de Producción "Akal J"

Se llama Complejo de Producción, al conjunto de plataformas que se instalan próximas e interconectadas por medio de puentes; estas plataformas son: de Perforación, de Enlace, de Producción, de Compresión de Gas, de Telecomunicaciones y Habitacional -veáse Cuadro 1.1-.

Para el transporte de los hidrocarburos se han tendido en el mar, aproximadamente, 1800 km. de tuberías, cuyos diámetros

CUADRO 1.1

CLASIFICACION DE PLATAFORMAS MARINAS

DE ACUERDO A SU FUNCION

TIPO DE PLATAFORMA	FUNCION
PRODUCCION TIPO A (PERMANENTE)	Explotación de pozos petrolíferos. Cuenta con los sistemas siguientes: - Separación y compresión (envío a tierra) del gas asociado al crudo. - Deshidratación y bombeo (envío a tierra) del petróleo crudo separado.
PRODUCCION TIPO B (TEMPORAL)	Explotación de pozos petrolíferos. Cuenta con los sistemas siguientes: - Separación del gas asociado al petróleo crudo. - Bombeo (envío a tierra) del petróleo crudo separado.
ENLACE	Interconexión de oleoductos, gasoductos y oleogasoductos, para su derivación a donde lo requiera el manejo del hidrocarburo.
PERFORACION (AUTOELEVABLE)	Perforación de pozos petrolíferos "exploratorios", con capacidad de navegación.
PERFORACION (FIJA)	Perforación de pozos petrolíferos de "desarrollo", con capacidad de perforación de hasta 12 pozos.
COMPRESION DE GAS	Compresión y "endulzamiento" del gas separado del petróleo crudo. Cuenta con los sistemas siguientes: - Recolección y compresión del gas separado del petróleo crudo. - Suministro de gas combustible ("endulzado") para servicios auxiliares propios de cada complejo de producción.
HABITACIONAL	Proporcionar al personal los servicios inherentes de una vivienda, como son: comedor, dormitorios, sanitarios, áreas recreativas, lavandería, cocina, etc.; así como oficinas y consultorio médico.
HABITACIONAL (SEMI-SUMERGIBLE)	Id. anterior, con capacidad de navegación.

cuadro 1.1 (continuación)

TIPO DE PLATAFORMA	FUNCION
TELECOMUNICACIONES	<p>Proporcionar y controlar los diversos sistemas de comunicación requeridos en las diferentes actividades de explotación de los hidrocarburos, como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comunicación telefónica vía microondas (facsimilar y terminales de datos). - Comunicación radioeléctrica (radios VHF, UHF y Banda Lateral). - Sistema de Vigilancia por Radar. - Sistema de ayuda a la navegación marítima (RACON). - Sistema de ayuda a la navegación aérea (Radio faro). - T.V. vía satélite.
INYECCION DE AGUA	<p>Inyección de agua -tratada químicamente- en yacimientos, para la recuperación de hidrocarburos de pozos no-fluyentes (con presión natural) o en proceso de declinación.</p>
MANTENIMIENTO (SEMI-SUMERGIBLE)	<p>Proporcionar servicios de mantenimiento integral a complejos de producción, interviniendo en forma programada áreas diversas, como son: Protección anticorrosiva (pintura), modificaciones estructurales, sistemas de aire acondicionado, etc.</p>
MEDICION	<p>Cuantificar los volúmenes de exportación de petróleo crudo cargado a buquetanques.</p>
REBOMBEO	<p>Incrementar la presión en los oleoductos de transporte a tierra, cuando las distancias así lo requieran.</p>
TRIPODE	<p>Estructura de tres patas para incorporar a la producción pozos exploratorios. Con capacidad para un pozo.</p>
TETRAPODO	<p>Estructura de cuatro "patas" para incorporar a la producción pozos exploratorios. Con capacidad para tres pozos.</p>
HEXAPODO	<p>Estructura de seis "patas" para incorporar a la producción pozos exploratorios. Con capacidad para seis pozos.</p>

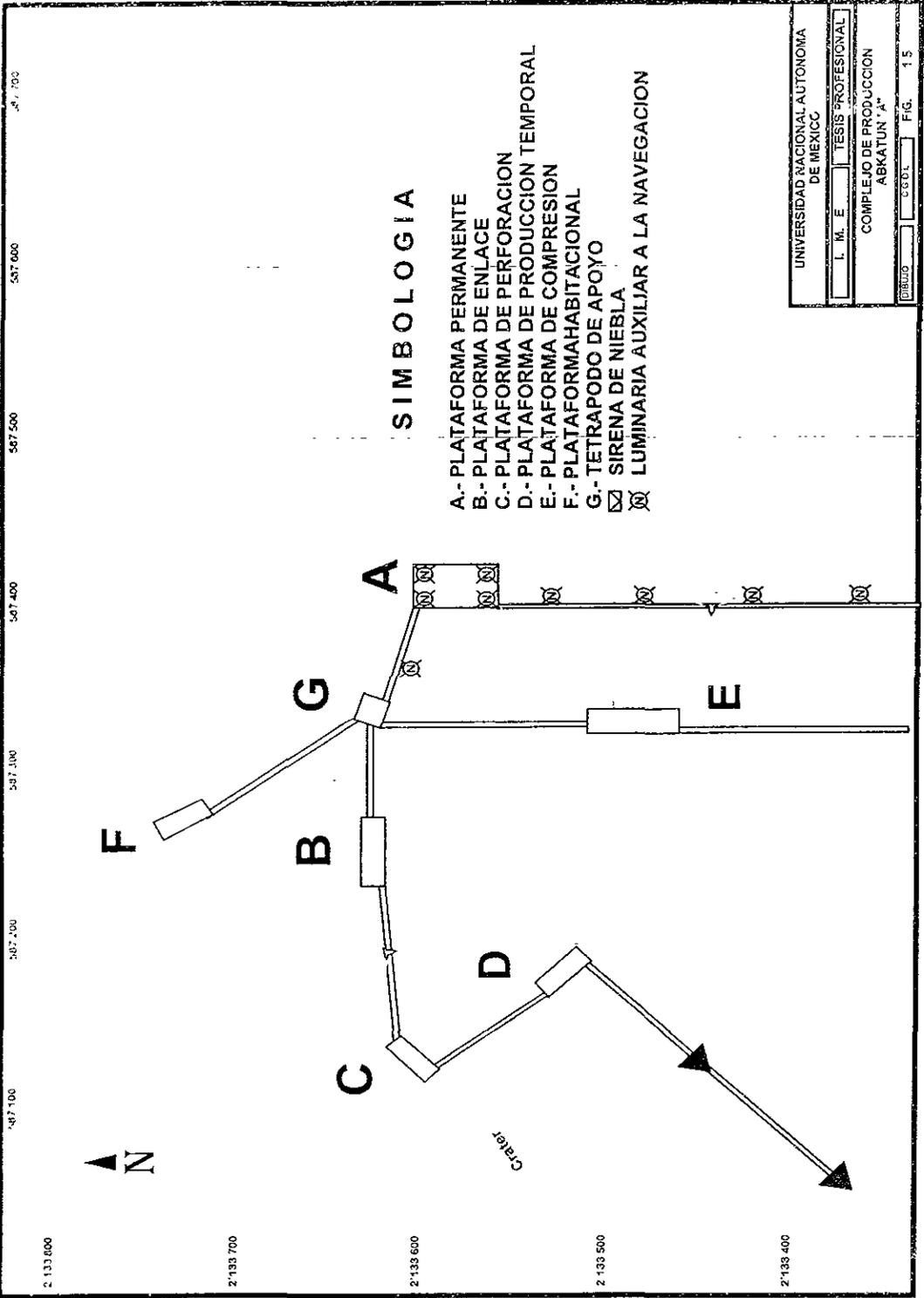
varían entre 14" y 48".

El petróleo crudo separado del gas se envía a las Terminales de "Dos Bocas", Tabasco y "Cayo Arcas", Campeche - fig. 1.4-; a Dos Bocas por medio de tres oleoductos de 36" de diámetro por 160 km. de longitud, partiendo cada uno de los complejos de Akal C, Akal J y Nohoch A; y a Cayo Arcas por medio de dos oleoductos de 36" de diámetro por 80 km. de longitud, que se inician en Akal J. Tanto en Dos Bocas como en Cayo Arcas, el petróleo crudo se carga a buquetanques para exportación, por medio de "Monoboyas Flotantes". De la Terminal de Dos Bocas, Tabasco, el crudo continúa su distribución -a través de la Red de Oleoductos- hacia otros centros del sistema petrolero, como son: Terminales Marítimas, Refinerías y Complejos Petroquímicos.

1.3 LA PLATAFORMA DE PRODUCCION PERMANENTE ABKATUN 1-A.

La plataforma de Producción Permanente Abkatún 1-A - Plataforma de Producción Tipo A- está localizada en el Golfo de México, específicamente en la Bahía de Campeche, en las coordenadas: 19°-22'-56" N y 91°-58'-55" W -fig. 1.2-. Pertenece al complejo de producción Abkatún A y el norte de la plataforma está dado en el sentido longitudinal de la misma, fig. 1.5.

La plataforma consta de dos estructuras principales: la Superestructura -"Deck"- y la Subestructura -"Jacket"-. La superestructura está destinada a contener las instalaciones de producción. Consta de tres cubiertas principales, la primera en elevación (+) 52'-0"; la segunda en elevación (+) 82'-0" y la tercera, en elevación (+) 119'-8". Las cubiertas están



SIMBOLOGIA

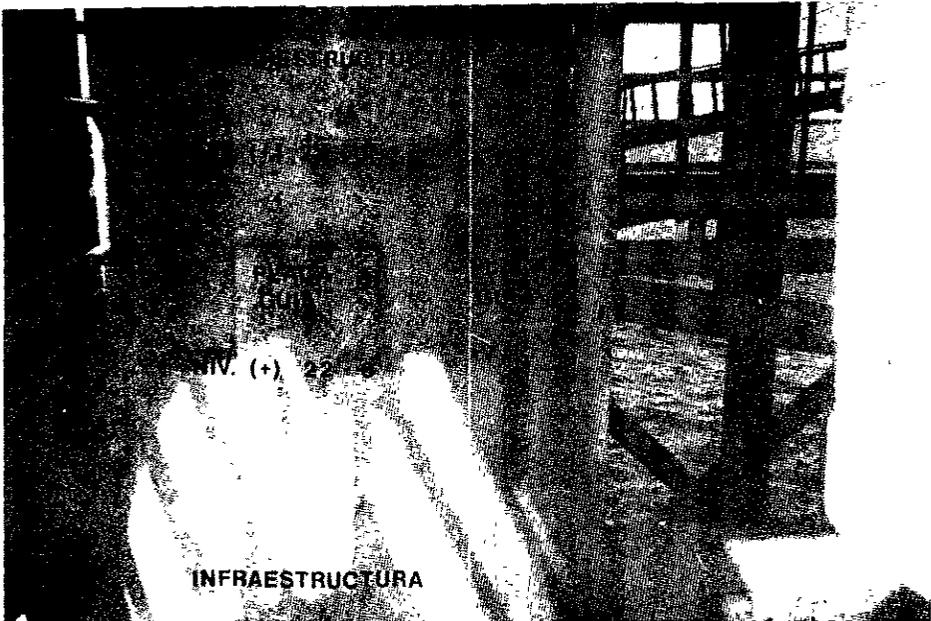
- A.- PLATAFORMA PERMANENTE
- B.- PLATAFORMA DE ENLACE
- C.- PLATAFORMA DE PERFORACION
- D.- PLATAFORMA DE PRODUCCION TEMPORAL
- E.- PLATAFORMA DE COMPRESION
- F.- PLATAFORMA HABITACIONAL
- G.- TETRAPODO DE APOYO
- ☒ SIRENA DE NIEBLA
- ☒ LUMINARIA AUXILIAR A LA NAVEGACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I. M. E.	TESIS PROFESIONAL
COMPLEJO DE PRODUCCION ABKATUN, A.	
UNIVERSIDAD	FIG. 15

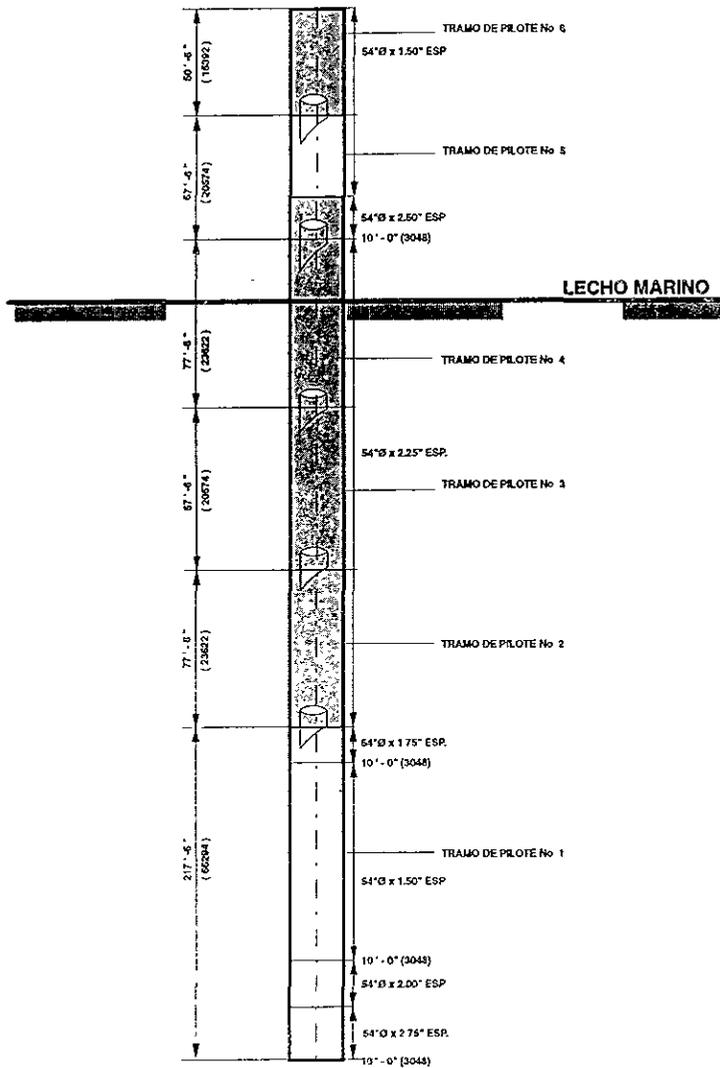
soportadas por columnas de 54" \emptyset , que a su vez se apoyan en pilotes, cuya estabilidad es proporcionada por la subestructura.

La subestructura, en combinación con los pilotes, integran el soporte de la plataforma; está compuesta por doce columnas ("piernas") de 59" \emptyset , ligadas entre sí por contravientos diagonales y horizontales, que le brindan la estabilidad necesaria.

Las columnas de la subestructura -cuya función principal es la de hacer posible el hincado de los pilotes- contienen en su interior a los pilotes y a una serie de placas-guía para los mismos, cuya función es la de transmitir cargas laterales. El conjunto de pilotes tiende a ser convergente con el fin de obtener estabilidad del conjunto mediante el trabajo axial del pilote.



PLACAS GUIA DE UN PILOTE



S I M B O L O G I A

ACERO ALTA
RESISTENCIA
A-537 Gr 1



ACERO
ASTM - A36



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I. M. E.

TESIS PROFESIONAL

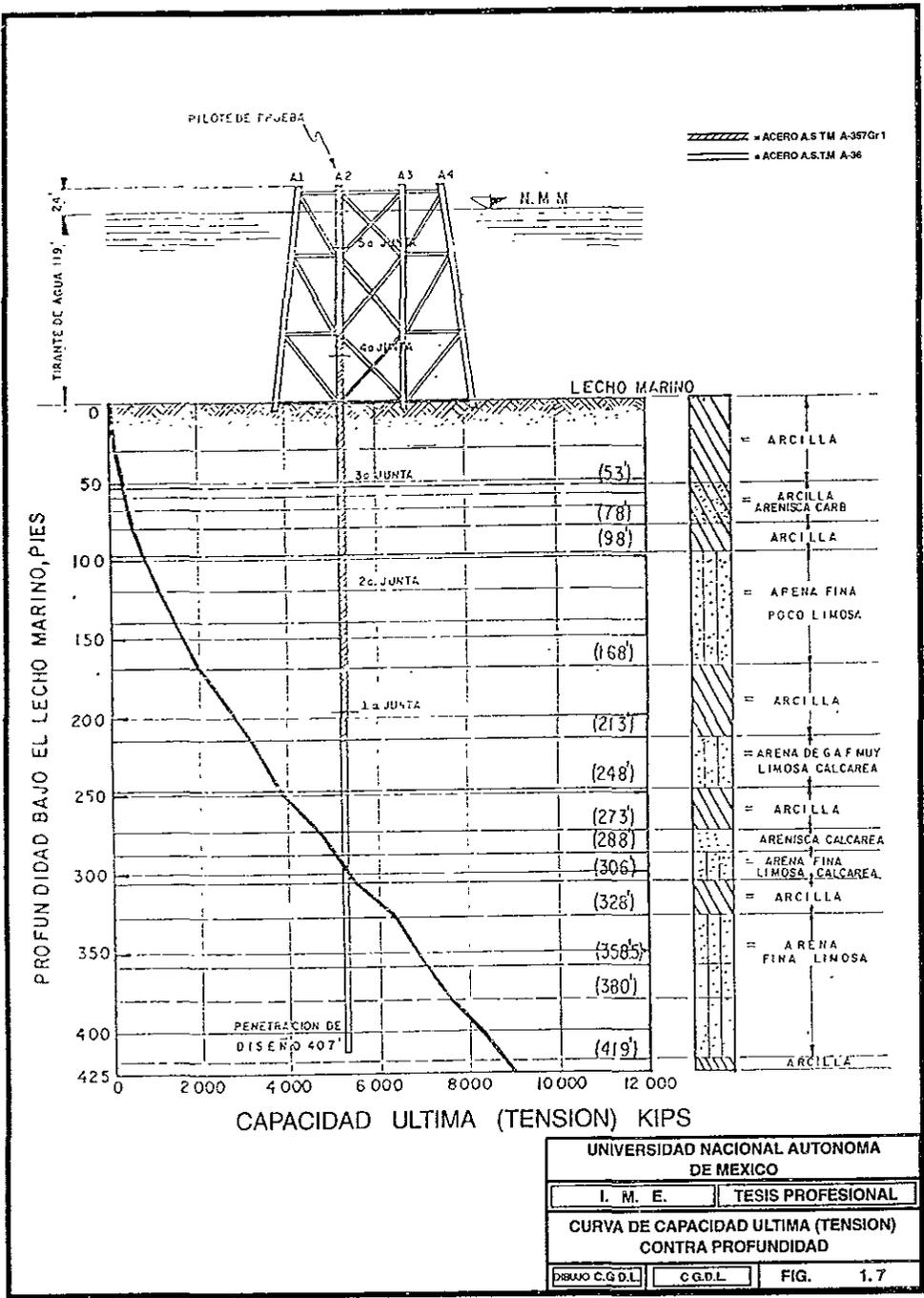
PA-ABKATUN-1A
CONFIGURACION DEL PILOTE DE PRUEBA

DIBUJO

C.G.D.L.

FIG.

1. 6



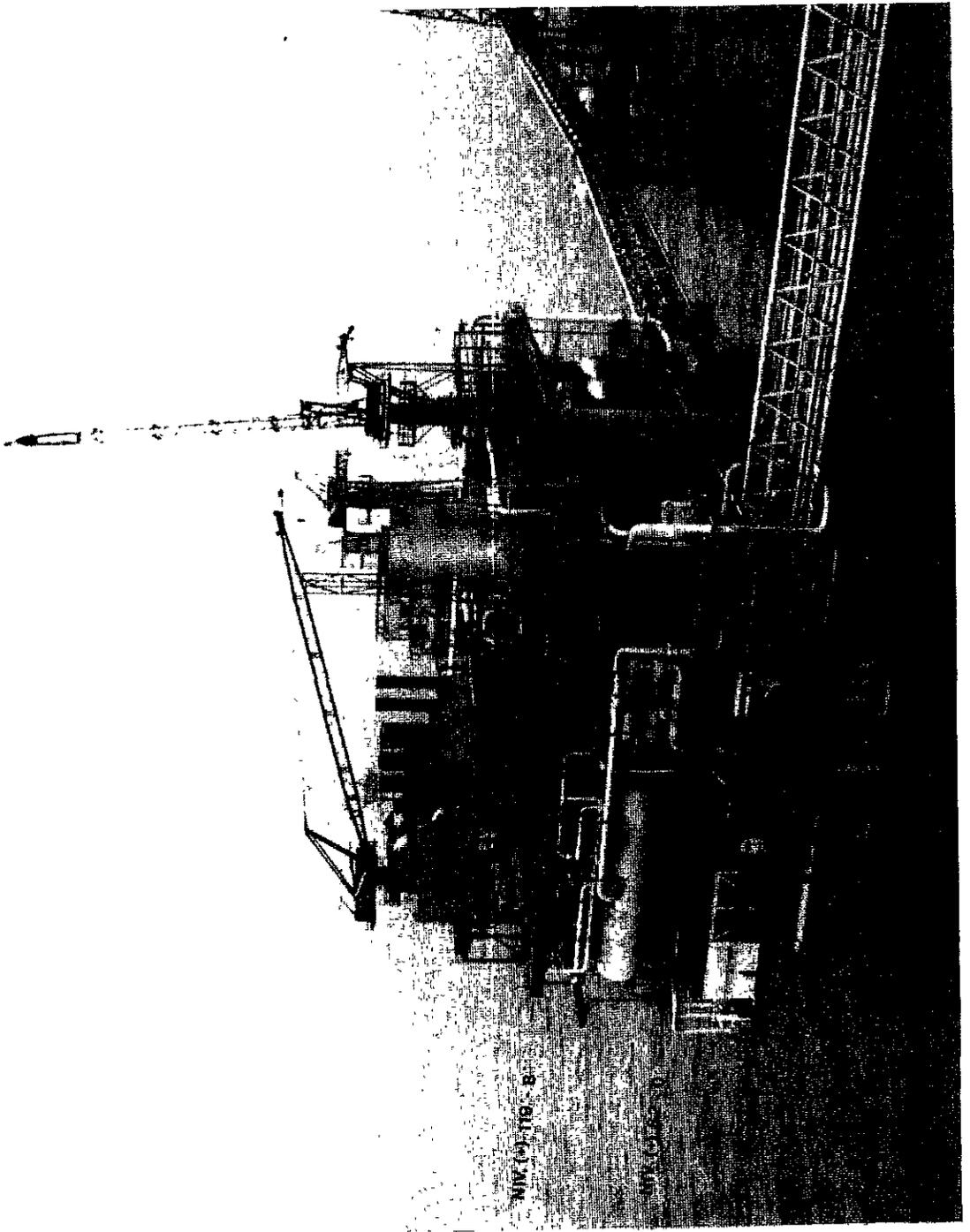
Los pilotes, que integran la cimentación del conjunto, se conectan con la superestructura en el nivel (+) 24'-0" y, con la subestructura en el nivel (+) 22'-6".

A diferencia de la mayoría de las estructuras piloteadas, el apoyo principal de la subestructura sobre los pilotes se encuentra localizado en la parte superior; por lo que se puede decir que la subestructura "cuelga" de los pilotes, no así la superestructura que sirve para transmitir las cargas que van directamente sobre los pilotes. Asimismo existen fuerzas cortantes y momentos flexionantes relativamente grandes que hay que soportar en la interfase donde el pilote penetra en el lecho marino, lo cual obliga a aumentar el espesor de la pared del pilote -fig. 1.6- y la resistencia del acero en una profundidad suficiente para que este efecto local se haya disipado. Los doce pilotes de la cimentación de la subestructura -instalada en un tirante de agua de 119 pies- se fabricaron en 6 tramos de diferente longitud, con acero al carbón A-36 y con un tramo de 237 pies de acero de alta resistencia A-537, fig. 1.7.

CAPITULO 2

DESCRIPCION GENERAL DE LA PLATAFORMA ABKATUN 1-A

La presente descripción general de la Plataforma Abkatún Permanente (1-A), referida principalmente a tres grandes aspectos como son: Configuración Estructural, Procesos en Operación y Sistemas de Seguridad, nos permitira conocer la conformación de las plataformas de producción de petróleo crudo, los procesos que se efectúan para el aprovechamiento de los petrolíferos y la relación que estos guardan con el cuidado y la conservación del medio ambiente, así como los sistemas de seguridad con que cuentan para la protección del personal, de las mismas instalaciones y del entorno que las rodea; todo lo anterior, dentro de los Marcos Normativos Técnicos y Legales que regulan la actividad petrolera nacional.



2.1 CONFIGURACION DE LA SUPERESTRUCTURA.

La superestructura, cuyo origen se halla en la elevación (+) 24'-0", se integra -como se explico anteriormente- por un conjunto de tres cubiertas. Localizados en la primera cubierta están, el equipo para bombeo de crudo, el equipo del sistema de agua y de gas inerte, los transformadores, el tablero de distribución de energía eléctrica, el cuarto de control principal, las bombas de contraincendio y otros componentes de los sistemas de servicios. Debajo de esta cubierta, se encuentran los tanques de almacenamiento de combustible diesel y de agua potable.

Localizados en la segunda cubierta están, los separadores de crudo, los deshidratadores, los calentadores y enfriadores de crudo; el equipo de regeneración de glicol y otros componentes de los sistemas de servicios.

En la tercera cubierta están, los generadores principales, el edificio de distribución de fuerza, la bodega, dos módulos de compresión de gas, los depuradores y enfriadores de gas, los calentadores a fuego directo, el cuarto de control de compresión de gas, las grúas y otros componentes de los sistemas de servicios.

Otros elementos importantes que conforman la superestructura se describen en el Cuadro 2.1.

CUADRO 2.1

ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA SUPERESTRUCTURA

NOMBRE	FUNCION
PUENTES	La plataforma cuenta con dos puentes -fig. 1.5- que sirven de enlace con el "tetrápodo de apoyo" y el "trípode del quemador". Los apoyos de estos se encuentran en la cubierta del Niv. 52'.
BOTES DE SALVAMENTO	Se emplean para la seguridad del personal (en caso de abandono de plataforma) que opera en la plataforma. Se cuenta con un total de cuatro, véase el apartado 2.4.3.
PEDESTALES DE GRUAS	Estructura donde se desplanta la base de la grúa. La plataforma cuenta con tres pedestales de 178' de altura, soportados desde la cubierta intermedia a la cubierta superior.
TORRES DE LAS PLUMAS	Estructura para soportar el peso de dicha parte de la grúa, cuando ésta no se encuentra operando. Se cuenta con un apoyo para cada una de las grúas, haciendo un total de tres.
EDIFICIOS PAQUETE	Son arreglos completos de equipo, apoyados en una estructura susceptible de ser manejada en forma independiente. Los paquetes integran generalmente cuartos o edificios completos. La plataforma cuenta con los paquetes siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Dos cuartos de control. - Un cuarto de generadores. - Un cuarto de compresores de gas.
ESTRUCTURAS SECUNDARIAS	Son estructuras de uso diverso, como: escaleras, pasillos, muros contraincendio, soportes de monitores contraincendio, sistemas de drenaje, placa y rejilla de piso, etc.

2.2 CONFIGURACION DE LA SUBESTRUCTURA.

La subestructura, cuyo origen se encuentra a nivel del lecho marino, culmina en la elevación (+) 22'-6", donde se conecta con los pilotes. Los elementos más importantes que conforman la subestructura, se describen en el Cuadro 2.2.



REMOLQUE DE SUBESTRUCTURA PARA SU INSTALACION

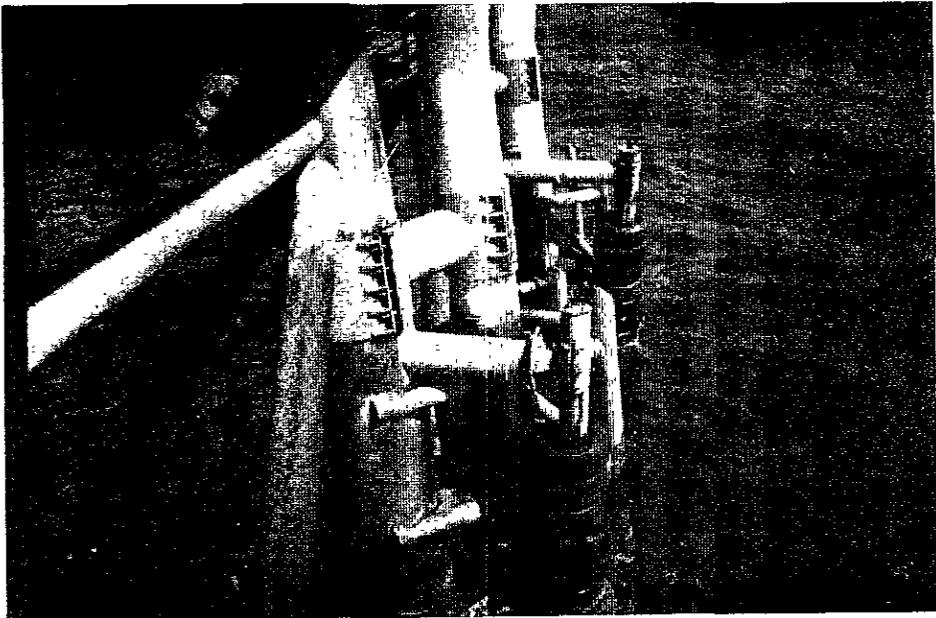


SUBESTRUCTURA EN EL CHALAN DE TRANSPORTE

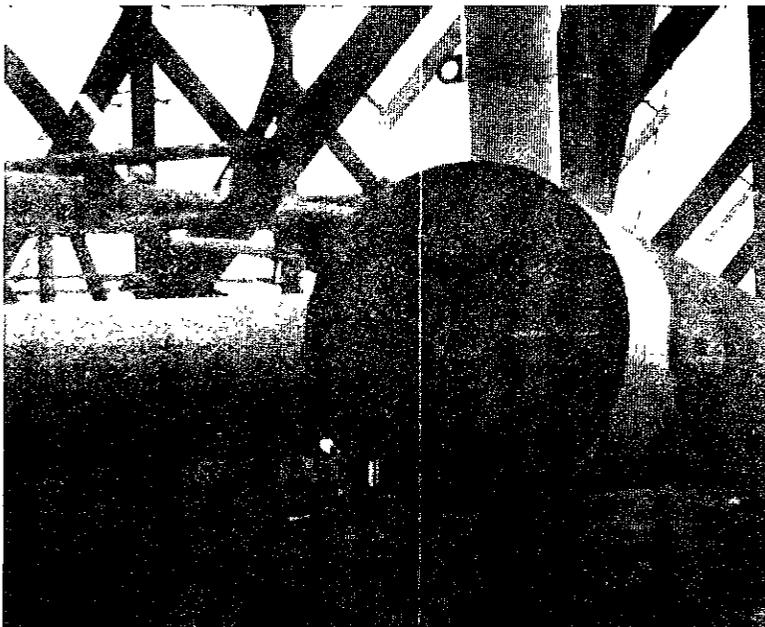
CUADRO 2.2

ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA SUBESTRUCTURA

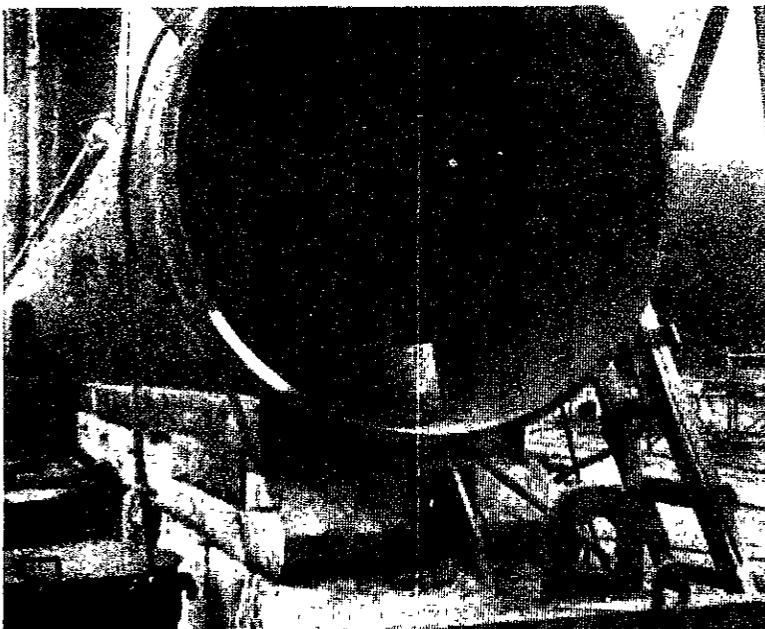
NOMBRE	FUNCION
CORREDERAS DE LANZAMIENTO	Son estructuras que permiten las operaciones de carga de la subestructura al chalán de transporte y el lanzamiento de la misma al mar. Este sistema se elimina al quedar instalada la subestructura.
SISTEMA DE INUNDACION	Este sistema permite inundar (salida de aire y entrada de agua) la subestructura, para que su descenso se efectúe en forma lenta, durante el proceso de instalación de la misma.
PLACAS BASE	Sirven como soporte temporal -previo al hincado de los pilotes- en el lugar de instalación, cuando la subestructura se ha colocado en su posición definitiva.
ESTRUCTURAS SECUNDARIAS	Estructuras de uso diverso, como son: embarcaderos (muelles), defensas de "piernas", defensas de ductos, pasillos, escaleras retráctiles, "camisas" de bombas, etc.



DEFENSAS DE PIERNAS Y DUCTOS



SUBESTRUCTURA: SISTEMA DE INUNDACION



SUBESTRUCTURA: CORREDERAS DE LANZAMIENTO

2.3 PROCESOS PRINCIPALES.

La plataforma recibe el crudo de varias plataformas de perforación, localizadas en los campos de Abkatún y Ku 22, por medio de un oleogasoducto de 30" Ø, que llega a la plataforma a través de un puente (desde la plataforma de enlace), fig. 1.5.

Se "separan" 160000 barriles de crudo al día, del gas y del agua producidos y son bombeados por una línea de 20" Ø, a través del puente hacia la plataforma de Enlace; el crudo bombeado de las otras plataformas se reúne con éste y se envía por un oleoducto de 36" Ø, a Dos Bocas, Tabasco.

Se producen 100 MMPC de gas/día, los cuales se comprimen, se deshidratan y se envían fuera de la plataforma por medio de una línea de 12" Ø, la cual atraviesa el puente hasta la plataforma de Compresión (adyacente), fig. 1.5; junto con el gas comprimido de las otras plataformas, es enviado por una línea a la Terminal Marítima de Dos Bocas, Tabasco. El agua producida es tratada para remover el crudo, eliminar el gas ácido y así descargarla al mar.

A continuación se describen los Procesos Principales de Crudo, Gas y Tratamiento de Agua Producida.

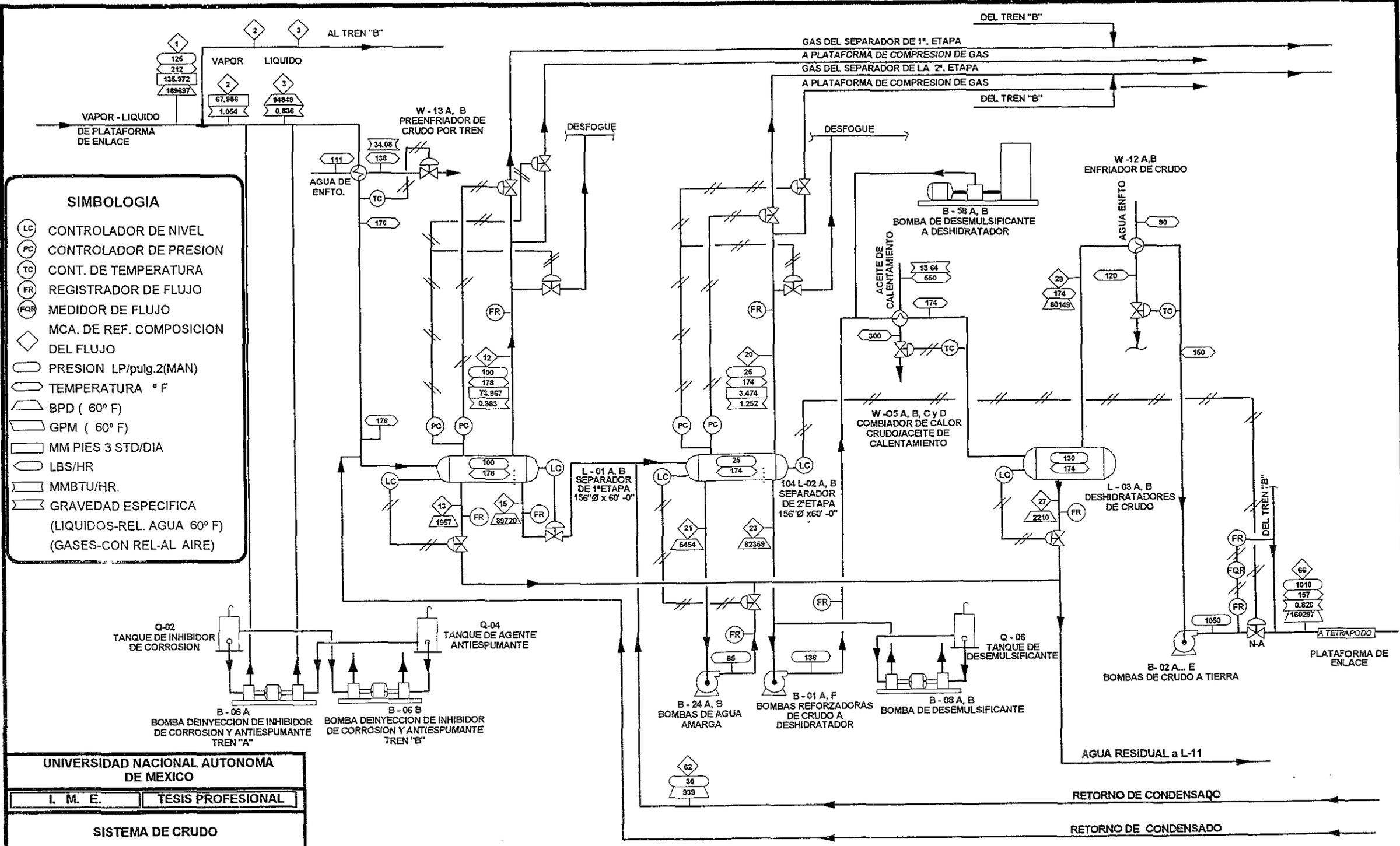
2.3.1 SISTEMA DE CRUDO.

La corriente de crudo proveniente de los pozos entra a la plataforma desde la plataforma de Enlace -fig. 1.5-, a través de una línea de 30" Ø, la cual se divide en dos líneas de 24" Ø.

Cada corriente pasa a través -fig. 2.1- de un intercambiador de calor, donde su temperatura disminuye hasta 176 °F, por enfriamiento con agua en circuito cerrado. Estas corrientes entran a sus respectivos Separadores (L-01 A, B) de la primera etapa de separación, los cuales operan a 100 psig.

Se inyecta un antiespumante (Union Carbide, Dow Corning o Visco-300 AB) y un inhibidor de corrosión (Nalcol 2000 o Nalcomex) a la entrada de cada uno de los separadores de la primera etapa y en cada uno de ellos se mantiene una contrapresión de 100 psig. Normalmente el gas separado va hacia el Sistema de Compresión; si éste sistema no está operando o no puede comprimir todo el gas proveniente de los separadores, el exceso de gas es enviado al quemador. El agua separada del crudo en los separadores de primera etapa es medida y enviada al Sistema de Agua Amarga para su procesamiento. El crudo de los separadores de primera etapa es medido y enviado a los separadores de la segunda etapa (L-02 A, B), los cuales operan a 25 psig. El gas separado de la segunda etapa normalmente también va hacia el sistema de compresión; si éste no está operando o los compresores no pueden comprimir todo el gas, el exceso se envía al quemador. El agua separada del crudo en la segunda etapa es medida y bombeada al sistema de agua amarga para su procesamiento. El crudo de los separadores de segunda etapa es evacuado por medio de las bombas Reforzadoras (B-01 A, B, C, D, E y F), de las cuales cuatro están operando y dos en reserva.

Se inyecta un desemulsificante (F-46 del IMP) en el cabezal de succión de las bombas reforzadoras de cada tren de



separación.

Las corrientes de crudo a 174 °F entran por la parte inferior de los deshidratadores correspondientes (L-03 A y B). Un sistema de rejillas cargadas de alto voltaje coalesce y separa el crudo y el agua emulsificada al entrar a los deshidratadores. El crudo sale por la parte superior de estos recipientes -los cuales operan llenos todo el tiempo- y el agua separada es enviada al sistema de agua amarga para su procesamiento.

Las dos corrientes de crudo -a 174 °F- salen de los deshidratadores de crudo y pasan a través de sus respectivos intercambiadores de calor (W-12 A y B), en donde son enfriados a 150 °F, para prevenir daños al recubrimiento de la línea submarina.

Se dispone de líneas separadas para el crudo desde los enfriadores hasta los cabezales de succión de las bombas de crudo a tierra (B-02 A, B, C, D y E). Estas bombas incrementan la presión del crudo hasta 1050 psig. Se requieren dos bombas por cada tren; una bomba -la B-02 C- sirve como un 50% de reserva para cualquier tren.

El crudo de cada tren es filtrado y medido antes de salir de la plataforma; enseguida del medidor se encuentra una válvula de control, cuyo sistema de control está interconectado de tal forma de poder controlar el nivel de cualquier separador de la segunda etapa. Después de la medición, el crudo entra a un cabezal común y se envía a través de los puentes a la plataforma de Enlace.

2.3.2 SISTEMA DE GAS.

Existen dos trenes de Compresión de Gas en la plataforma, cada uno de los cuales es capaz de elevar la presión de una corriente de gas de 100 MMPCD. de los trenes de separación, a la presión requerida para hacer el envío de gas a tierra.

El gas de los separadores de 2ª etapa que se encuentra a 25 psig., pasa a través del eliminador de excesos (L-31), en donde el aceite es removido y éste se envía al drenador (L-40). El gas que sale del L-31, se envía al enfriador de gas de la 2ª etapa (A-10) y ahí es enfriado antes de entrar al Paquete de Compresión (H-01), fig. 2.2.

El gas que sale de los separadores de la 1ª etapa a 100 psig., pasa a través del eliminador de excesos (L-33) y el líquido de éste recipiente se envía a la línea de entrada de los separadores de la 2ª etapa. El gas que sale del L-33 pasa a través del enfriador de los separadores de la 1ª etapa (A-09), en donde se enfria hasta 125 °F antes de entrar al paquete de compresión (H-02).

El gas y el condensado que se genera al pasar por el enfriador A-10 son separados en el Depurador V-101, y así, el gas pasa a la 1ª etapa de compresión, donde su presión es elevada hasta unas 120 psig. aproximadamente. El gas comprimido es enfriado hasta 120 °F en el Enfriador E-101 y el condensado separado del gas en el Depurador V-102. El gas pasa entonces a la 2ª etapa de compresión, en donde su presión es elevada hasta 320 psig. aproximadamente. Este gas comprimido es enfriado hasta 125 °F en el Enfriador E-102 y el condensado es separado del gas en

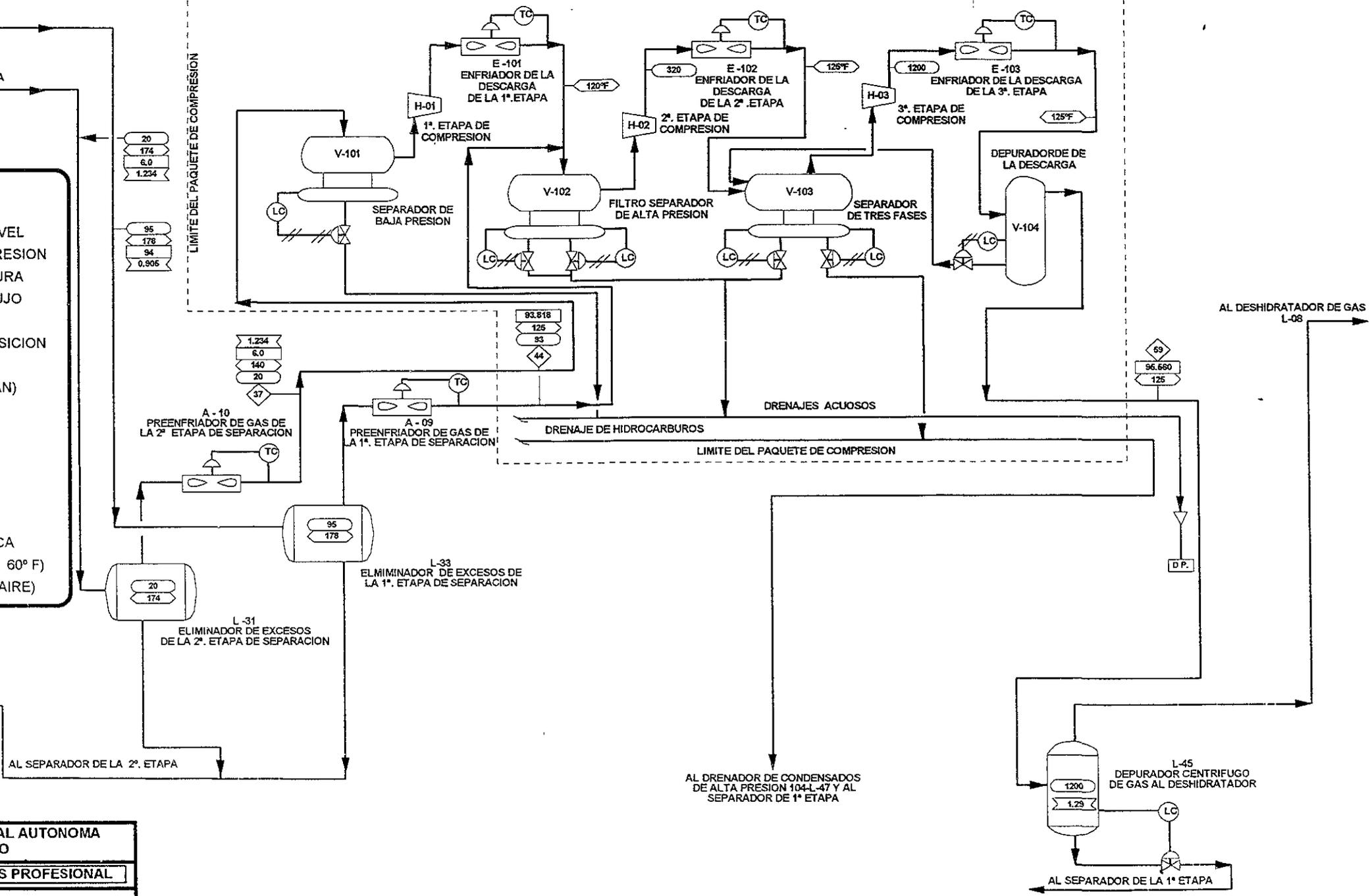
DEL SEPARADOR DE LA 1ª ETAPA

DEL SEPARADOR DE LA 2ª ETAPA

LIMITE DEL PAQUETE DE COMPRESION

SIMBOLOGIA

- CONTROLADOR DE NIVEL
- CONTROLADOR DE PRESION
- CONT. DE TEMPERATURA
- REGISTRADOR DE FLUJO
- MEDIDOR DE FLUJO
- MCA. DE REF. COMPOSICION DEL FLUJO
- PRESION LP/pulg.2(MAN)
- TEMPERATURA ° F
- BPD (60° F)
- GPM (60° F)
- MM PIES 3 STD/DIA
- LBS/HR.
- MMBTU/HR
- GRAVEDAD ESPECIFICA (LIQUIDOS-REL. AGUA 60° F) (GASES-CON REL-AL AIRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

SISTEMA DE GAS

CGDL FIG. 2.2

el depurador V-103. El gas pasa entonces a la tercera etapa de compresión, en donde su presión es elevada hasta 1200 psig. Este gas comprimido es enfriado hasta 125 °F en el Enfriador E-103 y el condensado separado del gas en el Depurador V-104. El gas sale así del paquete de compresión y entra al Depurador Centrífugo (L-45). El gas que sale del L-45 se envía hacia el deshidratador (L-08), en donde, el vapor de agua es eliminado del gas por contacto a contracorriente con trietilén glicol concentrado.

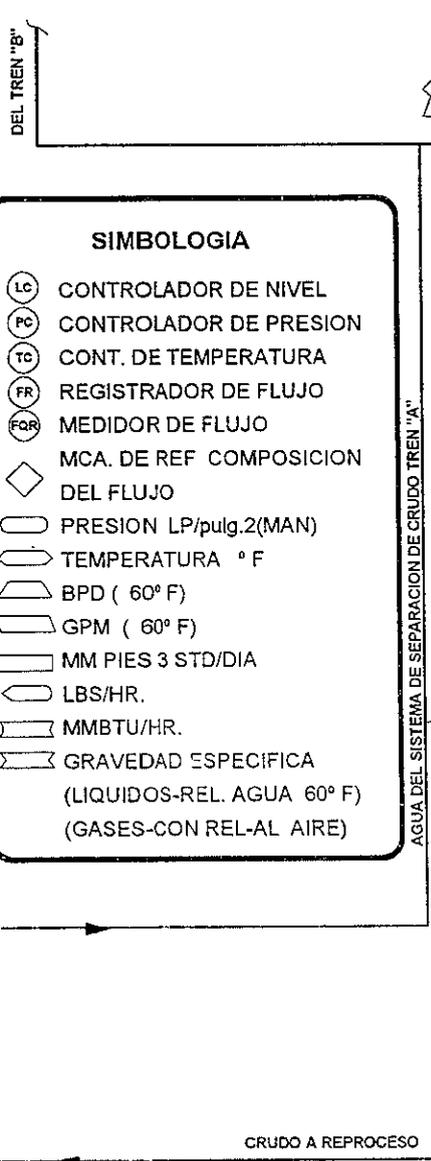
El gas seco (7 lb. de vapor de agua/MMPC) sale por la parte superior del L-08 y es medido antes de salir de la plataforma. Se mantiene una contrapresión fija en el sistema de gas y una válvula auxiliar de control está ajustada para enviar una parte, o todo el gas de la plataforma, al quemador, en caso de una presión alta en la línea de transmisión de gas; o debido a una inadecuada deshidratación, que podría ocasionar un congelamiento en la línea submarina de transporte.

2.3.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PRODUCIDA

Ya que el crudo y el agua producida contienen ácido sulfhídrico (H_2S) -véase anexo 2-, ésta debe ser tratada para eliminar dicha "impureza", así como el aceite arrastrado.

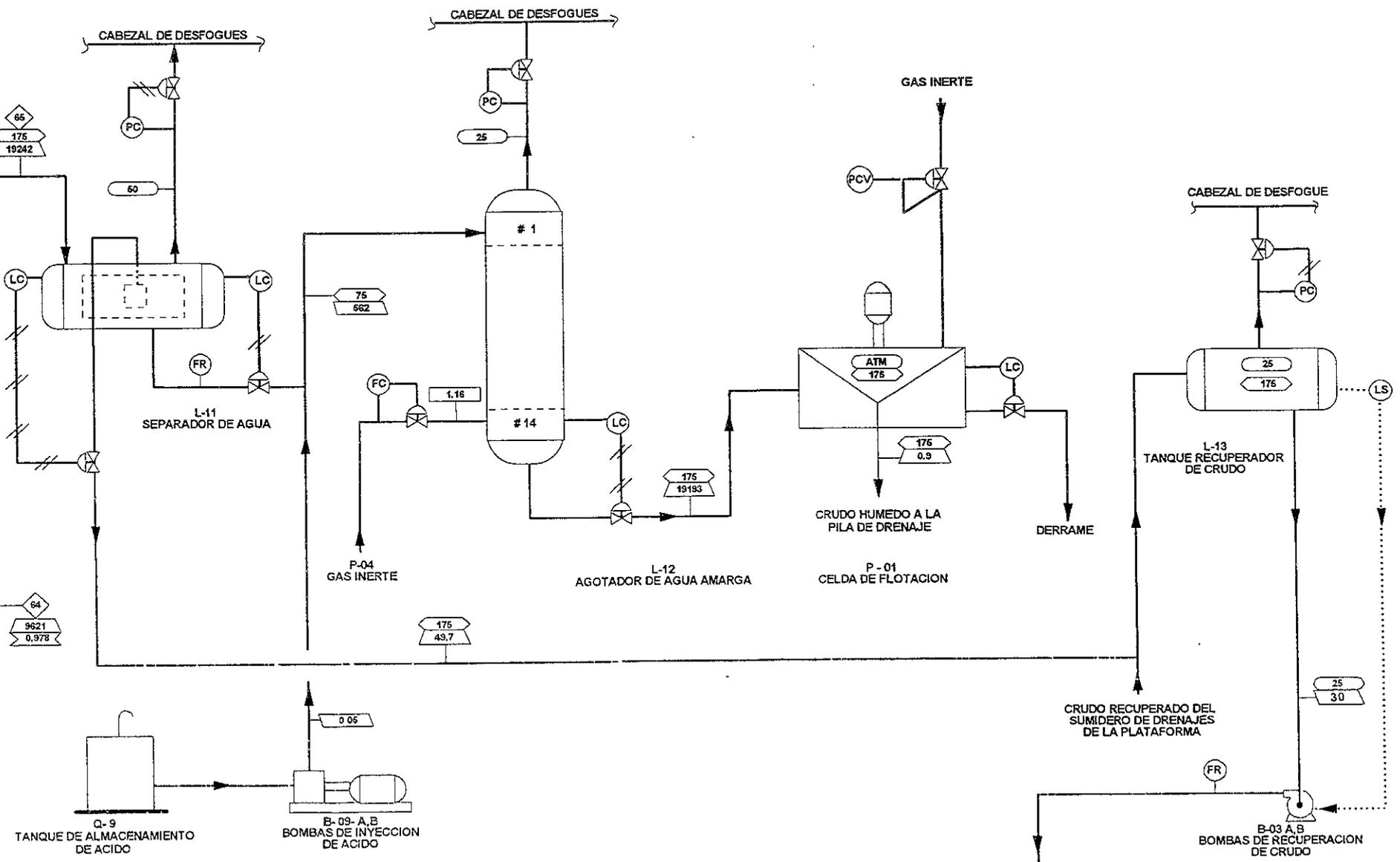
Hay tres fuentes de agua a tratar, que son las provenientes de los equipos siguientes:

- Separadores de la 1^a etapa (L-01 A, B y C).



SIMBOLOGIA

- LC CONTROLADOR DE NIVEL
- PC CONTROLADOR DE PRESION
- TC CONT. DE TEMPERATURA
- FR REGISTRADOR DE FLUJO
- FQR MEDIDOR DE FLUJO
- MCA. DE REF. COMPOSICION DEL FLUJO
- PRESION LP/pulg.2(MAN)
- TEMPERATURA ° F
- BPD (60° F)
- GPM (60° F)
- MM PIES 3 STD/DIA
- LBS/HR.
- MMBTU/HR.
- GRAVEDAD ESPECIFICA (LIQUIDOS-REL. AGUA 60° F) (GASES-CON REL-AL AIRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I. M. E.	TESIS PROFESIONAL
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PRODUCIDA	
DIBUJO	CGDL
FIG. 2.3	

- Separadores de la 2ª etapa (L-02 A y B).
- Deshidratadores de crudo (L-03 A y B).

El agua de los separadores de 1ª etapa y de los deshidratadores va directamente hacia el cabezal que alimenta al separador de crudo-agua (L-11). El agua de los separadores de 2ª etapa es bombeada hacia éste cabezal por medio de las Bombas B-24 A, B, C y D, fig. 2.3.

Antes de que al agua producida se le elimine el H_2S , todas las gotas de aceite disperso deben suprimirse para minimizar la formación de espuma en el agotador de agua amarga; por ésta razón, el agua es enviada al separador crudo-agua L-11. En éste tanque el crudo se derrama y pasa a un compartimiento del cual va hacia el Tanque Recuperador de Crudo (L-13). El agua pasa del L-11 al agotador de agua amarga (L-12). Esta agua entra por la parte superior del agotador y fluye en forma descendente recorriendo una serie de platos; un flujo controlado de gas-del Generador de Gas Inerte (P-04)- entra por la parte inferior del agotador a la altura del último plato y fluye en forma ascendente, entrando en contacto con la corriente de agua y arrastrando el H_2S . El gas de salida del agotador va hacia el quemador de gas amargo, donde la combustión se efectúa al mismo nivel que el quemador principal.

El agua libre del H_2S sale por la parte inferior del agotador y se envía a la celda de flotación (P-01). Esta unidad cuenta con unos agitadores que inducen al aire a penetrar en el agua, causando que el aceite soluble se espume. Esta espuma flota sobre el agua y es arrastrada hacia el compartimiento del aceite

por medio de unas paletas giratorias.

El agua que sale de ésta unidad va libre de aceite y de H_2S (50 ppm de H_2S ; 30 mg/l de aceite promedio), y se descarga al mar. El agua aceitosa de la celda de flotación va hacia la pila de drenajes (X-01) para separación y recuperación de aceite.

La plataforma cuenta con otros Sistemas, llamados Auxiliares, cuya función es la de proporcionar apoyo a la operación en general; éste apoyo incluye el brindado durante la operación de los Sistemas Principales -Crudo, Gas y Agua Producida- de la misma. Los diferentes Sistemas Auxiliares con que cuenta la plataforma, se encuentran resumidos en el Cuadro 2.3.

CUADRO 2.3

SISTEMAS AUXILIARES DE LA PLATAFORMA

SISTEMA	FUNCION
QUEMADORES	Quemar el gas separado del crudo en algún momento en que el Sistema de Compresión de Gas no esté operando; así como el gas proveniente de los desfogues de otros equipos. La plataforma cuenta con los quemadores siguientes: - Quemador Principal de Gas.- Para quemar un máximo de 160 MMPCD del gas producido en los separadores de crudo, durante el arranque de la plataforma y en algún momento en que el sistema de compresión de gas no esté operando. - Quemador de Gas Amargo.- Para quemar el H_2S y el CO_2 eliminados del gas combustible en el Sistema de Amina.
GAS COMBUSTIBLE	Eliminar el H_2S (Endulzado) del gas amargo y distribuir el gas dulce obtenido hacia los diferentes puntos de consumo. Este sistema está compuesto por dos redes de distribución, que son: - Gas de Alta Presión.- Para combustible en las turbinas que accionan a los generadores, bombas y

Cuadro 2.3 (continuación)

SISTEMA	FUNCION
COMBUSTIBLE DIESEL	<p>compresores de gas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gas de Baja Presión.- Combustible para los calentadores de fuego directo y el piloto del quemador. <p>Almacenar, purificar y distribuir el diesel a los diferentes puntos de consumo. El sistema se divide de la manera siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento y Centrifugado.- Para almacenar en tres tanques 10000 BLS. - Distribución Intermitente.- Para satisfacer los requerimientos de los tanques de "día" de equipos como: Generador de emergencia, bombas de contraincendio y grúas. - Suministro continuo.- Provee un suministro continuo de diesel, al sistema de combustible de turbogeneradores, turbobombas y al calentador de fuego directo, de tal forma que el sistema siempre esté disponible, en caso de falla del sistema de gas combustible.
AGUA DE MAR	<p>Tiene las funciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intercambio de calor con el agua potable del sistema de agua de enfriamiento. - Mantener suministro a las potabilizadoras de agua de mar. - Mantener suministro al sistema de agua de mar presurizada. - Mantener suministro al sistema de espreado. El agua de mar es bombeada por cuatro bombas verticales, tipo turbina, accionadas por motores eléctricos, de los cuales tres operan y uno está de reserva.
AGUA POTABLE	<p>Potabilizar, almacenar y ditribuir agua potable a los diferentes sistemas donde es requerida. El sistema se divide de la manera siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento.- Para almacenar en dos tanques, agua potable proveniente del sistema de potabilización o de alguna barcaza distribuidora. - Unidades desaladoras.- Para producir, por medio de dos unidades, 7200 gal./día de agua potable a partir de agua de mar (una unidad satisface las necesidades de la plataforma). - Sistema presurizado.- Mantiene un suministro constante de agua potable a 50/70 psig. para los usos intermitentes siguientes: agua de repuesto para el sistema de agua de enfriamiento, regaderas de seguridad, lavaojos, bebederos, lavabos y regaderas normales.

Cuadro 2.3 (continuación)

SISTEMA	FUNCION
GAS INERTE	<p>Generar y suministrar gas (gas inerte) con muy bajo contenido de oxígeno y muy poco contenido de hidrocarburos. El sistema se divide en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Generador de Gas.- Produce gas inerte por medio de una combustión cuidadosamente controlada de gas combustible dulce (o diesel) y aire, dentro de una cámara de baja presión. - Compresión y almacenamiento.- Comprime a 100 psig. y almacena el gas inerte, para los usos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> > Arrastrar el H₂S del agua producida en el Agotador de Agua Amarga del sistema de Tratamiento de Agua producida. > "Purgar" líneas de proceso y servicios. > "Empacar" los tanques de diesel.
ACEITE DE CALENTAMIENTO	<p>Calentar el crudo hasta 170 °F, para asegurar una máxima separación del agua en los deshidratadores de crudo y disminuir la tendencia del crudo a formar espuma. El sistema se divide en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de circulación.- Para enviar el aceite del tanque de expansión a las unidades recuperadoras de calor, pasando de ahí al calentador de fuego directo y, posteriormente a través de los intercambiadores de tubo y coraza, donde se calienta el crudo separado del gas. - Sistema de recuperación de calor.- Aprovecha los gases de la combustión de las turbinas, con la finalidad de minimizar el calor requerido en el calentador de fuego directo.
DRENAJE	<p>Recuperar y retornar al sistema de procesamiento de crudo, los hidrocarburos líquidos derramados o drenados; así como recuperar y descargar al mar - después de su tratamiento- el agua producida, agua de mar, fugas, derrames y drenes, y otras corrientes de agua contaminada con aceite. La plataforma cuenta con los drenajes siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Drenaje de cubiertas (Atmosférico).- Son canales para recibir agua de lluvia, derrames de agua, drenajes de químicos; así como, derrames y fugas de aceite de recipientes y equipos. - Drenaje a presión.- Para recibir todos los drenajes de equipos y recipientes que contienen crudo a presión. - Pila de drenajes.- Es un separador de drenajes, que recibe las corrientes de agua de desecho (con cierta cantidad de aceite), de aceite de desecho (con cierta cantidad de agua), agua de lluvia y agua derramada en las cubiertas.

2.4 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y PROTECCION CONTRA INCENDIO.

En el diseño de la plataforma -y en general de las plataformas marinas de la Sonda de Campeche- se tomaron todas las precauciones razonables para minimizar o eliminar el riesgo a la vida y a las instalaciones. Las áreas ocupadas por equipo fueron localizadas para optimizar la ventilación natural y proveer medios adecuados de escape. Estas áreas fueron arregladas para separarlas de las fuentes de ignición y de combustible; en donde no fué posible una separación adecuada, se instalaron Muros de Contra incendio. Se consideró Protección Contra incendio para las columnas críticas que se encuentran entre los niveles 52', 82' y 119'. En cumplimiento con los Códigos de Protección y Seguridad de Personal, nacionales e internacionales, se previó que cada área peligrosa tuviera dos vías separadas de escape hacia áreas no peligrosas.

En base a lo anterior, los principales Sistemas de Seguridad con que cuenta la plataforma, son los siguientes:

2.4.1 SISTEMA DE DETECCION DE FUEGO Y GAS.

El sistema de detección de fuego y gas consiste en un Tablero Principal -localizado en el Cuarto de Control Principal Niv. 52'- de control con Anunciador, con detección de Fuego, H₂S y Gas Combustible, por medio de sensores distribuidos en "zonas de protección". Para el aviso en la plataforma de alarma de incendio, de Gas Combustible o H₂S, el Tablero de Contra incendio esta interconectado con el Sistema de Voceo e Intercomunicación.

Las estaciones de llamado alrededor de la plataforma, sonaran con tonos discretos para cada una de las tres alarmas. El aviso visual de la alarma se lleva a cabo por las luces de advertencia de alarma de la plataforma, localizadas en todos sus niveles. El sistema de luces de advertencia consiste en una serie de lámparas de alta intensidad en códigos de color de acuerdo al tipo de alarma, como se muestra a continuación:

CODIGO DE COLOR DE ALARMAS

ALARMA	CODIGO DE COLOR (LAMPARA)
FUEGO	ROJO
GAS COMBUSTIBLE	AMARILLO
H ₂ S	AZUL

2.4.2 SISTEMAS DE AGUA Y ESPUMA CONTRA INCENDIO.

El sistema primario de protección de la plataforma, en caso de fuego, es el Sistema de Agua Contra incendio. Este sistema suministra agua de mar presurizada a una serie de monitores de agua contra incendio, a estaciones de mangueras y a sistemas de aspersión, localizados en puntos estratégicos de la plataforma.

La red de distribución de Agua Contra incendio, esta compuesta por un anillo principal de 12" de diámetro, localizado abajo del nivel 82". Este anillo principal se encuentra en el perímetro de la plataforma, contando con válvulas manuales para poder aislar cualquier zona de la misma.

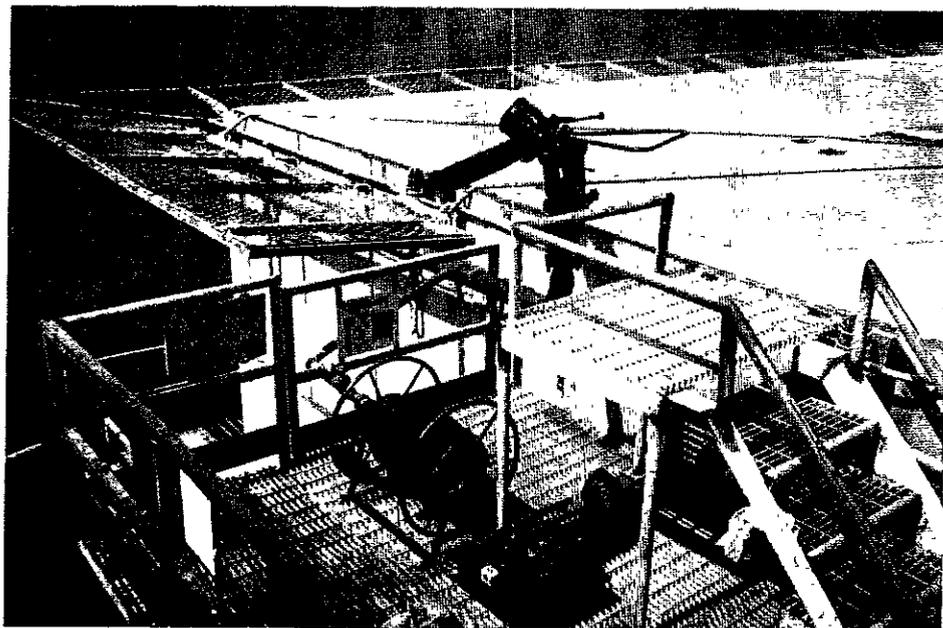
El equipo sobre los niveles 52', 82' y 119' esta provisto con suministro de agua por bajantes y elevadores del circuito.

El Sistema de Agua Contra incendio se puede dividir de la forma siguiente:

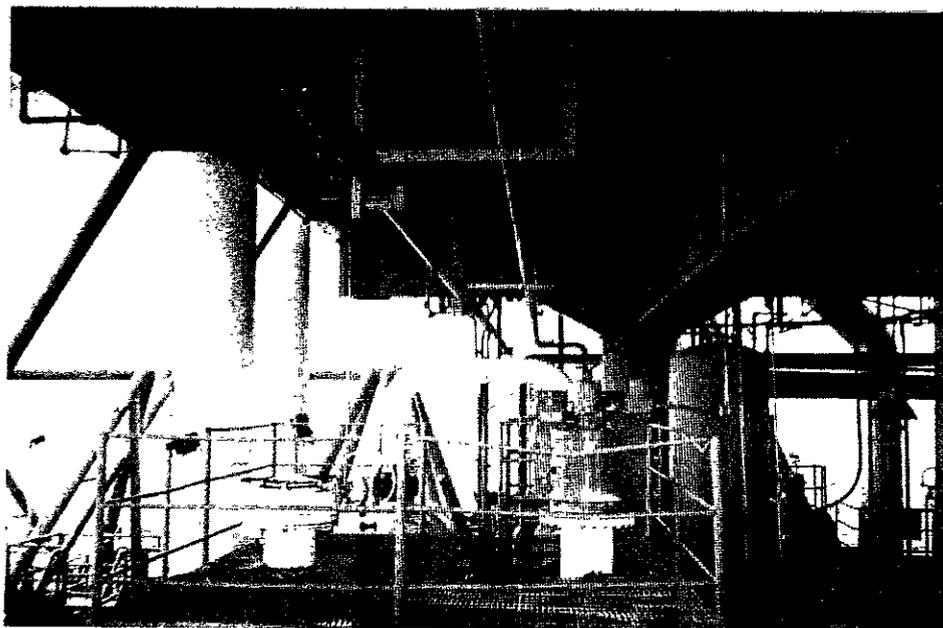
- **Bombas de Agua Contra incendio.** Se dispone de dos Bombas de Agua Contra incendio tipo turbina, verticales, con una capacidad de 4500 gpm. y una presión a la descarga de 150 psig. La capacidad de diseño de las bombas esta de acuerdo con los requerimientos de agua contra incendio, para la activación simultánea del sistema de aspersión más grande, dos monitores y dos carretes de mangueras. Cada bomba tiene la capacidad para suministrar estos requerimientos de agua contra incendio.

Se dispone de una conexión del Sistema de Agua de Mar - veáse Cuadro 2.3- para mantener una presión de 80 psig. en la Red de Distribución de Agua Contra incendio.

La bomba de agua contra incendio seleccionada (B-22 A o B) arrancará automáticamente, cuando la presión baje a menos de 70 psig. Los motores diesel que impulsan a las bombas, son arrancados por aire o pueden ser manualmente operados con nitrógeno. Cada sistema tiene la capacidad para un mínimo de seis arranques secuenciales. Si la bomba no arranca dentro de un período de 30 segs. o, si la presión en la línea de agua contra incendio continúa bajando, la segunda bomba entrará en la posición de arranque. Cada una o ambas bombas contra incendio pueden arrancarse manualmente, desde el Tablero Principal de Contra incendio (Niv. 52').

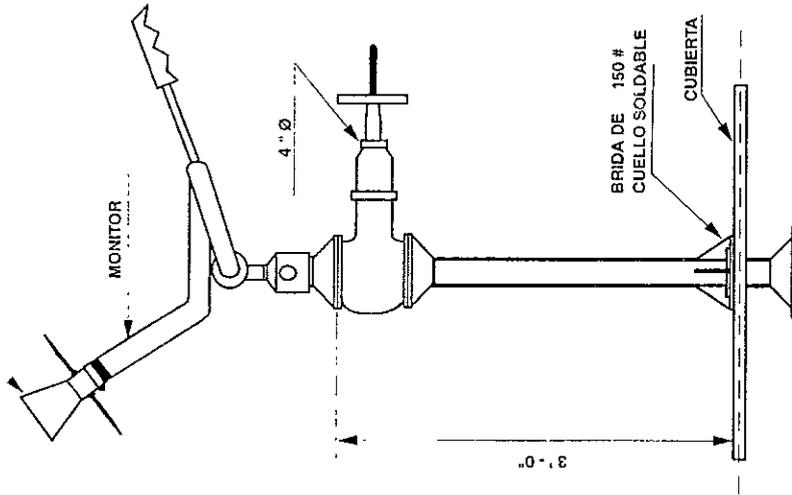


MONITOR DE AGUA CONTRAINCENDIO Y CARRETE DE MANGUERA



SISTEMA DE ASPERSION

BOQUILLA MOD. ELKMART D-205-B
250 G.P.M A100 PSIG.



M O N I T O R			
MODELO	G.P.M.	TUBO PERFIL	BASE
299 - 11	1100		BRIDA ANSI 4" - 150 #

B O Q U I L L A				
MODELO	TAMAÑO	G.P.M.	LONGITUD	PESO LBS.
ELKMART D - 205-B	2 ½ "	250	8 5/16 "	7 ½ "

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

L. M. E. TESIS PROFESIONAL

M O N I T O R

FIG. 2.4

- Agua de Espreado. Se cuenta con sistemas fijos de aspersión de agua, para la protección de las turbobombas, las bombas de crudo, los tanques de almacenamiento de diesel, el separador del quemador, los separadores y deshidratadores de crudo, los módulos de compresión de gas y los depuradores de agua.

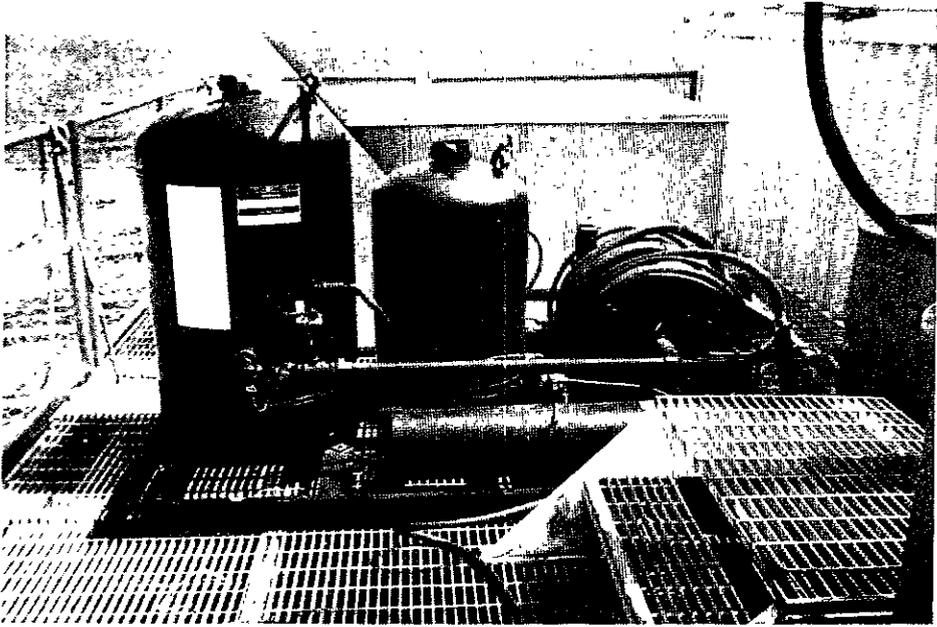
El sistema de Agua de Espreado puede activarse por:

- > El tablero local de protección contraincendio.
- > El sistema de detección de línea piloto.
- > Estaciones manuales (localizadas en las rutas de escape).

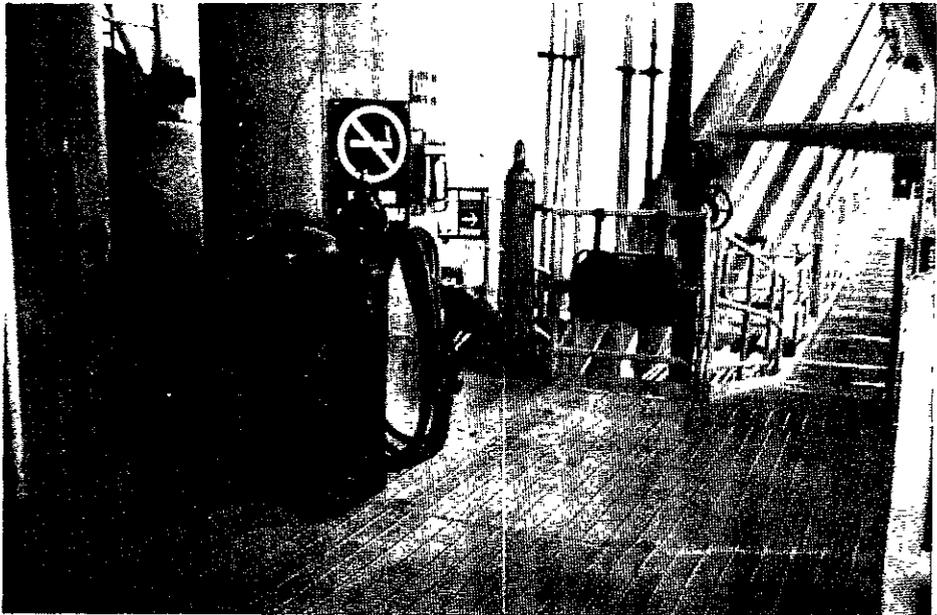
- Estaciones de Manguera y Monitores. Para suministrar manualmente agua para protección contraincendio, se encuentran localizados en puntos estratégicos, Estaciones de Manguera y Monitores Fijos -veáse fig. 2.4- de agua contraincendio. Cada sistema está diseñado para operar con agua o con espuma contraincendio.

Los monitores tienen una capacidad rotacional de 360° y un ángulo de inclinación de 0 a 60°; cada monitor está equipado con una boquilla totalmente ajustable, la cual puede proporcionar dos tipos de patrones de entrega: chorro sólido o niebla.

Las Estaciones de Manguera de 100 gpm. están diseñadas para protección contraincendio por una sola persona. Una estación está montada en cada cubierta y cuenta con 50 ft. de manguera de 1½" de diámetro. Cada manguera está provista de una boquilla totalmente ajustable, la cual tiene las mismas características que la de los monitores. Se encuentra además en cada estación de manguera, una válvula, la cual puede



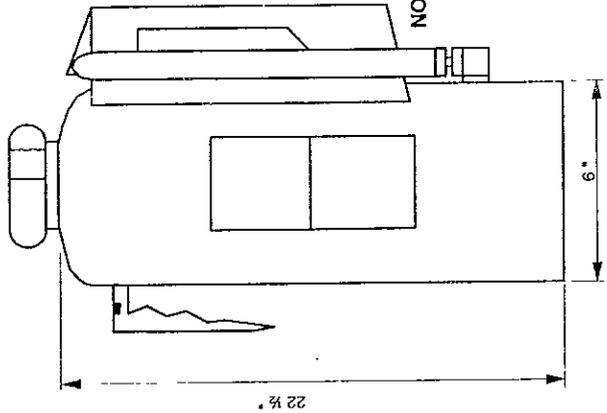
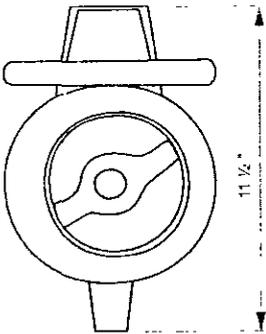
EXTINTOR SEMIFIJO DE POLVO QUIMICO SECO



EXTINTOR PORTATIL Y SEMIFIJO DE POLVO QUIMICO SECO

POLVO QUIMICO SECO

MODELO	CR HF-K-30-E
AGENTE	PURPLE-K
CLASIFICACION	120-B :C
CAPACIDAD	30 LBS.
TIEMPO DE DESCARGA	27 SEG.
FLUJO	1.03 Lbs./Seg.
PESO (CARGAEMBARQUE)	51 1/2 LBS./ 55 LBS.
MANGUERA	D.I. 5/8 " ,LONG. 35 5/8 "
CON RECUBRIMIENTO PARA CONTROL DE CORROSION	



BIOXIDO DE CARBONO

MODELO	CAPACIDAD	CLASIFICACION	MATERIAL CUERPO
CD-15	15 LBS.	10 - B - C	ACERO

NOTA: LOCALIZACION Y MONTAJE DE LOS EXTINGUIDORES ESTARAN A NO MAS DE 5 PIES ARRIBA DEL NIVEL DE PISO. DEBERA SER FACIL COLOCARLOS Y DESMONTARLOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

EXTINGUIDOR PORTATIL

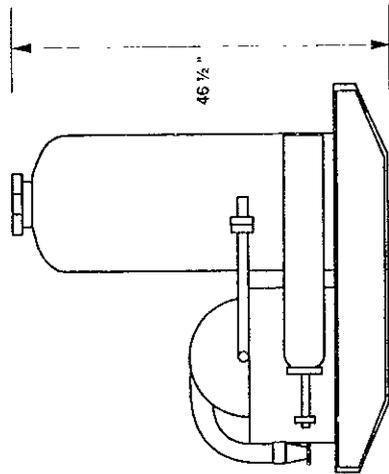
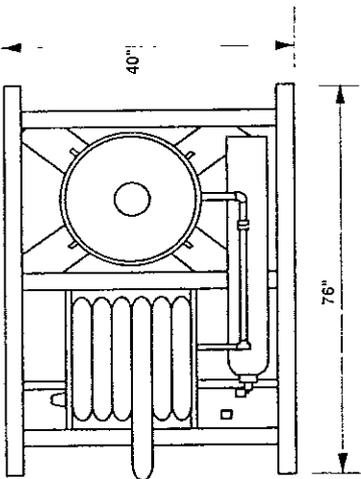
DIBUJO C.G.D.L. FIG. 2 - 5

suministrar una descarga de espuma si se desea.

El Sistema de Espuma Contra incendio consta de un tanque central de almacenamiento, localizado en el nivel 82', el cual alimenta un circuito de Espuma Concentrada localizado en el perímetro de la plataforma, en el mismo nivel. El tanque es de 650 galones, lo cual es suficiente para el llenado del circuito de Espuma Concentrada y suministro continuo a las cuatro estaciones de manguera y dos monitores, de 100 y 250 gpm. respectivamente, por espacio de 15 minutos de operación.

Para el control manual de pequeños incendios, se encuentran localizados en varias secciones de la plataforma, Extintores Portátiles. La mayoría de los extintores que se encuentran en la plataforma, son de tipo seco (Púrpura K); son usados para la extinción de incendios de pequeños charcos de hidrocarburos o de gas a presión. El otro tipo de extintor usado, es el de Bióxido de Carbono; estos se localizan dentro de los cuartos eléctricos, cuartos de control y de radio, véase fig. 2.5.

En las áreas de mayor riesgo de la plataforma, se cuenta con una Unidad Extintora Fija de Polvo Químico Seco de 500 lbs. Cada unidad está equipada con un carrete de manguera de 3/4" de diámetro, de hule duro, con una boquilla de abertura variable. El tanque de almacenamiento de químicos se presuriza por medio de una botella de nitrógeno que se encuentra en la misma base. Este sistema es completamente independiente de otros procesos y servicios que se encuentran en la plataforma, fig. 2.6.



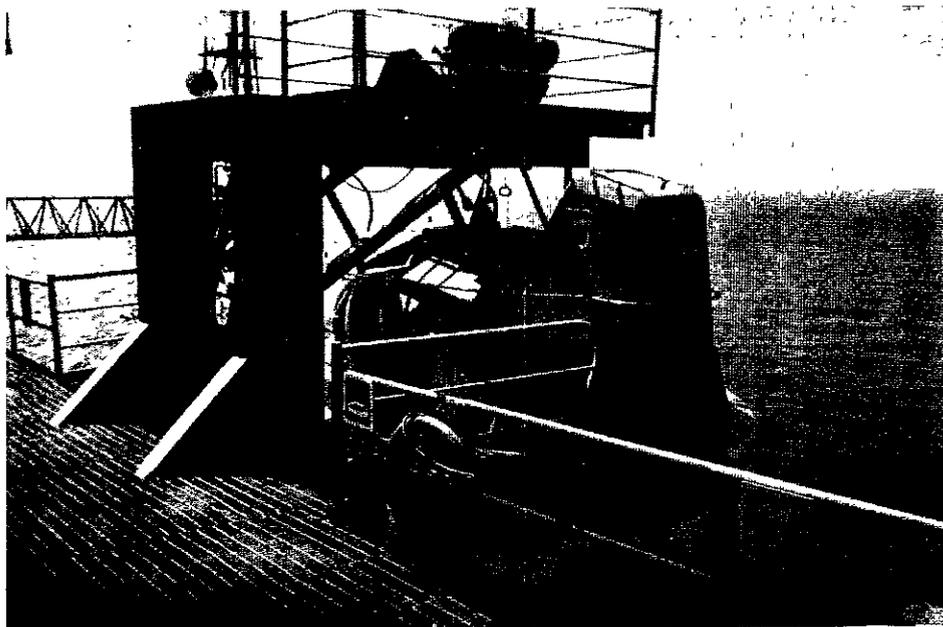
MODELO	S-500
AGENTE	PURPLE-K
ACABADO	EPOXICO Y/O ENAMEL
MANGUERA	1" A 150' 3/4" A 100'
PESO DE EMBARQUE (SIN CARGA)	1275 LBS. 1000 LBS.
FLUJO	7.0 Lbs./Seg. 3.5 Lbs./Seg.
ALCANCE APROXIMADO	35 ft. 25 ft.
TIEMPO DE DESCARGA	64 SEG. 120 SEG.
CAPACIDAD	500 LBS. DE POLVO QUIMICO
TIPO DE BOQUILLA	AJUSTABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

EXTINGUIDOR FIJO DE POLVO QUIMICO

FIG. 2.6



CAPSULA SALVAVIDAS "WATERCRAFT AMERICA, INC."



BALSA SALVAVIDAS ("CACAHUATE")

2.4.3 SISTEMA DE SALVAVIDAS.

Para proporcionar medios de evacuación para el abandono de la plataforma, en caso de emergencia, se cuenta con los equipos siguientes:

- Cápsulas y Balsas Salvavidas. Existen cuatro cápsulas salvavidas con espacio para 33 personas cada una, localizadas en puntos estratégicos de la plataforma, cerca de las áreas donde normalmente se tiene una alta densidad de personal laborando. Dos cápsulas salvavidas se localizan en el primer nivel y una en cada uno de los niveles intermedio y superior.

Las cápsulas son completamente seguras y totalmente herméticas, fig. 2.7; están protegidas por un sistema de

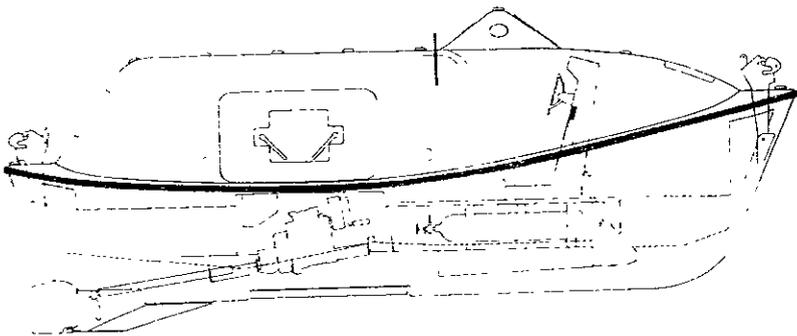


Fig. 2.7 Vista interior de Cápsula Salvavidas.

aspersión de agua -accionado por su motor diesel- para poder salir a través de una zona de incendio. Junto a cada estación de Cápsula Salvavidas está un depósito que contiene 33 chalecos salvavidas para usarlos únicamente en caso de emergencia.

Para proporcionar medios de evacuación en otros lugares de los tres niveles de la plataforma, existen **Balsas Inflables** ("Cacahuates") para 10 personas, que se encuentran en contenedores de fibra de vidrio -fig. 2.8-, sujetas a los barandales de la plataforma. Estas balsas se inflan al ser lanzadas al mar, jalando la cuerda que se encuentra sujeta a ellas. Junto a los lugares donde se encuentran las balsas, está un contenedor de fibra de vidrio que cuenta con 10 chalecos salvavidas de emergencia.

- **Chalecos Salvavidas y Salvavidas de Anillo.** Los chalecos salvavidas son artefactos de flotación personal, para ser usados solamente en caso de emergencia.

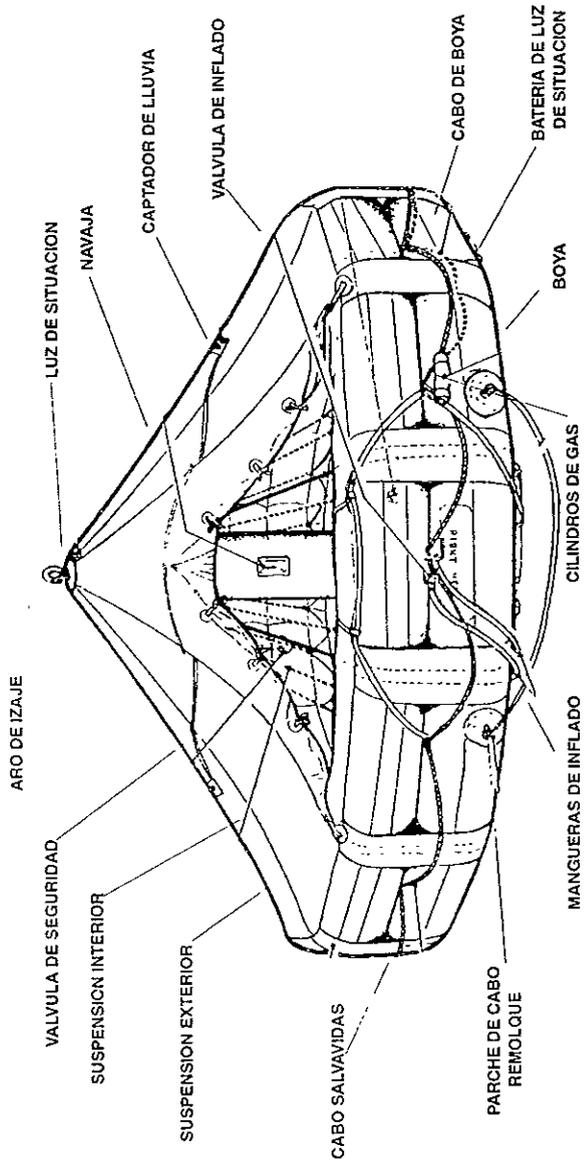
Los salvavidas de anillo están montados sobre los barandales de la plataforma, a intervalos adecuados, alrededor de las cubiertas y en todos los niveles.

2.4.4 EQUIPOS PARA PROTECCION RESPIRATORIA.

La protección respiratoria no debe ser sustituto de los procedimientos de control de ingeniería para eliminar los riesgos, pero cuando la eliminación de éstos no sea factible, debiera usarse la protección respiratoria.

Cuando no resulta práctico modificar el ambiente para que sea seguro, puede protegerse al trabajador individualmente de los contaminantes suspendidos en el aire.

Deben proveerse y usarse equipos de protección personal donde no sea posible encerrarse o aislar el procedimiento o el equipo; proveer ventilación o emplear otros medios de control,



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

BALSA INFLABLE

FIG. 2.8

donde la exposición a concentraciones y contaminantes suspendidos en el aire sea intermitente y de corta duración y donde pueda haber derrames inevitables. Los dispositivos de protección personal tienen una gran desventaja: no hacen nada para reducir o eliminar los riesgos. Una falla en los mismos significa una exposición inmediata al riesgo; por eso, el hecho de que un dispositivo de protección falle sin que el usuario se de cuenta es muy grave. En el mercado se ofrecen muy buenos equipos que siguen las normas y principios aceptados para tales aparatos.

La selección del tipo apropiado de equipo de protección respiratoria debe basarse en los procedimientos siguientes:

1. Identificar la sustancia o sustancias contra las cuales se necesita la protección.
2. Conocer los riesgos y propiedades más importantes de cada sustancia (veáse Anexo 2).
3. Determinar las condiciones de exposición y el nivel de aire contaminante presentes.

En las plataformas marinas se utilizan unidades de respiración de emergencia individuales del tipo de "Demanda"; son marca "Survivair" (30-Minute Unit), modelos 9038 y 9838.

Todos los aparatos del tipo de demanda usan el mismo principio de operación, pero se ofrecen en diferentes modelos para aplicaciones específicas. Todos consisten en un cilindro de aire u oxígeno de alta presión, una pieza facial y un conjunto de tubo con una válvula o válvulas de exhalación y un método de montar el aparato completo en el cuerpo, fig. 2.9.

Para usarse, el usuario -veáse secuencia de uso- conecta la

válvula de cilindro después de ponerse la pieza facial, inhala oxígeno a la presión de respiración por medio del regulador de demanda a la pieza de la cara y entonces lo exhala a la atmósfera circundante por una válvula de la pieza facial ("mascarilla"). La expresión "regulador" de demanda significa que el flujo de aire depende de la demanda de inhalación, regulándose automáticamente al nivel deseado para compensar por variaciones en las necesidades de respiración.

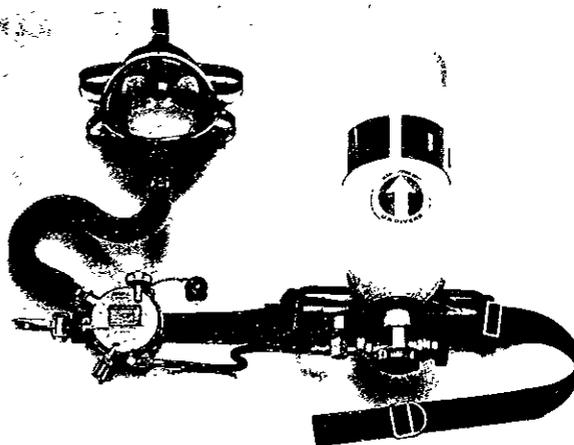
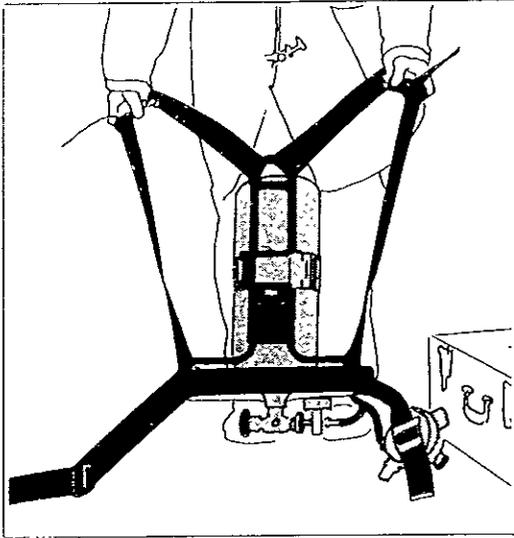


Fig. 2.9 Equipo Autónomo de Respiración.

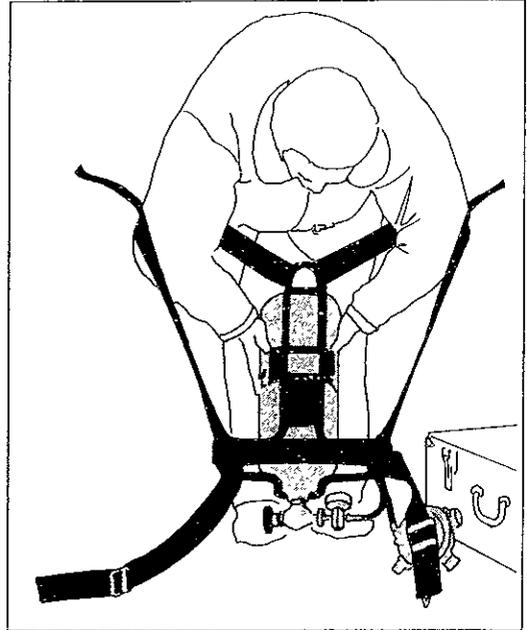
Los aparatos de demanda dependen de la observación del manómetro de presión para indicar cuando el suministro de respiración ha bajado a un punto en que el usuario debe volver a la atmósfera de aire fresco. Puede añadirse al aparato un dispositivo audible -entre el dispositivo y la manguera de alta presión- que suene a 400 psig. (28.1 kg/cm²) y advertir al usuario que tiene que irse donde haya aire fresco.

En la plataforma se localizan unidades de respiración de emergencia individuales, en todas las cubiertas y dentro de todos los edificios, cerca de las salidas. Estas unidades tienen una duración de 30 minutos en uso moderado y son utilizadas como medio de escape en atmósferas contaminadas por presencia de H₂S o

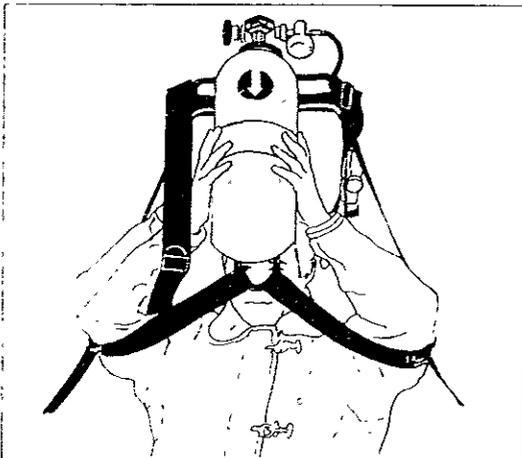
SECUENCIA PARA EL USO DE EQUIPO AUTONOMO DE RESPIRACION



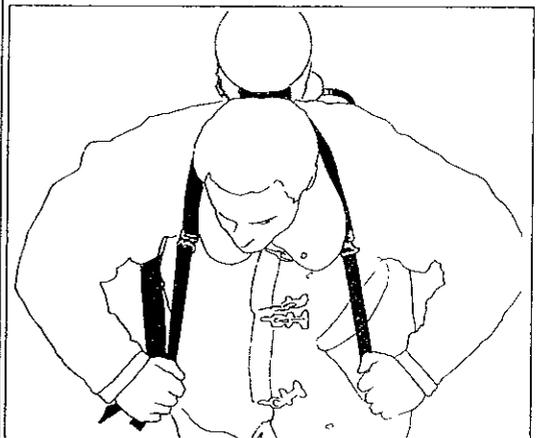
PASO 1



PASO 2

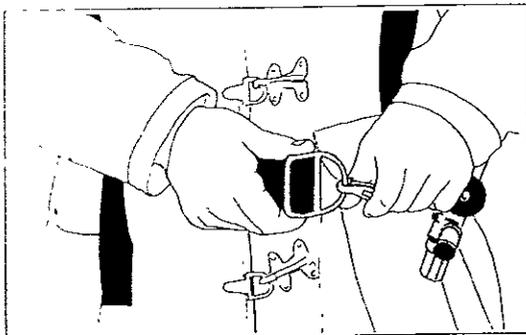


PASO 3

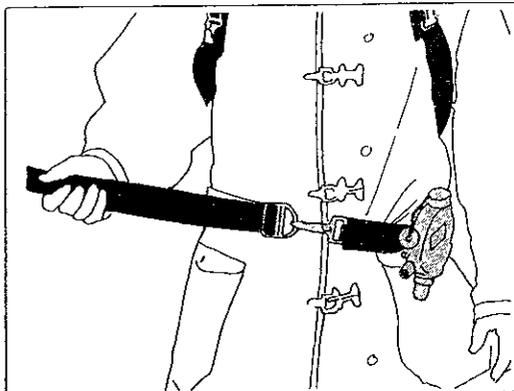


PASO 4

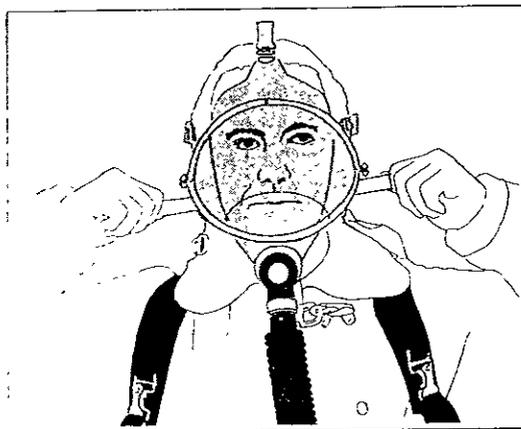
SECUENCIA PARA EL USO DE EQUIPO AUTONOMO DE RESPIRACION (Continuación)



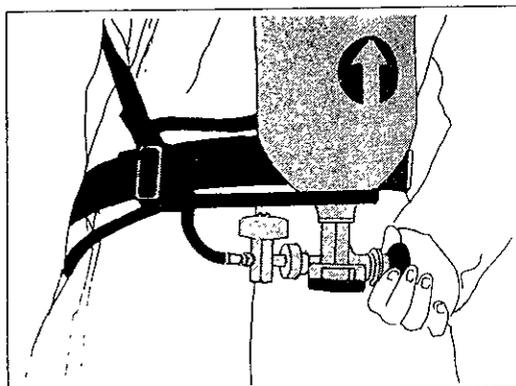
PASO 5



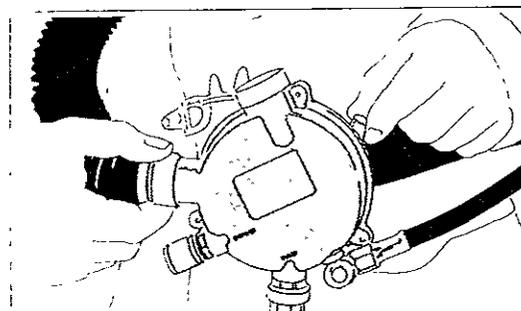
PASO 6



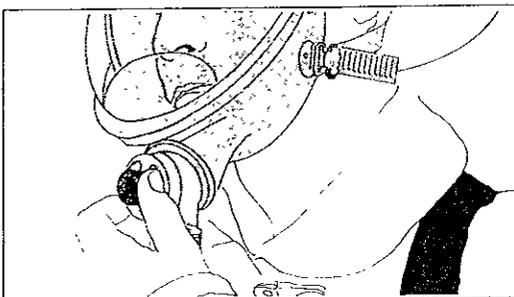
PASO 7



PASO 8



PASO 9 (Ajuste regulador de demanda).



PASO 10 (Ajuste válv. de exhalación).

Gas Combustible; están almacenadas en compartimientos de fibra de vidrio y montadas en las paredes de los edificios, en las columnas y en las áreas exteriores.

CAPITULO 3

DESCRIPCION Y OPERACION DEL SISTEMA ELECTRICO

Debido a que la operación de la Plataforma depende totalmente del servicio de la Energía Eléctrica, el Sistema de Potencia está diseñado para proporcionar una máxima funcionalidad y confiabilidad de operación en caso de cualquier falla del sistema.

El sistema de potencia con que se cuenta consiste de un arreglo del Tipo Radial, teniendo los Generadores un aterrizaje por alta resistencia y un 23 % de capacidad de generación de reserva.

3.1 CLASIFICACION DE AREAS.

La plataforma -y en general todas las plataformas de

producción- se encuentra localizada en un ambiente marino sumamente corrosivo, con procesos que involucran gases o sustancias derivadas del petróleo clasificadas como explosivas o inflamables y que requieren de un sistema eléctrico intrínsecamente seguro.

Por lo anterior, para seleccionar y determinar el arreglo del equipo eléctrico adecuado se requiere de una clasificación de áreas peligrosas de la plataforma.

Las áreas peligrosas, como está definido en el Código Eléctrico (National Electrical Code), son: Clase 1, Grupo D, División 1 ó Clase 1, Grupo D, División 2. Las áreas peligrosas para Clase 1, Grupo D, como está definido en el párrafo 500-4 del Código Eléctrico resumido como sigue, son:

División 1.- Aquellas áreas en donde los vapores o gases inflamables están presentes a propósito en la atmósfera durante operaciones normales.

División 2.- Aquellas áreas en donde los vapores o gases inflamables normalmente no están a propósito en la atmósfera, pero puede ocurrir bajo condiciones anormales.

Áreas No-Clasificadas o No-Peligrosas.- Aquellas áreas que están más allá de la división 1 ó 2.

Los sistemas de proceso de crudo y gas cuentan con una amplia ramificación de tuberías y equipos en casi toda la plataforma; esto da origen a una área totalmente peligrosa, salvo en los lugares que por cuestiones de diseño, los equipos cuentan

con un sistema especial de presurización, se consideran como áreas no-peligrosas.

De acuerdo a lo anterior, la clasificación de áreas por zonas, en la plataforma -resumida en el Cuadro 3.1- es la siguiente:

a) Cuarto de Generadores. Cubierta Superior, Niv. 139'-3".- El cuarto cuenta con un sistema de presurización para desalojar los gases que en un momento dado se lleguen a presentar debido a posibles fugas del propio sistema de combustible.

En casos críticos éste sistema puede llegar a ser insuficiente, debido a las altas presiones y temperaturas que se alcanzan en el proceso.

Tomando en consideración lo anterior, se determino ésta área como: Clase 1, División 2, Grupo D, fig. 3.3.

b) Cubierta Superior. Niv. 134'-0".- Comprende a los módulos de compresión de gas. Caen dentro de la Clase 1, por tratarse de un proceso con gas combustible; división 2, debido a que el proceso se realiza en tuberías y depósitos cerrados; grupo D, está definido de acuerdo a la clasificación por grupos dada por el API; veáse cuadro 3.1.

c) Cuarto de Tableros. Cubierta superior, Niv. 122'-2 7/16".- Este cuarto cuenta con un sistema de aire acondicionado que protege y mantiene al equipo instalado, en óptimas condiciones. La colocación del cuarto en una área fuera de procesos peligrosos y, su sistema de aire acondicionado que mantiene una presión positiva dentro de él, hacen que el área

CUADRO 3.1

CLASIFICACION DE AREAS DE LA PLATAFORMA

ZONA	CLASIFICACION
CUARTO DE GENERADORES	
CUBIERTA SUPERIOR. NIV. 139'-3"	CLASE 1, GRUPO D, DIVISION 2
CUBIERTA SUPERIOR. NIV. 134'-0"	CLASE 1, GRUPO D, DIVISION 2
CUARTO DE TABLEROS Y CONTROL	
CUBIERTA SUP. NIV. 122'-2 7/16"	NO PELIGROSA
CUBIERTA INTERMEDIA. NIV. 82'-0"	CLASE 1, GRUPO D, DIVISION 2
CUARTO DE TABLEROS Y CONTROL	
CUBIERTA INFERIOR. NIV. 52'-9 3/4"	NO PELIGROSA
CUBIERTA INFERIOR. NIV. 52'-0"	CLASE 1, GRUPO D, DIVISION 2
ESTRUCTURA INFERIOR. NIV. 22'-6"	CLASE 1, GRUPO D, DIVISION 2

NOTA: La clasificación de áreas peligrosas en las plataformas de producción, está basada en las recomendaciones y criterios expresados por el Instituto Americano del Petróleo (API) en su estudio "Design and Installation of Electrical Systems for Offshore Productions Platforms", impreso en 1978 (API-500 B), y el Código NFPA-70 (National Fire Protection Association) del artículo 500 al 503.

de este cuarto se considere No-Peligrosa, dando lugar a que el equipo eléctrico sea NEMA 1.

- d) Cubierta Intermedia. Niv. 82'-0".- En esta cubierta se encuentran localizados los sistemas de separación de crudo y gas, de deshidratación de amina y los intercambiadores de calor. Todos estos equipos ocupan casi en su totalidad el área disponible, y las áreas peligrosas que rodean a los equipos se superponen entre sí. Considerando lo anterior, toda la cubierta cae dentro de la clase 1, división 2, grupo D.
- e) Cuarto de Tableros y Control. Cubierta Inferior, Niv. 52'-9 3/4".- La clasificación de estos cuartos se realizó en base al criterio del cuarto de tableros del inciso c).
- f) Cubierta Inferior. Niv. 52'-0".- Comprende los sistemas de: enfriamiento, crudo a tierra, hipocloradores, aceite de calentamiento, agua residual, bombas reforzadoras, gas inerte, aire, diesel centrifugado, amina, hidráulico y contra incendio. Debido a que la mayoría de las tuberías de proceso se superponen ocupando la mayor parte de la cubierta, está clasificada como: clase 1, división 2, grupo D.
- g) Estructura Inferior. Niv. 22'-6".- Comprende el área de almacenamiento de diesel, embarcaderos, de maniobras de carga y descarga; con peligro de fugas o escape de líquidos inflamables, por lo que está considerada como: clase 1, división 2, grupo D.

3 2 RED DE TIERRAS

La finalidad de la puesta a tierra de los equipos de la plataforma, es:

1. Proteger los equipos de las sobretensiones.
2. Fijar el nivel de potencial de todas las masas metálicas con respecto al lecho marino y la masa de agua de mar.
3. Proteger al personal de los peligros que implica el manejo de la corriente eléctrica.

La red de tierras diseñada para la plataforma, proporciona un medio adecuado para difundir sin peligro las corrientes provenientes de disturbios atmosféricos o fallas eléctricas de los equipos. La baja resistencia que proporciona ésta red de tierras al paso de la corriente, evita que los gradientes eléctricos o las tensiones resultantes, representen un peligro para el personal que labora en la zona.

Para conocer la corriente de falla que en un caso extremo se tendría que disipar por la red de tierra, se recurrió a un estudio de falla a tierra del sistema y, con éste dato se calculó el calibre del conductor, el cual resultó ser un cable de cobre desnudo de 1/0 AWG. Se le observaron deficiencias en sus características de resistencia mecánica y se optó por diseñar la red principal con cable de cobre desnudo calibre 2/0 AWG.

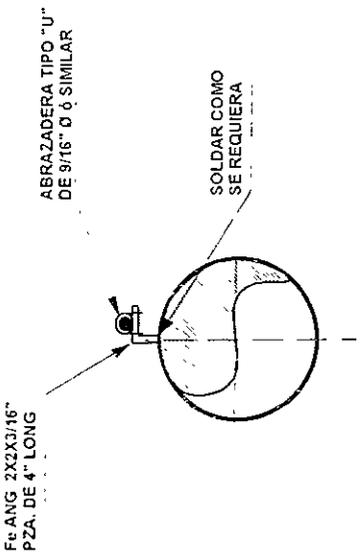
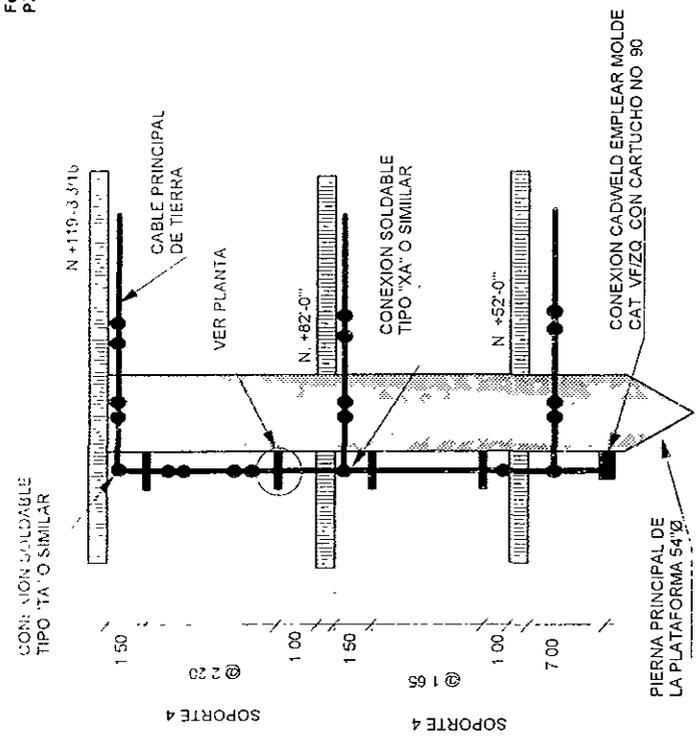
La longitud total de la red de tierras, tomó en consideración que la plataforma es una estructura continua, que se incorpora, en caso de falla, como un conductor de gran calibre y longitud. Por lo tanto, se toma en cuenta que la superficie de

contacto con la red de tierra, que en éste caso se considera el lecho marino y la masa de agua de mar, la proporciona, las piernas (dispersor) de la plataforma, fig. 3.1; que por estar sumergidas en el agua e hincadas profundamente por los pilotes, proporcionan una resistividad sumamente baja.

No se dotó a la plataforma de un sistema de Pararrayos, por que la estructura de la misma, en sus partes altas, cumple con la función de estos.

La red de tierras de la plataforma está distribuida de la siguiente forma:

- a) Cubierta Superior. Niv. 154'-3".- Este nivel se localiza en la parte superior exterior -fig. 3.3- del cuarto de generación; su posición en la plataforma es de gran altura y está expuesto a trastornos atmosféricos, por lo que se le integro a la red de tierras todo el equipo mayor, conectándolo con cable de cobre desnudo calibre 2/0 AWG. El equipo menor se conecto a la red con cable de cobre desnudo calibre 2 AWG, en consideración al poco peligro que representa, fig. 3.2.
- b) Cuarto de Generadores. Niv. 139'-3".- El diseño de la red es simple; se interconectaron todos los equipos principales a la red de tierras, con cable calibre 2/0 AWG.
- c) Cubierta Superior Norte. Niv. 119'-8 3/16".- Se conecto a la red de tierras todo el equipo de la subestación, dando prioridad al equipo mayor (transformadores, tableros de distribución, centros de control de motores, etc.). Para el equipo mayor se utilizo cable calibre 2/0 AWG, para unirse a la red principal, debido básicamente al alto valor de

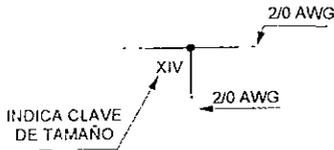


PLANTA

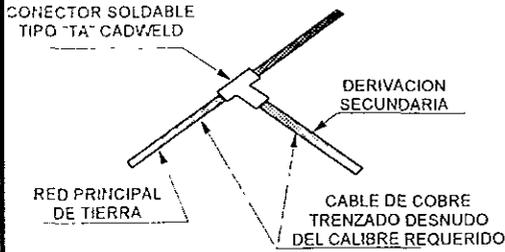
NOTA:

EL CABLE PRINCIPAL DEL SISTEMA DE TIERRAS DE 2/0 AWG DESNUDO IRA SOPORTADO VERTICALMENTE COMO SE INDICA EN EL DETALLE. A TRAVEZ DE MODULOS Y UNICAMENTE SE SOLDARA HASTA EL FINAL DE CADA PIERNA DE LA PLATAFORMA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
L. M. E.	TESIS PROFESIONAL
DETALLES RED DE TIERRAS	
PROJAO	FIG. 3.1

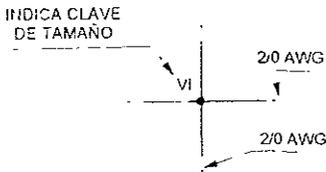


SIMBOLO EN PLANTA

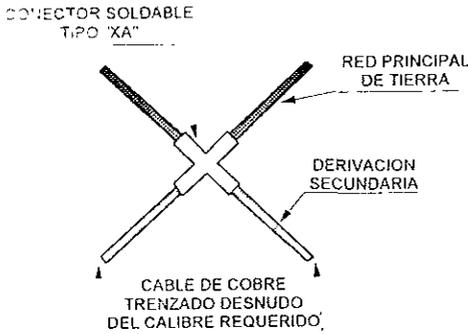


DESCRIPCION		
CLAVE DE CONECTOR	RED PRINC DE TIERRA	DERIVACION A EQUIPO
IX	500 MCM	500 MCM
X	500 MCM	# 4/0
XI	# 4/0	# 4/0
XII	# 4/0	# 2/0
XIII	# 4/0	# 2
XIV	# 2/0	# 2/0
XV	# 2/0	# 2

CONECTOR TIPO "TA"



SIMBOLO EN PLANTA



DESCRIPCION		
CLAVE DE CONECTOR	RED PRINC DE TIERRA	DERIVACION A EQUIPO
I	500 MCM	500 MCM
II	500 MCM	# 4/0
III	# 4/0	# 4/0
IV	# 4/0	# 2/0
V	# 4/0	# 2
VI	# 2/0	# 2/0
VII	# 2/0	# 2

CONECTOR TIPO "XA"

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I. M. E.	TESIS PROFESIONAL
DERIVACIONES EN RED DE TIERRAS	
USCO	CGDL FIG 3 2

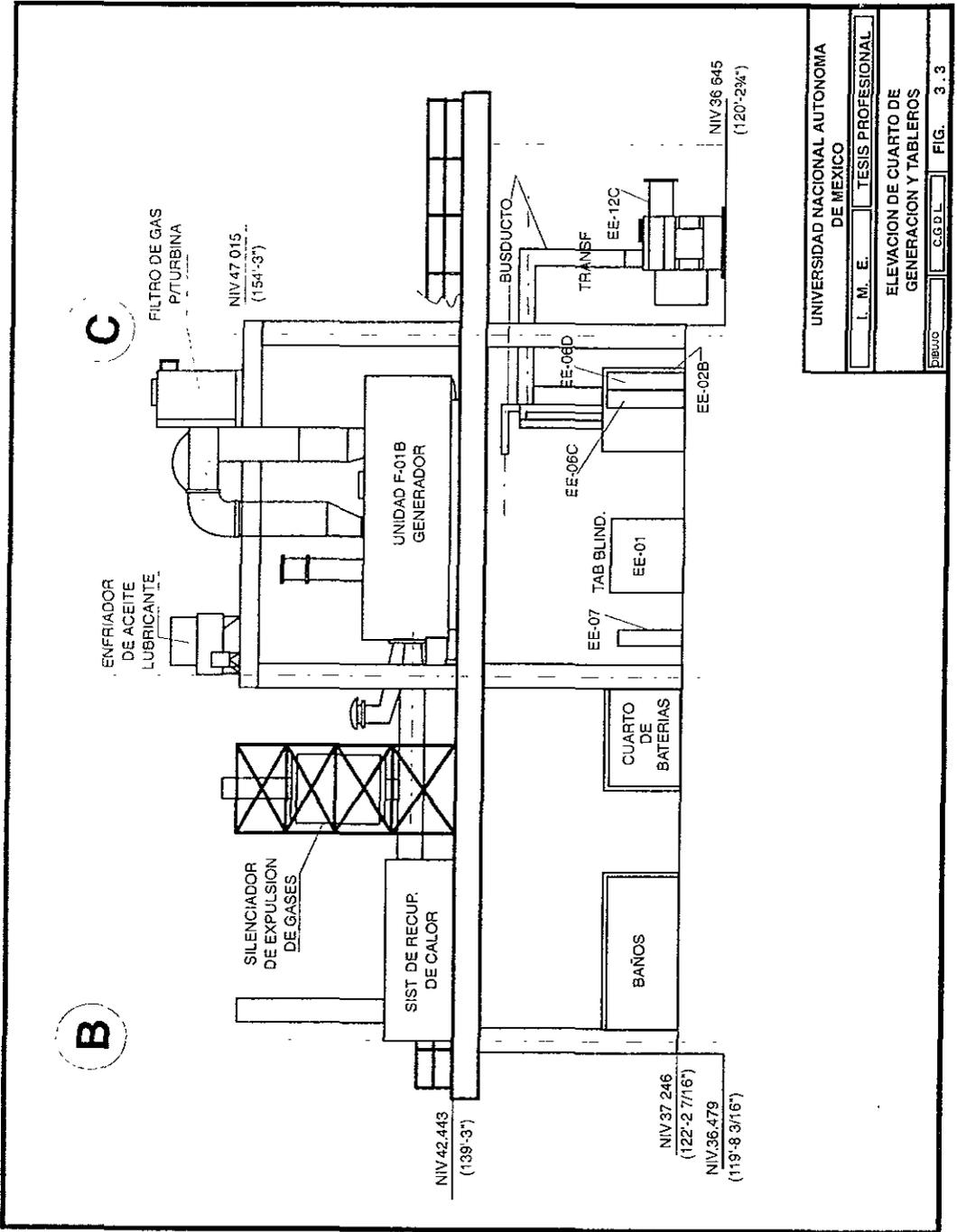
corriente de falla; en el equipo menor, la derivación se realizó con cable calibre 2 AWG, fig. 3.4.

- d) Cubierta Superior Sur. Niv. 119'-8 3/16".- En ésta parte de la cubierta superior se encuentran localizados equipos a la intemperie, cuyas dimensiones los hacen vulnerables a descargas atmosféricas; se les conecto a la red principal con cable calibre 2/0 AWG. El equipo menor se derivó a la red principal con cable calibre 2 AWG.
- e) Cubierta Intermedia. Niv. 82'-0".- La cubierta superior protege a ésta de trastornos atmosféricos y, el equipo aquí instalado se considera libre de ellos, además de que no existe prácticamente ninguno cuya corriente de falla sea de importancia. Las derivaciones a los equipos y estructuras a la red principal son de cable calibre 2 AWG.
- f) Cubierta Inferior. Niv. 52'-0".- Se localizan en ésta cubierta equipos eléctricos (motores) de gran consumo de energía y por lo mismo, las fallas, si llegan a presentarse, son de importancia. La conexión de estos equipos a tierra se realizó con cable calibre 2/0 AWG; los equipos menores se derivaron con cable calibre 2 AWG, fig. 3.5.

En el cuarto de subestación, se utilizó el mismo criterio con el que se diseñó la red de tierras del cuarto de subestación de la cubierta superior.

3.3 SISTEMA DE GENERACION, DISTRIBUCION DE FUERZA Y CONTROL

El sistema de potencia se detalla a continuación.



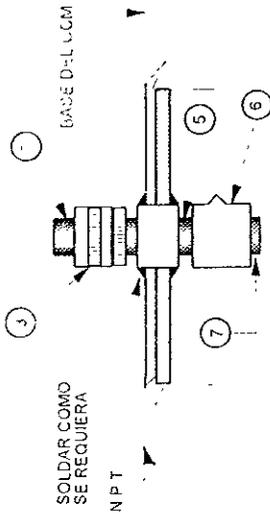
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I. M. E.	TESIS PROFESIONAL
ELEVACION DE CUARTO DE GENERACION Y TABLEROS	
DIBUJO	C.G.P.L. FIG. 3.3

3.3.1 GENERADORES PRINCIPALES. NIV. 139'-3".

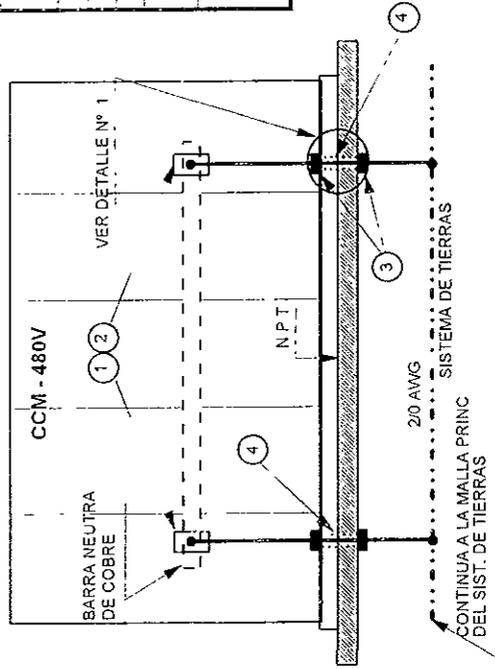
La generación de energía eléctrica se efectúa por medio de tres unidades turbogeneradoras de operación continua con sistema dual de combustible -diesel o gas-, de las cuales, considerando la carga del sistema, dos unidades operan continuamente y la tercera queda como respaldo de las otras dos. Cada unidad turbogeneradora se encuentra contenida en un gabinete, con la finalidad de que, en caso de alguna explosión y/o fuego, quede aislada de las demás; de ésta manera se logran altos márgenes de seguridad en la operación del sistema y para el personal. Además de los dispositivos detectores de fuego con que cuenta el cuarto de generación, veáse Cap. 2, sección 2.4, cada unidad cuenta con un sistema de supresión de fuego propio.

La potencia de los generadores (Marca: Ideal Electric Co.) de cada unidad es de 2560 kw/3200 kva a 40 °C (temp. amb.) con 0.8 de factor de potencia y 4.16 kv de tensión de servicio (3 fases, 4 hilos, 60 hz). Aterrizaje a través del neutro del generador, por medio de un transformador (4160/120-240 volts, 1 fase, 25 kva) y un resistor (0.799Ω , 79.9 watts) que tiene la finalidad de limitar las corrientes de falla a tierra y que en un momento dado la corriente máxima en el neutro del generador sea de 10 amperes.

Cada uno de los generadores alimenta al Tablero Blindado de Distribución (Marca: Powell Electrical Manufacturing Co.) tipo "Metal-Clad" de 5 kv, por medio de dos conductores de 350 MCM/fase, canalizados a través de dos conduits (102 mm de diámetro) en los cuales, en cada uno de ellos, quedan contenidas



DETALLE 1



CONEXION TIPICA A TIERRA EN CCM'S

LISTA DE MATERIALES			DESCRIPCION
PART NUM	CANT	UNID	
1	2	PZA	CONECTOR MECANICO DEL TIPO COMPRESOR MCA O Z C/2 BARRENOS
2	4	PZA	TORNILLOS DE 3/8" Ø x 1 3/4" DE CABEZA HEXAGONAL DE ACERO INOXIDABLE C/ TUERCAS HEXAGONALES
3	4	PZA	CONECTOR DE GLANDULA DE 3/4" Ø PARA CABLE CAL 20 AWG, MCA C-H DOMEX
4	2	PZA	COPE ROSCADO DE 3/4" Ø x 6" DE LONG DE 3000 LBS
5	1	PZA	NIPLE CORTO DE ALUMINIO DE 3/4" Ø x 2" DE LONG
6	1	PZAS	CONDULET PARA SELLAR TIPO "EYS" DE 3/4" Ø MCA C H DOMEX ó SIMILAR CREC DE P.V.C.
7		MTS	CABLE DE COBRE TRENZADO DESNUDO SEMI-DURO CLASE "B" DE CAL.# 20 AWG, MARCA CONDUMEX ó SIMILAR

NOTA:

DESPUES DE HECHOS LOS BARRENOS SE LIMPIARAN CON UN LIQUIDO HECHO A BASE DE PETROLEO Y UNA VEZ COLOCADOS LOS TORNILLOS DE RECUBRIRAN CON EPOXY

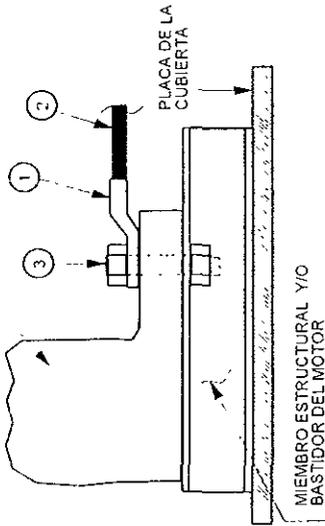
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

CONEXION TIPICA A TIERRA EN CCM'S

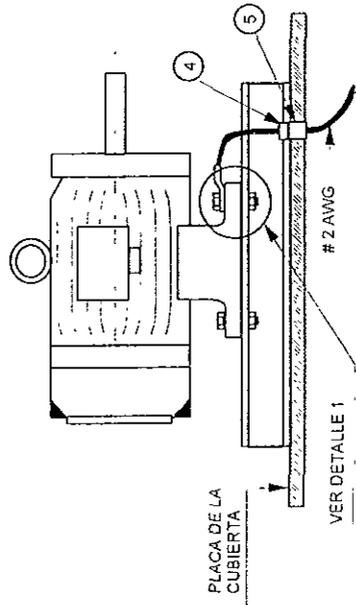
FIG. 3.4

BASE DEL MOTOR



MIEMBRO ESTRUCTURAL Y/O BASTIDOR DEL MOTOR

DETALLE 1



CONECTAR AL SISTEMA DE TIERRAS CON UN CONECTOR TIPO "TA" VER DETALLE

CONEXION A TIERRA DE UN MOTOR (TÍPICO)

LISTA DE MATERIALES		DESCRIPCION
PART NUM	CANT	UNID
1	2	PZA
2		
3	2	PZA
4	1	PZA
5	1	PZA
		3000 LBS

NOTA:

DESPUES DE HECHOS LOS BARENOS SE LIMPIARAN CON UN LIQUIDO HECHO A BASE DE PETROLEO Y UNA VEZ COLOCADOS LOS TORNILLOS DE RECUBRIRAN CON EPOXY

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

CONEXION A TIERRA DE UN MOTOR (TÍPICO)

FIG. 3.5

las tres fases.

3.3 2 GENERADOR DE EMERGENCIA. NIV. 52'-0"

En la instalación de la plataforma -y de las plataformas marinas en general- el Sistema de Generación de Emergencia debe entrar en servicio lo más pronto posible, ya que es la fuente de suministro de energía para equipos y servicios utilizados durante ésta etapa, como son: alumbrado, centrifugado y transferencia de diesel, compresores de aire, sistemas de seguridad y agua de contra incendio, bombeo de agua potable, sistemas de comunicación y herramientas en general.

En la operación normal de la plataforma, el sistema de generación de emergencia está diseñado para respaldar, en caso de falla del sistema de generación principal y de acuerdo a las necesidades del proceso, las cargas críticas instaladas en el CCM-06 E, como son (entre otras):

- Sistema de presurización y aire acondicionado.
- Compresor de aire de instrumentos 04-C.
- Bomba para sistema de contra incendio PJ-03.
- Bomba de transferencia de diesel B-15B.
- Sistema de potencia ininterrumpible (UPS) EE-07.
- Alumbrado (30% de la plataforma).
- Transformador de instrumentos de control TI-EE.

El generador (Marca: Kato Revolving Field) de corriente alterna de ésta unidad es de 350 kw (10% de sobrecarga), 0.8 de factor de potencia, 480/277 volts (4 hilos, 60 hz, 1800 rpm, 3

fases), con excitado rotativo sin escobillas. Cuenta con aislamiento clase F, limitado a clase B. Se interconecta al interruptor principal por medio de dos conductores (de cobre aislados) de 350 mcm/fase, alojados en un tubo conduit de 102 mm de diámetro.

La máquina diesel cuenta con un gobernador hidráulico tipo "Woodward" para arranque automático. El arranque es eléctrico (Baterías) con capacidad para 12 ciclos de arranque.

3.3.3 SUBESTACION CUBIERTA SUPERIOR. NIV. 122'-2 7/16"

- **Tablero Blindado de Distribución de 5 Kv. EE-01.** Este tablero recibe la alimentación de las unidades turbogeneradoras y la distribuye a través de alimentadores a cada uno de los diferentes centros de carga con que cuenta la plataforma. El calibre de los conductores para cada uno de estos alimentadores, de un conductor (de cobre con aislamiento) por fase, es de 350 mcm. Estos tres conductores por alimentador son canalizados en un tubo conduit de 102 mm de diámetro, hasta su respectivo centro de carga.

El tablero (Marca: Powell Electrical Manufacturing Co.) es para servicio interior (NEMA 1), con aislamiento para 5000 volts, empleado en el sistema de 4160 volts, 3 fases, 60 hz, 250 MVA de capacidad interruptiva; contando además con una barra de cobre desnuda que corre a lo largo de éste tablero, con capacidad de 800 amperes, para conexión al sistema de tierras. Este tablero está integrado por 17 secciones.

- Transformadores de Potencia. EE-12 C/12 D. Estos transformadores son alimentados por el tablero de distribución blindado de 5 kv (EE-01). Los transformadores son para servicio exterior; tienen una capacidad de 1500 kva; su sistema de enfriamiento es del tipo OA/FA; 3 fases, 60 hz, con relación de transformación de $4160 \pm 2.5\%/480-277$ volts; conexión delta-estrella; impedancia de $5.75\% \pm 7.5\%$.

Los transformadores (Marca: Electrotecnia, S.A.) están equipados con dispositivos de protección y medición para proporcionar máxima seguridad en el sistema eléctrico.

La distribución en 480 volts del lado secundario de cada uno de los transformadores es proporcionada a través de Electroductos (Busducto), los cuales alimentan al tablero de distribución EE-02 B. La capacidad de estos electroductos (EE-03 E y EE-03 F) es de 3000 amperes.

Conforme al diseño eléctrico, un transformador tiene la capacidad suficiente para proporcionar la potencia eléctrica necesaria al tablero EE-02 B; de ésta forma el otro queda como respaldo. Con esto se brinda mayor flexibilidad y seguridad al sistema eléctrico.

- Tablero de Distribución de 480 V. EE-02 B. Este tablero es para servicio interior (NEMA 1), con aislamiento para 600 volts, tensión de servicio 480 volts; 3 fases, 60 hz, con buses principales de 3000 amperes de capacidad; barra de cobre para el sistema de tierras de 800 amperes de capacidad. La alimentación a éste tablero es proporcionada por los dos transformadores

anteriormente descritos.

- Centros de Control de Motores, EE-06 C/EE-06 D. Cada uno de estos centros son alimentados del tablero de distribución de 480 volts (EE-02 B); son de 3 fases, 4 hilos, 60 hz; cuentan con buses principales de cobre (horizontales), de 1200 amperes, y verticales de 300 amperes; bus de tierra a lo largo del tablero de 400 amperes y una capacidad interruptiva de cortocircuito simétrica de 2200 amperes. Cada centro de control de motores contiene la sección que aloja al reactor, cuya función principal es la de reducir la capacidad interruptiva del sistema a un valor de 22000 amperes.

Todas las combinaciones interruptor-arrancador contenidas en estos centros son del tipo removible; el sistema de control para cada combinación, así como el de medición, están diseñados para 120 volts C.A.

- Sistema de Potencia Ininterrumpible (UPS), EE-07. La función principal de éste sistema es la de suministrar la energía necesaria para las principales necesidades de control de los tableros EE-01 y EE-02 B, así como de, relevadores del sistema de alarma de instrumentación, detectores de fuego, de gas, etc. y comunicación de la plataforma. Este sistema es alimentado a través de su propio cargador, el cual recibe alimentación desde el CCM de emergencia EE-06 E.

Como el funcionamiento de éste sistema es sumamente importante para los servicios de la plataforma, se cuenta con doble protección de respaldo en cuanto al servicio de energía

eléctrica, en la siguiente forma: normalmente el CCM EE-06 E está conectado al servicio normal de energía; si falla éste servicio, entra inmediatamente el generador de emergencia F-02, el cual alimentará al CCM EE-06 E. En caso de que fallara el generador de emergencia, el cargador del sistema ininterrumpible sería alimentado por su propio banco de baterías.

3.3.4 SUBESTACION CUBIERTA INFERIOR. NIV. 52'-9 3/4".

- Centro de Control de Motores de 4160 Volts. EE-11 A/11 B.-
La alimentación a estos centros de control de motores es proporcionada por el tablero blindado de 5 kv, EE-01.

Los centros de control son para servicio interior (NEMA 1); están diseñados para operar a 4160 volts, 3 fases, 3 hilos, 60 hz, con capacidad interruptiva para 250 MVA simétricos; cada uno cuenta con un juego de barras de cobre puro electrolítico para una conducción continua de 1200 amperes, con fases aisladas, barra neutra de cobre desnuda con densidad de 800 amperes/pulg.², provista con conectores para conexión al sistema de tierras.

En cada una de las secciones que forman estos centros, se aloja una combinación tipo removible de fusibles limitadores de corriente, un contactor en aire de tres polos a tensión plena no reversible, con solenoide operada por corriente directa. El contactor es para un rango de 200 amperes, con capacidad de interrupción de 50000 kva simétricos. Todos sus componentes de control y protección son para una tensión de 120 volts, 1 fase, 60 hz.

Estas unidades arrancadoras alimentan a los motores de las bombas reforzadoras de crudo (B-01 A...F), agua de mar (B-30 A...D), agua de enfriamiento (B-31 A, B y C) y al motor del compresor de gas inerte (P-04), por medio de tres conductores de cobre calibre 6 AWG, con aislamiento tipo EP.

- Transformadores de Potencia EE-12 A y EE-12 B.

Estos transformadores son alimentados por el tablero de distribución blindado de 5 kv EE-01; cuentan con las mismas características de los transformadores EE-12 C y 12 D anteriormente descritos. Estos equipos sirven para alimentar al tablero de distribución en 480 volts EE-02 A, por medio los electroductos (Busducto) EE-03 A/B.

- Tablero de Distribución de 480 V. EE-02 A.

Este tablero cuenta con las mismas características del tablero EE-02 B descrito con anterioridad.

- Centro de Control de Motores, EE-06 A/06 B/06 E.

Cada uno de estos centros de control son alimentados del tablero de distribución de 480 volts, EE-02 A. Cuentan con las mismas características de los centros EE-06 C/06 D descritos con anterioridad.

La distribución de energía eléctrica de estos equipos, es efectuada principalmente a las cargas del nivel 52' de la plataforma.

3.4 PROTECCIONES A EQUIPOS

Los dispositivos de protección por sobrecorriente son los que proporcionan la protección primordial, en cualquier sistema eléctrico, contra las fallas eléctricas más comunes y que mayor perjuicio causan tanto al equipo como al personal.

Los objetivos básicos de la protección por relevadores de sobrecorriente en los alimentadores del sistema eléctrico de la plataforma, son los siguientes:

- Los conductores (cables y busductos) están protegidos contra todas las condiciones de sobrecarga, incluyendo el cortocircuito, estando de acuerdo con el código NEC.
- Los transformadores, en los alimentadores, están protegidos de acuerdo con el código NEC; además, están de acuerdo con la norma ANSI que dicta tolerancias de tiempo permitido para una falla plena en el secundario.
- El dispositivo de protección permite corrientes transitorias normales, tales como la de impulso de magnetización de transformadores (8 a 15 veces la corriente de plena carga del transformador por 0.1 seg.) y la de impulso de arranque de motores.
- El sacar del sistema eléctrico los componentes con falla es llevado a cabo en el tiempo mínimo conveniente, con un mínimo de disturbio para el resto del sistema.
- Los dispositivos de protección de respaldo operan únicamente si aquellos dispositivos de sobrecorriente más próximos a la falla no operaron debidamente para despejar la falla.

3.4.1 GENERADORES

El sistema de protección con que cuentan los tres generadores principales de la plataforma, está integrado en el tablero blindado de distribución de 5 kv (EE-01), fig. 3.3.

Cada uno de los generadores está equipado con las protecciones siguientes:

- Protección diferencial (87).

Son tres relevadores tipo CFD22B de alta velocidad, marca General Electric, empleado contra fallas internas del propio generador y de su alimentador principal.

El relevador recibe una señal sensitiva de 6 TC'S con relación de 600/5 amperes; 3 TC'S se localizan en el tablero blindado de 5 kv y los restantes se localizan en el lado del neutro del generador.

- Protección diferencial de falla a tierra (87 G).

Se cuenta con un relevador direccional tipo ICC51A de General Electric; el relevador recibe una señal sensitiva de 2 TC'S de secuencia cero (tipo dona) con relación equivalente a 15/5 amperes, uno de los TC'S se localiza en el secundario del TC de 600/5 A, de la protección diferencial (87), y el otro se localiza en el lado primario del transformador de puesta a tierra con que cuenta el generador.

- Protección de sobrecorriente con restricción de voltaje y tiempo diferido (51 V).

Se tiene un relevador tipo IJCV51A de General Electric, que proporciona protección de respaldo contra fallas de

cortocircuito. Además de la protección por sobrecarga, se utilizan las dos características de tiempo-corriente de este relevador.

- Protección de sobrevoltaje de falla a tierra (59 G).

El relevador instalado es tipo IAV51A de General Electric; es monofásico, con disco de inducción, operado por voltaje con tiempo de retraso ajustable. Está conectado al secundario del transformador de puesta a tierra con que cuenta el generador. Este relevador detecta el voltaje en las terminales de la resistencia de carga del transformador.

- Protección de pérdida de campo (40).

Es un relevador de potencia reactiva tipo ICW53A de General Electric, monofásico, sin bobina de sello y sin disco de tiempo; recibe la señal de la línea de 3 TC'S con relación de 600/5 amp. y del voltaje de línea a línea en cuadratura (90 grados del voltaje de la línea al neutro), a través de 2 TP'S de 4200/120 volts; con ambas señales, el relevador responde a la componente reactiva de potencia (VARs), la cual varía considerablemente cuando por alguna razón se pierde la energía de entrada al campo.

- Protección de potencia inversa (32).

Se utiliza un relevador de General Electric tipo JCW51A, monofásico, con tiempo diferido y de potencia direccional; este relevador recibe señales de los mismos sensores a los cuales está conectado el relevador de pérdida de campo. Su función principal es detectar cualquier flujo anormal de potencia en una dirección dada.

- Protecciones complementarias.

Se encuentran instalados sensores de temperatura en los devanados y en los rodamientos.

3.4.2 BUSES Y ALIMENTADORES DEL TABLERO DE 5 KV (EE-01)

La protección de los alimentadores de este tablero es la siguiente:

- Protección diferencial de sobrecorriente.
- Protección diferencial de fallas a tierra.
- Protección por sobrecorriente con tiempo diferido.
- Protección por sobrecorriente instantánea (cortocircuito).
- Protección por falla a tierra con tiempo diferido.

3.4.3 MOTORES EN 4160 VOLTS

De acuerdo a las recomendaciones de la norma ANSI C37.96 de 1975 y NEC ART. 430-125, cada uno de los motores cuenta con las protecciones siguientes:

- Protección por falla a tierra.

Se realiza por medio de un relevador de sobrecorriente instantáneo de falla a tierra tipo GA y un sensor de corriente de falla a tierra GA-375.

- Protección por sobrecarga.

Efectuada por medio de relevadores térmicos de sobrecarga, que reciben señal de 2 TC'S, de relación 50/5 amp.

- Protección por pérdida de fase.

Llevada a cabo por medio de un relevador tipo "UL", con sensores de corriente de relación 50/5 amp.

- Protección por cortocircuito.

Realizada por medio de fusibles limitadores de corriente.

- Protección complementaria.

Cada motor está equipado con resistencias calefactoras para proteger los devanados contra la humedad del medio ambiente marino.

3.4.4 PROTECCIONES EN 480 VOLTS

Las protecciones al tablero de distribución en 480 volts EE-02 A/B y CCM'S son las siguientes:

- Alimentadores a cada CCM en 480 V.

Cada alimentador está protegido por un interruptor electromagnético equipado con sensores; los ajustes son los recomendados por el NEC artículo 430 para grupos de motores y cargas combinadas.

- Protección para motores en 480 V.

Protección por sobrecorriente: se emplea un relevador térmico con sensor, o conectado directamente en serie a las líneas de suministro, de acuerdo a su potencia en HP.

Protección por cortocircuito: por medio de un elemento magnético instantáneo (interruptor termomagnético).

3.5 SISTEMA DE ALUMBRADO

En el diseño del alumbrado de la plataforma se consideraron, principalmente, dos factores muy importantes para la selección y utilización de las unidades de iluminación:

1. El grado de peligrosidad: determinado por el análisis previo

del Estudio de Clasificación de Areas, secc. 3.1. El grado de peligrosidad determinó el tipo de luminaria a usar.

2. El desarrollo de tareas visuales: consideró todas las actividades a desarrollar según el lugar y el tipo de proceso. El desarrollo de tareas visuales determinó el nivel de iluminación.

El número de unidades de alumbrado seleccionadas para la plataforma estuvo determinado, básicamente, por los siguientes métodos:

1. Método de cavidad zonal: este método fué aplicado exclusivamente para todas las áreas interiores y se basa en la teoría de transferencia de flujo; la cual considera que un cuarto esta formado de una serie de cavidades, las cuales tienen reflectancias entre ellas y el plano de trabajo. Dicho método no cambia el concepto básico de que los luxes son iguales al flujo dado en lúmenes sobre el área de trabajo.
2. Método de punto por punto: aplicado a todas las áreas descubiertas; éste método se basa en conocer la iluminación en uno o varios puntos del plano de trabajo. Para esto es necesario conocer de un modo exacto la posición de la superficie por iluminar y contar con la curva fotométrica de las unidades de alumbrado. En éste método no se consideran las reflexiones que producen las superficies debido a que no existen o son muy pequeñas.

En base a lo anterior, el sistema de alumbrado de la plataforma se resume en el Cuadro 3.2.

CUADRO 3.2

ILUMINACION DE AREAS DE LA PLATAFORMA

AREA	TIPO DE LUMINARIA (1)	CANTIDAD	NIVEL DE ILUMINACION (LUXES)
CUBIERTA SUPERIOR			
Enfriadores de aceite lubricante de turbina- generador. Niv. 154'-3".	I	6	20
Cuarto de turbina-generador. Niv. 139'-3".	I	12	500
Economizadores de calor y silenciadores. Niv. 139'-3".	I	5	50
Cuarto de control y tableros. Niv. 122'-2 7/16".	IV	35	1000
De transformadores. Niv. 120'-2 3/4".	I	5	50
Taller y bodega. Niv. 122'-0".	I	8	300
Cuarto de baños. Niv. 122'-0".	IV	2	200
Cuarto de baterías. Niv. 122'-0".	I	2	200
Pasillos y áreas de circulación. Niv. 119'-0".	I	30	50

Cuadro 3.2 (continuación)

AREA	TIPO DE LUMINARIA (1)	CANTIDAD	NIVEL DE LUMINACION (LUXES)
CUBIERTA INTERMEDIA			
De separadores, deshidratadores y cambiadores de calor. Niv. 82'-0".	I	54	100
Pasillos perimetrales.	I	20	50
CUBIERTA INFERIOR			
Cuarto de control y tableros. Niv. 52'-9 3/4".	IV	37	1000
Cuarto del generador de emergencia. Niv. 57'-9 3/4".	I	4	500
Cuarto de baterías. Niv. 52'-9 3/4".	I	2	200
De transformadores. Niv. 52'-7 3/4".	I	5	50
De proceso principal. Niv. 52'-0".	II	23	150
Pasillos perimetrales. Niv. 52'-0".	I	30	50
Puentes al tetrapódo y al quemador.	III	23	20

(1) TIPO I. Luminaria a prueba de explosión de 250 W, 220 volts, con balastra integrada de alto factor de potencia y fusible integrado. Globo, guarda y reflector con recubrimiento de PVC, marca Crouse Hinds; con lámpara de vapor de mercurio de 250 Watts, marca General Electric.

TIPO II. Igual tipo I pero de 400 watts.

TIPO III. Igual tipo I pero de 100 watts.

TIPO IV. Luminaria fluorescente de 2x40 watts/120 volts, con balastra de alto factor de potencia, marca Holophane; con lámpara fluorescente "luz de día" de 40 watts, marca General Electric.

3.5.1 ALUMBRADO NORMAL

El alumbrado normal comprende todas las cargas de alumbrado que son alimentadas desde los tableros LP-A y LP-B, que se encuentran conectados al sistema de generación principal de la plataforma. Su ubicación es la siguiente:

- Tablero de alumbrado LP-B, Niv. 122'-2 7/16". Este tablero alimenta al 66% de la carga de la cubierta superior y al 34% de la carga de la cubierta intermedia.

Se encuentra localizado en el CCM-06 D, el tablero es alimentado por medio de un transformador de 45 kva, 3 fases, 4 hilos, 60 hz, 480/220-127 volts, localizado en el mismo CCM.

- Tablero de alumbrado LP-A, Niv. 52'-9 3/4". Este tablero alimenta un 34% de las cargas de la cubierta intermedia y un 66% de la cubierta inferior.

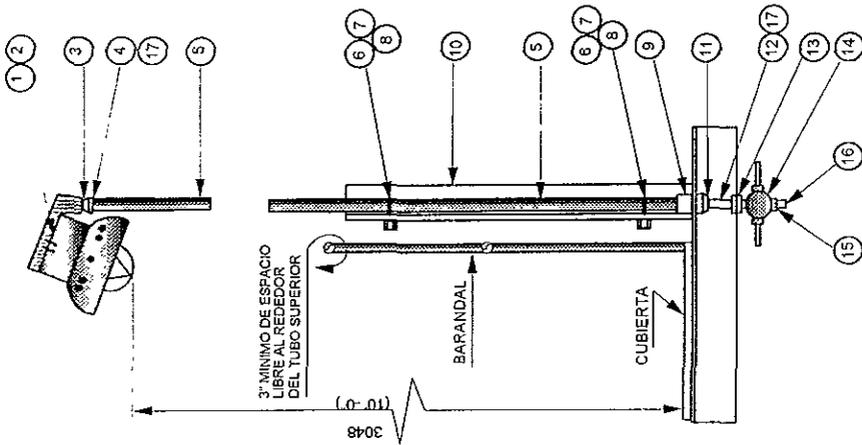
Se encuentra localizado en el CCM-06 B; su tensión de servicio es de 220/127 volts, 3 fases, 4 hilos, 60 hz, y es alimentado por medio de un transformador de 45 kva, localizado en el mismo CCM.

3.5.2 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Todo sistema de distribución de energía eléctrica normalmente se encuentra conectado a la fuente principal de generación, como es nuestro caso; sin embargo, por diversas razones, se llegan a presentar situaciones anormales que hacen fallar éste sistema. Con el fin de evitar que la plataforma quede totalmente a oscuras en un momento dado, se cuenta con dos tableros de alumbrado, el LP-El (para alimentar el 16% de las

LISTA DE MATERIALES

PART NUM	CANT	UNID	DESCRIPCION
1	1	PZA.	UNIDAD DE ALUMBRADO, 250 W, 220 V INSTALADA EN MONTANTE A 25" CON BALASTRA INTEGRADA A F.P CON FUSIBLE, GLOBO, GUARDA Y REFLECTOR DOMO MCA. C. H.
2	1	PZA.	LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO 250 W, MCA. G. E. 6 SIMILAR.
3	1	PZA.	NIPLA DE ALUMINIO C/ REC. P.V.C. DE 1 1/2" Ø x 2" DE LONG
4	1	PZA.	COPILE REDUCCION 2" Ø x 1 1/2" Ø PICONDUIT DE AL. REC. PVC.
5	3.50	MTS	TUBO CONDUIT PARED GUESA DE ALUMINIO DE 2" Ø CON 99% DE PUREZA
6	2	PZAS.	ABRAZADERA TIPO "U" DE 3/8" Ø, Y 16 HILOS DE CUERDA CON 2 TUERCAS HEXAGONALES, C/ REC. DE P.V.C P/TUBO CONDUIT DE 2" Ø
7	4	PZAS.	ARANDELA PLANA DE 3/8" Ø GALVANIZADA
8	4	PZAS.	ARANDELA DE PRESION DE 3/8" Ø GALVANIZADA
9	1	PZA.	COPILE PARA TUBO DE 2" 3000 LB
10	1.50	MTS	ANGULO DE 6" x 6" x 3/8" DE ACERO A - 36
11	1	PZA.	REDUCCION DE 2" x 3/4" ALUMINIO MCA. C. H.
12	1	PZA.	NIPLA DE 3/4" Ø x 4" ALUMINIO
13	1	PZA.	TUERCA UNION DE 3/4" Ø MACHO C/ REC. DE P.V.C MCA C HINDS
14	1	PZA.	CONDUIT CLASE I, DIV 1 CON CUATRO SALIDAS TIPO "X" CON TAPA DE 3" Ø CON REC. DE P.V.C. MCA. C. HINDS.
15	1	PZA.	REDUCCION ALUM. DE 3/4" Ø x 1/2" Ø MCA. C. H.
16	1	PZA.	DREN RESPIRADERO MCA. C. H. 1/2" Ø DE ACERO INOXIDABLE
17	1	MTS.	ALAMBRE DE COBRE TRENZADO FLEXIBLE TIPO SFF-2 C (AISLAMIENTO, HULE SILICON) # 14 AWG SIN CUBIERTA METALICA 6 SIMILAR



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

ALUMBRADO PERIMETRAL 250 W.

FIG. 3.6

cargas de la cubierta intermedia y el 34% de la cubierta inferior) y el LP-E2 (para alimentar el 16% de las cargas de la cubierta intermedia y el 34% de la cubierta superior), distribuidos estratégicamente; los tableros son alimentados desde el CCM-06 E (Niv. 52'-9 3/4"). Este recibe alimentación de la unidad generadora-diesel de emergencia a través de un interruptor de transferencia en el momento que falle el sistema normal de distribución.

Para los casos en que solamente funcione la unidad generadora de emergencia y que se requiera el alumbrado total de la plataforma, el CCM-06 E alimenta también a los tableros LP-A y LP-B; los cubículos de los interruptores principales que alimentan a los transformadores de estos tableros, contienen también los interruptores que reciben de cada uno de los alimentadores del CCM-06 E. La transferencia de energía se logra manualmente, por medio de un dispositivo mecánico que enlaza a ambos interruptores.

3.5.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA DE RESPALDO

Por condiciones de seguridad, la plataforma cuenta con un sistema de alumbrado de emergencia de respaldo, completamente independiente del sistema de alumbrado normal y de emergencia, para proveer mínima pero suficiente iluminación en el interior de edificios, así como en las cubiertas y escaleras en el exterior, para que el personal camine con seguridad al presentarse una falla del sistema de alumbrado normal y de emergencia.

Las unidades de emergencia estan diseñadas para operar en

el momento que falte la corriente, en menos de 1/2 segundo y, permanecen en la posición de operación de reserva por diez minutos después de que la energía normal es restablecida, para permitir que las luminarias de vapor de mercurio vuelvan a su intensidad luminosa totalmente; estas unidades se encuentran alimentadas permanentemente a través de receptáculos y están ubicadas en puntos estratégicos para proporcionar un mayor rendimiento y seguridad al personal.

Las unidades, herméticas al vapor de 100 watts, recubiertas de PVC, marca Crouse Hinds V (Vaporguard), con luminaria incandescente de 100 watts, son las usadas en áreas No-peligrosas y las unidades a prueba de explosión de 100 watts, cubiertas de PVC, marca Crouse Hinds EV, con luminaria incandescente de 100 watts, son las usadas en áreas Peligrosas.

Antes de concluir éste capítulo es necesario mencionar que dentro del Sistema Eléctrico de la plataforma -y de las plataformas marinas en la Sonda de Campeche- se encuentra un sistema no menos importante que otros Sistemas Auxiliares: el Sistema de Ayudas a la Navegación. Este sistema está compuesto por señales luminosas y señales audibles.

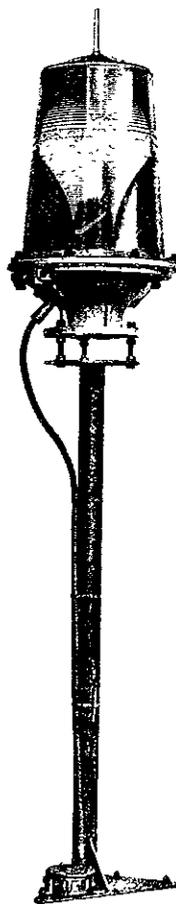
Las señales auxiliares a la navegación indican la presencia de obstáculos y sirven como guía a las embarcaciones en lugares peligrosos.

En particular, para la Plataforma de Producción Permanente y de acuerdo a su clasificación de áreas -secc. 3.1-, las luces de sus señales marinas están clasificadas como Clase 1, División 2, Grupo D. Tienen un alcance de 8 millas; el sistema opera con

un ciclo de 0.35 segs. encendida por 0.75 segs. apagada; son del tipo ML-300, marca: Tideland.

La Linterna de Señales Marinas ML-300 "MaxLumina" está equipada con un cambialámparas/destellador Tideland y lámparas de señalización marina, es un auxiliar a la navegación accionado eléctricamente para uso en estructuras costafuera, barcas perforadoras, marcadores de canal y faros en la costa.

Su lente de 300 mm. de una sola pieza es el óptico Fresnel de acrílico moldeado a precisión más grande en el mundo. El ML-300 requiere mucho menos consumo de potencia de entrada para sostener los niveles de intensidad luminosa especificada por las normas, debido a que transmite más luz en el plano horizontal que otros lentes moldeados. Esto resulta en una reducción considerable de costos. La resistencia y durabilidad de los lentes han sido demostrados en los varios miles de instalaciones ML-300 en el ambiente castigador de las localidades costafuera de la Sonda de Campeche y por todo el mundo. La linterna es liviana y muy resistente a la corrosión. La instalación adecuada de un cambialámparas/destellador con su lámpara colocada en foco preciso es simple. Viene provisto con un sistema único que



LINTERNA
ML 300

simplifica la nivelación y enfoque de los elementos ópticos. El resultado es un rayo horizontal brillante de luz que se extiende 360 grados sobre el mar. Para el fin que está diseñado, el ML-300 MaxLumina es la mejor linterna de señalización marina obtenible.

Lente del ML-300 MaxLumina. El lente del ML-300 MaxLumina es de una sola pieza de metacrilato de metilo (acrílico) moldeado a inyección, disponible en diversos colores que proveen una luz blanca, roja, verde o amarilla. Tiene 73 elementos ópticos. El centro óptico mide 300 mm. de diámetro y está curvado ópticamente igual que los 31 elementos adyacentes. Los elementos restantes son en forma de prisma. El grosor promedio de 3.6 cm. del cuerpo de los lentes provee excelente estabilidad dimensional y resistencia a la intemperie. Los lentes transmiten 40% más de luz que los lentes acrílicos de 250 mm. a través de 360 grados en el plano horizontal. Los lentes son capaces de disipar el calor de lámparas hasta 250 watts (continuo) sin ningún sistema especial termal de ventilación.

Base del ML-300 MaxLumina. La base del ML-300 MaxLumina está compuesto del anillo de los lentes, tazón y brida de montaje y ferretería interna para la instalación del



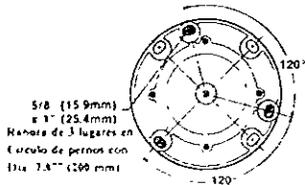
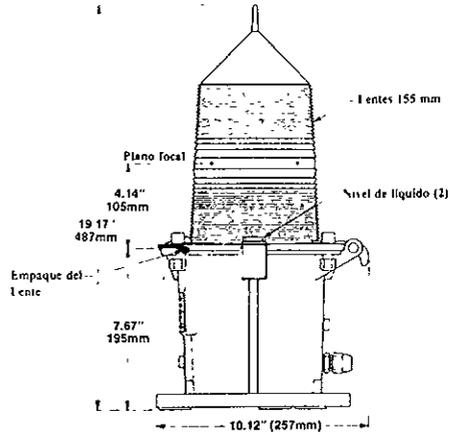
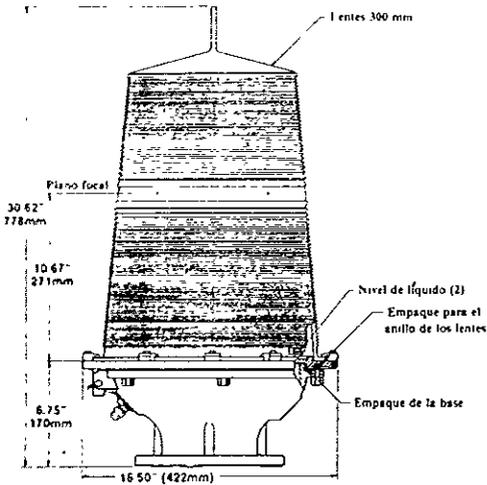
LENTE ML 300

cambialámparas/destellador. Está provisto de espacio adicional para montaje de electrónica auxiliar, tales como dispositivos de control. El anillo de los lentes y el tazón y brida de montaje están contruidos de fibra de vidrio moldeado a compresión y un componente de resina poliéster. El material ultravioleta estabilizado resultante tiene una extraordinaria resistencia a la corrosión e intensidad de larga duración. El anillo de los lentes se usa para montar los lentes y está conectado al tazón por medio de una bisagra y 5 sujetadores de acetal reforzado. El tazón está abasteado con 3 entradas de tubería con rosca, provisto de un casquillo de prensaestopa de cable de 3/4" de acetal de vidrio reforzado para alambrado de puerta eléctrica. La base tiene realces moldeados para dos bloques de terminales eléctricos para distribución de energía dentro de la linterna. La base y el anillo de los lentes están montados con empaques de anillos "O" para el sellado a prueba de intemperie de la linterna pero permitiendo el movimiento termal de los lentes. El empaque en el tazón está sujeto para evitar pérdida al abrir la linterna. La brida de montaje permanente sujeta a la base está moldeada con dos plantillas de huecos de perno, comunes en un punto, para acomodar accesorios ya sea de tres o cuatro tornillos al montar la linterna. Cuando se requieren partes de metal, se usa acero inoxidable de grado marino, bronce marino y aluminio anodizado; sin embargo, el uso cuidadoso de plásticos de ingeniería han reemplazado la mayoría de los metales en la base.

Para su demarcación, cuatro señales luminosas -fig. 1.5 - están localizadas sobre la cubierta inferior (Nivel 52'-0"), una

SEÑAL MARINA 300 MM DE TIDELAND
 MODELO DE LINTERNA ML-300

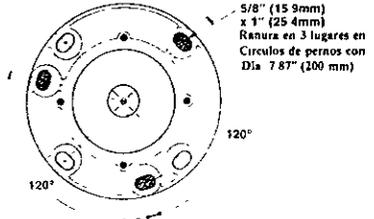
SEÑAL MARINA 155 MM DE TIDELAND
 MODELO DE LINTERNA ML-155



PESO TOTAL
 19 lbs (8.7 kg)

NOTE Las bridas de la base de ambas
 linternas son idénticas (no está
 dibujada a escala)

PESO TOTAL
 7 lbs (3.2 kg)



sobre el puente que une a la plataforma con el tetrápodo de apoyo y cinco más sobre el puente de la plataforma al quemador. En este puente se localiza, en la parte central, la sirena de niebla modelo AB-860; este sistema en la actualidad se encuentra en desuso.

El Sistema de Ayudas a la Navegación consta del siguiente equipo (localizado en el Cuarto de Tableros y Baterías, Niv. 52'-7 3/4"):

- Un cargador de baterías modelo TBC-10. Se encuentra alimentado del tablero LP-El que se encuentra en el CCM-06E.

- Banco de baterías con 14 unidades tipo plomo-ácido y con capacidad de 200 AH a 12 VCD.
- Tablero de Control tipo TSM-100. Este tablero es un sistema controlador electrónico para las linternas, que reporta cualquier anomalía del sistema al cuarto de control.

CAPITULO 4

CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO TRIFASICAS

El cálculo de las corrientes de corto circuito para fallas trifásicas, nos permite observar el comportamiento de los dispositivos de protección, para evitar fallas indirectas y riesgos para el personal que puedan ocasionar problemas más severos por la mala operación de dichos dispositivos.

Toda esta información de valores de corriente nos permite seleccionar los equipos adecuados de operación y protección del Sistema Eléctrico de la plataforma y permitirá que los equipos que esten operando ya instalados, cumplan con las normas establecidas. Al mismo tiempo se podran conocer las actuales condiciones del sistema eléctrico, para prever futuras ampliaciones posibles y juzgar la toma de decisiones, indicándonos las limitaciones de operación y protección de los equipos ya existentes.

El diseño y construcción de las Plataformas Marítimas no

permite prácticamente ninguna ampliación futura, para evitar alteraciones de las normas de seguridad establecidas. Estos cálculos nos permiten únicamente mostrar los pasos a seguir para la determinación de las corrientes de corto circuito.

4.1 ANALISIS DE CARGAS Y DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

1. Cargas del CCM 11 A en 4160 volts

	H.P. INST.	H.P. OP.
B-01A Bomba Ref. de Crudo (Res.)	250	-
B-01B Bomba Ref. de Crudo	250	250
B-01C Bomba Ref. de Crudo	250	250
B-30A Bomba Agua de Mar (Res.)	350	-
B-30B Bomba Agua de Mar	350	350
B-31A Bomba Agua de Enfr. (Res.)	250	-
B-31C Bomba Agua de Enfr.	250	250
	<hr/>	<hr/>
TOTAL	1950	1100

2. Cargas del CCM 11B en 4160 volts.	H.P. Inst.	H.P. Op.
B-01E Bomba Ref. de Crudo	250	250
B-01D Bomba Ref. de Crudo (Res.)	250	-
B-01F Bomba Ref. de Crudo	250	250
B-30C Bomba Agua de Mar (Res.)	350	-
B-30D Bomba Agua de Mar	350	350
B-31B Bomba Agua de Enfr. (Res.)	250	-
H-06 Compresor de Gas Inerte	250	250
	<hr/>	<hr/>
TOTAL	1950	1100

3. Cargas del CCM-06 A	H.P. Inst.	H.P. Op.
B-02B Bombas pre-pos. lubr.	1/2	1/2
B-21 Unidad de lavado	7 1/2	7 1/2
P-01A Celda de flotación	10	10
B-43A Bomba Agua de Mar (Tq. Pres.)	30	30
B-13A Bomba circ. aceite calent.	200	200
B-46A Bomba agua potable	7 1/2	7 1/2
B-10A Bomba drenaje a pres. (Res.)	3	-
B-14A Bomba sum. comb. diesel	25	25
B-15A Bomba tranf. comb. diesel	20	20
EE-07 Alim. transf. UPS (Res.)	10	-
B-24A Bomba agua amarga	7 1/2	7 1/2
B-24B Bomba agua amarga (Res.)	7 1/2	-
B-44A Bomba amina al rehervidor	25	25
X-08B Alim. cápsula salvavidas	40	-
B-53A Bba. circ. agua enfr. comp. H-04A	1 1/2	1 1/2

V-16A Vent. enfr. compr. H-04A	3/4	3/4
H-04A Compresor aire instrumentos	75	75
TM-A Tablero (tranf,) eq. miscelaneos	30	30
P-01B Celda de flotación	10	10
B-02A Bomba pre-pos. lubr.	1/2	1/2
B-03A Bomba recuperación de crudo	3	3
B-17 Bba. comb. diesel del GGJ	1 1/2	1 1/2
B-18 Bba. circ. agua enfr. del GGJ	20	20
B-56 Bba. iny. sol. cáuastica GGJ	1/4	1/4
B-34A Bomba circ. de amina (Res.)	125	-
V-02 Soplador aire comb. GGJ	30	30
P-02A Unidad desaladora (86 amp.)	71 1/2	71 1/2
B-42A Bba. agua mar hipoclorador (Res.)	5	-
ME-01 Alim. centrífuga diesel	77	77
B-45A Bomba tranf. de diesel	5	5
X-04A Hipoclorador electrolítico	120 1/2	120 1/2
B-02C Bomba pre-pos. lubr.	1/2	1/2
	970.5	780
TOTAL		

4. Cargas del CCM-06 B	H.P. Inst.	H.P. Op.
AA-05 Motor presur. cto. tableros	3/4	3/4
B-10B Bomba drenaje a presión	3	3
P-01C Celda de flotación	10	10
B-43B Bba. agua de mar (Tq. pres.)(Res.)	30	-
B-24C Bomba agua amarga	7 1/2	7 1/2
B-45B Bba. tranf. de diesel (Res.)	5	-

B-32	Bomba reforzadora agua de mar	100	100
P-02B	Unidad desaladora (86 amp.)	71 1/2	71 1/2
H-04B	Compresor aire instrumentos	75	75
B-03B	Bba. recup. de crudo (Res.)	3	3
LP-A	Tablero de alumbrado (Transf.)	45	45
X-08A	Alim. cápsula salvavidas	40	-
B-13B	Bba. circ. aceite calent.	200	200
X-04B	Hipoclorador electrolítico (Res.)	120 1/2	-
P-01D	Celda de flotación	10	10
B-24D	Bomba agua amarga (Res.)	7 1/2	-
B-34B	Bomba circ. de amina	125	125
B-02D	Bomba pre-pos. lubr.	1/2	1/2
B-42B	Bba. agua de mar hipoclorador	5	5
B-44B	Bba. amina al rehervidor (Res.)	25	-
B-53B	Bba. circ. agua enfr. comp. H-04B	1 1/2	1 1/2
V-16B	Vent. enfr. compr. H-04B	3/4	3/4
B-02E	Bomba pre-pos. lubr.	1/2	1/2
	TOTAL	887	659

5. Cargas del CCM-06C	H.P. Inst.	H.P. Op.	
A-09	Pre-enfr. gas 1ª etapa sep.	25	25
A-10	Pre-enfr. gas 2ª etapa sep.	5	5
A-12	Pos-enfr. de gas de arranque	10	10
AA-06	Udad. aire acond. cto. contr. instr.	15	15
V-07	Soplador aire comb. rehervidor amina	25	25
B-33A	Bomba de reflujo amina	3	3

L-03A	Deshidratador de crudo	180	180
B-13C	Bba. circ. aceite calent.	200	200
X-08C	Alim. cápsula salvavidas	40	-
B-60A	Bba. reforzadora agua enfr.	200	200
P-12	Bba. pre-pos. lubr. paq. gas arranque	3	3
P-12	Bba. aux. aceite sellos paq. gas arr.	10	10
P-12	Vent. filtro aire paq. gas arranque	2	2
P-12	Motor arranque electro-hidr. paq. gas	60	60
AA-02	Motor pres. cto. tabl. niv. 122'-0"	3/4	3/4
P-12	Vent. cabina paq. gas arr.	1	1
	TOTAL	779.75	739.75

6. Cargas del CCM-06D	H.P. Inst.	H.P. Op.	
B-04A	Bomba sistema de glicol	25	25
H-05	Compr. aire atomizado diesel	30	30
B-52	Bomba ref. diesel al D-01	1	1
B-33B	Bomba reflujó de amina (Res.)	3	-
L-03B	Deshidratador de crudo	180	180
LP-B	Tablero de alumbrado (Transf.)	45	45
B-13D	Bba. circ. aceite calen. (Res.)	200	-
X-08D	Alim. cápsula salvavidas	40	-
V-01	Sopl. aire comb. sist. aceite calent.	20	20
	Tabl. eq. miscelaneos pq. gas arranque	30	30
A-11	Interenfriador del gas de arranque	10	10
B-60B	Bomba ref. agua enfriamiento	200	200
	TOTAL	784	541

7. Cargas del CCM-06E		H.P. Inst.	H.P. Op.
AA-04	Udad. aire acond. cto. instr. niv. 52'	30	30
AA-04	Motor pres. cto. instr. niv. 52'	3/4	3/4
B-04B	Bomba sistema de glicol	25	-
LP-A	Tablero de alumbr. (Transf.)	45	-
H-04C	Compresor aire instr. (Res.)	75	-
V-03A	Vent. axial cto. gen. niv. 139'-3"	15	15
V-11	Vent. axial cto. tabs. niv. 122'-2 7/16" 1 1/2		1 1/2
AA-02	Udad. a. acond. cto. tabs. niv. "	55	55
EE-05	Alim. cargador de baterías	5	5
V-12	Vent. axial bodega y taller. niv. 122'	1 1/2	1 1/2
PJ-03	Bba. sist. contra-incendio	5	5
B-15B	Bba. tranf. comb. diesel (Res.)	20	20
LP-B	Tablero de alumbrado (Transf.)	45	-
B-46B	Bomba agua potable (Res.)	7 1/2	-
EE-07	Alim. cargador de bats. UPS	10	10
V-14	Vent. centrif. cto. tabl. niv. 52'-0"	3/4	3/4
V-15	Vent. axial cto. gen. emerg.	7 1/2	7 1/2
V-03B	Vent. axial cto. gen. niv. 139' (Res.)	15	-
B-53C	Bomba agua cir. enfr. compr. H-04 C (Res.)	1 1/2	-
AA-05	Udad. a. acond. cto. tabs. niv. 52'-0"	40	40
B-14B	Bba. sum. comb. diesel (Res.)	25	-
V-16C	Vent. sist. enfr. compr. H-04C	3/4	3/4
LP-E2	Tablero de alumbr. (transf.)	45	45
LP-E1	Tablero de alumbrado	45	45
TI-E	Tranf. instr. cto. control	30	30
TM-C	Tabl. distr. equipos misc. T/G	30	30
TOTAL		<u>581.75</u>	<u>342.75</u>

4.2 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS NOMINALES DE LOS EQUIPOS

Se determinaron las características nominales de los equipos a través de información de datos de placa, textos, manuales y cálculos.

4.2.1 CENTROS DE CONTROL DE MOTORES

1. Del CCM-06A: Supuesta la carga más grande conectada de 200 HP y que su protección requiera el ajuste más alto, se tiene lo siguiente:

- Para el motor de 200 HP (datos de placa no disponibles) se supone que $HP=KVA$, entonces se tienen los valores calculados que son:

a) Corriente a plena carga (C.P.C.)= I_{PC}

$$I_{PC}=200/\sqrt{3} \times 0.460=251 \text{ A}$$

b) Corriente a rotor bloqueado (C.R.B.)= I_{RB}

$$I_{RB}=6 \times C.P.C.=6 \times 251=1506 \text{ A} \quad (\text{de 5 a 30 seg.})$$

c) Corriente máxima de arranque=Cte. de impulso transitoria

$$I_{MA}=C.R.B. \times \text{Fact. de compensación} \times \text{Fact. de seguridad} \\ =1506 \times 1.5 \times 1.1=2485 \text{ A} \quad (\text{para 0.1 seg.})$$

d) Ajuste permisible máximo (NEC 430/31 Parte C)

Por sobrecarga con Factor de Servicio (F.S.) de 1=

$$1.15 \times C.P.C.=1.15 \times 251=289 \text{ A}$$

Sobrecorriente interruptor con tiempo inverso=

$$2.5 \times C.P.C.=2.5 \times 251=627.5 \text{ A}$$

Dispositivo instantáneo=

$$13 \times C.P.C.=13 \times 251=3263 \text{ A}$$

e) Se considera un tiempo de aceleración = 8 segundos

f) Se supone un tiempo máximo permisible de aceleración= 20 segundos

g) Cálculo de la impedancia promedio supuesta:

$$X''_d=25\% \quad X/R=10 \quad R=2.5\%$$

$$Z=(2.5 + j25)\%$$

- La carga adicional conectada al bus es de 580 HP

$$C.P.C.=580/\sqrt{3} \times 0.460=728 \text{ A}$$

2. Del CCM-06B:

- Para el motor de 200 HP, igual al procedimiento 1.

- La carga adicional conectada al bus es de 459 HP,

$$C.P.C.=459/\sqrt{3} \times 0.460=576 \text{ A}$$

3. Del CCM-06C:

- Para el motor de 200 HP, igual al procedimiento 1.

- La carga adicional conectada al bus es de 540 HP,

$$C.P.C.=540/\sqrt{3} \times 0.460=678 \text{ A}$$

4. Del CCM-06D:

- Para el motor de 200 HP, igual al procedimiento 1.

- La carga adicional conectada al bus es de 341 HP,

$$C.P.C.=341/\sqrt{3} \times 0.460=428 \text{ A}$$

5. Del CCM-06E:

- Para el motor de 75 HP se tiene:

a) $I_{PC}=75/\sqrt{3} \times 0.460=94 \text{ A}$

b) $I_{RB}=6 \times 94=564 \text{ A}$

c) $I_{MA}=564 \times 1.5 \times 1.1=930 \text{ A}$

d) Ajuste permisible máximo (NEC 430/31 Parte C)

Sobrecarga con Factor de Servicio (F.S.) de 1=

$$1.15 \times C.P.C.=1.15 \times 94=108 \text{ A}$$

Sobrecorriente del interruptor con tiempo inverso=

$$2.5 \times \text{C.P.C.} = 2.5 \times 94 = 235 \text{ A}$$

Dispositivo instantáneo=

$$13 \times \text{C.P.C.} = 13 \times 94 = 1222 \text{ A}$$

e) Se considera un tiempo de aceleración = 8 segundos

f) Se considera un tiempo máximo permisible de aceleración =
20 segundos

g) Cálculo de la impedancia promedio supuesta:

$$X''_d = 25\% \quad X/R = 10 \quad R = 2.5\%$$

$$Z = (2.5 + j25)\%$$

- La carga adicional conectada al bus es de 342 HP,

$$\text{C.P.C.} = 342 / \sqrt{3} \times 0.460 = 430 \text{ A}$$

6. Para el CCM-11A y 11-B:

- Para el motor de 350 HP se tiene:

a) $I_{PC} = 350 / \sqrt{3} \times 4.16 = 48.6 \text{ A}$

b) $I_{RB} = 6 \times 48.6 = 291.6 \text{ A}$

c) $I_{MA} = 291.6 \times 1.76 \times 1.1 = 564 \text{ A}$ (para 0.1 seg.)

d) Ajuste permisible máximo (NEC 430 parte 1)

Sobrecarga con Factor de Servicio (F.S.) de 1; O.L.=

$$1.15 \times \text{C.P.C.} = 1.15 \times 48.6 = 55.89 \text{ A}$$

Sobrecorriente, fusibles retardo sin tiempo=O.C.

$$3.0 \times \text{C.P.C.} = 3.0 \times 48.6 = 145.8 \text{ A}$$

e) Se considera un tiempo de aceleración = 8 segundos

f) Se considera un tiempo máximo permisible de aceleración =
20 segundos

g) Cálculo de la impedancia promedio supuesta:

$$X''_d = 25\% \quad X/R = 10 \quad R = 2.5\%$$

$$Z=(2.5 + j25)\%$$

- La carga adicional conectada al bus es de 750 HP,

$$C.P.C.=750/\sqrt{3} \times 4.16=104 \text{ A}$$

7. Para el CCM del paquete de compresión de Crawford/Delaval:

- La carga total conectada al bus de 480 volts es de 750 HP,

$$C.P.C.=750/(\sqrt{3} \times 0.460)=942 \text{ A}$$

4.2.2 REACTORES

Para los reactores limitadores de corriente se consideran los datos siguientes:

- a) Para una clase de aislamiento de 600 volts.
- b) Para un servicio interior de 3 fases.
- c) Para 1200 A de capacidad.
- d) Para una corriente de falla (valor eficaz de amperes máximos simétricos sostenidos) en un segundo de duración, de 34000 A.
- e) Reactancia en ohms/fase = 0.010

4.2.3 BUS-DUCTOS

Resistencia y reactancia del busducto:

Para 1600 A, 480 Volts, 4 H. (2/fase) = $(0.0006 + j0.0040)\% / 100'$

Para 3200 A, 480 Volts, 4 H. (1/fase) = $(0.0002 + j0.0038)\% / 100'$

Longitudes de busducto:

- 03A. 35'-9 5/8" para 3000 A.
- 03B. 20'-2 1/8" para 3000 A.
- 03C. 24'-7" para 1600 A.
- 03D. 45'-4 7/8" para 1600 A.
- 03E. 19'-3/8" para 3000 A.
- 03F. 29'-3/8" para 3000 A.

03G. 23'-5 1/16" para 1600 A.

03H. 43'-8 7/8" para 1600 A.

De acuerdo a lo anterior tenemos:

$$03A. (0.0002 + j0.0038) \times 35.802 / 100 = (0.0000716 + j0.00136) \text{ pu}$$

$$03B. (0.0002 + j0.0038) \times 22.125 / 100 = (0.00044 + j0.00084) \text{ pu}$$

$$03C. (0.0006 + j0.0040) \times 24.58 / 100 = (0.0001475 + j0.00098) \text{ pu}$$

$$03D. (0.0006 + j0.0040) \times 45.40 / 100 = (0.000272 + j0.0018) \text{ pu}$$

$$03E. (0.0002 + j0.0038) \times 19.03 / 100 = (0.000038 + j0.00072) \text{ pu}$$

$$03F. (0.0002 + j0.0038) \times 29.03 / 100 = (0.000058 + j0.00110) \text{ pu}$$

$$03G. (0.0006 + j0.0040) \times 23.422 / 100 = (0.000140 + j0.00094) \text{ pu}$$

$$03H. (0.0006 + j0.0040) \times 43.739 / 100 = (0.000262 + j0.00175) \text{ pu}$$

4.2.4 TRANSFORMADORES

Se tienen los datos siguientes: 1500 KVA, 4160/480-277 Volts, tipo OA/FA, 65 °C elev. temp., conexión delta-estrella.

a) C.P.C. (primario) $OA = 1500 / \sqrt{3} \times 4.16 = 208 \text{ A.}$

b) C.P.C. (primario) $\text{capacidad} = C.P.C. \times \text{Fact. enfr.} \times \text{Fact. de elev. de temp.}$
 $= 208 \times 1.15 \times 1$
 $= 240 \text{ A.}$

c) C.P.C. (secundario) $OA = 1500 / \sqrt{3} \times 0.480 = 1806 \text{ A.}$

d) C.P.C. (secundario) $\text{capacidad} = C.P.C. \times \text{Fact. enfr.} \times \text{Fact. elev. de temp.}$
 $= 1806 \times 1.15 \times 1$
 $= 2077 \text{ A.}$

e) Corriente magnetizante $= 8 \times C.P.C. = 8 \times 1806 \text{ (seg.)}$
 $= 14450 \text{ A para } 0.1 \text{ seg.}$

Para primario $=8 \times 208 \text{ A} = 1664 \text{ A}$.

f) Impedancia: $Z = 5.75\%$ y $X/R = 5$

$$\tan \phi = 5 \quad \phi = 78.69^\circ$$

$$X = Z \sin \phi = 5.75 \times \sin 78.69^\circ = 5.638\%$$

$$R = Z \cos \phi = 5.75 \times \cos 78.69^\circ = 1.128\%$$

$$Z = (1.128 + j5.638)\%$$

g) Nivel de resistencia o punto ANSI = 10.1 x C.P.C.

$= 18240 \text{ A}$ para 3.75 seg.

h) Ajuste permisible máximo (NEC)

Por sobrecorriente, interruptor (primario) =

$6 \times \text{C.P.C.} = 6 \times 208 = 1248 \text{ A}$. para 1000 seg.

Por sobrecorriente, interruptor (secundario) =

$2.5 \times \text{C.P.C.} = 2.5 \times 1806 = 4515 \text{ A}$. para 1000 seg.

4.2.5 CABLES Y ALIMENTADORES

La resistencia y reactancia de cables alimentadores se muestra en los cálculos del apartado 4.4.8.

4.3 SELECCION DEL METODO DE CALCULO Y VALORES BASE

Para calcular las corrientes de falla, seleccionamos el método de los valores Por Unidad; para lo cual se procede a convertir todas las reactancias de los componentes del sistema a una base común.

Se consideran los valores base siguientes:

Potencia Base = 10 MVA

Tensión Base = 4.16 y 0.480 KV

En 4160 V., si la resistencia se desprecia, se tiene:

$$X_B = \frac{(4.16)^2 \times 1000}{10000} = 1.73056 \Omega$$

$$I_B = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 4.16} = 1388 \text{ A}$$

En 480 V., si la resistencia se desprecia, se tiene:

$$X_B = \frac{(0.48)^2 \times 1000}{10000} = 0.02304 \Omega$$

$$I_B = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 0.480} = 12028 \text{ A}$$

4.4 CALCULO DE REACTANCIAS P.U. DE LOS COMPONENTES

4.4.1 GENERADORES

Para $X''_d = 9.7 \%$, 3200 KVA

$$X_{pu} = 0.097 (10000/3200) = 0.3031$$

4.4.2 TRANSFORMADORES

Para $Z = 5.75 \%$, 1500 KVA, $X/R=5$

$$\begin{aligned} Z_{pu2} &= \frac{\text{MVA BASE}}{\text{MVA NOM}} (Z_{pu1}) = \\ &= 10/1.5 ((1.128 + j5.638)/100) \\ &= 0.0752 + j0.3759 \end{aligned}$$

4.4.3 PARA MOTORES 4160 V, 350 HP y 750 HP

Para $X''_d = 25 \%$, $X/R = 10$

$$Z = (2.5 + j25) \%$$

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.35 = 0.7143 + j7.1429$$

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.75 = 0.333 + j3.333$$

4.4.4 PARA MOTORES 480 V, 200 HP y 75 HP

Para $X''_d = 25 \%$, $X/R = 10$

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.2 = 1.25 + j12.5$$

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.075 = 3.333 + j33.333$$

4.4.5 CON CARGA TOTAL OPERANDO EN C/U DE LOS CCM'S

CCM-06 A: 780 HP

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.780 = 0.3184 + j3.1888$$

CCM-06 B: 659 HP

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.659 = 0.379 + j3.79$$

CCM-06 C: 739 HP

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.739 = 0.338 + j3.383$$

CCM-06 D: 541 HP

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.541 = 0.462 + j4.621$$

CCM-06 E: 342 HP

$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25) 10/0.342 = 0.731 + j7.310$$

4.4.5.1 PARA REACTORES DE 600 V, 1200 A, 0.010 OHMS/FASE

$$\begin{aligned} P_u &= (MVA \text{ BASE}/KV^2) Z \text{ NOM. EN OHMS} = 10/(0.48)^2 \times 0.010 \\ &= 0.434 \text{ c/u} \end{aligned}$$

4.4.6 PARA BUSDUCTOS

$$Z_{pu} = (MVA \text{ BASE}/KV^2) Z \text{ NOM. EN OHMS}$$

$$\begin{aligned} 03 \text{ A}; Z_{pu} &= \frac{10}{(0.48)^2} (0.0000716 + j0.00136) = \\ &= 0.0031 + j0.0590 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
03 \text{ B; } Z_{pu} &= 43.403(0.000044 + j0.00084) = 0.0019 + j0.0364 \\
03 \text{ C; } Z_{pu} &= 43.403(0.0001475 + j0.00098) = 0.0064 + j0.0425 \\
03 \text{ D; } Z_{pu} &= 43.403(0.000272 + j0.0018) = 0.00118 + j0.0781 \\
03 \text{ E; } Z_{pu} &= 43.403(0.000038 + j0.00072) = 0.0016 + j0.0313 \\
03 \text{ F; } Z_{pu} &= 43.403(0.000058 + j0.0011) = 0.0025 + j0.0477 \\
03 \text{ G; } Z_{pu} &= 43.403(0.00014 + j0.00094) = 0.0061 + j0.0408 \\
03 \text{ H; } Z_{pu} &= 43.403(0.000262 + j0.00175) = 0.0114 + j0.076
\end{aligned}$$

4.4.7 PARA EL CCM-H-01 (PAQUETE DE COMPRESION).

Carga conectada al bus de 480 v. = 750 HP.

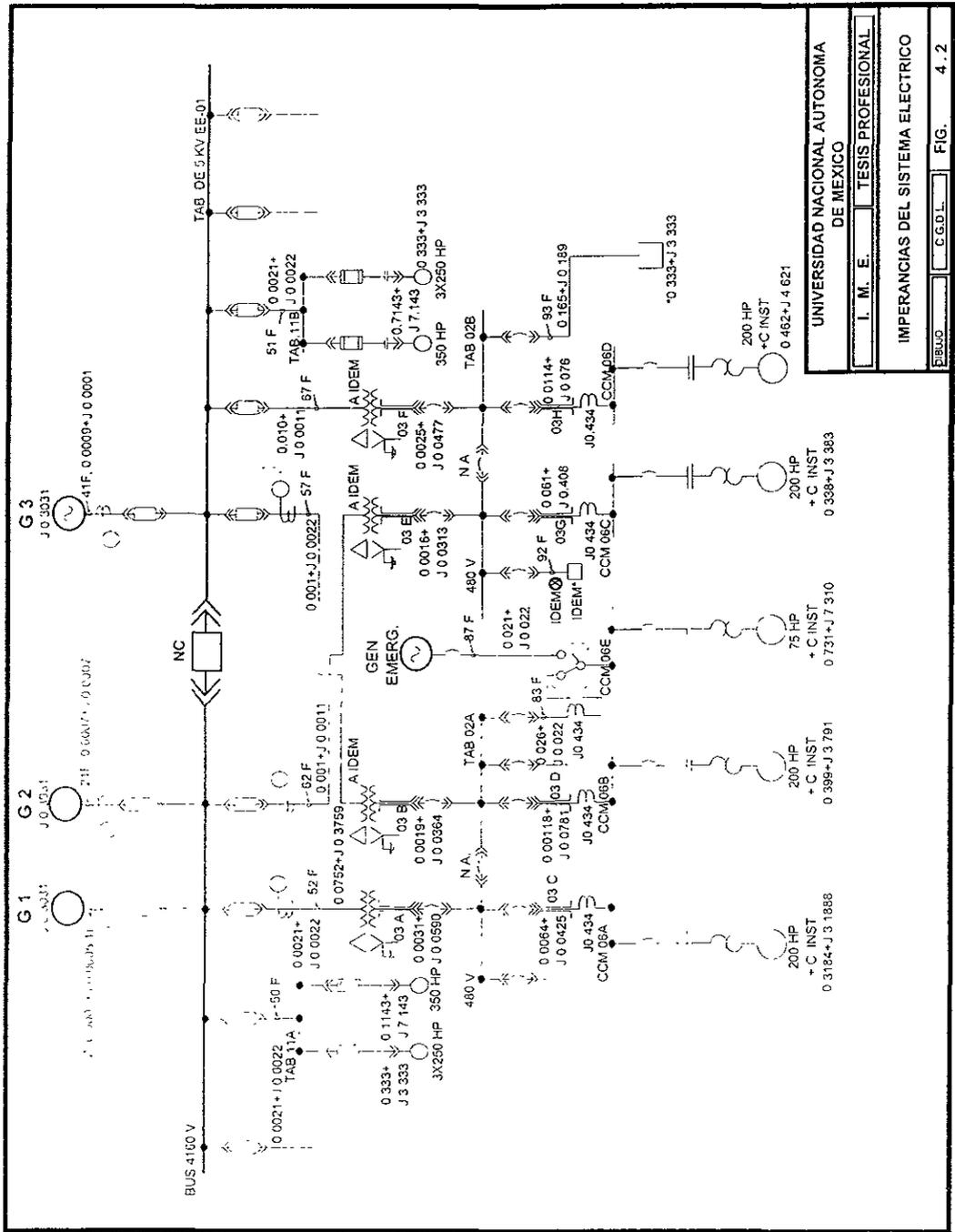
$$Z_{pu} = (0.025 + j0.25)10/0.750 = 0.333 + j3.333$$

4.4.8 PARA CABLES

$$Z_{pu} = (\text{MVA BASE}/\text{KV}^2)Z \text{ NOM. EN OHMS}$$

$$\begin{aligned}
1\text{F; } Z_{pu} &= \frac{10}{(4.16)^2} (0.000846 + j0.000904) = \\
&= 0.0005 + j0.0005
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
21\text{F; } Z_{pu} &= 0.577(0.001214 + j0.001297) = 0.0007 + j0.0007 \\
41\text{F; } Z_{pu} &= 0.577(0.00157 + j0.001676) = 0.0009 + j0.0010 \\
50\text{F; } Z_{pu} &= 0.577(0.003621 + j0.003867) = 0.0021 + j0.0022 \\
52\text{F; } Z_{pu} &= 0.577(0.003621 + j0.003867) = 0.0021 + j0.0022 \\
62\text{F; } Z_{pu} &= 0.577(0.001811 + j0.001934) = 0.0010 + j0.0011 \\
57\text{F; } Z_{pu} &= 0.577(0.003621 + j0.003867) = 0.0021 + j0.0022 \\
57\text{F; } Z_{pu} &= 0.577(0.001810 + j0.001934) = 0.0010 + j0.0011 \\
51\text{F; } Z_{pu} &= 0.577(0.003621 + j0.003867) = 0.0021 + j0.0022 \\
83\text{F; } Z_{pu} &= 43.403(0.000604 + j0.000645) = 0.026 + j0.022 \\
87\text{F; } Z_{pu} &= 43.403(0.000484 + j0.000517) = 0.021 + j0.022
\end{aligned}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

IMPANCIAS DEL SISTEMA ELECTRICO

BIBLICO C.G.D.L. FIG. 4.2

$$93F; \text{zpu} = 43.403 (0.003796 + j0.004351) = 0.165 + j0.189$$

4.5 CALCULO Y RESUMEN DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO

4.5.1. CORRIENTE DE FALLA, CONSIDERANDO TRES GENERADORES CONECTADOS Y CON TODA LA CARGA DE LOS MOTORES

Se indican en el siguiente diagrama principal de reactancias.

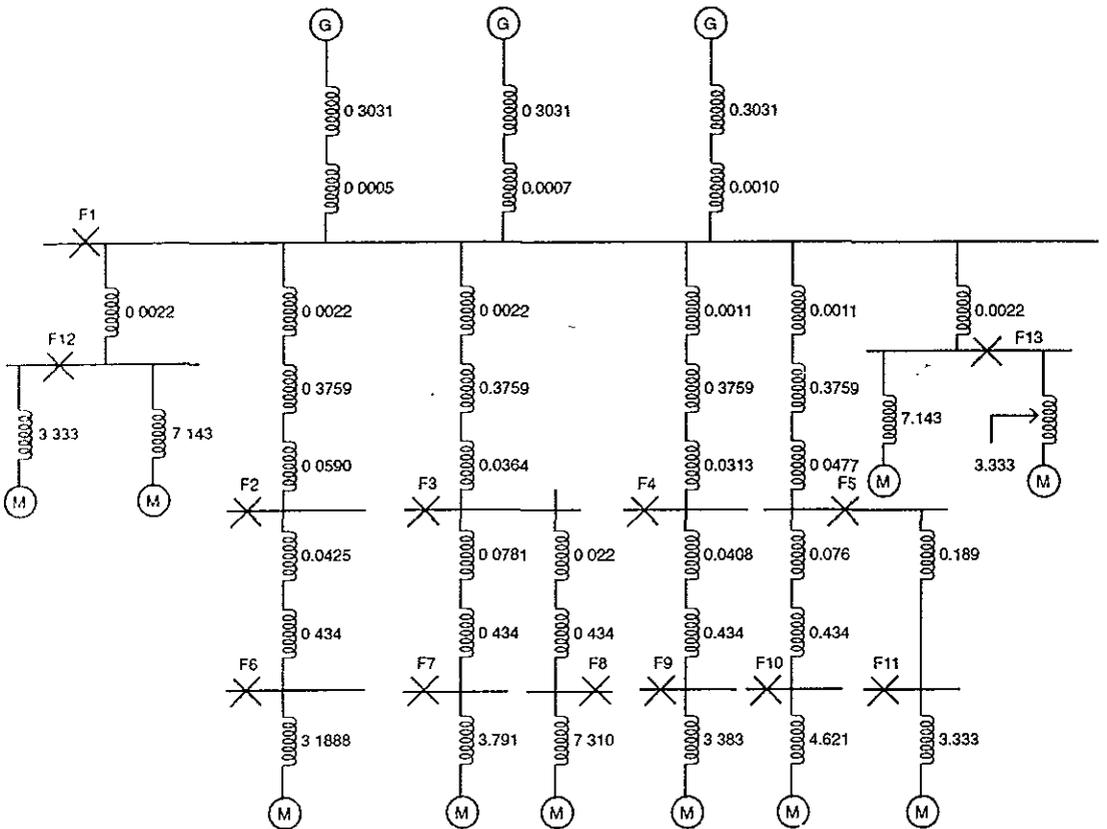
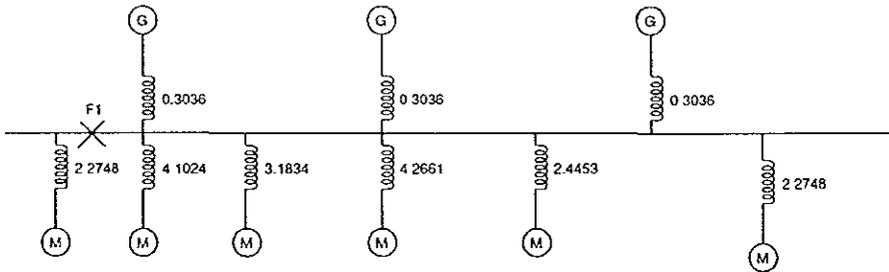
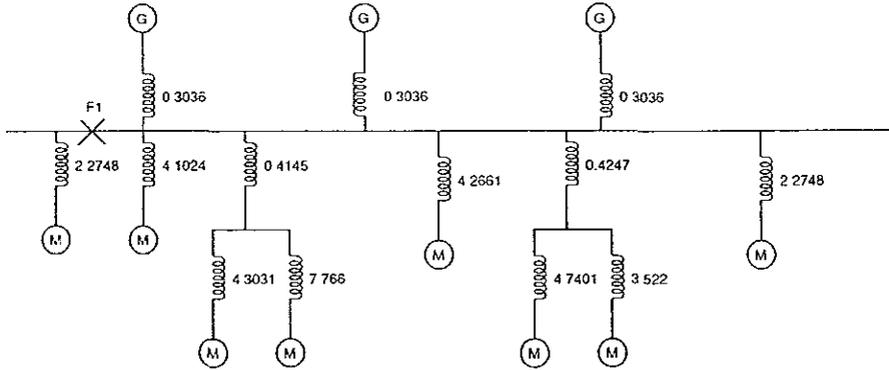


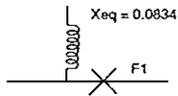
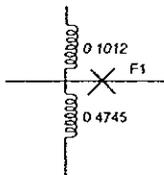
DIAGRAMA PRINCIPAL DE REACTANCIAS

4.5.1.1 CALCULO DE LA FALLA EN EL PUNTO F 1

Del diagrama principal se reduce al siguiente



$$(0.4395) + (0.2437) + (0.3413) + (0.2344) + (0.4089) + (0.4395) = 2.1073$$

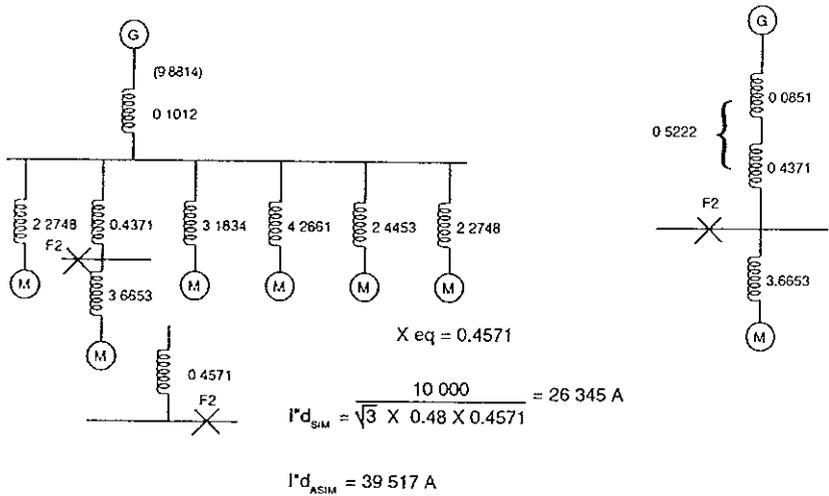


$$I''d_{SIM} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 4.16 \times 0.0834} = 16\,660 \text{ A}$$

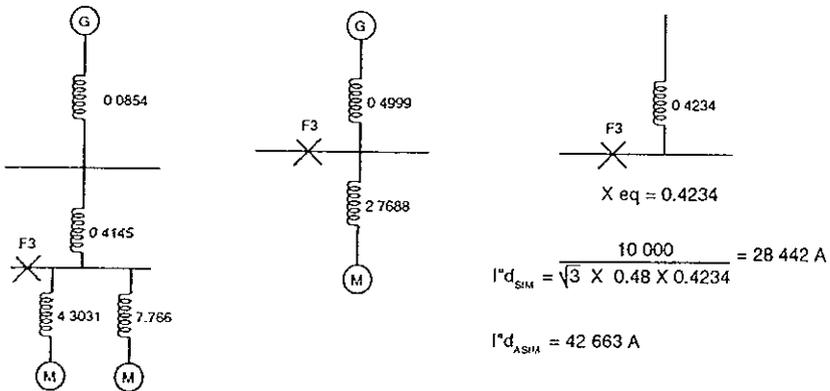
$$I''d_{ASIM} = 16\,660 \times 1.5$$

$$I''d_{ASIM} = 24\,991 \text{ A}$$

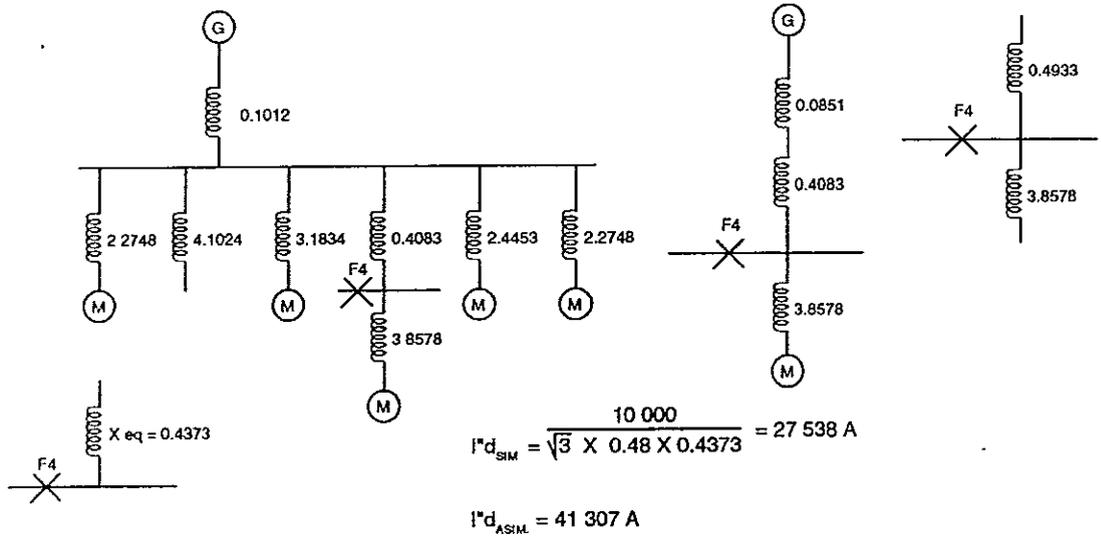
4.5.1.2 CALCULO DE FALLA EN F 2



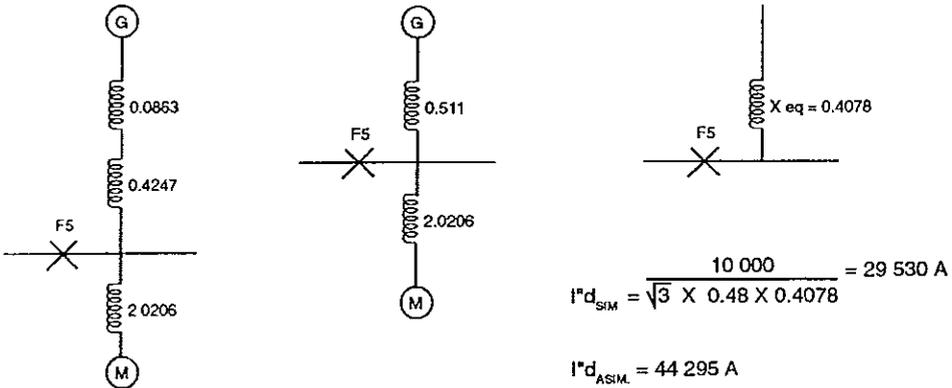
4.5.1.3 CALCULO DE FALLA EN F 3



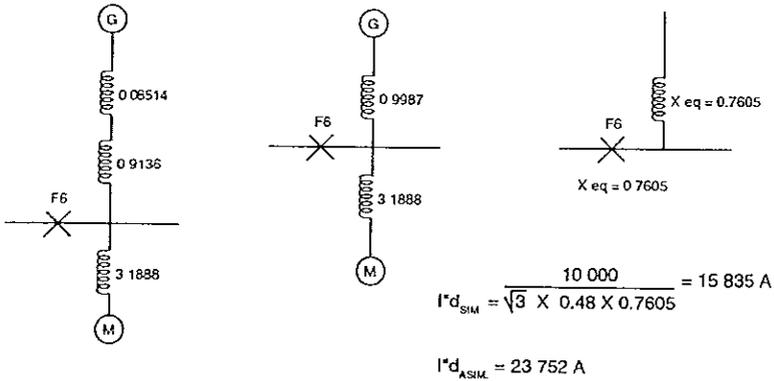
4.5.1.4 CALCULO DE FALLA EN F 4



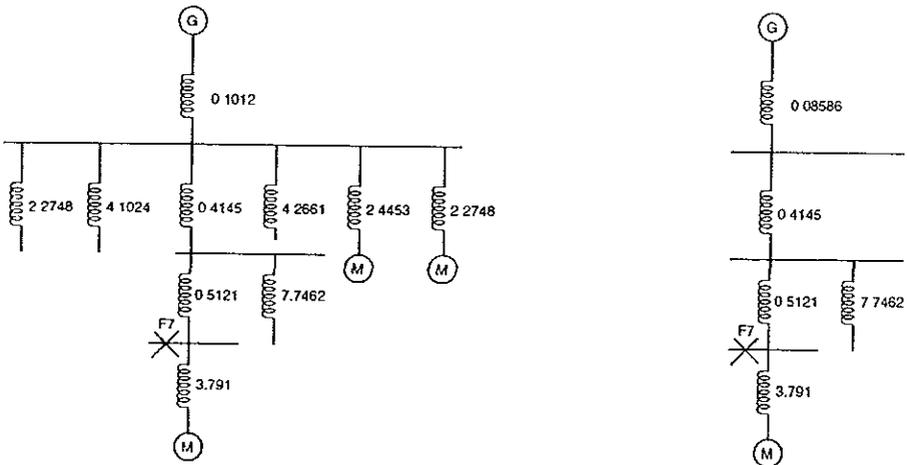
4.5.1.5 CALCULO DE FALLA EN F 5

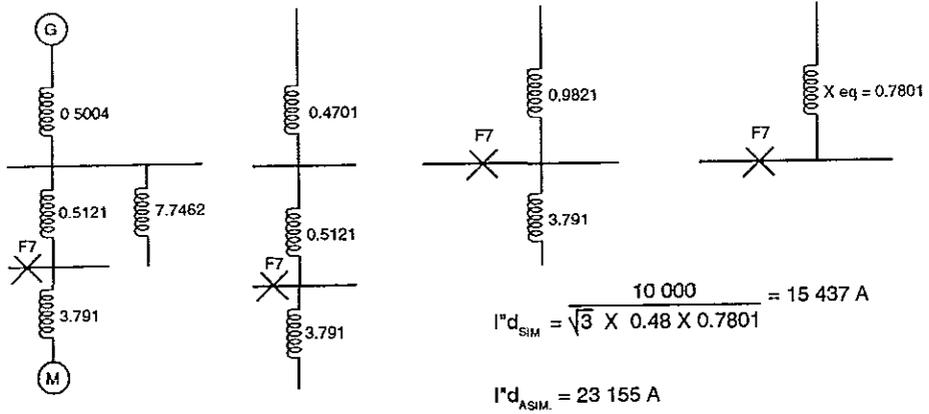


4.5.1.6 CALCULO DE FALLA EN F 6

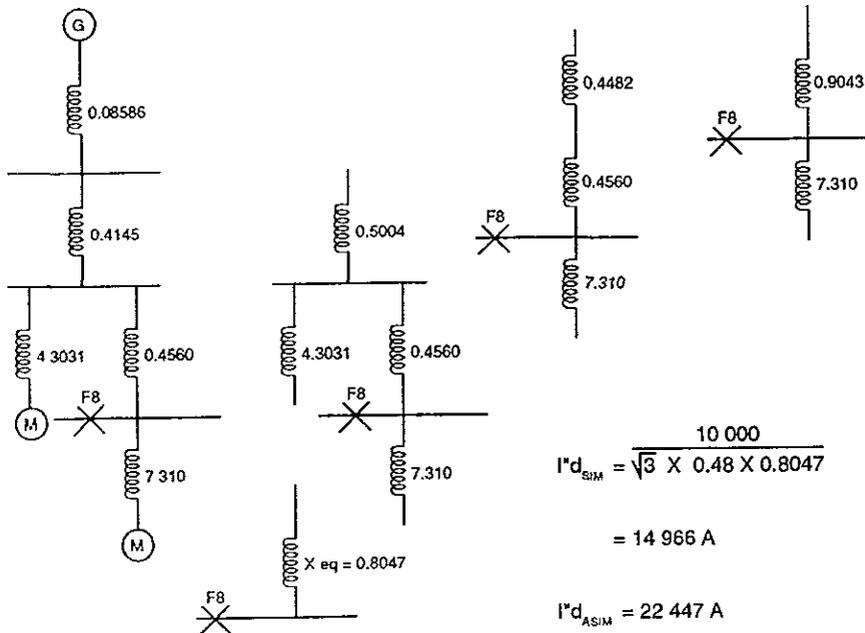


4.5.1.7 CALCULO DE FALLA EN F 7

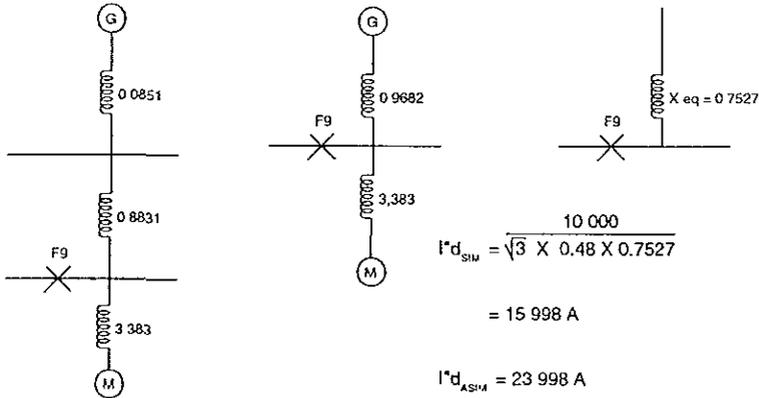




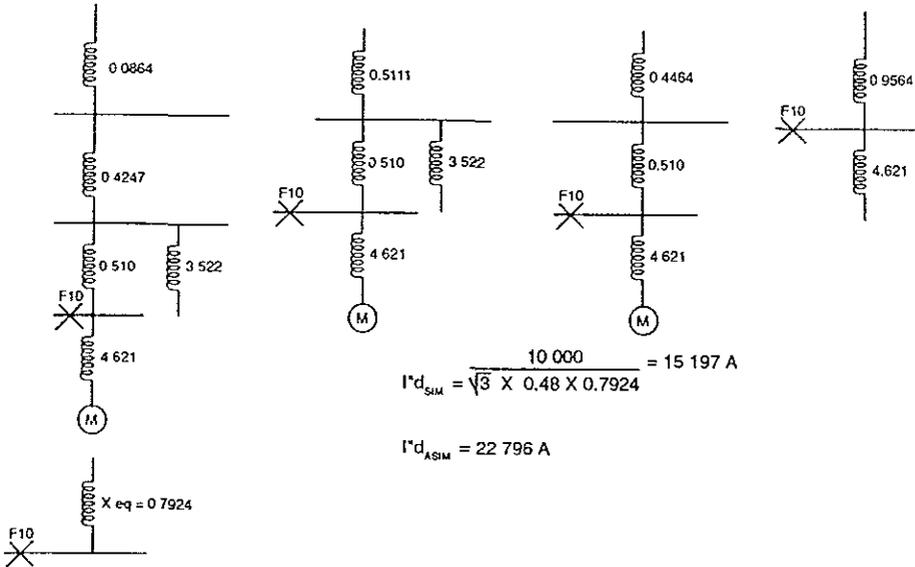
4.5.1.8 CALCULO DE FALLA EN F 8



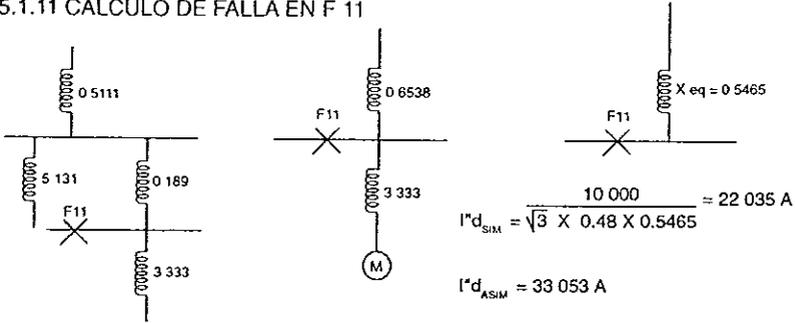
4.5.1.9 CALCULO DE FALLA EN F 9



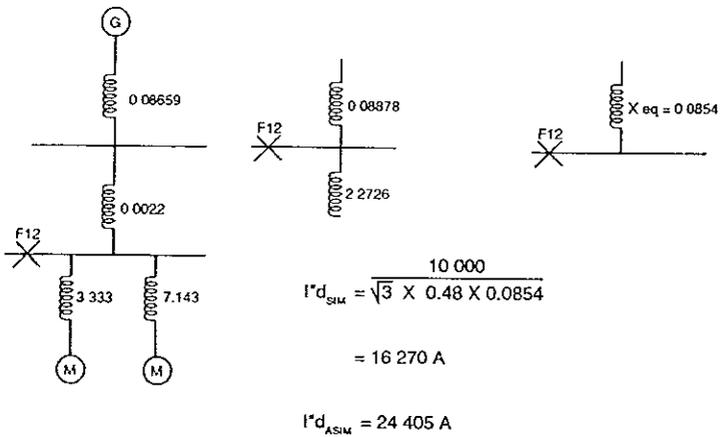
4.5.1.10 CALCULO DE FALLA EN F 10



4.5.1.11 CALCULO DE FALLA EN F 11



4.5.1.12 CALCULO DE FALLA EN F 12



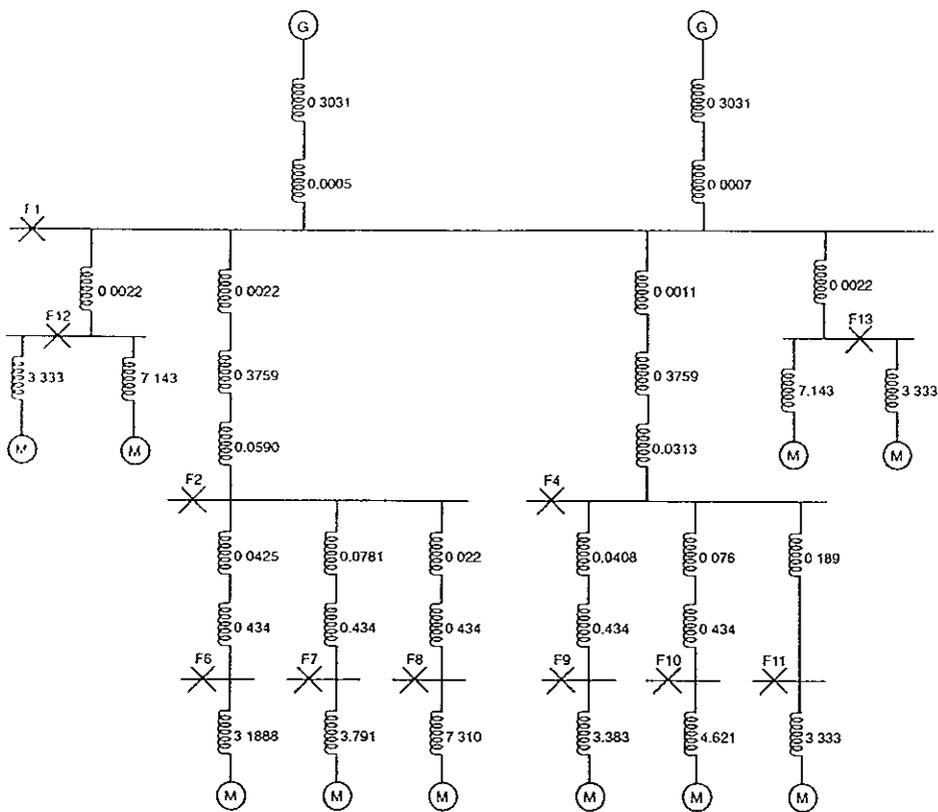
4.5.1.13 CALCULO DE FALLA EN F 13

Idem a F 12

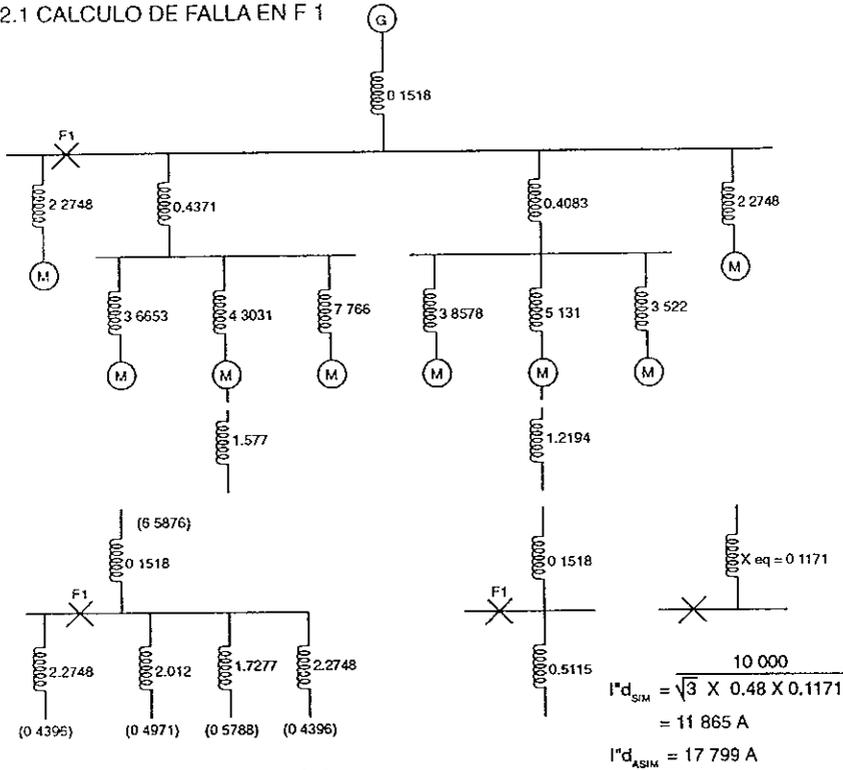
$$I^*d_{SIM} = 16\,270 \text{ A}$$

$$I^*d_{ASIM} = 24\,405 \text{ A}$$

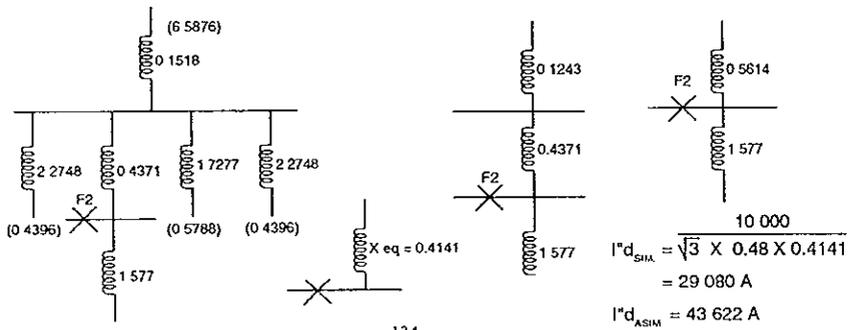
4.5.2 CORRIENTE DE FALLA CONSIDERANDO DOS GENERADORES CONECTADOS Y DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA FUERA DE SERVICIO



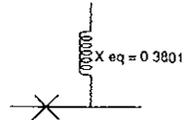
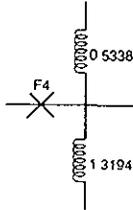
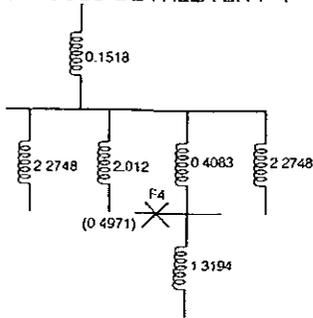
4.5.2.1 CALCULO DE FALLA EN F 1



4.5.2.2 CALCULO DE FALLA EN F 2



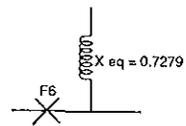
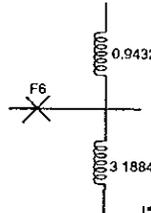
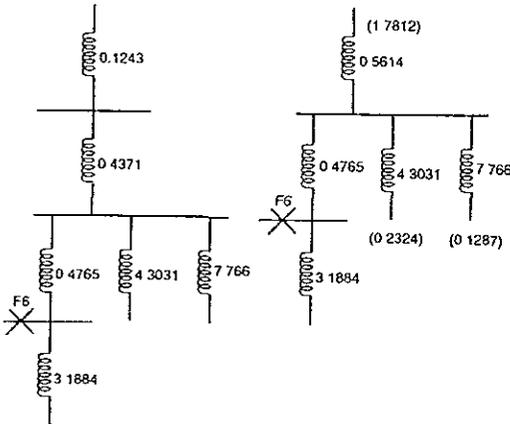
4.5.2.3 CALCULO DE FALLA EN F 4



$$I_{SIM}^* = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.3801} = 31\,682 \text{ A}$$

$$I_{ASIM}^* = 47\,523 \text{ A}$$

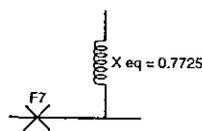
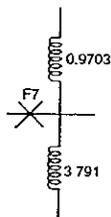
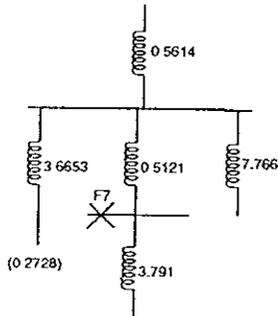
4.5.2.4 CALCULO DE FALLA EN F 6



$$I_{SIM}^* = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.7279} = 16\,544 \text{ A}$$

$$I_{ASIM}^* = 24\,816 \text{ A}$$

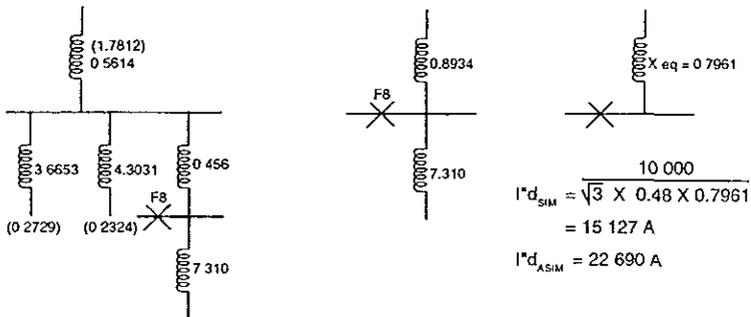
4.5.2.5 CALCULO DE FALLA EN F 7



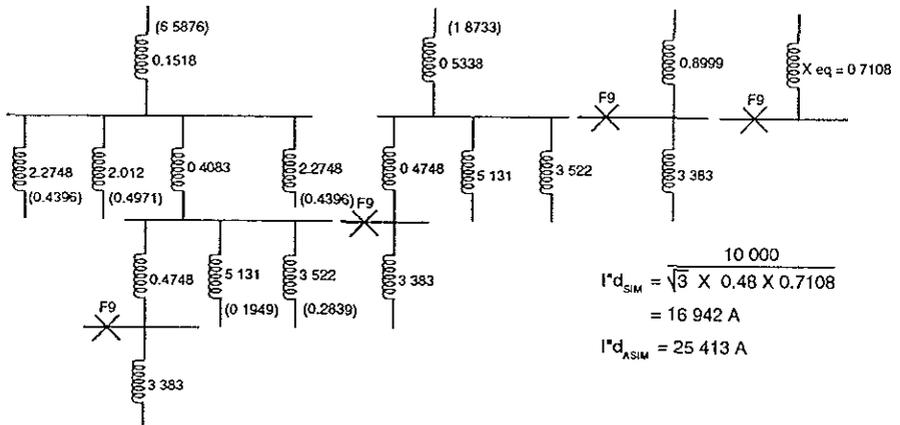
$$I_{SIM}^* = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.7725} = 15\,588 \text{ A}$$

$$I_{ASIM}^* = 23\,383 \text{ A}$$

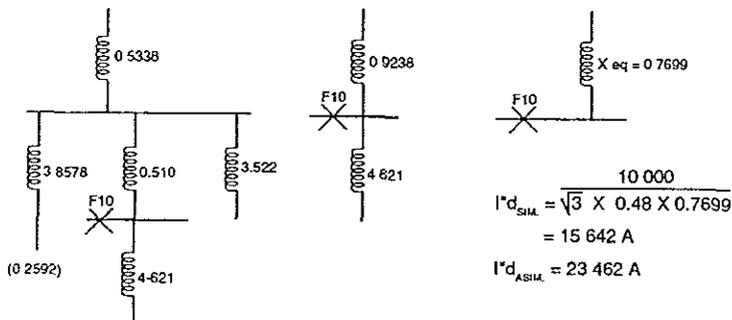
4.5.2.6 CALCULO DE FALLA EN F 8



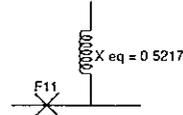
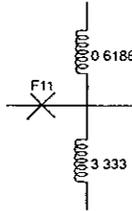
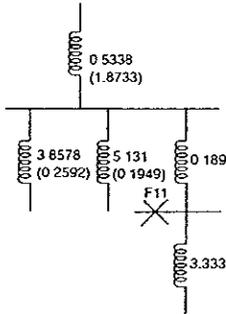
4.5.2.7 CALCULO DE FALLA EN F 9



4.5.2.8 CALCULO DE FALLA EN F 10



4.5.2.9 CALCULO DE FALLA EN F 11

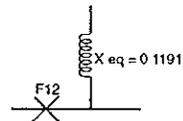
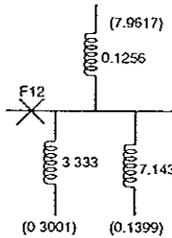
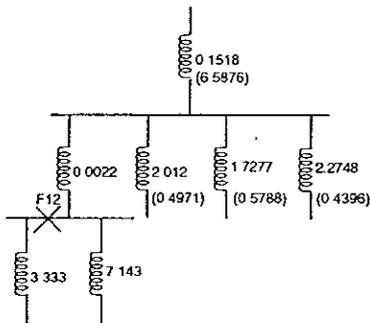


$$I''_{d_{SIM}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.5217}$$

$$= 23\,082 \text{ A}$$

$$I''_{d_{ASIM}} = 34\,624 \text{ A}$$

4.5.2.10 CALCULO DE FALLA EN F 12



$$I''_{d_{SIM}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.1191}$$

$$= 11\,666 \text{ A}$$

$$I''_{d_{ASIM}} = 17\,500 \text{ A}$$

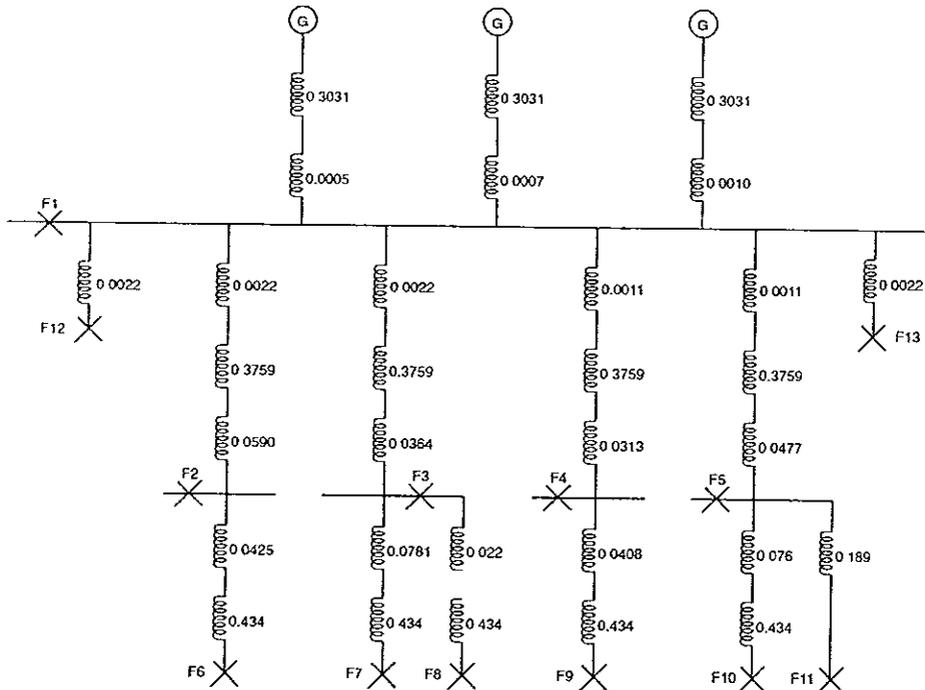
4.5.2.13 CALCULO DE FALLA EN F 13

Idem a F 12

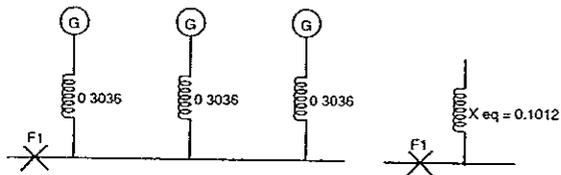
$$I''_{d_{SIM}} = 11\,666 \text{ A}$$

$$I''_{d_{ASIM}} = 17\,500 \text{ A}$$

4.5.3 CORRIENTE DE FALLA (DE INTERRUPCION) NO CONSIDERANDO LA CONTRIBUCION DE MOTORES; VALOR EFICAZ SIMETRICO DE LA CORRIENTE DE FALLA (CORRIENTE TRANSITORIA)

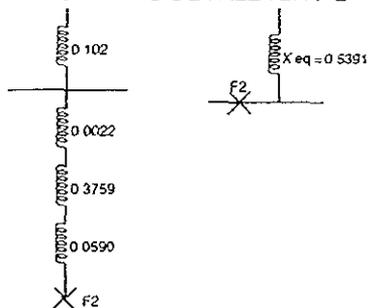


4.5.3.1 CALCULO DE FALLA EN F 1



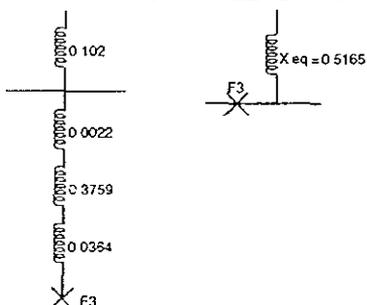
$$I'_{d_{TRAS}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3 \times 0.48 \times 0.1012}} = 13\,730 \text{ A}$$

4.5.3.2 CALCULO DE FALLA EN F 2



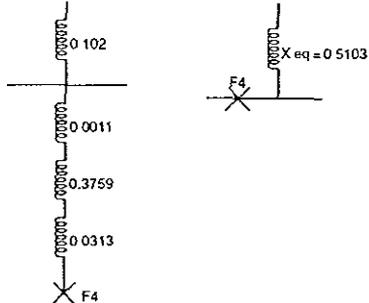
$$I'_{d_{TRAF}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.5391} = 22\,337 \text{ A}$$

4.5.3.2 CALCULO DE FALLA EN F 3



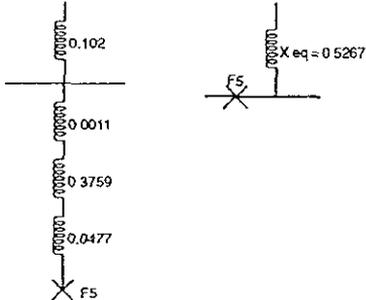
$$I'_{d_{TRAF}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.5165} = 23\,315 \text{ A}$$

4.5.3.4 CALCULO DE FALLA EN F 4



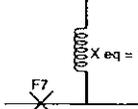
$$I'_{d_{TRAF}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.5103} = 23\,598 \text{ A}$$

4.5.3.5 CALCULO DE FALLA EN F 5



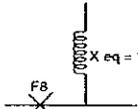
$$I'_{d_{TRAF}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.5103} = 22\,863 \text{ A}$$

4.5.4.7 CALCULO DE FALLA EN F 7



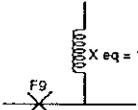
$$I^{\prime}d_{TRAS} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 1.2302} = 9\,788 \text{ A}$$

4.5.4.8 CALCULO DE FALLA EN F 8



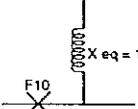
$$I^{\prime}d_{TRAS} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 1.1543} = 10\,433 \text{ A}$$

4.5.4.9 CALCULO DE FALLA EN F 9



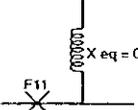
$$I^{\prime}d_{TRAS} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 1.1867} = 10\,148 \text{ A}$$

4.5.4.10 CALCULO DE FALLA EN F 10



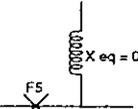
$$I^{\prime}d_{TRAS} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 1.2383} = 9\,725 \text{ A}$$

4.5.4.11 CALCULO DE FALLA EN F 11



$$I^{\prime}d_{TRAS} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.9173} = 13\,128 \text{ A}$$

4.5.4.12 CALCULO DE FALLA EN F 12

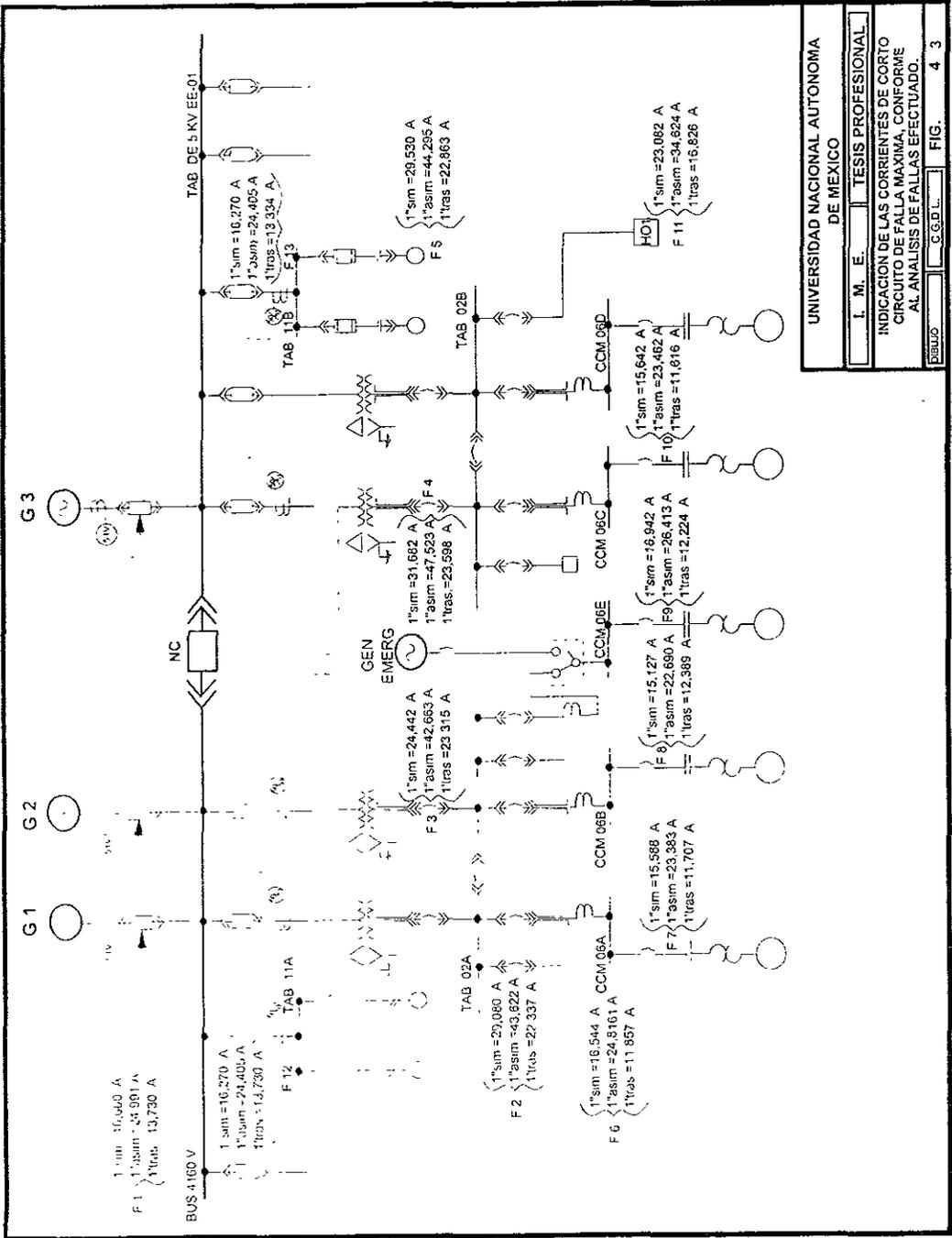


$$I^{\prime}d_{TRAS} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.3058} = 4\,543 \text{ A}$$

4.5.4.13 CALCULO DE FALLA EN F 13

Idem a F 13

$$I^{\prime}d_{TRAS} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.3058} = 4\,543 \text{ A}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I. M. E.	TESIS PROFESIONAL
INDICACION DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO DE FALLA MAXIMA, CONFORME AL ANALISIS DE FALLAS EFECTUADO.	
DIAGRAMA	FIG. 4 3

CAPITULO 5

CONSERVACION DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS

La conservación de los Sistemas Eléctricos en las plataformas marinas, se efectúa a través de un Sistema de Mantenimiento Programado. El mantenimiento programado tiene como objetivo mantener la operación confiable y segura de los equipos eléctricos involucrados en la producción de los hidrocarburos, coadyuvando así en el cumplimiento de los programas de producción de las plataformas marinas. El sistema de mantenimiento programado tiene las características siguientes:

- Existencia bien planeada de materiales y refacciones.
- Observación rigurosa de los programas de mantenimiento.
- Atención estricta de las Normas de Seguridad.
- Rigurosa coordinación con las áreas operativas para la libranza de los equipos.
- Simplificación del sistema en sí, que elimina todos los trámites escritos de órdenes de taller, para hacerlo más ágil y

directo, aprovechando la continua comunicación que el personal técnico y manual tiene en la plataforma.

El sistema de mantenimiento a emplear se divide en tres clases, que son: Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo, fig. 5.1.

5.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Se define el "Mantenimiento Predictivo" como todas aquellas acciones o trabajos que se efectúen con el fin de obtener suficientes elementos de juicio para "predecir" el comportamiento futuro de un equipo (motor, generador, transformador, etc.), localizando -y corrigiendo- así anomalías que pudieran originarle fallas. De ésta manera se logran altos porcentajes de confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

La implementación y el cumplimiento de éste programa reduce sustancialmente los costos de operación y mantenimiento de la plataforma, ya que permite cumplir -y aún rebasar- las cuotas de producción programadas y evita mantenimientos más costosos por fallas o daños mayores en los equipos.

Los tipos de Mantenimiento Predictivo a efectuarse en la plataforma, son: "Medición de Nivel de Ruido en Rodamientos" y "Medición de Resistencia de Aislamiento".

Los mantenimientos predictivos citados, se efectuaran a los equipos sujetos a estos, preferentemente los últimos días de cada semana (sábado o domingo) dependiendo de las cargas de trabajo ocasionadas por la realización de otras clases de mantenimientos

(preventivos o correctivos); y otros factores como: falta de libranza de equipo, disponibilidad de personal, etc.

5.1.1 MEDICION DE NIVEL DE RUIDO EN BALEROS

Se efectuará ésta medición con el instrumento "Medidor de Impulsos de Choque SPM 43 A", fig. 5.2, en todos aquellos equipos que trabajan con rodamientos ("baleros").

Las mediciones por el método SPM dan una medida indirecta de la velocidad de choque, o sea, la diferencia de velocidad entre dos cuerpos en el instante del impacto. En el punto de impacto, se inicia inmediatamente en cada cuerpo una onda de compresión mecánica (un impulso de choque). El valor pico del impulso de choque viene determinado por la velocidad del impacto.

Las deformaciones en las pistas y elementos rodantes de un rodamiento, dan lugar a impulsos de choque. Amplias experiencias demuestran que hay una relación simple entre el estado de funcionamiento de un rodamiento y el valor del impulso de choque.

El método SPM, es un método empírico para la determinación del estado de funcionamiento de rodamientos. Un Transductor (1), fig. 5.2, detecta los impulsos de choque, las señales del transductor se procesan en el Medidor de Impulsos de Choque (2). El instrumento se regula considerando los impulsos sonoros procedentes del medidor de impulsos de choque (3) o del auricular (4) conectado al mismo. Las lecturas de impulsos de choque, junto con el ritmo de los mismos, dan una base para la evaluación del estado de funcionamiento en cuestión.

Las siguientes medidas logarítmicas se utilizan en las

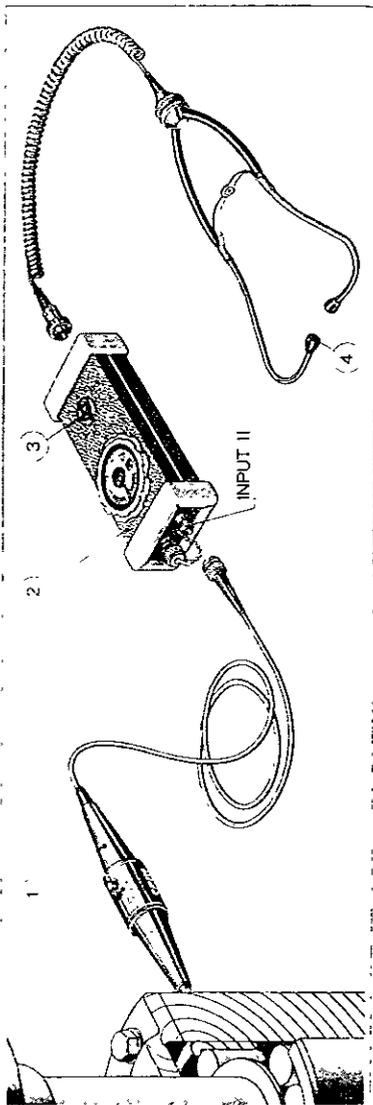


Fig. 5.2 SPM 43 A: Transductor (1), SPM 43 A (2), Emisor de Impulsos Sonoros (3), Emisor Auxiliar (4).

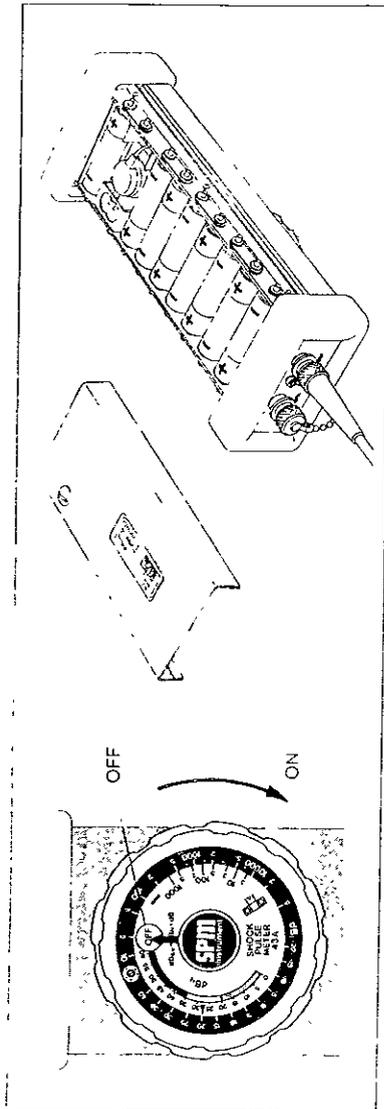


Fig. 5.3 SPM 43 A: Verificación de Batería.

mediciones y evaluaciones efectuadas según el método SPM:

dB_{SV} (dB-Shock Value). Designación de medida en la escala general para medición de impulsos de choque.

dB_i (dB-initial). Valor inicial del rodamiento. El valor dB_i es un valor promedio de mediciones en una gran cantidad de rodamientos nuevos, bien instalados y lubricados por circulación de aceite. Este valor se expresa en dB_{SV} y se determina según el diámetro del agujero (o eje) del rodamiento (d) y las rpm (n). El valor dB_i se obtiene directamente al preprogramar el medidor de impulsos de choque.

dB_N (dB-Normalized). Designación de medida en la escala normalizada. Esta escala tiene el valor dB_i preprogramado como punto de partida, y por consiguiente la relación entre dB_N y dB_{SV} es: $dB_N = dB_{SV} - dB_i$.

dB_M (dB-Maximum Value). Designa el valor máximo del rodamiento expresado en dB_N .

dB_C (dB-Carpet Value). Denota el valor de umbral del rodamiento expresado en dB_N .

Para la operación del instrumento se seguira la siguiente secuencia:

1. Verificación de la batería. Antes de efectuar cualquier medición, verifíquese el voltaje de la batería. Un impulso sonoro al conectar el instrumento, indica un voltaje suficiente, fig. 5.3. Un tono continuado indica un bajo voltaje de la batería (pilas descargadas o mal colocadas). Si

no se emitiese sonido alguno, ello denotaría una batería totalmente descargada.

Se recomienda no almacenar el medidor de impulsos de choque con las pilas puestas durante períodos largos.

2. Preprogramación. Antes de la medición, debe preajustarse el medidor de impulsos de choque: haga girar el disco superior (2) en relación al disco inferior (1), hasta que se hallen alineadas, la velocidad del rodamiento (n) y el diámetro del eje (d), fig. 5.4. El valor inicial "dB_i" del rodamiento, puede entonces leerse frente al triángulo pequeño.

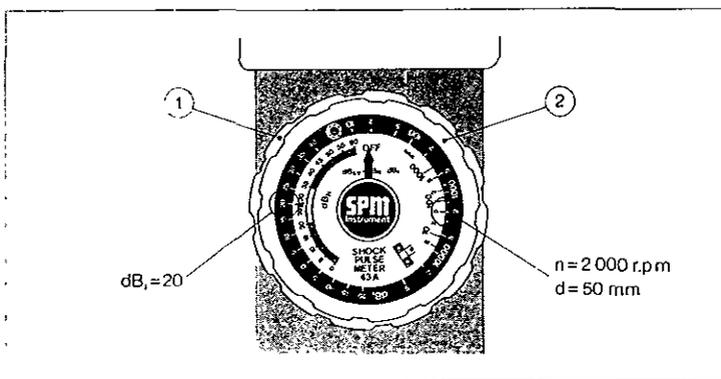


Fig. 5.4 Preprogramación del SPM 43 A

3. Elección del punto de medición. Las mediciones deben efectuarse sobre la pieza, en contacto inmediato con el rodamiento (1), fig. 5.5, y lo más próximo posible al mismo (2). Las empaquetaduras y superficies limítrofes rugosas originan una gran amortiguación. Las superficies limítrofes con una buena terminación, lubricadas, dan lugar a una amortiguación menor. La amortiguación en la superficie

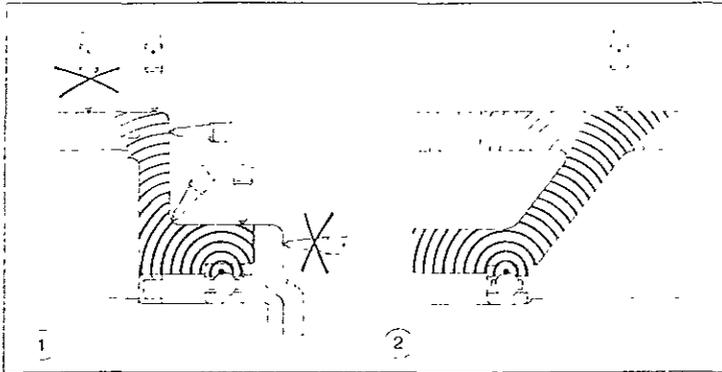


Fig. 5.5 Elección del punto de medición

limítrofe, entre el rodamiento y su alojamiento, se toma en cuenta en las reglas SPM para la evaluación.

Las mediciones se deberán hacer en la zona de carga del rodamiento, fig. 5.6.

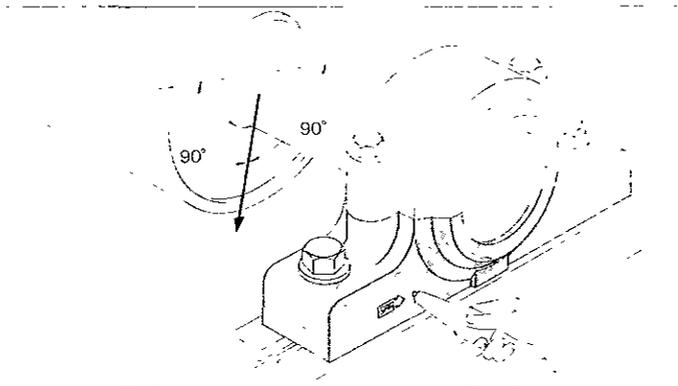


Fig. 5.6 Medición en la zona de carga

Elija el punto de medición de modo que la punta del palpador no presione contra cavidades o ángulos con radio de curvatura menor que el de dicha punta; con ello se evitan perturbaciones causadas por roce entre la punta del palpador

y el punto de medición, fig. 5.7.

4. Interpretación de lecturas. El medidor de impulsos de choque, mide las velocidades de choque en un campo dinámico amplio. Para simplificar las lecturas y la evaluación, se usa un valor logarítmico: el "Decibel Shock Value" (dB_{SV}). Preajustado el medidor de impulsos de choque, queda automáticamente desplazada la escala

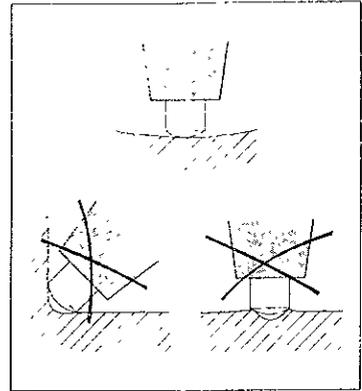


Fig. 5.7

del disco inferior, en el número de unidades dB_{SV} , que corresponde al valor inicial dB_i , del rodamiento a medir. Al hacer luego la lectura en la escala del disco inferior, se obtiene el resultado en forma de un valor normalizado en decibeles dB_N . La medición por impulsos de choque en un rodamiento, consiste en determinar el Valor de Umbral, dB_C , y su máximo dB_M . Estos dos valores darán la información suficiente para hacer una apreciación del estado de funcionamiento de un rodamiento, siempre y cuando la medición no sea influenciada por otras fuentes de impulsos de choque, fig. 5.8.

La figura 5.9 muestra el desarrollo típico del estado de funcionamiento de un rodamiento durante su duración, bajo condiciones de carga y lubricación inalteradas. La curva muestra el desarrollo del valor máximo. Las fluctuaciones se originan por el grado de deterioro, el "alisamiento" de daños anteriores, etc. La escala dB_N , en el medidor de impulsos de

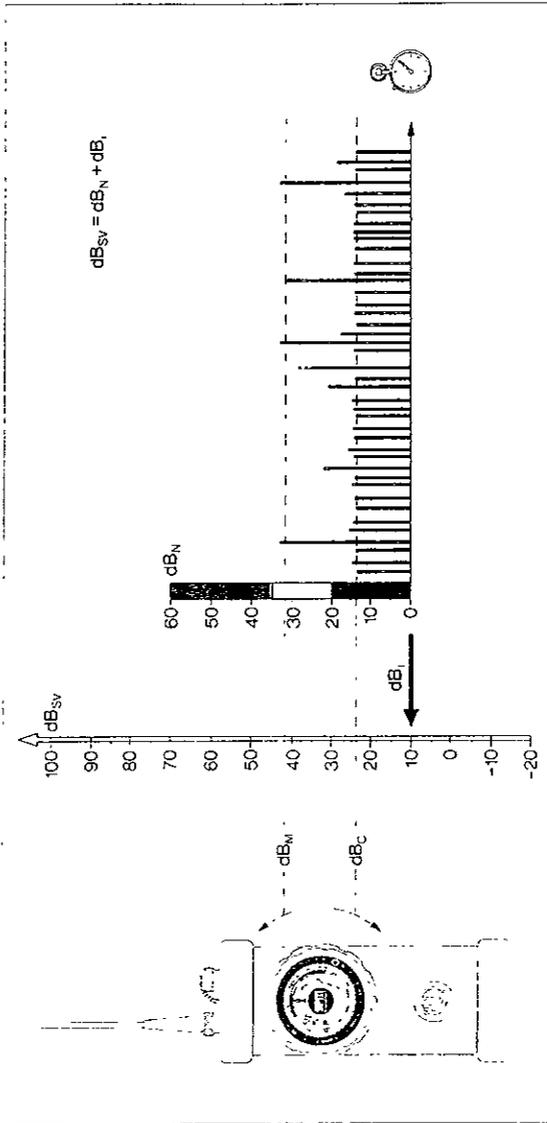


Fig. 5.8 Interpretación de lecturas

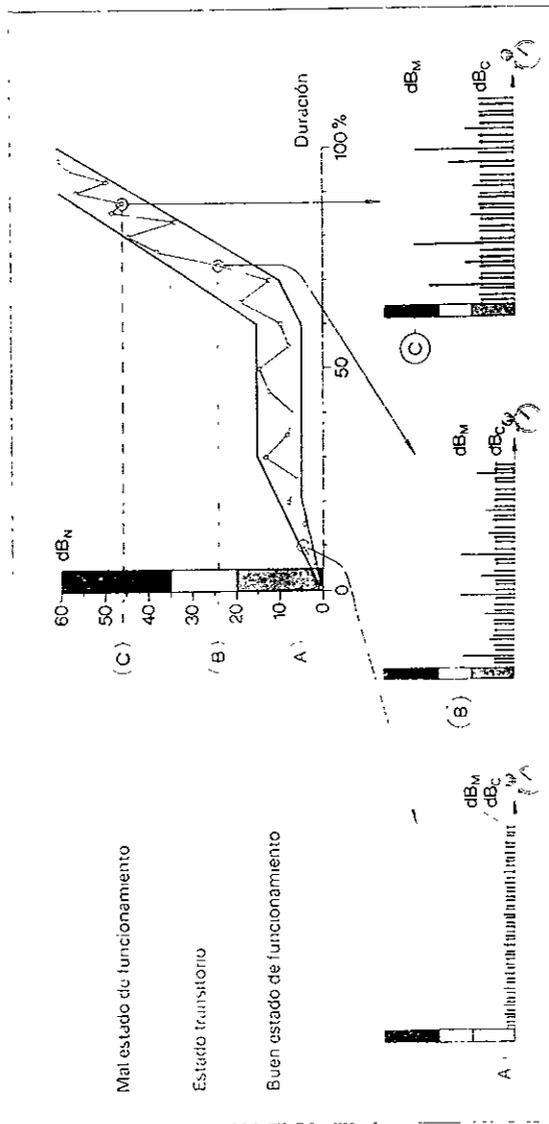


Fig. 5.9 Desarrollo típico de un rodamiento

choque y el diagrama de impulsos de choque, se han dividido en distintas zonas que sirven de guía en la evaluación del estado de funcionamiento. La localización del valor máximo y del valor de umbral en la zona inferior (A), indican que no hay deterioro o que el mismo es insignificante; o sea, un "buen estado de funcionamiento". Un valor máximo en la zona intermedia y un pequeño aumento del valor de umbral (B), indican un desarrollo hacia un "estado transitorio". Un valor máximo en la zona superior y una gran diferencia entre el valor de umbral y el máximo (C), indican deterioro visible o lubricante contaminado; o sea, "mal estado de funcionamiento".

5. Rutinas de Medición. La determinación del estado de funcionamiento de rodamientos puede -con algunas excepciones- efectuarse (según el método SPM) mientras los rodamientos giran bajo carga. Una excepción es la de rodamientos de una máquina que recién comienza a funcionar y no ha alcanzado su temperatura de trabajo normal. Otra es la de rodamientos recién lubricados.

Cuando se detectan deterioros en los rodamientos, las acciones deben decidirse en base a mediciones regulares. En las formas SPM para registro gráfico se deberán anotar tanto el valor máximo dB_M , como el valor de umbral dB_C , para cada medición de cada equipo, así como cualquier observación útil, véase gráfica SPM, fig. 5.10.

carga o capacitancia y la de absorción. La primera desaparece en un tiempo bastante corto y la de absorción se amortigua desde un valor alto hasta cero, en un tiempo de 10 a 15 minutos.

La otra corriente que resulta de la aplicación del potencial, es la que fluye a través del aislamiento o en su superficie y es la que determina realmente las condiciones del aislamiento, estas corrientes predominan después de que las corrientes de carga y absorción llegan a un valor insignificante.

El Simpson Mod. 405-2, es un analizador de resistencia de aislamiento portátil, operado por medio de baterías, es usado para medir la resistencia de aislamiento en equipo eléctrico, para rangos de hasta 5000 volts.

Las principales diferencias del 405-2 con un óhmetro ordinario, son los altos valores de resistencia que maneja; así como los muy altos voltajes de prueba y la variedad de voltajes de prueba disponibles para su uso.

Para efectuar mediciones de resistencia de aislamiento, se seguirá la siguiente secuencia, fig. 5.13:

1. Revisión de las condiciones de las baterías. El voltaje de las baterías será suficiente aún cuando el potencial baje del nivel nominal de 9 a 6 volts. Abajo de 6 volts, el uso será limitado para rangos de bajo voltaje; esto será indicado por medio de una prueba hecha a las baterías. La prueba es la siguiente: efectuando el ajuste eléctrico del cero (inciso 4) en el rango de 2500 volts, se procederá a girar el selector de voltaje (2) hasta la graduación de 5000 volts, si la aguja indicadora cae "abajo" del "cero", esto será un indicativo de

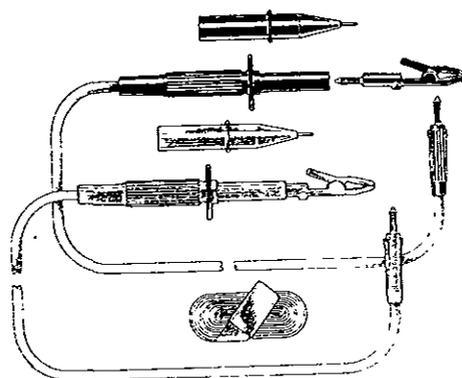
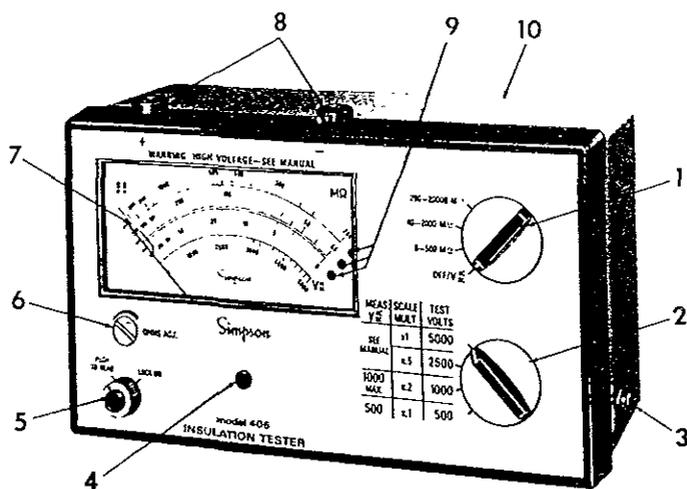


Fig. 5.13 Simpson 405-2
 Selector de función (1), selector de voltaje (2), tornillos para arnés (3), ajuste mecánico del cero (4), botón para lectura de aislamiento (5), ajuste eléctrico del cero (6), escala de lecturas (7), conectores para terminales de prueba (8), lámparas indicadoras de escala en función (9), compartimento para baterías (6x1.5 volts "D") (10), puntas de prueba y accesorios (11).

bajo voltaje de las baterías por lo que estas deberán ser cambiadas.

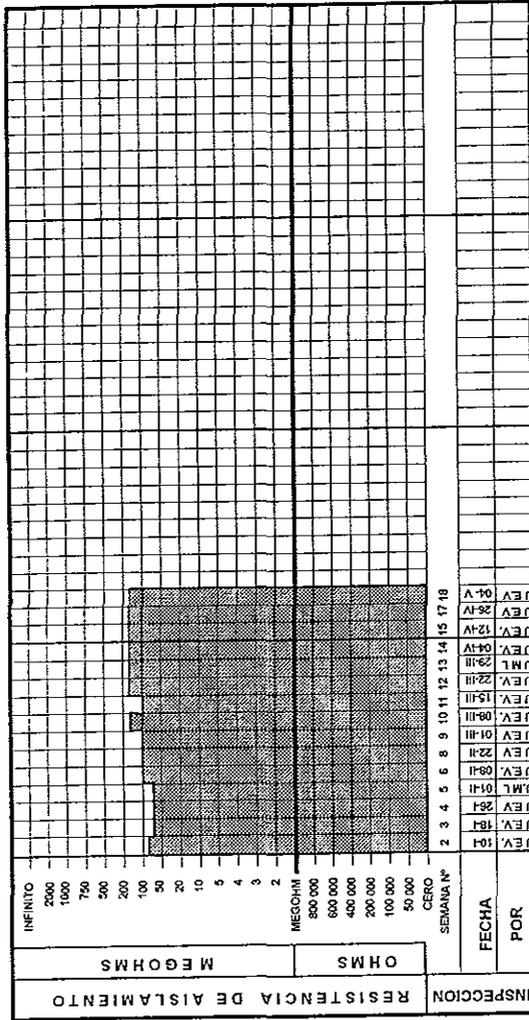
2. Revisión del ajuste mecánico del cero. Se coloca el instrumento en posición horizontal y se verifica que la aguja indicadora marque exactamente cero (o infinito " ∞ " en la escala de resistencia). Si la aguja no indica exactamente cero, ajuste el cero por medio del tornillo para "ajuste mecánico del cero" (4).
3. Colocación de las terminales de prueba. Inserte las terminales de prueba (11) en el instrumento y gire en el sentido de las manecillas del reloj para asegurarlas.
4. Revisión del ajuste eléctrico del cero. Cortocircuite las terminales de prueba y ajuste el selector de rango de resistencia (1) en la posición de 0-500 M . Coloque el selector de voltaje (2) en el voltaje a que se efectuará la medición de resistencia; enseguida presione el botón de lectura (5) y vea la lectura indicada por la aguja. Si ésta no es exactamente cero, ajuste la aguja indicadora por medio del tornillo de "ajuste eléctrico del cero" (6) exactamente en cero. Si la aguja indicadora no puede ajustarse a cero (como se describió en el inciso 1), las baterías deberán cambiarse.
5. Medición de resistencia de aislamiento. Antes de iniciar la medición de resistencia de aislamiento, se deberá estar seguro que el circuito que va a ser probado, este desenergizado.

Coloque el selector de rango de resistencia (1) en la

MANTENIMIENTO PREDICTIVO
REGISTRO DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

TG-A

EQUIPO: GENERADOR "A"
PLATAFORMA ABKATUN "A" (PERMANENTE) LUGAR: SONDA DE CAMPECHE



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

L. M. E. TESIS PROFESIONAL

REGISTRO DE RESISTENCIA
DE AISLAMIENTO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FIG. 5.14

posición 0-500 M Ω y coloque el selector de voltaje (2) en el voltaje de prueba requerido. Conecte las terminales de prueba al circuito que va a ser probado y presione el botón de lectura (5), a continuación la aguja indicará un valor de resistencia de aislamiento. Por efectos de las corrientes de carga y absorción, la lectura inicial será baja; espere un minuto aproximadamente y proceda a tomar la lectura. Descargue el circuito que ha probado pasando el selector de rango de resistencia (1) a la posición "off" y desconecte las terminales de prueba.

Esta prueba tiene el mismo fin predictivo que la anterior, permitiendo seguir el comportamiento del aislamiento del equipo eléctrico. Los datos obtenidos - mediante ésta prueba- de cada equipo, se vaciaron a la forma "Registro de Resistencia de Aislamiento"; y se haran también semanalmente, al equipo disponible, fig. 5.14.

Otros tipos de mantenimientos predictivos efectuados en plataformas por medio de "Estudios Especiales" son: "Análisis de Vibraciones" y "Análisis Termográfico".

5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se define el Mantenimiento Preventivo, como todos aquellos trabajos que se efectúan sobre un equipo antes de que ocurra una falla: y que requieren en mayor o menor grado, desarmar dicho equipo.

Como se mencionó anteriormente, al igual que el

Mantenimiento Predictivo, la implementación y el cumplimiento de éste programa reduce sustancialmente los costos de operación y mantenimiento de la plataforma, ya que permite obtener altos porcentajes de confiabilidad y disponibilidad de los equipos, lo cual permite:

- Mantener las cuotas de producción de hidrocarburos, fijadas.
- Evita mantenimientos (reparaciones) más costosos por fallas y daños mayores en los equipos.

El Mantenimiento Preventivo se programará considerando intervalos calendarios (quincena, mes, trimestre, etc.), de acuerdo a especificaciones técnicas generales, especificaciones de mantenimiento, características de instalación y experiencias de campo con cada equipo, lo cual retroalimenta éste programa manteniéndolo siempre perfectible.

Se cuenta con un "Programa Anual de Mantenimiento Preventivo" para cada complejo de producción, los cuales son elaborados con la anticipación requerida para cada ciclo anual, figs. 5.15 y 5.16.

El procedimiento a seguir para llevar a cabo el mantenimiento preventivo en la plataforma, es el siguiente:

1. Con la anticipación conveniente para cada semana, el Ingeniero de Mantenimiento encargado, elaborará la forma de "Programación Semanal de Mantenimiento Preventivo", fig. 5.17; programando en forma semanal los trabajos que marca el programa anual, considerando además, la disponibilidad de personal así como la importancia y/o urgencia de otros trabajos como pueden ser, de mantenimiento correctivo,

REGION MARINA

SUPERINTENDENCIA DE PRODUCCION
 DEPTO. MANTTO. EQUIPO DINAMICO E INSTRUMENTOS
 PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 1995
 EQUIPO ELECTRICO

HOJA 1 DE 6
 COMPLEJO "ABKATUN" "A"
 PLATAFORMA PERMANENTE

E X P.	EQUIPO	MES												NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE					
	I GENERADORES															
1-	GENERADOR "A"															
2-	GENERADOR "B"															
3-	GENERADOR "C"															
4-	GENERADOR AUXILIAR															
	II INTERRUPTORES EN ALTA TENSION															
5-	ENLACE BUS "A" "Y" "B"															
6-	ALIM. TRANSF. 12 A															
7-	ALIM. TRANSF. 12 B															
8-	ALIM. TRANSF. 12 C															
9-	ALIM. TRANSF. 12 D															
10-	ALIM. CCM 11 A															
11-	ALIM. CCM 11 B															
	III MOTORES ELEC EN ALTA TENSION															
12-	BOMBA REFORZ. CRUDO 01 A															
13-	BOMBA REFORZ. CRUDO 01 B															
14-	BOMBA REFORZ. CRUDO 01 C															
15-	BOMBA AGUA MAR. 30 A															
16-	BOMBA AGUA MAR. 30 B															
17-	BOMBA AGUA ENFIO. 31 A															
18-	BOMBA REFORZ. CRUDO 01 D															
19-	BOMBA REFORZ. CRUDO 01 E															

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

I. M. E. TESIS PROFESIONAL

PROGRAMA ANUAL DE MANTTO. PREVENTIVO

FIG. 5.15

mediciones de mantenimiento predictivo, mantenimientos preventivos reprogramados o mantenimientos preventivos que se puedan ejecutar por adelantado, aprovechando situaciones especiales como paro total o parcial de la plataforma.

2. Para un control visual inmediato de la programación semanal y anual del mantenimiento preventivo, se llenará con color azul el triángulo superior correspondiente a cada actividad programada.
3. El día que toca la realización de determinado mantenimiento, se le indicaran al operario los trabajos a realizar especificados en la "Carta Orden de Taller" correspondiente al tipo de mantenimiento programado, para ejecución y registro de dichos trabajos.

Para ilustrar el procedimiento de ejecución del mantenimiento preventivo, se ha anotado en la forma de programación semanal -fig. 5.17- el equipo sujeto a mantenimiento preventivo en la semana nº 10 de 1995, de acuerdo al programa anual. Como se puede observar en la forma, se han anotado los datos siguientes: el número de expediente de la unidad, el tipo de mantenimiento a efectuarse y el operario que lo realizará, el nombre de la unidad, la programación semanal de los mantenimientos y las observaciones pertinentes para cada uno de ellos.

Tomando como ejemplo el mantenimiento a efectuar al primer equipo enlistado, el "Generador C", el procedimiento sería el siguiente: el día de la ejecución del mantenimiento (martes 7), se le indican al operario los trabajos a realizar

REGION MARINA
SUPERINTENDENCIA DE PRODUCCION
DEPTO. MANTTO. EQUIPO DINAMICO E INSTRUMENTOS
PROGRAMA SEMANAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EQUIPO ELECTRICO

SEMANA . . . 10
 MES. MARZO
 AÑO. 1995

PLATAFORMA. ABKATUN "A" PERMANENTE

NUM DE EXP.	TIPO DE MANTTO	NOMBRE DE LA UNIDAD	OPERRARIO							OBSERVACIONES	
			LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM		
3	T	GENERADOR C									
29	T	MOTOR Y ARRANCADOR ALTA T. BBA. REFORZ. CRUDO 01 F									NO EXISTE EL MOTOR
45	T	MODULO DE CONTROL, MEDIDOR TABL. 02. B. S SEC 3									
59	T	INT. B. T. EN TABL. 02 B ACOM. TRANS 12 C									
77	A	MOTOR Y ARRANCADOR EN CCM-06 A BBA. TRANSF. DIESEL 45 A									
92	T	MOTOR Y ARRANCADOR EN TRANSF. CCM-06 E BBA. SUMIN. DIESEL 14 B									
114	A	TRANSFORMADOR ALUMBRADO LP-B									
125	T	TABL. DE CONTROL COMP. AIRE INSTRUM. H.(U)-94-B									
137	Q	BCC. BAT. TQ-2									
139	Q	BCC. BAT. UPS									
141	Q	BCC. BAT. MQ. AUX.									
145	B	SISTEMA ALUMBRADO NORMAL, ALUMBRADO PERIMETRAL 2do. NIVEL									

SIMBOLOGIA

- A.- ANUAL
- S.- SEMESTRAL
- T.- TRIMESTRAL
- B.- BIMESTRAL
- Q.- QUINCENAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

I. M. E. _____ TESIS PROFESIONAL

PROGRAMA SEMANAL DE
MANTTO. PREVENTIVO

C.G.D.L. _____ FIG. 5.17



PEMEX

REGION MARINA

SUPTCIA. DE PRODUCCION

DEPTO. MANTTO. EQUIPO DINAMICO E INSTRUMENTOS

MANTO PREVENTIVO PROGRAMADO
CARTA ORDEN DE TALLER No _____ MPGA-2
GENERADORES C.A. ALTA TENSION 4160V
MANTENIMIENTO TRIMESTRAL

INSTALACION: _____
PLATAFORMA: _____
GUARDIA: _____
FECHA: _____

EQUIPO: _____

HOJA 1

GENERADOR

1. LIMPIEZA EXTERIOR DE GENERADOR Y TRINCHERA
2. INSPECCION FISICA Y LECTURA DE AMPERAJE A RESISTENCIAS CALEFACTORAS
3. INSPECCION FISICA Y LIMPIEZA DE DEVANADOS CON SOLVENTE DIELECTRICO

GOBERNADOR

1. REVISION DEL MOTOR SINCRONO
2. PRUEBA DE LA BOBINA DE DISPARO
3. REVISION DEL ALAMBRADO
4. REVISION DEL MICROSWITCH DE ALTA Y BAJA

PROTECCIONES DE LA MAQUINA

TERMOPARES DE GASES DE ESCAPE EN CILINDROS

1. REVISION Y LIMPIEZA EN TERMOPAR
2. REVISION DE CONEXIONES Y MONITOREO
3. REVISION DE TUBERIA DE ALIMENTACION

TERMOPARES DE GASES DE ESCAPE DE TURBOCARGADOR

1. REVISION Y LIMPIEZA DE TERMOPAR
2. REVISION DE CONEXIONES Y MONITOREO
3. REVISION DE TUBERIA DE ALIMENTACION

TERMOPAR DE TEMPERATURA DE AGUA

1. REVISION Y LIMPIEZA DE TERMOPAR
2. REVISION DE CONEXIONES Y MONITOREO
3. REVISION DE TUBERIA DE ALIMENTACION

OBSERVACIONES: _____

EJECUTO: _____

SUPERVISO: _____

FICHA: _____

FICHA: _____

CATEGORIA: _____

CATEGORIA: _____

FIRMA: _____

FIRMA: _____

APROBO: _____

FIRMA: _____



PEMEX

**REGION MARINA
SUPTCIA. DE PRODUCCION
DEPTO. MANTTO. EQUIPO DINAMICO E INSTRUMENTOS**

MANTO PREVENTIVO PROGRAMADO
CARTA ORDEN DE TALLER No _____ MPGA-2
GENERADORES C.A. ALTA TENSION 4160V
MANTENIMIENTO TRIMESTRAL

INSTALACION _____
PLATAFORMA _____
GUARDIA _____
FECHA _____

EQUIPO: _____

HOJA 2

TABLERO DE CONTROL Y PROTECCIONES DE LA MAQUINA

1. VERIFICAR ACOMETIDA
2. VERIFICAR GABINETE
3. LIMPIAR CON ASPIRADORA O AIRE SECO
4. REVISAR Y APRETAR CONEXIONES DE CABLEADO
5. LIMPIAR Y AJUSTAR INSTRUMENTOS DE MEDICION
6. LIMPIAR Y AJUSTAR CONTACTOS
7. REVISAR APARATOS DE MEDICION, CONTROL Y SEÑALIZACION
8. VERIFICAR CONEXIONES A TIERRA
9. COMPROBAR FUNCIONAMIENTO

TABLERO DE CONTROL DEL GENERADOR

1. VERIFICAR ACOMETIDA
2. CHECAR GABINETE
3. LIMPIAR CON ASPIRADORA O AIRE SECO COMPRIMIDO
4. REVISAR ZAPATAS Y APRETAR
5. REAPRETAR CABLEADO EN TABLILLAS TERMINALES
6. LIMPIAR Y AJUSTAR TERMINALES
7. VERIFICAR CONEXIONES A TIERRA
8. VERIFICAR LUCES DE SEÑALAMIENTO
9. COMPROBAR FUNCIONAMIENTO

INTERRUPTOR DE ALTA TENSION DEL GENERADOR

1. CHECAR A COMETIDA
2. CHECAR GABINETE
3. LIMPIAR CON AIRE COMPRIMIDO SECO
4. LIMPIAR Y PROBAR BOBINA DE CIERRE
5. LIMPIAR Y PROBAR BOBINA DE DISPARO
6. LIMPIAR Y AJUSTAR CONTACTOS
7. REVISAR Y LIMPIAR MAMPARAS ROMPEARCOS
8. REAPRETAR CONEXIONES Y TORNILLERIAS
9. ENGRASAR Y LUBRICAR MECANISMOS DE CIERRE Y DISPARO
10. COMPROBAR AISLAMIENTO A TIERRA
11. VERIFICAR LUCES DE SEÑALAMIENTO
12. COMPROBAR FUNCIONAMIENTO

OBSERVACIONES: _____

EJECUTO _____

SUPERVISO: _____

FICHA _____

FICHA _____

CATEGORIA _____

CATEGORIA _____

FIRMA _____

FIRMA _____

APROBO _____
FIRMA _____

libranza, falta de personal, falta de material, refacciones o herramientas, etc.

5.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se define el "Mantenimiento Correctivo" como todos aquellos trabajos que se realizan para corregir anomalías o fallas ocurridas en los equipos.

El procedimiento a seguir para llevar a cabo el mantenimiento correctivo es el siguiente:

1. Al presentarse la falla, el Ingeniero de Mantenimiento encargado dictaminará la urgencia de la reparación, según las condiciones de operación e importancia del equipo, fig. 5.1.

De acuerdo con lo anterior, los trabajos se programarán en la forma de programación semanal de mantenimiento preventivo o se ordenará su reparación inmediata. Los trabajos de reparación inmediata que se requieran, serán ordenados directamente por el Ingeniero al Supervisor de Mantenimiento o a los Operarios.

2. El operario realizará el trabajo según instrucciones recibidas y al término, informará a sus superiores.
3. El Ingeniero encargado anotará en la forma "Expediente de Equipo Eléctrico", con la clave "MC", el trabajo realizado. La anotación se deberá hacer con el mayor detalle técnico posible. Como ejemplo se anexa la forma localizada en el expediente del Motor del Compresor de Aire de Instrumentos 04-A, con la anotación del mantenimiento correctivo efectuado

El archivo del Sistema de Mantenimiento será la memoria del sistema y la retroalimentación del mismo, para su continuo perfeccionamiento; por lo cual reviste de mucha importancia. EL archivo está integrado por:

- Expedientes de cada unidad. En donde se archivarán las gráficas y mediciones referentes a cada tipo de mantenimiento predictivo, así como la forma de mantenimiento correctivo efectuado a cada unidad ("Expediente de Equipo Eléctrico").
- Expediente de programas de mantenimiento semanales.
- Expediente de programa anual de mantenimiento preventivo.
- Datos de placa y características de los equipos.
- Instructivos y catálogos de operación y mantenimiento de los equipos.
- Planos y diagramas.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

En 20 años de explotación de los yacimientos petrolíferos de la Sonda de Campeche, con plataformas marinas, estas instalaciones y los procesos que efectúan, han experimentado cambios derivados de la experiencia acumulada de los técnicos e ingenieros mexicanos, así como de la necesidad constante por incrementar las cuotas de producción, que demanda el mundo moderno y nuestra nación en vías de desarrollo.

Se han descubierto nuevos yacimientos petrolíferos. La exploración y la explotación continua en ascenso día con día, con la finalidad de incorporar -en el primer caso- nuevas reservas de hidrocarburos y -en el segundo-, incrementar la plataforma diaria de producción; de tal forma que la Sonda de Campeche, con el 74% de la producción nacional, sigue siendo en la actualidad, el principal soporte en materia petrolera del país.

En el aspecto tecnológico de las instalaciones, en la actualidad, el diseño y la construcción de una plataforma conjunta la participación de especialistas de diferentes campos de la ingeniería. Ingenieros de áreas específicas calculan y seleccionan las tuberías, los recipientes de separación de crudo, los equipos de bombeo de crudo y compresión de gas; otros instalan instrumentos, uno más válvulas, y otro evalúa si la estructura es soportable. Además, quien diseña la cimentación, requiere a su vez del conocimiento del especialista en mecánica de suelos. Al concluir la labor de estos, intervienen los ingenieros electricistas que calculan y seleccionan los equipos de generación de energía eléctrica y sus protecciones y diseñan el alumbrado que necesita la plataforma, en tanto personal de estructuras coloca las escaleras y demás elementos finales para la funcionalidad de la instalación.

En la actualidad -a diferencia de hace 20 años-, herramientas como el cómputo cumplen una labor muy importante para llevar a cabo el diseño y la construcción de plataformas; con el "hardware" y el "software" más modernos se diseñan, dimensionan y simulan de manera tridimensional cada uno de los procesos involucrados para asegurarse que no haya pérdidas en tiempo y dinero.

La operación de las instalaciones se ha modernizado también. Con la tecnología informática actual la mayoría de los procesos y su instrumentación se han automatizado. La elaboración de reportes, documentos y en general el manejo de la información en todas las áreas involucradas en la explotación de

Los hidrocarburos, difiere mucho de hace 20 años. Es común contar con herramientas como computadoras con unidades de disco duro de varios gigabytes, graficadores, "scanners" e impresoras, así como una red informática interna de Pemex, donde se comparte información a nivel nacional y mundial.

La instrumentación analógica de los procesos ha sido sustituida en un gran porcentaje por una instrumentación "inteligente" (PLC'S).

En cuanto al aprovechamiento de los petrolíferos se utilizan sistemas modernos de recuperación secundaria de crudo, como es el bombeo electrocentrífugo (BEC) a alta profundidad en alta tensión (2300 a 4200 V). El gas natural se aprovecha en un 100%, a diferencia del 5.2% que se aprovechaba en 1981, cuando entraron en operación los primeros módulos de compresión de gas.

En los sistemas eléctricos, se ha optimizado el uso de los equipos de generación en alta tensión enlazando la generación de energía entre las plataformas que forman complejos de producción. Se ha sustituido casi en su totalidad la generación de energía eléctrica en A.T. (4.16 kv) original que era por medio de motogeneradores con motores a diesel (E.M.D. de General Motors) de 16 pistones, por modernos turbogeneradores en baja tensión (480 V) con turbinas de gas natural -producido en la misma plataforma- con los consiguientes ahorros en costos de operación y mantenimiento. Asimismo aunado a lo anterior se sustituyeron los equipos originales de bombeo de crudo a base de motobombas con motores eléctricos en A.T. -razón de ser de la generación en A.T.- por turbobombas con turbinas de gas con

tecnología similar a los turbogeneradores.

El medio marino es altamente corrosivo para las instalaciones, lo que obligó a cumplir con un programa de mantenimiento casi desde un inicio de las operaciones, tanto a las estructuras de las plataformas como a las tuberías, campamentos y equipos en general; estos programas de mantenimiento se han ido perfeccionando con los años, dada la experiencia del personal y el conocimiento del comportamiento de los equipos en este tipo de instalaciones con características propias que no se conocían en otros centros de trabajo de la industria petrolera. Para el desarrollo de estos trabajos se utilizan barcos-grúa, barcos inspectores, abastecedores y varios frentes de trabajo integrados por personal y equipo especializado.

En la actualidad, como respuesta a una sociedad mexicana cada vez más crítica y exigente del respeto al medio ambiente, que es patrimonio de todos y de las futuras generaciones, Pemex trabaja, con sus diferentes organismos, para reducir los riesgos de seguridad industrial y daño al medio ambiente, presentes en sus actividades de exploración, perforación, producción y transporte, almacenamiento y uso y manejo de productos y desechos; la Sonda de Campeche y sus instalaciones no son la excepción, los cambios ocurridos en los últimos 20 años en esta zona, encaminados a incorporar más reservas de hidrocarburos, a incrementar las cuotas de producción de petrolíferos, a optimizar la construcción y el uso de las instalaciones, en la actualidad giran en torno a un denominador común: la seguridad

industrial y la protección ambiental.

La seguridad industrial, entendida esta como la preservación de la integridad de trabajadores e instalaciones, ha sido un aspecto entendido, atendido y mejorado en las plataformas marinas, desde el inicio de sus operaciones; las plataformas, barcos y aeronaves han contado con los sistemas de seguridad y protección contra incendio requeridos. A los trabajadores se les ha proporcionado el equipo de protección personal y capacitación requeridos para desempeñar su trabajo de acuerdo a las condiciones que imponen las instalaciones y la naturaleza de las actividades. Se mantiene constante una política de revisión, actualización y capacitación sobre las condiciones de seguridad industrial.

En el aspecto del cuidado al medio ambiente, en la actualidad, más que en el pasado, se tiene conciencia de la responsabilidad que cada uno de los trabajadores asume en este sentido en el desempeño de sus funciones. Se sabe que la naturaleza de las operaciones pueden generar riesgos en la seguridad industrial y daños al medio ambiente, y en la actualidad estos riesgos se evalúan, vigilan y administran para incorporarlos por medio de modificaciones al diseño y operación de las instalaciones, nuevas y existentes. Se tienen programas concretos encaminados al cuidado y preservación del medio ambiente, como son:

- Programas para recolección de desechos no-biodegradables que se generan en el área de plataformas, tales como: chatarra, tambores, plástico, vidrio, etc.

- Programas de monitoreo de calidad de aguas de desecho de las instalaciones marinas.
- Programas de diagnósticos ambientales en las instalaciones y sus alrededores para evaluar la eficiencia de los equipos anticontaminantes.

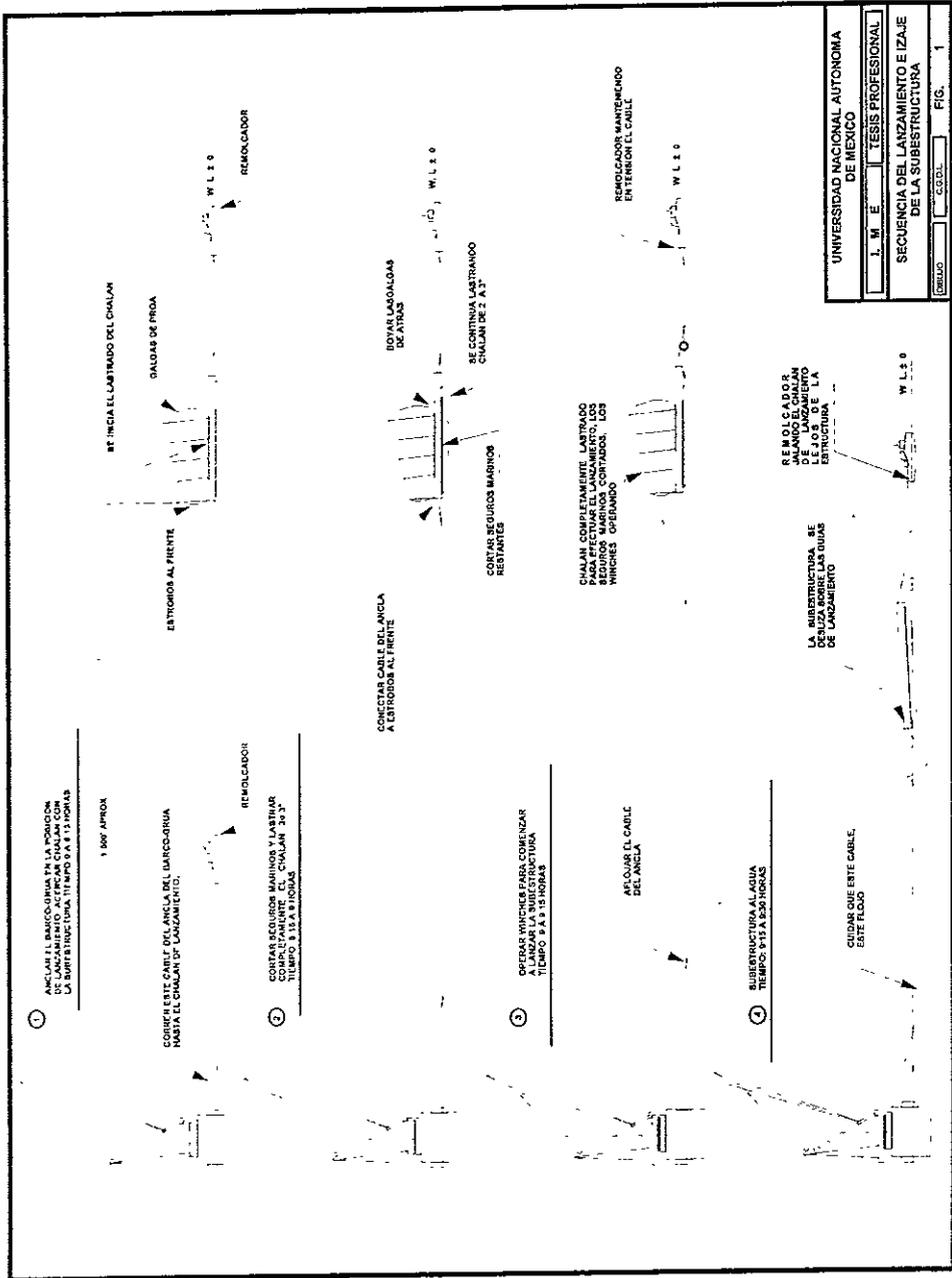
BIBLIOGRAFIA

- 1.- LIBRO DE PROYECTO DE PLATAF. DE PRODUCCION PERMANENTE
ABKATUN 1-A. SUBDIRECCION DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION DE
OBRAS (SPCO). PEMEX 1980.
- 2.- PLATAFORMAS MARINAS. PARTE I y II.
PEMEX. SPCO. CLAVE 2.161.03
- 3.- DISEÑO DE CONEXIONES A TIERRA.
PEMEX. SPCO. CLAVE 2.223.01
- 4.- DISEÑO E INSTALACION DE SIST. ELEC. EN PLATAF. MARINAS
PEMEX. SPCO. CLAVE 2.227.04
- 5.- LA INDUSTRIA DEL PETROLEO EN MEXICO.
SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1995.
- 6.- ALUMBRADO EN PLANTAS INDUSTRIALES.
PEMEX. SPCO. CLAVE 2.231.01
- 7.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y POTENCIA.
PEMEX. SPCO. CLAVE 2.251.01
- 8.- REQUISITOS GENERALES PARA TABLEROS DE CUARTOS DE CONTROL.
PEMEX. SPCO. CLAVE 2.253.01
- 9.- INSTALACION DE SISTEMAS DE CONEXION A TIERRA.
PEMEX. SPCO. CLAVE 3.223.01
- 10.- INSTALACION DE SUBESTACIONES DE HASTA 10000 KVA.
PEMEX. SPCO. CLAVE 3.251.02
- 11.- DISEÑO E INSTALACION DE SIST. ELEC. PARA PLATAFORMAS DE
PRODUCCION COSTA-AFUERA.
API. 1970.
- 12.- NATIONAL ELECTRICAL CODE. 1976.
- 13.- FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE MEDIANA Y ALTA
TENSION.
POR GILBERTO ENRIQUEZ HARPER.
ED. LIMUSA. 1972.
- 14.- ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.
POR WILLIAM D. STEVENSON, JR.
ED. MC GRAW-HILL. 1986. 2da. ED.
- 15.- SIST. DE MANTTO. PROGRAMADO A EQUIPOS ELECTRICOS.
PEMEX. SUPTCIA. DE PRODUCCION. 1980. CD. DEL CARMEN, CAMP.
- 16.- MANUAL CURSO BASICO DE SEGURIDAD.
PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION, CENTRO DE ADIESTRAMIENTO EN
SEGURIDAD, ECOLOGIA Y SOBREVIVENCIA, DISTRITO DOS BOCAS,
REGION MARINA SUROESTE.

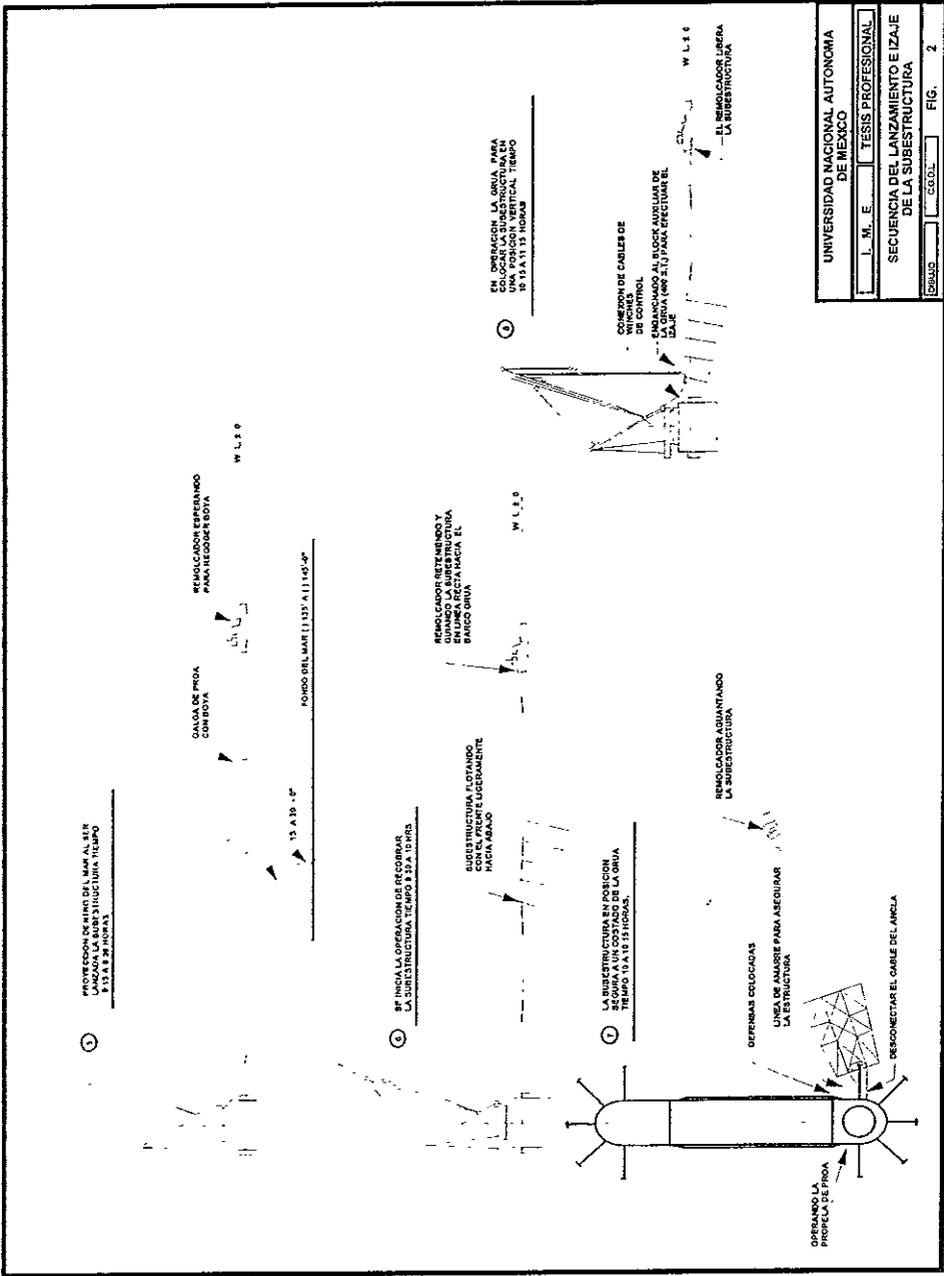
- 17.- PLATAFORMA DE PRODUCCION PERMANENTE ABKATUN A, ESTUDIO DE COORDINACION DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE.
POR DESARROLLO DE INGENIERIA INTEGRAL S.A. DE C.V., 1986.
- 18.- EL SECTOR ENERGETICO EN MEXICO.
SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1996.
- 19.- LEY DE NAVEGACION. S.C.T. 1994.
- 20.- LEY GENERAL DE EL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.
- 21.- EL PETROLEO.
PEMEX, GERENCIA DE INFORMACION Y RELACIONES PUBLICAS, MEXICO, 1988.
- 22.- RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN MAQUINAS ELECTRICAS Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SUS AISLAMIENTOS.
PEMEX. REFINERIA ING. ANTONIO M. AMOR. DEPTO. DE INGENIEROS. 1964.
- 23.- REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES. S.A.R.H. 1994.
- 24.- MANUAL DE OPERACION DEL PROBADOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO SIMPSON 405-2.
SIMPSON, ELGIN; ILLINOIS, 27 p.
- 25.- EJEMPLOS DE EVALUACION DEL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE RODAMIENTOS.
SPM INSTRUMENT AB, SUECIA, 17 p.
- 26.- INSTALACION DE PLATAFORMAS MARINAS.
PEMEX, SUPERINTENDENCIA GENERAL DE CONSTRUCCION, CD. DEL CARMEN, CAMP., MEXICO, 1981, 37 p.
- 27.- INSTRUCCIONES PARA LINTERNAS MARINAS MAX LUMINA (ML 300 Y ML 155).
TIDELAND SIGNAL CO., HOUSTON, TX., 1977, 31 p.
- 28.- MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA UNIDAD DE SUPERVIVENCIA DE 30 MINUTOS (MOD. 9038 Y 9838).
U.S. DIVERS CO., SANTA ANA, CALIF., 1978, 7 p.
- 29.- LA HISTORIA DEL PETROLEO.
POR DANIEL YERGIN, TRAD. MARIA ELENA APARICIO ALDAZABAL, ARGENTINA, JAVIER VERGARA EDITOR S.A., 1992, 1227 p.

ANEXO 1

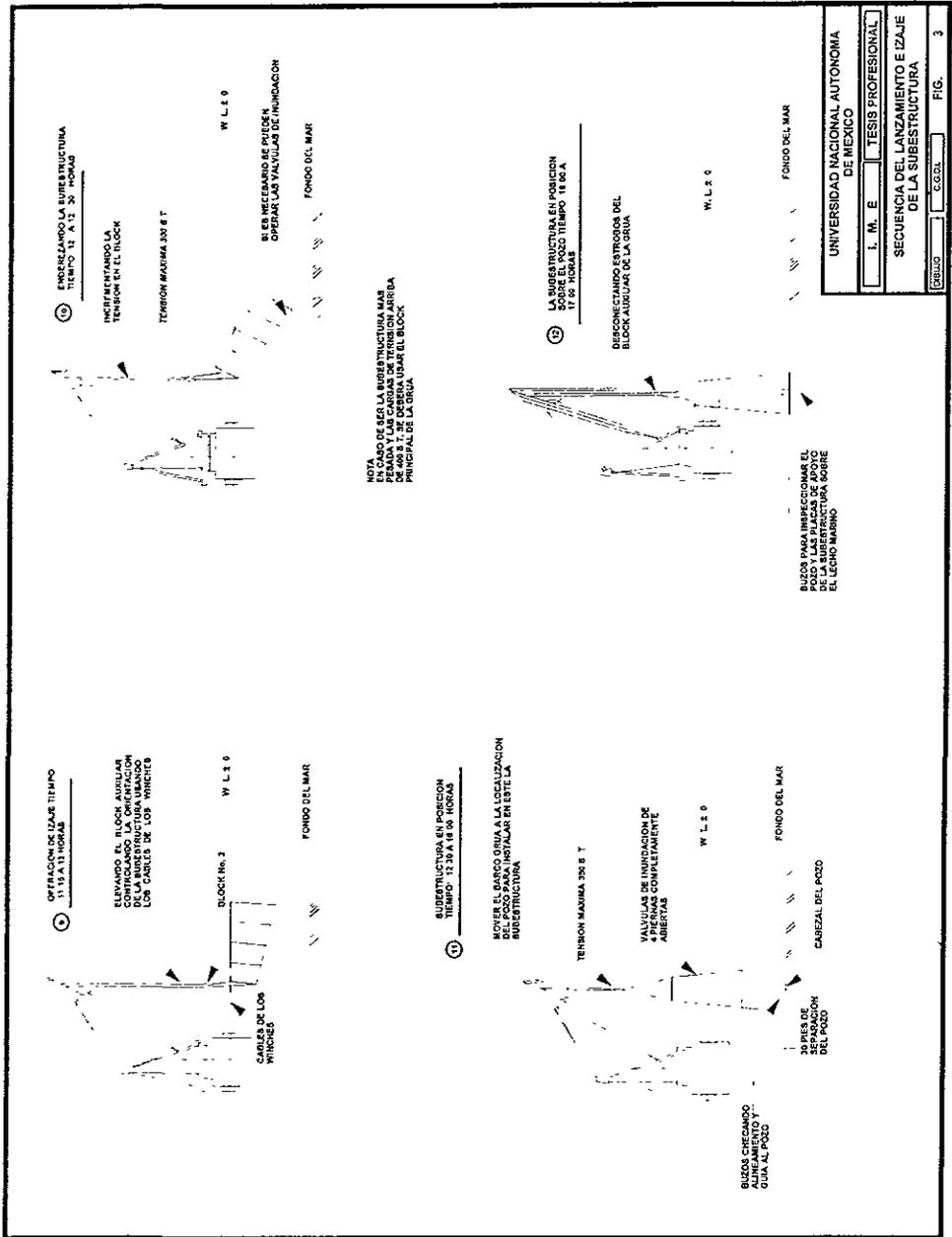
INSTALACION DE PLATAFORMAS MARINAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I. M. E.	TESIS PROFESIONAL
SECUENCIA DEL LANZAMIENTO E IZAJE DE LA SUBESTRUCTURA	
GRUPO	CODOL
	FIG. 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
I. M. E.	TESIS PROFESIONAL
SECUENCIA DEL LANZAMIENTO E IZAJE DE LA SUBSTRUCTURA	
DESARROLLO	GAOL
FIG. 2	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

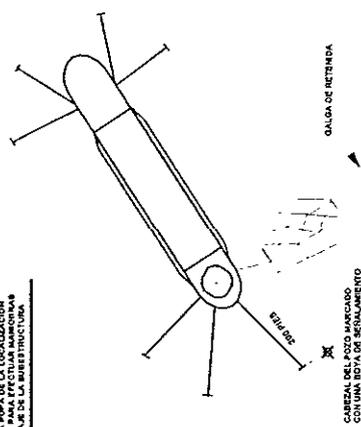
I. M. E. TESIS PROFESIONAL

SECUENCIA DEL LANZAMIENTO E IZAJE DE LA SUBESTRUCTURA

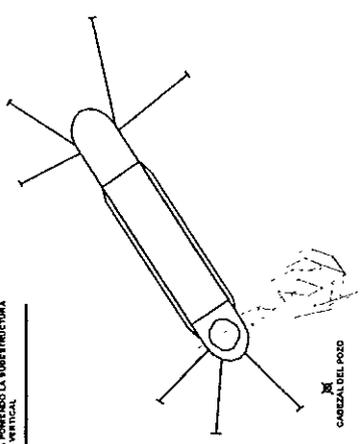
ESTUDIO COCINA

FIG. 3

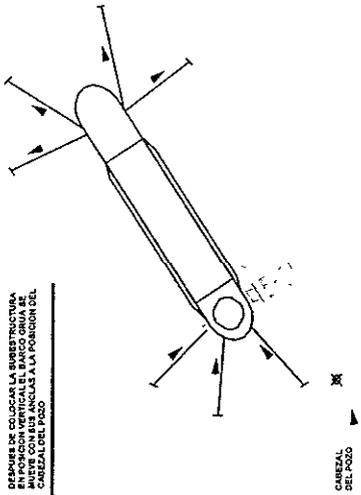
1 BARRIO ORVA ANCLADO A 300 PIES HACIA POPA DE LA LOCALIZACIÓN DE LA SUBESTRUCTURA DE LA BATERÍA DE LA SUBESTRUCTURA



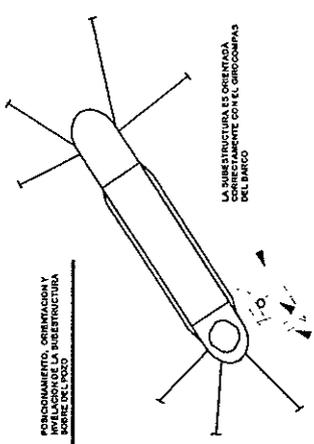
2 BARRIO ORVA PONEENDO LA SUBESTRUCTURA EN POSICION VERTICAL



3 DESPUES DE COLOCAR LA SUBESTRUCTURA EN SU POSICION VERTICAL SE ANCLAN EN SUAS ANCLAS A LA POSICION DEL CABEZAL DEL POZO



4 POSICIONAMIENTO, ORIENTACION Y AYUDACION DE LA SUBESTRUCTURA SOBRE EL POZO



LOS BUZOS DEBERAN INSPECCIONAR EL CABEZAL DEL POZO Y LOS APOTOS SOBRE EL FONDO DEL MAR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

L. M. E. TESIS PROFESIONAL

ESQUEMA DEL POSICIONAMIENTO DE LA SUBESTRUCTURA SOBRE EL POZO EN EL LUGAR MARINO

FIG. 5

ANEXO 2
ACIDO SULFIDRICO

ACIDO SULFHIDRICO
RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

1. DEFINICIONES.

LIMITE: Concentración a la cual quedarán expuestos todos los trabajadores en repetidas ocasiones, día tras día, sin sufrir efectos adversos.

PELIGROSO: Concentración que puede ocasionar la muerte.

LETAL: Concentración que ocasionará la muerte con una exposición de corta duración.

El máximo aceptable para picos sobre la línea básica de exposición continua es una concentración de un pico único que no exceda las 50 PPM por un máximo de 10 minutos, que es permitida, siempre y cuando no se exceda el promedio diario en relación al tiempo.

La concentración tope aceptable es la concentración aceptable para la protección de la salud en una semana de trabajo de cinco días, y ocho horas por día; ésta concentración deberá ser de 200 PPM. Las fluctuaciones que se registren deberán ser menores a ésta concentración.

Promedio aceptable de ocho horas, medido según el tiempo para evitar cualquier incomodidad, la concentración de ácido sulfhídrico en promedio en relación al tiempo, no deberá exceder las 10 PPM.

2. EL PELIGRO: LA TOXICIDAD.

El ácido sulfhídrico (H_2S) es el más venenoso de los gases naturales. Se produce durante los procesos biológicos e

industriales; es seis veces más letal que el monóxido de carbono y la mitad de veces tan letal como el cianuro de hidrógeno. Cuando aparece como gas libre es cuando resulta más peligroso. Para dar una idea de cual es una concentración fatal en potencia, imagine un cuarto promedio de 3 mts. de alto por 5 mts. de largo por 4 mts. de ancho, su volumen sería de 60 m³, si se colocaran dos latas de 20 lts. de capacidad conteniendo 100% de H₂S y éste gas fuera liberado y mezclado totalmente, con una sola respiración su respiración quedaría paralizada. El máximo nivel tolerable se ha fijado en una milésima del 1% (0.001%), o sea 10 partes por un millón (PPM).

Debe notarse que el petróleo crudo sulfuroso contiene H₂S que será liberado cuando se reduzca la presión. Estas reducciones de presión se producen durante la producción del petróleo, las transferencias de cámaras de muestreo y durante las fugas. El H₂S también aparece en el lodo de las perforaciones debido a la descomposición de los aditivos orgánicos por las altas temperaturas. Asimismo, el H₂S se encuentra en ambientes de desagües y sumideros.

3. REFERENCIAS.

%	PPM
100	1000000
10	100000
1	10000
0.1	1000
0.01	100
0.001	10
0.0001	1

4. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL ACIDO SULFHIDRICO.

- Es extremadamente tóxico (casi tan tóxico como el cianuro de hidrógeno) y de 5 a 6 veces tan tóxico como el Monóxido de Carbono.
- No tiene color.
- De olor repulsivo, muchas veces descrito como el olor a huevos podridos.
- Forma una mezcla explosiva en concentraciones de entre 4.3 y 46% por volumen. Esto constituye una gama extremadamente amplia. La combustión espontánea se produce a los 260 °C; ésta es una temperatura de encendido muy baja, ya que una colilla de cigarrillo no fumada está a 233 °C y aumenta su temperatura sobre 260 °C cuando se le fuma, los vapores pueden viajar a una distancia considerable hasta una fuente de encendido y luego retroceder con rapidez.
- Arde con una flama azul y produce Anhídrido Sulfuroso (SO_2), el cual es menos tóxico que el ácido sulfhídrico pero es muy irritante en los ojos y pulmones y puede provocar daños serios.
- Es más pesado que el aire, su gravedad específica es de: 1.189 (la del aire es 1.000) a 60°F y 14.7 PSIG, por lo tanto, el H_2S se acumula en puntos más bajos, tales como los sótanos de los pozos.
- Es soluble tanto en agua como en hidrocarburos líquidos.
- Produce irritación en los ojos, garganta y el sistema respiratorio.

- El valor límite de concentración mínima es de (máximo 8 hrs. de exposición sin el equipo respiratorio de protección) 10 PPM.
- Es corrosivo a todos los metales de la serie electroquímica Fe, Cu y Zn.

5. EFECTOS FISICOS DEL ENVENENAMIENTO.

El peligro principal es la muerte por inhalación. Cuando la cantidad de gas absorbido por la corriente sanguínea excede a la fácil oxidación, se provoca el envenenamiento del cuerpo, con una acción general sobre el sistema nervioso, rápidamente se produce una respiración trabajosa, y es posible que se presente la parálisis respiratoria inmediatamente después de concentraciones de 700 PPM y superiores a ésta. Esta condición puede alcanzarse casi sin advertirlo ya que el olor del ácido sulfhídrico que originalmente se detecto (el olfato humano lo empieza a detectar a partir de 0.13 PPM y deja de percibirlo arriba de 50 PPM), puede desaparecer debido a la parálisis del sentido del olfato. Entonces se produce la muerte por sofocación (ASFIXIA), a menos que la persona expuesta sea llevada inmediatamente a donde halla condiciones favorables; es importante tener en mente que una respiración de aire que contenga más de 700 PPM de H_2S , paralizará el sistema respiratorio, suspenderá la respiración y se producirá la muerte a menos que se comience aplicar la respiración artificial dentro de los primeros tres minutos.

En las zonas donde es común localizar H_2S -como en las

plataformas marinas- generalmente se encuentra apatía: "nosotros siempre lo olemos"; ésta actitud debe ser contrarrestada con la comprensión del peligro y los efectos que a largo plazo pueden producirse a raíz de una exposición continua a concentraciones bajas de H_2S .

A diferencia de otros riesgos naturales, las personas no adquieren una resistencia o tolerancia al H_2S , por el contrario, parece ser que la susceptibilidad aumenta cuando hay exposiciones previas. Aquellas personas que hayan ingerido alcohol son en extremo sensibles al H_2S . Por tanto, puede considerarse el efecto del H_2S en función a la:

1. Duración de la exposición.
2. Frecuencia de la exposición.
3. Intensidad de la exposición.
4. Susceptibilidad individual.

6. ¿ COMO ESCAPAR DEL H_2S ?

Ya que el H_2S es (1.189%) más pesado que el aire, deben entenderse con gran precisión dos puntos importantes: para escapar del H_2S , muévase teniendo el aire en sentido transversal y hacia un lugar más alto, sin embargo, el H_2S puede estar a una temperatura superior a la del aire ambiente al abandonar la cabeza del pozo o el lodo mismo, al principio, el H_2S puede elevarse hasta que se enfríe.

Un fenómeno conocido como apilamiento ocasiona una liberación de baja concentración que alcanza altas concentraciones en áreas en poca altura; esto se produce por

una mayor densidad del H_2S y su tasa natural de oxidación, que es lenta. Las áreas que son particularmente susceptibles a ello son los sótanos, los terrenos bajos y las fosas de lodo cerradas, especialmente costa afuera.

Los aparatos de aire acondicionado en las zonas de acceso y de trabajo deberán funcionar en circuito cerrado al estar presente H_2S en baja concentración.

7. EL ANHIDRIDO SULFUROSO (SO_2) -BIOXIDO DE AZUFRE-.

Al tratar con el H_2S hay un efecto secundario que no es generalmente apreciado; es el hecho de que al arder, produce el anhídrido sulfuroso (SO_2), casi tan peligroso como el primero.

El anhídrido sulfuroso tiene una gravedad específica de 2.212 ó aproximadamente el doble del peso del aire o del H_2S , sin embargo, es posible apreciar su toxicidad por el límite de 8 hrs. que fijan las leyes de los E.U.A., que es igual a sólo 5 PPM (el del H_2S es de 10 PPM); por ejemplo: a 50 PPM de SO_2 los ojos y la nariz arderán de modo intolerable. Este límite es tan bajo debido a que el SO_2 afecta a las personas más rápidamente y las mata más despacio.

Hay que tener presente estos factores al colocar la unidad de respiración en relación no sólo con el peligro del H_2S en la cabeza del pozo sino, también con el gas de flama del SO_2 . Hay que recordar que la única seguridad del anhídrido sulfuroso es que no arde ni explota.

8. EFECTOS DEL H₂S EN HUMANOS.

P.P.M	EFECTOS PRODUCIDOS	OBSERVACIONES
0.13	Comienza a ser percibido por el olfato.	
10	Concentración máxima para trabajar durante 8 horas de exposición.	
50	Conjuntivitis, ligera irritación del tracto respiratorio después de 1 hora de exposición.	Trasladarse a una zona ventilada con aire fresco.
100	Tos, irritación de los ojos y pérdida del sentido del olfato, respiración alterada, mareos después de 15 a 30 minutos seguidos de una inflamación pasada 1 hora.	Una exposición prolongada de más de 1 hr. aumenta gradualmente la seriedad de estos síntomas.
200-300	Conjuntivitis, marcada irritación del tracto respiratorio después de 1 hora.	Trasladar a una zona ventilada y aplicar Nitrito de Amilo inhalado.
400-500	Pérdida de la conciencia y probablemente la muerte en aproximadamente 1/2 hora.	Trasladar a una zona ventilada y aplicar Nitrito de Amilo inhalado.
700-900	Rápidamente se produce la inconsciencia acompañada del cese de la respiración y muerte.	Aplicar Nitrito de Sodio, sol. al 50% ó Tiosulfito de Sodio al 50%, 1 cm ³ ; más 9 cm ³ de agua bidestilada intravenosa de 1 a 3 minutos.
1100-2000	Inmediatamente pérdida de la conciencia y cese de la respiración, a la cual prosigue la muerte en unos cuantos minutos.	Aplicar Nitrito de Sodio sol. al 50% ó Tiosulfito de Sodio al 50%, 1 cm ³ ; más 9 cm ³ de agua bidestilada intravenosa de 1 a 3 minutos.

ANEXO 3
BREVE HISTORIA DEL PETROLEO

BREVE HISTORIA DEL PETROLEO

Según la teoría aceptada generalmente, el petróleo crudo es el residuo de desechos orgánicos, principalmente plancton microscópico que flotaba en los mares y también de plantas terrestres, que se acumulan en el fondo de los océanos, lagos y zonas costeras. Durante millones de años, esta sustancia orgánica, rica en átomos de carbono e hidrógeno, se fue recogiendo bajo capas sucesivas de sedimentos. La presión y el calor subterráneos "cocinaron" la materia orgánica y la convirtieron en hidrocarburos: petróleo y gas natural. Las diminutas gotas de petróleo líquido pasaron a través de pequeños poros y fisuras de las rocas, hasta que quedaron atrapadas en rocas permeables, encerradas entre rocas de esquisto por arriba y agua salada más densa por debajo. Normalmente, en los depósitos de este tipo, el gas que es más ligero llena los poros del depósito como un "techo de gas" por encima del petróleo. Cuando la barrena penetra en estos depósitos, la menor presión dentro de la barrena permite que el petróleo vaya fluyendo por el orificio del pozo y posteriormente que salga a la superficie en forma de chorro. A medida que se sigue con la producción, la presión subterránea disminuye y los pozos necesitan ayuda del exterior, bien con bombas de extracción o con gas que se reinyecta de nuevo en el pozo, técnica esta última que se conoce como "elevación por gas". Lo que sale a la superficie es petróleo crudo caliente, en ocasiones acompañado de gas.

Pero según sale del pozo, el petróleo crudo en sí es un

artículo con muy pocos usos. Prácticamente todos los crudos se procesan en las refinerías para convertirlo en productos útiles como las gasolinas, los combustibles de aviación, los combustibles para calefacción y los combustibles industriales. En los primeros años del sector, una refinería era poco más que una "tetera" en la que se cocía el crudo y se obtenían diferentes productos condensados a diferentes temperaturas. Los conocimientos necesarios no eran muy diferentes a los de hacer aguardiente, y este es el motivo de que los fabricantes de whisky se pasasen a la refinación del petróleo en el siglo XIX. Actualmente, una refinería es una instalación muy grande, compleja, avanzada y cara de construir.

El petróleo crudo es una mezcla de petróleo líquido y gases en diferentes proporciones. Cada uno de estos componentes tiene su valor, pero solamente después de que se les aísla con el proceso de refinación. De modo que, en las refinerías el primer paso es separar las partes constituyentes del crudo. Esto se logra mediante la destilación térmica-calor. Los diversos componentes se vaporizan a diferentes temperaturas y entonces pueden condensarse de nuevo en "destilados" puros. Algunos destilados se pueden vender tal y como están. Otros tienen que pasar por procesos posteriores para obtener productos de mayor valor. En las refinerías simples, estos procesos se realizan principalmente para la eliminación de impurezas no deseadas y para realizar pequeños cambios en las propiedades químicas. En las refinerías más complejas se realizan mayores reestructuraciones de moléculas mediante procesos químicos

conocidos como "fraccionamiento" o "conversión". El resultado es un aumento de la cantidad de productos de mayor calidad, tales como la gasolina, y un descenso en la producción de artículos de menor valor como aceite combustible y asfalto.

El petróleo en crudo al igual que los productos refinados se transporta en la actualidad en petroleros, a través de oleoductos, y en camiones. En Europa, con frecuencia el petróleo se mide oficialmente en toneladas métricas; en Japón en kilolitros. Pero en Estados Unidos y en Canadá, y coloquialmente en todo el mundo, la unidad básica sigue siendo el "barril", a pesar de que en la actualidad difícilmente habrá un profesional del petróleo que haya visto los antiguos barriles de petróleo, excepto en un museo. Cuando el petróleo comenzó a fluir por primera vez en los pozos del oeste de Pennsylvania en la década de 1860, los petroleros desesperados saquearon las granjas, establos, bodegas y los basureros en busca de algún tipo de barril -de melaza, de whisky, de sidra, de sal, de pescado, o cualquier otra cosa que estuviera a mano-. Pero a medida que los toneleros fueron haciendo unos barriles especiales para el petróleo, surgió un tamaño estándar que sigue siendo la norma en la actualidad. Es de 42 galones. La cifra se tomó prestada de Inglaterra, donde un estatuto de 1482 durante el reinado de Eduardo IV estableció los 42 galones como medida estándar para los barriles de arenques con objeto de terminar con las "sisas" y los "engaños" en el embotado de pescado. En aquellos momentos la pesca de arenque era la principal actividad en el Mar del Norte. Para 1866, siete años después de que el coronel Drake perforara

su pozo, los productores de Pennsylvania confirmaron el barril de 42 galones como su estándar, dejando así el barril de vino de 31 1/2 galones o el barril de cerveza de 32 galones de Londres o el barril de 36 galones de Londres. Y eso, de una manera algo indirecta nos lleva hasta la actualidad, porque el barril de 42 galones todavía se utiliza como medida estándar, aunque no como receptáculo físico.

-Tomado de: "La historia del petróleo" de Daniel Yergin. 1992 Javier Vergara-