



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Centro de Investigación en Computación



**SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA SELECCIÓN
DE UN SISTEMA SUBMARINO DE PRODUCCIÓN
Y SUS COMPONENTES**



**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

PRESENTA:

MARCO ANTONIO SÁNCHEZ CERÓN

DIRECTOR DE TESIS

M. en C. SERGIO SANDOVAL REYES

México, D.F.

Enero de 2005

Índice

Página

GLOSARIO DE TÉRMINOS. LISTA DE FIGURAS. LISTA DE TABLAS.	
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1. SISTEMA SUBMARINO DE PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS.	3
1.1 Tipos y componentes de un Sistema Submarino de Producción.	3
1.2 Problemática en la Selección y Diseño de un Sistemas Submarinos de Producción.	7
1.3 Formulación del Problema.	7
1.4 Objetivos:	7
1.4.1 Objetivo general.	7
1.4.2 Objetivos específicos.	8
1.5 Justificación.	8
CAPÍTULO 2. SOFTWARE EXISTENTE PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS SUBMARINOS DE PRODUCCIÓN.	9
2.1 Programa de cómputo “SEAPLAN”.	9
2.2 Programa de cómputo “MAP”.	11
2.3 Propuesta de Solución.	13
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISSP.	15
3.1 Descripción funcional.	15
3.2 Software a desarrollar.	17
3.2.1 Tablas.	18
3.2.2 Pantallas.	18
3.2.3 Procedimientos.	19
3.2.4 Reportes.	19
3.3 Recursos de cómputo a emplear.	20
3.4 Pruebas de funcionamiento del SISSP.	20

	Página
CAPÍTULO 4. DESARROLLO TABLAS DEL SISSP.	21
4.1 Diagrama Entidad/Relación.	21
4.1.1 Dimensionamiento de las Tablas de la Base de Datos.	22
4.2 Pantallas.	25
4.3 Procedimientos.	30
4.3.1 Procedimiento para la selección del Tipo de Sistema Submarino.	32
4.3.2 Procedimiento para la selección de Risers Submarinos Suspendidos en un Sistema Flotante.	35
4.4 Reportes.	37
CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS.	43
5.1 Pruebas de Funcionamiento.	43
5.2 Sistema Submarino Terra Nova.	44
5.3 Sistema SISSP.	45
5.3.1 Selección del Tipo de Sistema Submarino.	45
5.3.2 Selección del Sistema de Control.	48
5.3.3 Selección de los Risers Submarinos.	51
5.3.4 Selección de los Umbilicales Submarinos.	53
5.3.5 Selección de los Cabezales Submarinos.	56
5.3.6 Selección de las Líneas de Flujo Submarinas.	59
5.3.7 Selección de los Arboles Submarinos.	64
5.3.8 Selección de los Múltiples Submarinos.	69
5.4 Comparación de los Resultados del SISSP vs Terra Nova.	77
5.4.1 Tipo de Sistema Submarino.	77
5.4.2 Sistema de Control.	77
5.4.3 Risers Submarinos.	77
5.4.4 Umbilicales Submarinos.	78
5.4.5 Cabezales Submarinos.	78
5.4.6 Líneas de Flujo Submarinas.	78
5.4.7 Arboles Submarinos.	79
5.4.8 Múltiples Submarinos.	80

	Página
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.	81
6.1 Logros alcanzados.	81
6.2 Mejoras a futuro.	82
6.3 Comentarios finales.	83
BIBLIOGRAFÍA.	85
ANEXOS DEL SISSP.	87
A. Manual de usuario.	89
B. Programa fuente.	93
C. Diccionario de datos.	95
D. Pantallas y reportes.	101

Lista de Figuras

	Página
Figura 1.1 <i>Sistema Submarino de Producción.</i>	3
Figura 2.1 <i>Pantalla principal del MAP.</i>	12
Figura 3.1 <i>Estructura del SISSP.</i>	15
Figura 3.2 <i>Diagrama de Flujo general del Sistema.</i>	16
Figura 3.3 <i>Diseño general del SISSP.</i>	17
Figura 4.1 <i>Diagrama Entidad/Relación.</i>	21
Figura 4.2 <i>Base de datos del SISSP.</i>	22
Figura 4.3 <i>Pantallas del SISSP.</i>	25
Figura 4.4 <i>Encabezado de las pantallas.</i>	25
Figura 4.5 <i>Cuerpo de la pantalla principal.</i>	26
Figura 4.6 <i>Cuerpo de la pantalla con combobox.</i>	26
Figura 4.7 <i>Cuerpo de la pantalla con encabezado y tabla.</i>	27
Figura 4.8 <i>Cuerpo de la pantalla mixto.</i>	28
Figura 4.9 <i>Visualización de Dibujos.</i>	29
Figura 4.10 <i>Visualización de Reportes.</i>	29
Figura 4.11 <i>Procedimientos del SISSP.</i>	30
Figura 4.12 <i>Diagrama de flujo del Procedimiento para la selección del Tipo de Sistema Submarino.</i>	32
Figura 4.13 <i>Diagrama de flujo del Procedimiento para la selección de Risers Submarinos Suspendidos en un Sistema Flotante.</i>	35
Figura 4.14 <i>Reportes del SISSP.</i>	37
Figura 4.15 <i>Encabezado de los reportes.</i>	37
Figura 4.16 <i>Reporte de una tabla.</i>	38
Figura 4.17 <i>Reporte de una recomendación.</i>	38
Figura 4.18 <i>Reporte de un dibujo.</i>	39
Figura 4.19 <i>Reporte de la información recolectada.</i>	40
Figura 4.20 <i>Reporte del resultado de un procedimiento.</i>	40
Figura 5.1 <i>Campo Terra Nova.</i>	43
Figura 5.2 <i>Selección del Tipo de Sistema Submarino.</i>	45

	Página
Figura 5.3 Tabla Comparativa de las calificaciones de los Tipos de Sistemas Submarinos.	46
Figura 5.4 <i>Recomendación del Tipo de Sistema Submarino.</i>	46
Figura 5.5 <i>Diagrama de un Sistema de Arreglo Cluster a un Múltiple.</i>	47
Figura 5.6 <i>Selección del Sistema de Control.</i>	48
Figura 5.7 <i>Tabla Comparativa de las calificaciones de los Sistemas de Control.</i>	49
Figura 5.8 <i>Recomendación del Sistema de Control.</i>	49
Figura 5.9 <i>Diagrama de un Sistema de Control Hidráulico Directo.</i>	50
Figura 5.10 <i>Selección de los Risers Submarinos.</i>	51
Figura 5.11 <i>Recomendación de los Risers Submarinos.</i>	52
Figura 5.12 <i>Corte Esquemático de una Tubería Flexible Estándar.</i>	52
Figura 5.13 <i>Selección de los Umbilicales Submarinos.</i>	53
Figura 5.14 <i>Diseño Básico de los Umbilicales Submarinos.</i>	54
Figura 5.15 <i>Umbilical de Control Típico.</i>	55
Figura 5.16 <i>Información de los Cabezales Marinos.</i>	56
Figura 5.17 <i>Tipos de Cabezales Submarinos.</i>	57
Figura 5.18 <i>Tipos de Líneas de Flujo Submarinas.</i>	59
Figura 5.19 Dibujo 2.5.8.11.	62
Figura 5.20 Dibujo 2.5.8.12.	63
Figura 5.21 <i>Tipos de Arboles Submarinos.</i>	64
Figura 5.22 <i>Múltiple de Yacimientos Satélites.</i>	69
Figura 5.23 <i>Diagrama del Múltiple de Yacimientos Satélites.</i>	70
Figura 5.24 <i>Diagrama de un Múltiple Integrado a la Plantilla de un Pozo.</i>	72
Figura 5.25 <i>Diagrama del Múltiple de Pozo Satélite.</i>	74

Lista de Tablas

	Página
Tabla 3.1 <i>Tablas tipo del SISSP.</i>	18
Tabla 4.0 <i>Tablas del SISSP.</i>	22
Tabla 4.1 <i>Dimensionamiento de las Tablas del SISSP.</i>	24
Tabla 4.2 <i>Procedimientos del SISSP.</i>	31
Tabla 4.3 <i>Recomendaciones de los Sistemas Submarinos.</i>	33
Tabla 4.4 <i>Requerimientos de los Risers Submarinos Suspendidos en un Sistema Flotante.</i>	36

Introducción

En este documento se propone como tema de tesis un Sistema de Información para la selección y diseño básico de un Sistema Submarino de Producción. La tecnología submarina representa hoy en día una opción económicamente efectiva en el desarrollo de campos en la industria del gas y del petróleo costa-fuera. Aún más, en el futuro, esta técnica representa la única forma viable, por si sola, para la explotación en aguas profundas, ya sea en campos pequeños o en localizaciones remotas. Debido a las restricciones económicas en el desarrollo de los campos, principalmente en los pequeños (menos de 100 millones de barriles y una vida de 5 a 10 años), estos sistemas ofrecen una opción atractiva para lograr bajar los costos de capital y una pronta recuperación de las inversiones. A continuación se describe cada uno de los capítulos de que consta esta tesis.

En el capítulo 1 se define, inicialmente, lo que es un Sistema Submarino de Producción, los tipos que existen y sus componentes. Posteriormente se plantea el problema que implica su selección y diseño básico, el cual es ¿ cómo seleccionar apropiadamente y hacer un diseño básico confiable de un Sistema Submarino de Producción ?. Luego se definen los objetivos a alcanzar y se justifica este proyecto.

En el capítulo 2 se describen los dos programas comerciales más conocidos para este propósito, los cuales se caracterizan por su gran complejidad y alto costo. A partir de esto, se plantea una solución que está basada en un Sistema de Información para la selección y diseño básico de un Sistema Submarino de Producción (SISSP).

En el capítulo 3 se presenta el diseño del SISSP, en términos de la descripción funcional del Sistema, el software a desarrollar, es decir, las pantallas, procesos y reportes de que constará el SISSP, los recursos de cómputo a emplear para el desarrollo de éste y las pruebas de funcionalidad que se aplicarán.

En el capítulo 4 se describen las tablas del SISSP y los campos de que constará cada una de ellas. También se definirá el tipo y longitud de cada uno de los campos.

En el capítulo 5 se presentan las pantallas de que constará el SISSP, tanto las que se usarán para introducir datos como las que servirán para hacer alguna selección del Sistema o cada uno de sus componentes. También se definirán las pantallas para ver los dibujos y pantallas para obtener los reportes.

En el capítulo 6 se plantean los procedimientos usados para la selección del Sistema Submarino, el Sistema de Control, los Risers Submarinos y los Umbilicales Submarinos.

En el capítulo 7 se presentan los reportes que se podrán obtener del SISSP. Estos reportes incluyen las dos mejores recomendaciones de los Sistemas, dos tablas comparativas y siete de la selección de los diferentes componentes.

En el capítulo 8 se realizan las pruebas de funcionalidad del SISSP y se presenta una comparación de los resultados del SISSP contra los datos reales del campo Terra Nova.

En el capítulo 9 se presentan las conclusiones dentro de las cuales se incluyen los logros obtenidos, las mejoras a futuro y los comentarios finales.

Por último, en la bibliografía se presenta una lista de las referencias consultadas para la elaboración de esta tesis. También se indica el glosario de términos y cuatro anexos: el manual de usuario, el programa fuente, construcción de pantallas y construcción de reportes.

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA SUBMARINO DE PRODUCCIÓN Y SUS COMPONENTES.

Resumen

Los Sistemas Submarinos de Producción representan hoy en día una opción económicamente efectiva en el desarrollo de campos en la industria del gas y del petróleo costa-fuera. Aún más, en el futuro estos sistemas serán la única forma viable para la explotación en aguas profundas, ya sea en campos pequeños o en localizaciones remotas. Debido a las restricciones económicas en el desarrollo de los campos, principalmente en los pequeños (menos de 100 millones de barriles y una vida de 5 a 10 años), estos sistemas ofrecen una opción atractiva para lograr bajar los costos de capital y una pronta recuperación de las inversiones.

En este trabajo se presenta un Sistema de Información para la selección y diseño básico de un Sistema Submarino de Producción y componentes asociados. Inicialmente, se define lo que es un Sistema Submarino de Producción, los tipos que existen y sus componentes, enseguida se plantea el problema que implica su selección y diseño básico y se definen los objetivos a alcanzar. Posteriormente se analizan dos programas comerciales muy conocidos para este propósito, los cuales se caracterizan por su gran complejidad y alto costo. A partir de esto, se plantea una solución que está basada en un Sistema de Información para la selección y diseño básico de un Sistema Submarino de Producción (SISSP).

A continuación se presenta el diseño del SISSP, en términos de la descripción funcional del Sistema, y el software a desarrollar, es decir, tablas, pantallas, procesos y reportes de que constará el SISSP. Se realiza entonces, un análisis de requerimientos para el diseño de tablas, pantallas y procedimientos para la captura de datos, selección del Sistema Submarino y componentes asociados, así como para los dibujos de los mismos y reporte de resultados. Dicho reporte incluye dos tablas comparativas de los Sistemas Submarinos de Control posibles, recomendación del mejor, y las tablas de selección de sus diferentes componentes.

Para probar la funcionalidad del sistema desarrollado, se corrió el sistema con datos de diseño de un Sistema Submarino real. Los resultados producidos por el SISSP estuvieron en gran concordancia con dicho Sistema. En base a lo anterior, al final se presentan las conclusiones sobre la confiabilidad del SISSP y sus posibles mejoras.

INFORMATION SYSTEM FOR SELECTING A PRODUCTION SUBMARINE SYSTEM AND ITS COMPONENTS

Abstract

Nowadays, production submarine systems represent an effective and economic option to the development of offshore gas and petroleum fields. Even more, in the near future, these systems will be the only viable exploitation approach in deep waters either in small fields, or in remote zones. Due to economic restrictions in field development, mainly in the small ones (less than 100 million barrels and a lifetime from 5 to 10 years), these systems offer an attractive option in order to decrease capital costs and promptly recover investments.

In this work an Information System for selecting and designing a Production Submarine System and its associated components is presented. Initially, we define a Production Submarine System, their types and components. Next, we explain the problem associated with the selection process and the basic design; we also define our main objectives. Later, two well-known commercial programs, which are characterized by their great complexity and high cost, are analyzed. From this, a solution is proposed based on an Information System for selecting and designing a Production Submarine System (SISSP).

Afterwards, the design of the SISSP is presented. The design includes a functional description of the system, and the software to be developed, to create component tables, input data screens, processes and reports. This is done from an analysis of requirements, to define and implement such database tables and screens, thus as the procedures to validate and generate from this input data, a results report (with drawings) of several submarine systems and its associated components which comply with such data. This report includes besides the drawings, two comparative tables of the most viable submarine control systems, a recommendation of the best, and the tables of the associated components.

To prove the functionality of the developed system, real data from a reported submarine system was used during system execution. SISSP outcome was in great concordance with the reported submarine system. Finally, our conclusions and future system improvements are presented.

CAPÍTULO 1:

Sistema Submarino de Producción de Hidrocarburos.

En este capítulo se describe lo que constituye un Sistema Submarino de Producción, sus diversos tipos y componentes. Después se define el problema de su selección y diseño. Luego se formulan los objetivos a lograr y por último se da la justificación del desarrollo de la tesis.

1.1 Tipos y componentes de un Sistema Submarino de Producción.

Los Sistemas Submarinos de Producción (SSP) son aquellos usados para la extracción de hidrocarburos del fondo del mar sin importar la profundidad a la que se encuentren. Dependiendo de su complejidad, éstos pueden variar desde un pozo satélite con líneas de flujo a una plataforma fija, hasta una plantilla con varios pozos produciendo hacia equipos flotantes.

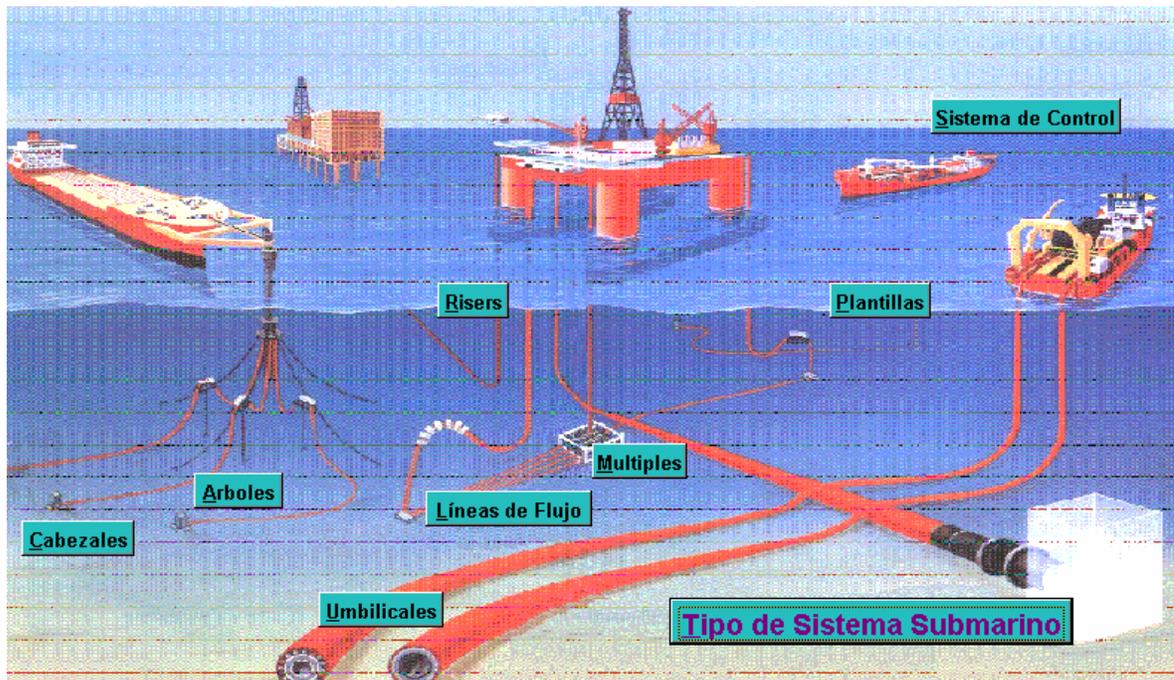


Figura 1.1 Sistema Submarino de Producción

La figura 1.1 muestra lo que es un Sistema Submarino de Producción y todos los componentes de que puede estar constituido.

Los sistemas submarinos se pueden dividir en *cuatro categorías* basándose en el tirante de agua, tipo de estructura para la instalación e intervención, conexión de las líneas de flujo, conector del cabezal, válvulas, sistemas de control, interfase de intervención y la de producción, risers (conductos) de intervención y tapa del árbol, en la forma siguiente [Instituto Mexicano del Petróleo, 1999]:

1. Simple.

Son sistemas en aguas someras, generalmente menos de 100m de tirante, emplean la intervención de buzos para la conexión de líneas de flujo y controles en ambas fases (producción e intervención). La intervención en los *risers* está limitada a un agujero sencillo (tubería de perforación o producción).

2. Asistido por Buzos.

Son sistemas para tirantes moderados de 60 a 200m, dependen de la intervención de los buzos para la instalación de las líneas de flujo y/o la interfase de control de producción y para algunas funciones menores. Este tipo de SSP representa el grupo más grande de los sistemas instalados actualmente.

3. Sin Asistencia de Buzos.

Son sistemas que emplean árboles (válvulas) en aguas profundas y que corren de embarcaciones flotantes con líneas guías, y no requieren funciones con asistencia de buzos en la instalación o intervención. Este sistema se aplica de 180m a 1000m de tirante de agua. La instalación de las líneas de flujo y umbilicales utilizan los métodos *layaway* (de colocación previa) o *pull-in* (jalar hasta conectarlos).

4. Sin Líneas Guías.

En este sistema, empleado en aguas profundas (mayor a 600m), los árboles sin asistencia de buzos se diseñan para usarse con embarcaciones flotantes posicionadas dinámicamente. Todas las funciones se realizan remotamente, y se emplean técnicas de acceso sin líneas guías.

Componentes principales de un SSP.

Independientemente del tipo de Sistema Submarino, éste consta de los siguientes seis componentes (ver figura 1.1):

1. Sistema de Control.

Los sistemas de control submarino se consideran como la parte más crítica en cualquier instalación submarina, aunque frecuentemente su costo representa una parte mínima de la terminación submarina (entre 3% y 10%). Los sistemas de control consisten de dos subsistemas principales. Instalación e Intervención (I/I) y Control de Producción. Un subsistema I/I proporciona los medios para controlar las funciones del equipo submarino asociadas con:

- La instalación inicial y la prueba de los equipos de producción.
- La operación de las instalaciones de producción durante el acceso vertical para el servicio a pozos.
- Retiro y subsecuente reinstalación de partes o de todo el sistema de producción para facilitar la intervención mayor de un pozo.

2. Cabezales.

El sistema de cabezal submarino es el medio de cimentación de la terminación submarina, además soporta y sella la tubería de revestimiento, así como los preventores (BOP) durante la perforación y el árbol después de la terminación (ver figura 1.1). El sistema de cabezal debe ser capaz de soportar las cargas inducidas durante la perforación, la instalación del árbol y líneas de flujo, la producción o incluso las cargas inducidas en accidentes de redes de los barcos pesqueros.

3. Árboles.

Los árboles submarinos se pueden definir como un conjunto de válvulas que se emplean para controlar los fluidos del pozo en el cabezal submarino.

4. Sistemas de Riser.

La función de los *risers* submarinos de producción (ver figura 1.1) es proporcionar un conducto para la transportación de hidrocarburos, inyección de aguas o gas, bombeo neumático, prueba de pozo, suministro de aire, suministro de nitrógeno, ventilación, o como guía para los paquetes eléctricos, hidráulicos y de comunicación, entre el equipo en el fondo marino y los sistemas de producción flotante. Con el objetivo de lograr la máxima integridad estructural sin exponer al *riser* a excesivos arrastres hidrodinámicos, las líneas de flujo verticales se ensamblan en un paquete formando una sola unidad.

5. Umbilicales.

Los umbilicales son líneas de control tanto hidráulicas como eléctricas, existiendo un tercer tipo que emplea la combinación de estos dos.

6. Líneas de Flujo.

Las líneas de flujo (ver figura 1.1) se emplean para interconectar los fluidos de producción con otras instalaciones de producción submarinas o superficiales. Existen varios tipos de líneas de flujo, como el de tubo flexible, tubería sencilla, o grupo de tuberías.

Dependiendo de cómo estén localizados los pozos en el fondo del mar, el Sistema contará o no con plantillas o múltiples.

Si solo se va a explotar un pozo, el Sistema no requerirá ni plantilla ni múltiple. Si son varios pozos y se encuentran muy juntos, se requerirá de una plantilla; y si los pozos se encuentran muy separados se empleará un múltiple.

7. Plantillas.

Las plantillas submarinas actúan como una guía de perforación para pozos que se localizan a una distancia cercana unos de otros. Asimismo, proveen de una estructura de apoyo para la terminación de pozos submarinos. La característica principal de una plantilla son las aberturas, las cuales permiten recibir una terminación submarina (cabezal y árbol).

8. Múltiples.

Se utilizan para eliminar la duplicidad de líneas de flujo y ductos ascendentes hacia la plataforma receptora de crudo. Esencialmente, los múltiples son arreglos de tuberías y válvulas que permiten dividir una línea en varias líneas pequeñas o viceversa (ver figura 1.1).

1.2 Problemática en la Selección y Diseño de Sistemas Submarinos de Producción.

Para la selección de un Sistema Submarino de Producción (SSP) se debe contar con la siguiente información: un mapa con la localización de los campos, incluyendo la infraestructura existente como plataformas, líneas y terminales entre otros. También se deberá conocer la profundidad del agua, en metros, en el sitio donde se desarrollará el campo.

También se requiere saber el tipo de yacimiento (crudo o gas), la extensión del campo, las reservas recuperables, la vida proyectada del campo, el número de pozos de producción, profundidad del yacimiento debajo de la línea de lodos y datos de producción.

Finalmente, se tienen que definir los escenarios para la perforación y terminación del pozo o pozos, es decir, los requisitos de perforación y terminación, los requisitos de intervención y los equipos de perforación, instalación y servicios submarinos. Dependiendo del tipo de escenario para el desarrollo del campo se deberá especificar el sistema de terminación de pozos, el equipo de cabezal submarino, los árboles submarinos, las plantillas o múltiples, el sistema de control y las líneas de flujo.

La principal problemática para la selección del tipo de SSP, es que no se tenía ni idea de qué parámetros partir. Tampoco qué componentes eran obligatorios en el Sistema y cómo se haría la extracción de los pozos en el fondo del mar dependiendo de su localización (arreglo) o si hay uno o varios.

1.3 Formulación del problema.

En base a lo anterior, el problema de tesis se puede definir con la siguiente interrogante:

¿ Cómo seleccionar apropiadamente y hacer un diseño básico confiable de un Sistema Submarino de Producción ?

1.4 Objetivos.

Los objetivos que pretendemos alcanzar en la tesis son los siguientes:

1.4.1 Objetivo General.

Seleccionar apropiadamente un Sistema Submarino de Producción y sus componentes.

1.4.2 *Objetivos Específicos.*

- 1) Desarrollar un software que permita efectuar la selección del tipo y cada uno de los componentes de un Sistema Submarino de Producción, en el desarrollo de campos en aguas profundas, para ser usado por el personal del Instituto Mexicano del Petróleo y de PEMEX.
- 2) Desarrollar la interfaz gráfica con menús, pantallas y cajas de diálogo.
- 3) Generar los reportes de la selección del sistema y de sus componentes.

1.5 **Justificación.**

Actualmente todo el petróleo extraído en el país es del Golfo de México a profundidades inferiores a los 80 metros, utilizando para ello plataformas fijas. PEMEX, previendo que en un futuro se agotarán estos yacimientos y que se tendrá que extraerlo de aguas más profundas, le encomendó al Instituto Mexicano del Petróleo hacer una investigación de la tecnología necesaria para la extracción de hidrocarburos en estos campos, como la “dona” que se encuentra en el Golfo y que está entre aguas de México, de Estados Unidos e internacionales y que se encuentra hasta en profundidades mayores a los 1000 metros.

Resumen.

Los Sistemas Submarinos de Producción son usados generalmente para la extracción de hidrocarburos a grandes profundidades. Conociendo básicamente, la profundidad del fondo del mar en donde se encuentra el o los pozos y otros parámetros, se puede determinar el tipo de SSP a utilizar. Los componentes indispensables en un SSP son seis: sistema de control, cabezales, árboles, risers, umbilicales y líneas de flujo; dependiendo de cómo estén localizados los pozos en el fondo del mar, se contará o no con múltiples o plantillas.

Considerando que los hidrocarburos del Golfo un día se agotarán, resulta de gran importancia para PEMEX contar con una tecnología de cómo extraerlos de aguas más profundas, como la llamada dona petrolera.

En el siguiente capítulo se describen dos de los programas comerciales más conocidos para este propósito y a partir de esto, se plantea una solución que está basada en un Sistema de Información para la selección y diseño básico de un Sistema Submarino de Producción (SISSP).

CAPÍTULO 2:

Software Existente para el Diseño de Sistemas Submarinos de Producción.

En este capítulo se describen dos de los programas comerciales más conocidos para este propósito. Después se plantea una solución que está basada en el desarrollo de un Sistema de Información para la selección y diseño básico de un Sistema Submarino de Producción (SISSP).

2.1 Programa de cómputo "SEAPLAN".

El programa fue diseñado para sistemas costa fuera, permite planear el desarrollo de campos prospecto de gas y crudo con un tirante de 6,000 pies (1828.8 m), considerando hasta 12 áreas geográficas del mundo. Dicha planeación de campos incluye la identificación del escenario potencial de desarrollo, la generación de la información para el diseño a nivel conceptual de los sistemas ingenieriles preliminares, así como los costos, el perfil de ganancias y tiempos muertos, el flujo de efectivo y el programa del desarrollo del campo [Brow & Root Energy Services, 1999].

El SEAPLAN también identifica, define conceptualmente y compara económicamente las alternativas técnicamente factibles para el desarrollo de campos costa fuera. La definición del sistema es a un nivel de diseño conceptual, incluyendo la descripción de todos los principales componentes y subsistemas, los costos (+/- 25%), la estimación del programa de actividades, y la identificación y cuantificación del riesgo técnico potencial.

La comparación económica se hace basándose en parámetros tales como la tasa de retorno antes de impuestos para toda la vida del campo, incluyendo costos de operación y capital, y las ganancias debidas a la producción.

La selección de los posibles sistemas de producción se realiza en base a siete sistemas que son: semisumergible, buque-tanque (FPSO), barcaza, plataforma autoelevable (jack-up), plataforma de piernas tensionadas (TLP), plataforma fija y plataforma flexible (CPT).

Adicionalmente, a la evaluación se consideran diferentes arreglos de las instalaciones de producción en el campo, como son: producción sencilla, producción sencilla con pozos satélite, pozos en jackets satélite en aguas someras, pozos submarino satélite, plantillas submarinas y otros.

El programa cuenta con una Base de Datos que considera hasta 12 áreas geográficas del mundo (no incluye el Golfo de México). El programa es interactivo con el usuario y su funcionamiento es a base de menús. La versión 4.13 es para PC mono usuario.

Requerimientos de Hardware y Software.

- PC Pentium a 133MHz.
- 32 MB. de memoria RAM.
- Espacio en disco de 30 MB.
- Windows 95, 98 ó NT.

Comentarios.

El programa está estructurado para manejar yacimientos de crudo o de gas, pero no en forma conjunta. Sin embargo, mediante algunas consideraciones se pueden lograr costos y programas aproximados de campo.

Dependiendo de la información de entrada, como del tipo de configuración del campo, arreglo de pozos, número de equipos de perforación, pozos pre-perforados, cubiertas de las plataformas, recolección submarina, sistemas de explotación y otros, el programa considera cientos de combinaciones para los posibles desarrollos de un campo, algunos de éstos son:

- Semisumergible con pozos satélite.
- Semisumergible con plantilla y risers rígidos.
- Plataforma autoelevable con una plantilla y pozos satélite.
- Barcaza con una plantilla cercana.
- Buque-tanque con dos plantillas y pozos satélites.
- Plataforma TLP con risers de enlace, pozos satélites en plantilla, y un buque-tanque de almacenamiento como sistema de exportación.
- Plataforma fija con exportación vía líneas de tuberías.
- Plataforma fija con pozos submarinos satélite.
- Plataforma CPT con plantilla submarina y pozos satélites.
- Sistema de pozos submarinos satélite con conexión a instalaciones existentes.
- Otros.

Sin embargo con este programa no se podría plantear un esquema de desarrollo para un campo con más de tres yacimientos diferentes en forma simultánea.

Así mismo, en la base de datos del SEAPLAN de las regiones geográficas del mundo (12), no se incluye información correspondiente a la parte mexicana del Golfo de México, por lo que habría que modificarla con la información correspondiente a la Sonda de Campeche, como son: costos, pesos, tamaños, requerimientos de energía y de personal, infraestructura, factores, tiempos de operación y de construcción.

El costo del programa es superior a los cien mil dólares más una cuota anual de diez mil; además el reporte de resultados es muy general ya que incluye cientos de combinaciones del posible desarrollo del campo.

2.2 Programa de cómputo “MAP”.

El MAP es un programa de aplicación multi-yacimiento, fue desarrollado en 1992. Incluye plataformas tipo satélite, facilidades submarinas, plataformas de piernas tensionadas y sistemas flotantes de producción, almacenaje y descarga, junto con muchas opciones de tecnología de procesos [Berwanger, 2000].

El MAP usa la metodología del programa general de simulación costa fuera como un punto inicial para simular una o un grupo de plataformas y tuberías en el desarrollo de un campo.

El programa incorpora lo último en tecnología de producción. La base de datos de costos y técnica proporciona los reportes de peso y costo de más de 100 categorías de equipos. La base de datos de costos es actualizada anualmente. En los reportes se incluyen resúmenes totales del campo e individuales por plataforma y reportes detallados de procesos.

Puede ser aplicado para optimizar el diseño y las opciones de separación y fabricación.

Es recomendable para todos los desarrollos de campos, desde una compleja multi-plataforma hasta el sistema más sencillo. Cada una de las facilidades y el complejo-producción-soporte pueden ser exactamente simuladas.

El programa permite plataformas huéspedes para suministro a las tipo satélites, con cualquier combinación de fuente eléctrica o de gas. Las plataformas pueden explotar cualquier combinación de fluidos: crudo, gas a baja y alta presión, condensados y el agua producida. Las tuberías submarinas pueden ser simuladas.

El MAP es una herramienta de diseño en un amplio rango de aplicaciones.

Perspectiva de evaluación:

- Obtención estimada de peso y costo consistente.
- Asegurar una base consistente para un análisis de contingencias.
- Lograr una cuantificación definitiva de opciones de proceso.
- Mantener una auditoría limpia.
- Facilidad de optimización.
- Diseño preliminar.

Requerimientos de Hardware y Software.

- PC Pentium a 133MHz.
- 32 MB. de memoria RAM.
- Espacio en disco de 30 MB.
- Windows 95, 98 ó NT.

El programa es interactivo con el usuario y su funcionamiento es a base de menús, tal y como se muestra en la siguiente figura:

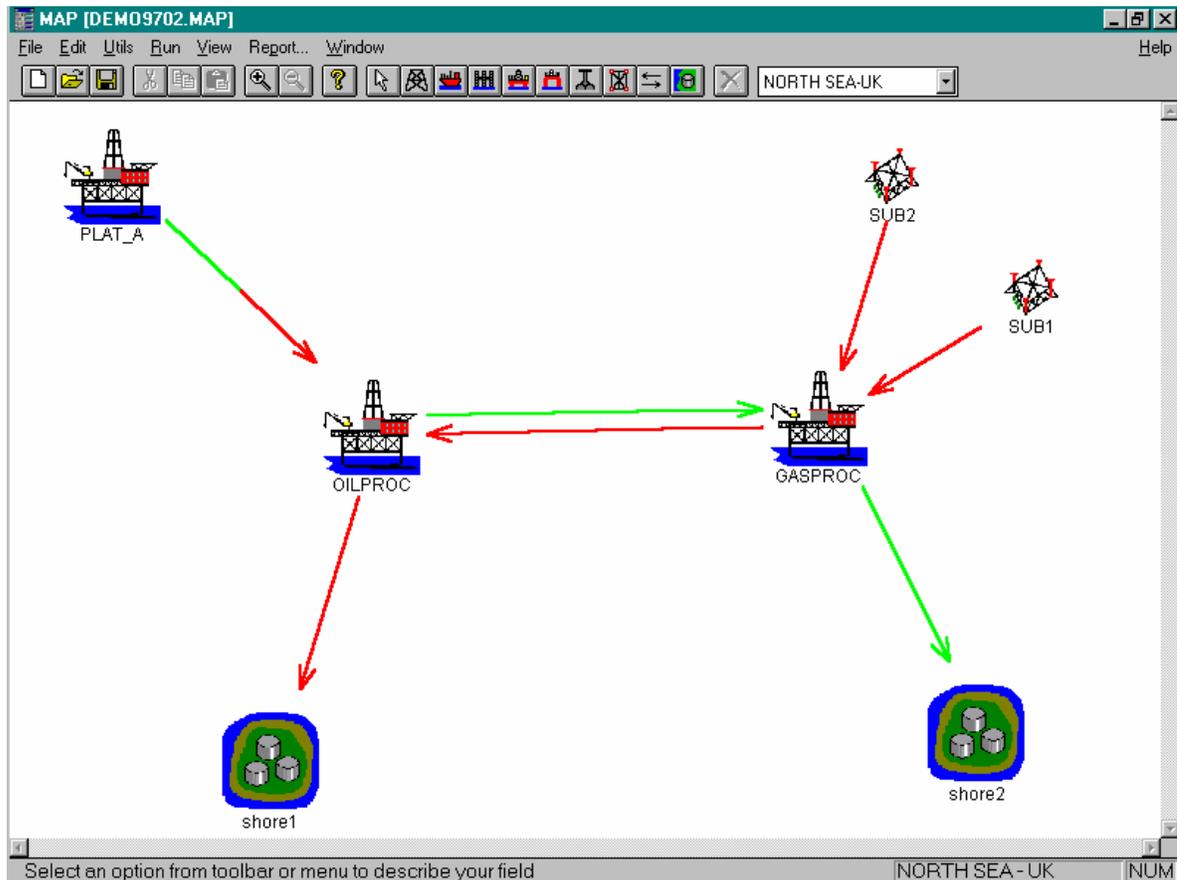


Figura 2.1 Pantalla principal del MAP.

Comentarios.

Dependiendo de la información de entrada, el programa considera varias combinaciones para los posibles desarrollos de un campo.

Así mismo, en la base de datos del MAP, no se incluye información correspondiente a la parte mexicana del Golfo de México, por lo que habría que modificarla con la información correspondiente a la Sonda de Campeche, como son: costos, pesos, tamaños, requerimientos de energía y de personal, infraestructura, factores, tiempos de operación y de construcción.

El costo del programa es superior a los cien mil dólares más una cuota anual de diez mil; además el reporte de resultados es muy general ya que incluye muchas combinaciones del posible desarrollo del campo.

2.3 Propuesta de Solución.

Debido a que los dos programas anteriores no dan una solución específica sino cientos de combinaciones, así como del hecho de que no cuentan con la información correspondiente a la parte mexicana del Golfo de México y que su costo es muy alto, PEMEX le encomendó al Instituto Mexicano del Petróleo hacer una investigación de la tecnología necesaria, para la extracción de hidrocarburos de yacimientos en el Golfo de México que se encuentran a profundidades superiores a los 80 metros.

Debido a lo anterior, es que se decidió crear un Sistema de Información para la selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes, y así contar con una herramienta de este tipo y a menor costo.

Se pretende que el Sistema de Información incluya información de la región del Golfo de México.

Inicialmente se seleccionará el tipo de Sistema, de acuerdo a los siguientes datos:

- Tirante de agua.
- Tipo de instalación.
- Conexión en la línea de flujo.
- Conexión del cabezal.
- Válvulas.
- Interfase intervención/control.
- Interfase controles producción.
- Risers de intervención.
- Tapa del árbol.

De acuerdo a los valores introducidos, el sistema recomendará un tipo de Sistema Submarino.

Posteriormente se seleccionarán los componentes básicos del Sistema Submarino:

- Sistema de control.
- Cabezales.
- Árboles.
- Sistemas de risers.
- Umbilicales.
- Líneas de flujo.

Finalmente, de acuerdo al número de pozos que se vayan a explotar y su localización, se definirán y seleccionarán o no:

- Plantillas.
- Múltiples.

Tanto para el tipo de Sistema Submarino como para cada uno de sus componentes, se elaborarán los reportes correspondientes.

El Sistema de Información se propone desarrollarlo en *SQLWindows* mediante una interfaz gráfica con menús, pantallas y cajas de diálogo, permitiendo la generación de los reportes correspondientes a la selección del sistema y a cada uno de sus componentes.

Resumen.

Los programas comerciales para el desarrollo de campos para la explotación de yacimientos a grandes profundidades proporcionan soluciones que o bien, son muy generales o dan demasiadas combinaciones de posibles opciones sin concretar en una, además de ser muy costosos y no contar con los datos correspondientes al Golfo de México. Por estas razones se decidió realizar una investigación de la tecnología necesaria para la extracción de hidrocarburos en estos campos, y se planteó el desarrollo del “Sistema de Información para la selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes”, el cual será el resultado final de este proyecto.

En el siguiente capítulo se presenta el diseño del SISSP, dentro del cual se muestra la descripción funcional del Sistema, se establece el software a desarrollar y los recursos de cómputo a emplear. Finalmente se definen las pruebas de funcionalidad del SISSP.

CAPÍTULO 3:

Diseño del SISSP.

En el este capítulo se presenta el diseño del Sistema de Información para la selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes (SISSP). Después se muestra la descripción funcional del Sistema. Luego se establece el software a desarrollar y los recursos de cómputo a emplear. Finalmente se definen las pruebas de funcionalidad del SISSP.

3.1 Descripción funcional.

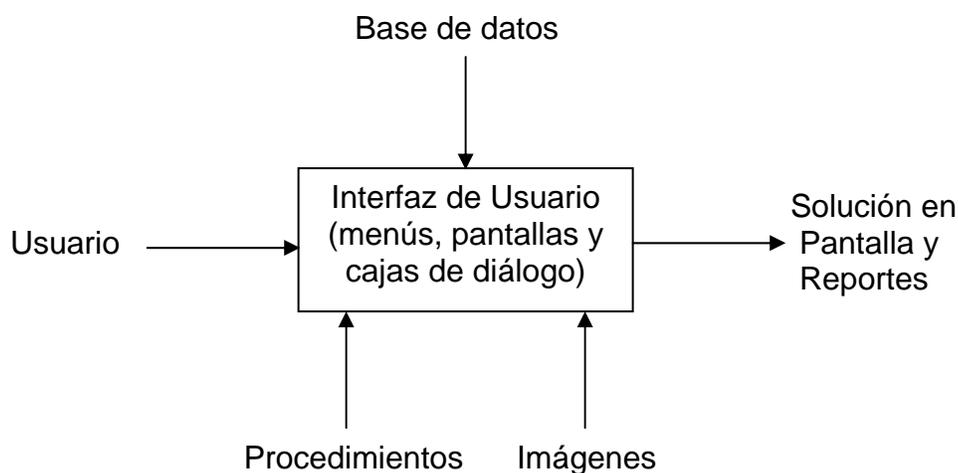


Figura 3.1 Estructura del SISSP.

En la figura 3.1 se muestra la estructura del Sistema. Mediante pantallas y menús el usuario introducirá los datos o seleccionará entre varias opciones de consulta, para que el sistema a través de una base de datos, realice la selección del tipo de Sistema Submarino de Producción y de sus componentes. Los resultados se obtendrán en forma de reportes tanto del tipo de sistema seleccionado como de cada uno de sus componentes, así como de las figuras correspondientes.

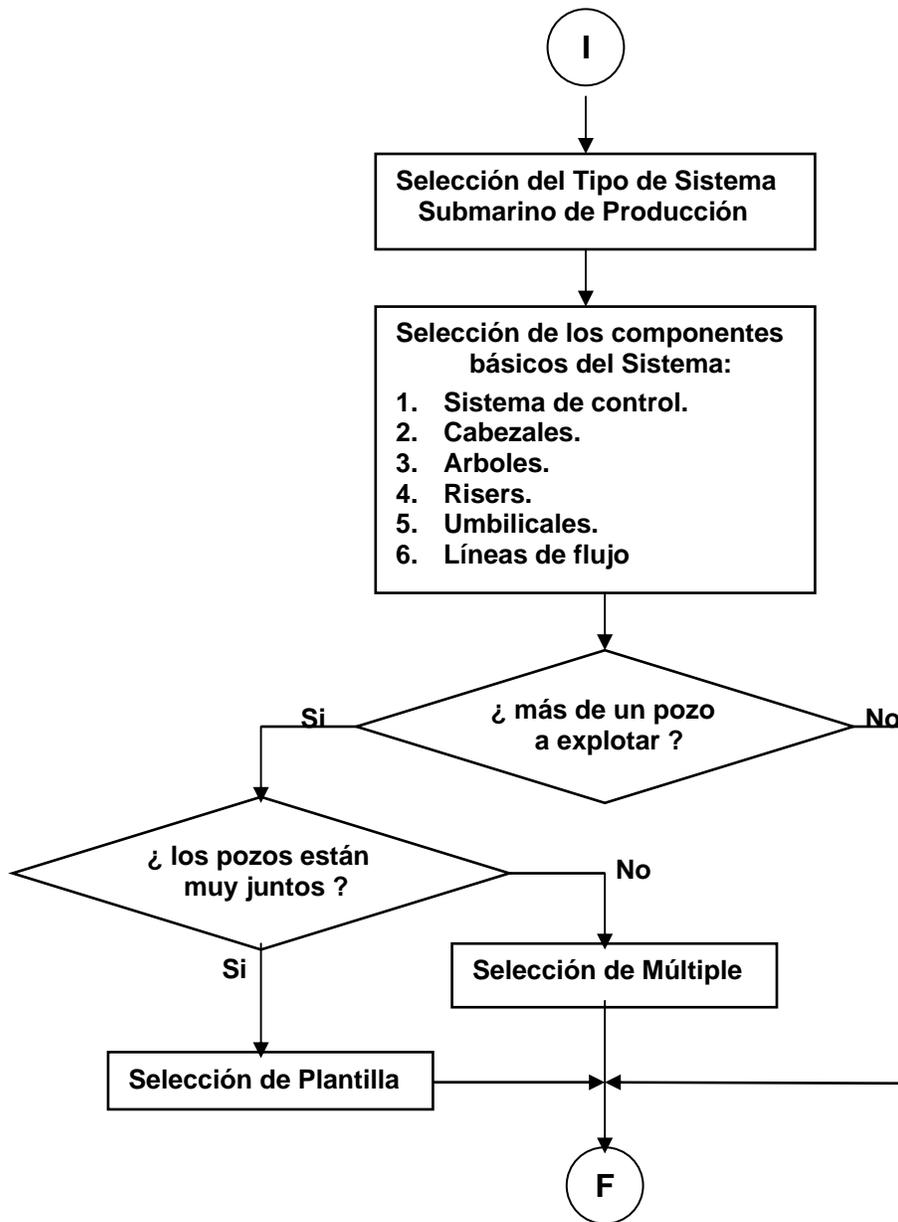


Figura 3.2 Diagrama de Flujo general del Sistema.

La figura 3.2 muestra el diagrama de flujo de la secuencia a seguir para la selección de un Sistema Submarino de Producción y de sus componentes.

Inicialmente se selecciona el tipo de Sistema, posteriormente se seleccionarán los componentes básicos y finalmente si hay más de un pozo a explotar, se seleccionará un múltiple o una plantilla dependiendo de que tan juntos estén. Si solo hay un pozo a explotar, el Sistema no requerirá de ninguno de estos componentes.

3.2 Software a desarrollar.

El Sistema de Información constará de una pantalla de inicio, en donde se representa en una ilustración cada uno de los componentes del Sistema Submarino de Producción. Se puede acceder a cada uno de ellos haciendo clic en el botón correspondiente. En todas las opciones se podrá imprimir la información y los dibujos de los componentes.

El desarrollo del Sistema de Información se hará con SQLWindows: para el desarrollo de los **procedimientos** se usará su lenguaje de programación propio, el SQLWindows Application Language “SAL”; para la elaboración de las **pantallas** y cajas de diálogo, SQLWindows cuenta con un *editor de ventanas*; las **tablas** se crearan con la base de datos propia *SQLBase*; y para los **reportes** se empleará el reporteador de SQLWindows *ReportWindows*. Estos elementos se describen en las siguientes secciones.

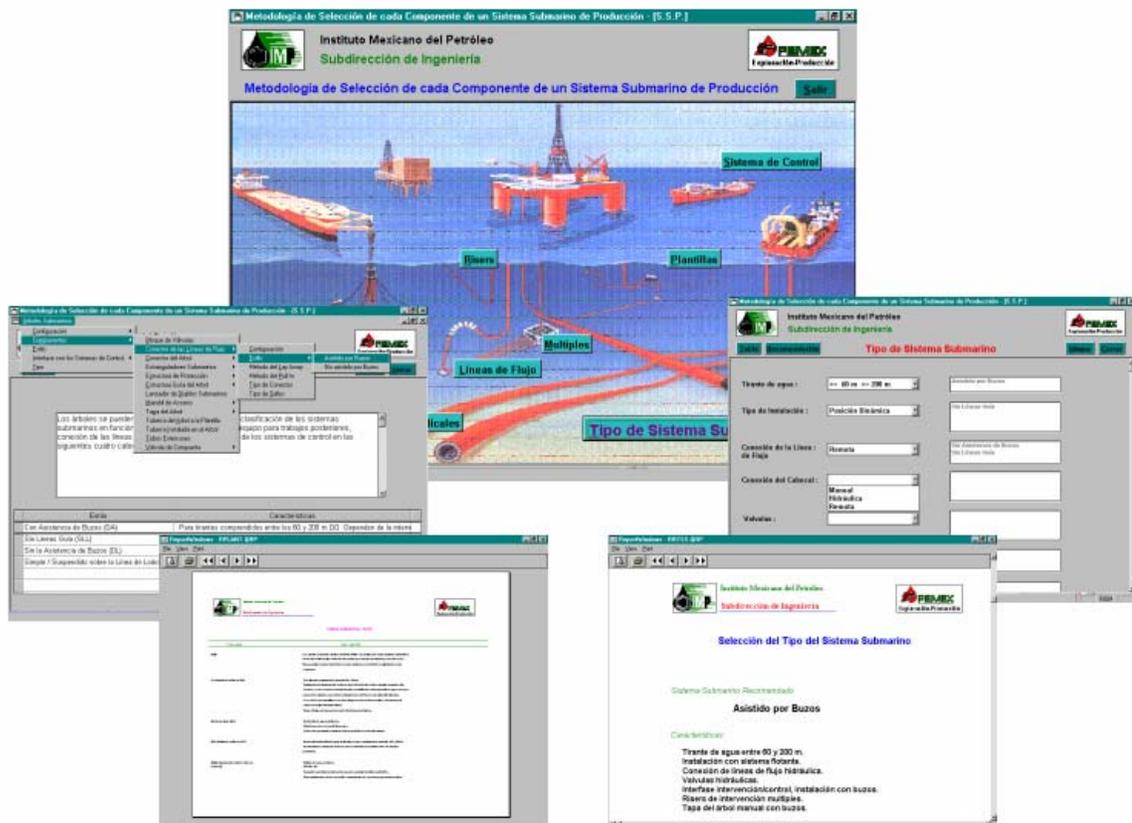


Figura 3.3 Diseño general del SISSP.

SQLWindows es un lenguaje para el desarrollo de aplicaciones gráficas de bases de datos en Windows, es totalmente orientado a objetos, se cuenta con una interfaz para el SQL; de arquitectura abierta, tiene un ambiente de diseño y de ejecución; cuenta con interfaz para el Quest (SQLBase) y ReportWindows y un lenguaje propio, SAL.

3.2.1 Tablas.

El sistema estará compuesto de las siguientes tablas:

- a) Tabla ARBOL.
- b) Tabla CABEZAL.
- c) Tabla DIBUJO.
- d) Tabla DUMBILICAL.
- e) Tabla LINEAF.
- f) Tabla MULTIPLE.
- g) Tabla PLANTILLA.
- h) Tabla RECUMB.
- i) Tabla RISER.
- j) Tabla SCS.
- k) Tabla SCSVYD.
- l) Tabla TIPO.
- m) Tabla UMBCE.

La tabla 3.1 muestra la estructuras de dos tablas tipo:

Tabla 3.1 Tablas tipo del SISSP.

Tabla: ARBOL.

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
CLAVE	CHAR	7	Clave única del árbol.
NOMBRE	VARCHAR	100	Nombre del árbol.
DESCRIPCION	LONGVARCHAR	-	Descripción del árbol.

Tabla: DIBUJO.

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
CLAVE	CHAR	4	Clave única del dibujo.
REFERENCIA	VARCHAR	20	Número del dibujo.
ARCHIVO	VARCHAR	20	Nombre del archivo que contienen al dibujo.
REPORTE	VARCHAR	12	Nombre del reporte que incluye al dibujo.

Una vez definida las tablas del Sistema se procederá a elaborar las pantallas para la interacción del Sistema de Información con el usuario.

3.2.2 Pantallas.

El sistema estará compuesto de las siguientes pantallas:

- a) Pantalla de Inicio.
- b) Pantalla para la selección del tipo de Sistema de Submarino.
- c) Pantalla para la selección del Sistema de Control.

- d) Pantalla para la selección de los Cabezales Submarinos.
- e) Pantalla para la selección de los Arboles Submarinos.
- f) Pantalla para la selección de los Risers Submarinos.
- g) Pantalla para la selección de los Umbilicales Submarinos.
- h) Pantalla para la selección de las Líneas de Flujo Submarinas.
- i) Pantalla para la selección de los Múltiples Submarinos.
- j) Pantalla para la selección de las Plantillas Submarinas.
- k) Pantalla para ver los Dibujos e imprimirlos.
- l) Pantalla para ver los Reportes e imprimirlos.

Contando ya con las tablas y pantallas, como siguiente paso se programarán los procedimientos del Sistema.

3.2.3 Procedimientos

El sistema contará con los siguientes procedimientos:

- a) Para la selección del Tipo de Sistema de Submarino.
- b) Para la selección del Sistema de Control.
- c) Para la selección de los Risers Submarinos.
- d) Para la selección de los Umbilicales Submarinos.

Finalmente se diseñarán los reportes a imprimir de las recomendaciones y selecciones de los componentes.

3.2.4 Reportes.

El sistema generará los siguientes reportes:

- a) Recomendación del tipo de Sistema de Submarino y tabla comparativa de los diferentes tipos, así como de sus dibujos.
- b) Recomendación del Sistema de Control y tabla comparativa de los diferentes tipos, así como de sus dibujos.
- c) Selección de los Cabezales Submarinos y sus dibujos.
- d) Selección de los Arboles Submarinos y sus dibujos.
- e) Selección de los Risers Submarinos y sus dibujos.
- f) Selección de los Umbilicales Submarinos y sus dibujos.
- g) Selección de las Líneas de Flujo Submarinas y sus dibujos.
- h) Selección de los Múltiples Submarinos y sus dibujos.
- i) Selección de las Plantillas Submarinas y sus dibujos.

3.3 Recursos de cómputo a emplear.

Hardware:

- PC Pentium 130 MHz.
- Memoria RAM de 32 Mb.
- Espacio en disco duro de 30 Mb.

Software:

- Windows 95, 98 ó NT.
- SQLWindows versión 5.0.2
(Lenguaje para el desarrollo del Sistema de Información).
- SQLBase
(Base de datos del tipo de Sistema Submarino y componentes).
- ReportWindows
(Reporteador propio de SQLWindows).

3.4 Pruebas de funcionalidad del SISSP.

Para validar los resultados de nuestro Sistema se buscarán ejemplos de Sistemas Submarinos de Producción en funcionamiento y se introducirán sus datos de diseño en el sistema para analizar los resultados que se obtengan, es decir, el tipo de sistema recomendado y sus componentes, para compararlos con los reales.

Resumen.

El producto final de este proyecto será un Sistema de Información para que el usuario mediante una interfaz de pantallas y menús, introduzca datos o escoja entre varias opciones, y mediante el empleo de una base de datos, realice la selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes, así mismo en todas las opciones se podrá imprimir la información y los dibujos de los componentes. El desarrollo del Sistema se hará empleando el lenguaje de programación SQLWindows y sus interfaces Quest (Base de Datos) y ReportWindows (Reportes).

En el siguiente capítulo se presenta la base de datos, pantallas, procedimientos y reportes del SISSP, donde se definen de manera general cada uno de estos.

CAPÍTULO 4: Desarrollo del SSSP.

En este capítulo se presenta el Diagrama Entidad/Relación, el dimensionamiento de la base de datos y como se desarrollaron las pantallas, los procedimientos y los reportes.

4.1 Diagrama Entidad/Relación.

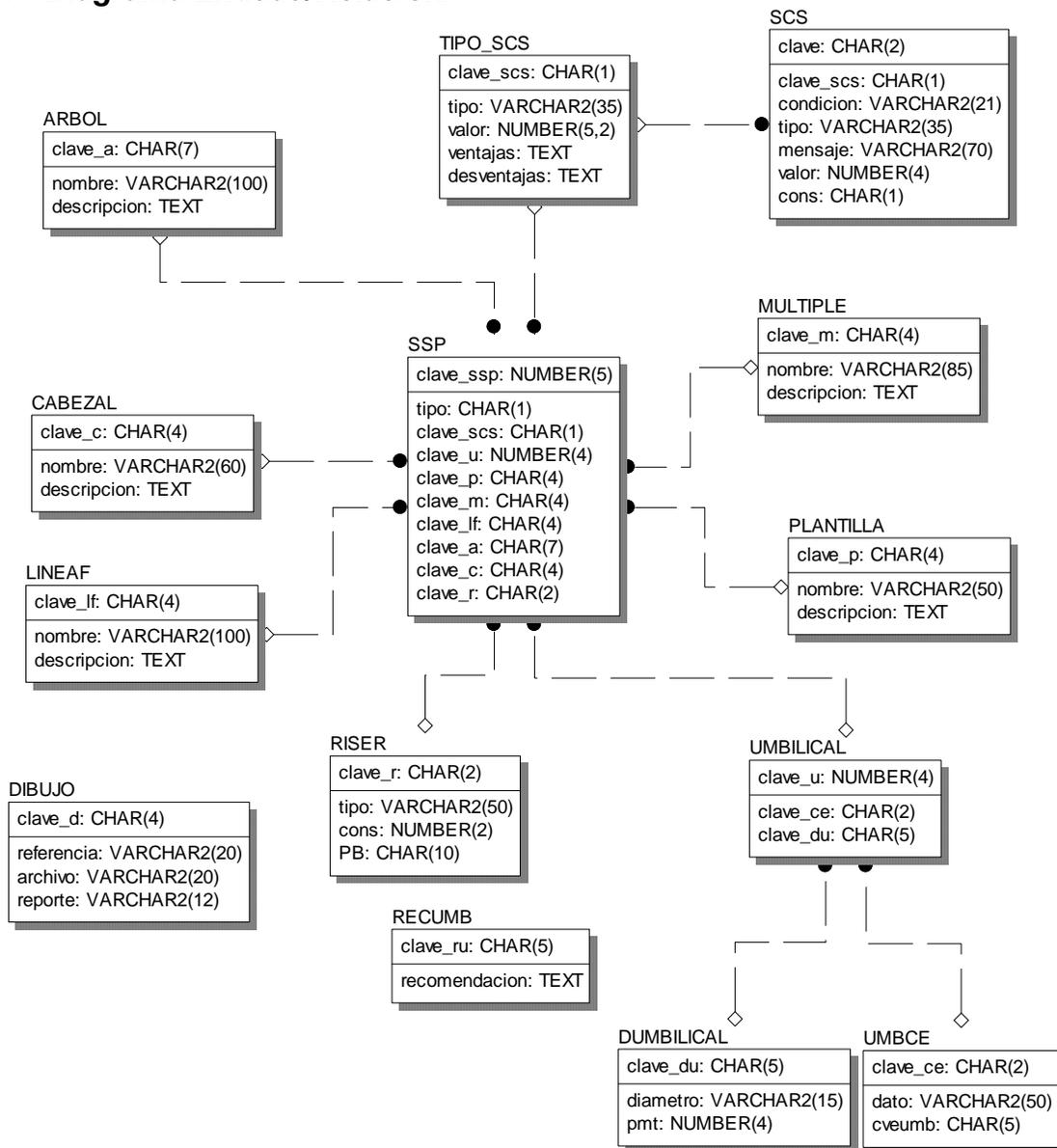


Figura 4.1 Diagrama Entidad/Relación.

La base de datos de un Sistema de Información es una de las partes más importante del mismo, puesto que es donde se almacena toda la información que se captura o que es resultado de una investigación, como en este trabajo. El diagrama entidad/relación es la representación gráfica de las tablas y las relaciones que hay entre estas, también muestra nombre, tipo y longitud de los campo de que consta cada una de las tablas.

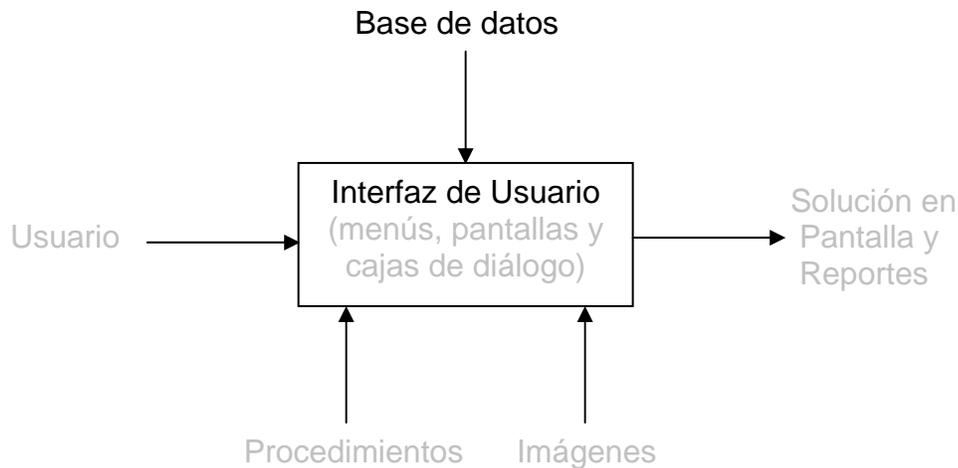


Figura 4.2 Base de datos del SISSP.

4.1.1 Dimensionamiento de las Tablas de la Base de Datos.

Seleccionar la adecuada asignación de espacio para los objetos de la base de datos es extremadamente importante. Los desarrolladores deberían determinar cuáles son los requisitos de espacio antes de crear los primeros objetos de la base de datos. Posteriormente, esos requisitos de espacio se podrán ajustar en función de las estadísticas de uso reales.

Además de mostrar los requisitos de espacio inicial de una tabla, también se deberán proporcionar datos sobre el porcentaje estimado de incremento anual en el número de registros por cada tabla. Si es posible, también se debería definir un número máximo de registros.

Una vez que se conocen las definiciones de los campos de las tablas y el volumen de datos, es el momento de determinar los requisitos de almacenamiento. En este proceso no es posible hacer más que conjeturas basadas en la propia experiencia, ya que el volumen de datos y la longitud reales de las filas no se pueden conocer hasta haber creado la tabla. En este momento es importante disponer de datos de ejemplo para que el resultado de estos cálculos sea lo más exacto posible.

El siguiente paso es calcular el espacio que se va a utilizar por fila. Para ello hay que estimar primero la *longitud media de las filas*, que es la suma de la longitud media de cada valor de una fila. Si no se dispone de ningún dato, realice una estimación de la longitud real de los valores de la columna. No utilice como longitud real la longitud total de una columna, a menos que los datos vayan a llenar siempre por completo dicha columna.

Por ejemplo, vamos a suponer que tenemos una tabla con tres columnas de tipo VARCHAR(10). La longitud media de las filas no puede exceder de 30; su longitud real depende de los datos que se vayan a almacenar en ellas.

Vamos a suponer que en el ejemplo de la tabla de tres columnas la longitud media de las filas es de 24 bytes. A esta cantidad total vamos a sumarle 1 byte por cada columna que haya en la tabla, lo que da un total de 27 bytes por fila. Si en la tabla hay columnas que contienen datos de más de 250 caracteres, añada un byte adicional por cada una esas columnas. Por último, añada 3 bytes para la cabecera de la fila.

Espacio utilizado por fila = longitud media de la fila
+ 3
+ *Número de columnas*
+ *Número de columnas largas.*

En la tabla de ejemplo, el espacio por fila es el siguiente:

Espacio utilizado por fila = 24
+ 3
+ 3
+ 0
= *30 bytes por fila.*

Como estos cálculos no son muy precisos, al terminar se aconseja añadir entre un 10 y un 20 por 100 de espacio más a los requisitos estimados, para la administración de la base de datos [Loney Kevin, 2000].

En la tabla 4.1 se presentan los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento anterior en las tablas del SISSP.

Tabla 4.1 Dimensionamiento de las Tablas del SISSP.

Tabla	Longitud Media de la Fila	Número de Columnas	Número de Columnas Largas	Espacio por Fila	Número de Registros
ARBOL	327	3	1	334	160
CABEZAL	329	3	1	336	58
DIBUJO	34	4	0	41	34
DUMBILICAL	20	3	0	26	23
LINEAF	328	3	1	335	44
MULTIPLE	332	3	1	339	36
PLANTILLA	326	3	1	333	46
RECUMB	3003	11	10	3027	2
RISER	25	4	0	32	30
SCS	68	6	0	77	109
SCSVYD	601	3	2	609	5
TIPO	26	3	0	32	5
UMBCE	20	3	0	26	21

Multiplicando el espacio utilizado por fila por el número de registros de cada tabla, se obtienen el espacio que ocupara la base de datos:

$$\begin{aligned} \text{Espacio utilizado por la base de datos} &= 334 \times 160 + 336 \times 58 + \dots + 32 \times 5 + 26 \times 21 \\ &= 136,340 \text{ bytes} \end{aligned}$$

Por último, se añade un 15 %, para la administración:

$$\begin{aligned} \text{Espacio utilizado por la base de datos} &= 136,340 \times 1.15 \\ &= 156,791 \text{ bytes} \end{aligned}$$

Para futuras investigaciones sobre los Sistemas Submarinos de Producción, se estima que como máximo se duplicará el número de registros.

Las imágenes ocupan 4.13 Mb. y no se espera que requieran mucho espacio, ya que estas se irían substituyendo por las más recientes.

4.2 Pantallas.

Las pantallas de un Sistema de Información son una parte muy importante, en éstas es donde se manipulan los datos que se encuentran en las diferentes tablas del Sistema.

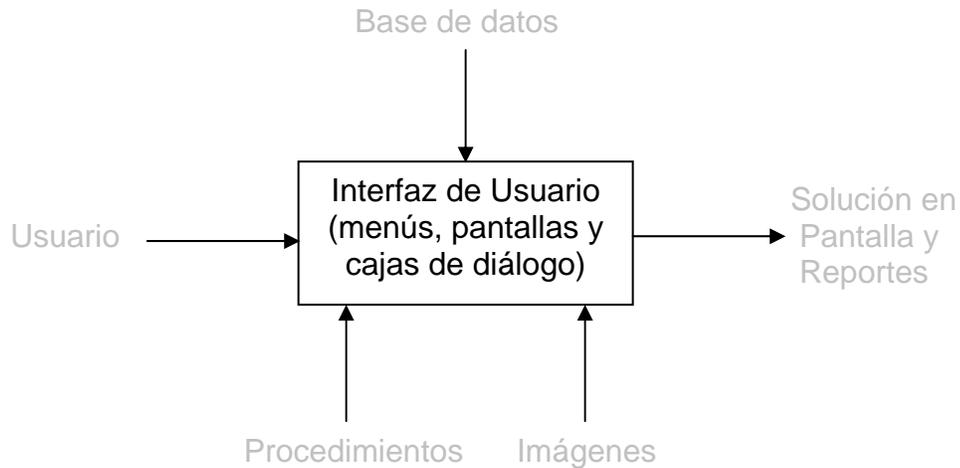


Figura 4.3 Pantallas del SISSP.

En el encabezado se desplegará el nombre del Sistema, a la izquierda el logotipo y nombre completo del IMP y la Subdirección, y del lado derecho el logotipo de PEMEX, tal como se muestra en la figura 4.2

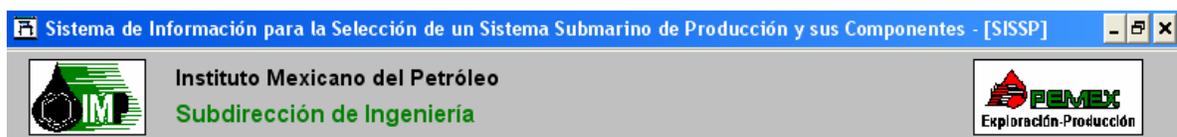


Figura 4.4 Encabezado de las pantallas.

En el cuerpo de la pantalla se pueda presentarse un dibujo con botones para seleccionar el tipo de Sistema Submarino y sus componentes:

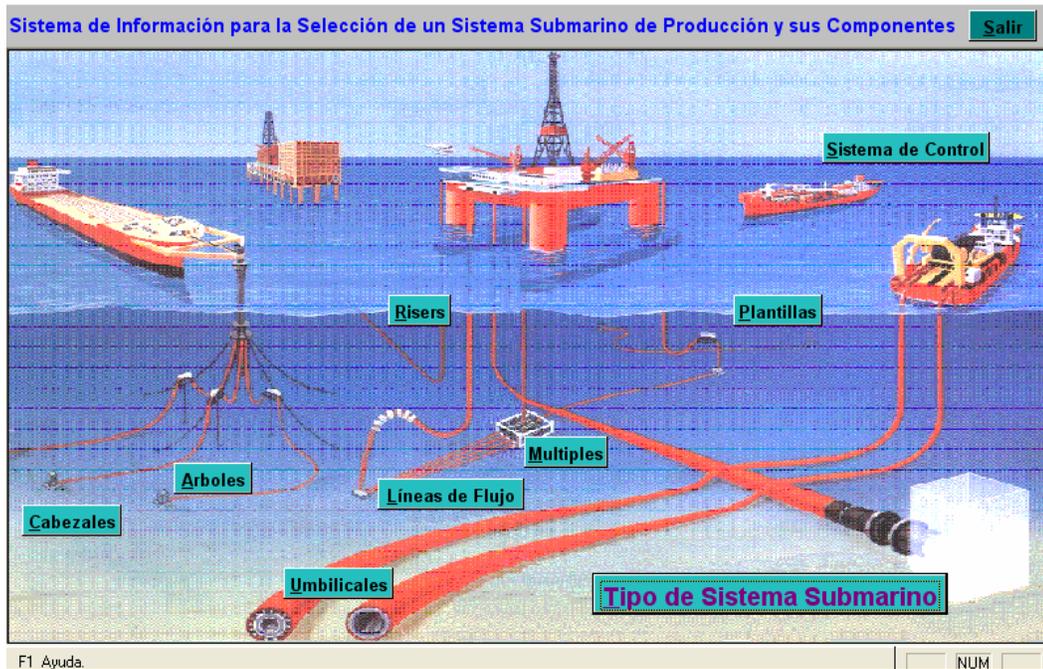


Figura 4.5 Cuerpo de la pantalla principal.

También el cuerpo de las pantallas puede estar compuesto por combobox, listas de valores y varios botones en la parte superior para visualizar los diferentes reportes y cerrar la pantalla:



Figura 4.6 Cuerpo de la pantalla con combobox.

Otra opción del cuerpo de las pantallas es con un encabezado, una tabla para el detalle y varios botones en la parte superior para visualizar los diferentes reportes y cerrar la pantalla:

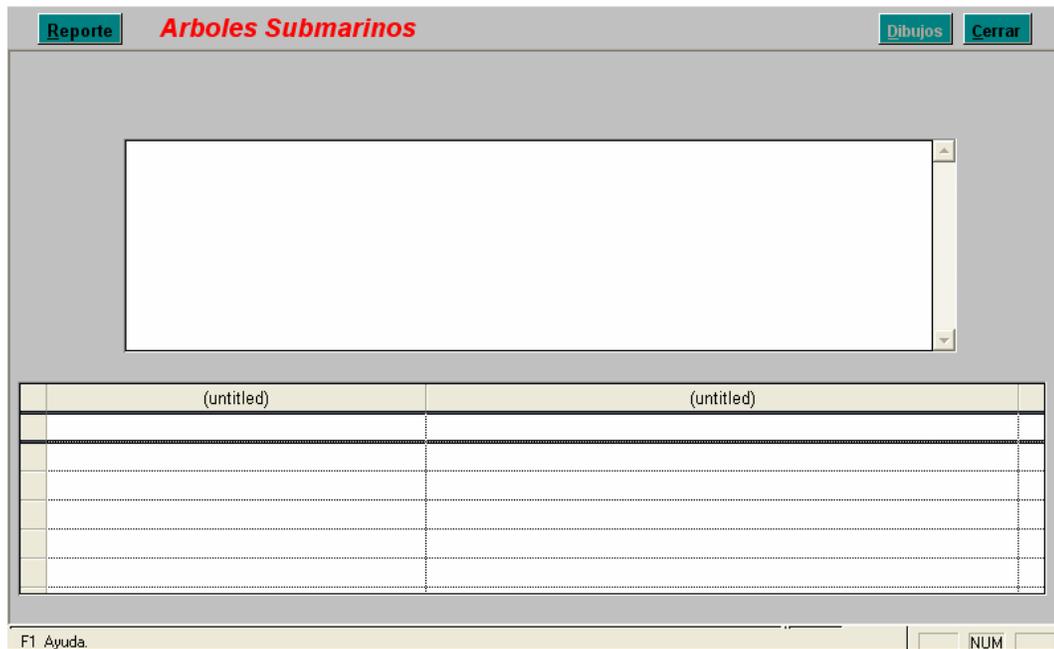


Figura 4.7 Cuerpo de la pantalla con encabezado y tabla.

El cuerpo de la pantalla puede ser con títulos, botones y/o, combobox, y con los botones en la parte superior para visualizar los diferentes reportes y cerrar la pantalla:



Reporte **Risers Submarinos (Suspendidos en un Sistema Flotante)** Dibujos Cerrar

Riser : ó

Fabricación :

Lineas de flujo individuales :

Tirante de Agua :

Fácil Instalación :

Producción Temprana :

Desplazamiento Moderado de la Embarcación :

Distancia a cubrir con el Riser :

Problemas de Inestabilidad Torsional :

F1 Ayuda. NUM

Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus Componentes - [SISSP]

Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería

Exploración-Producción

Reporte **Umbilicales Submarinos Combinados** Dibujo Cerrar

Diámetro Nominal mm (in) :

Presión Máxima de Trabajo (psi) :

Temperatura de Diseño :
(Entre -15 Y 40 °C) (+99.9)

Cable para transmisión de :

Forma :

Características :

Area Nominal :
($\geq 2.54 \text{ mm}^2$) (999.99)

Material :

Tipo :

F1 Ayuda. NUM

Figura 4.8 Cuerpos de la pantalla mixtos.

Otro cuerpo de la pantalla es al usado para la visualización de los dibujos:

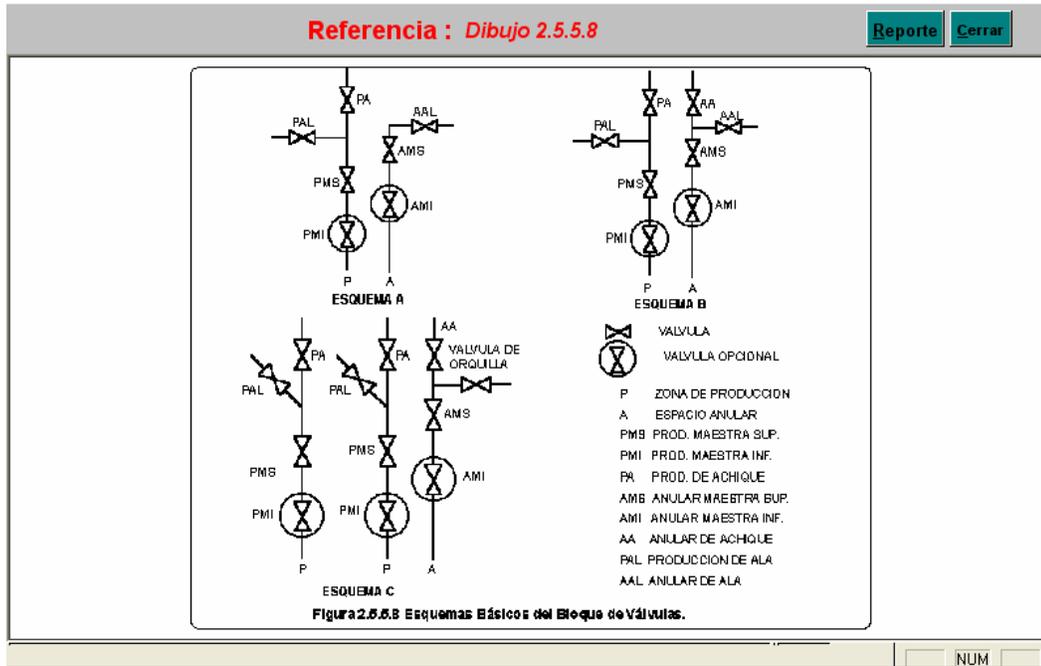


Figura 4.9 Visualización de Dibujos.

Y finalmente la pantalla de visualización de los reportes.

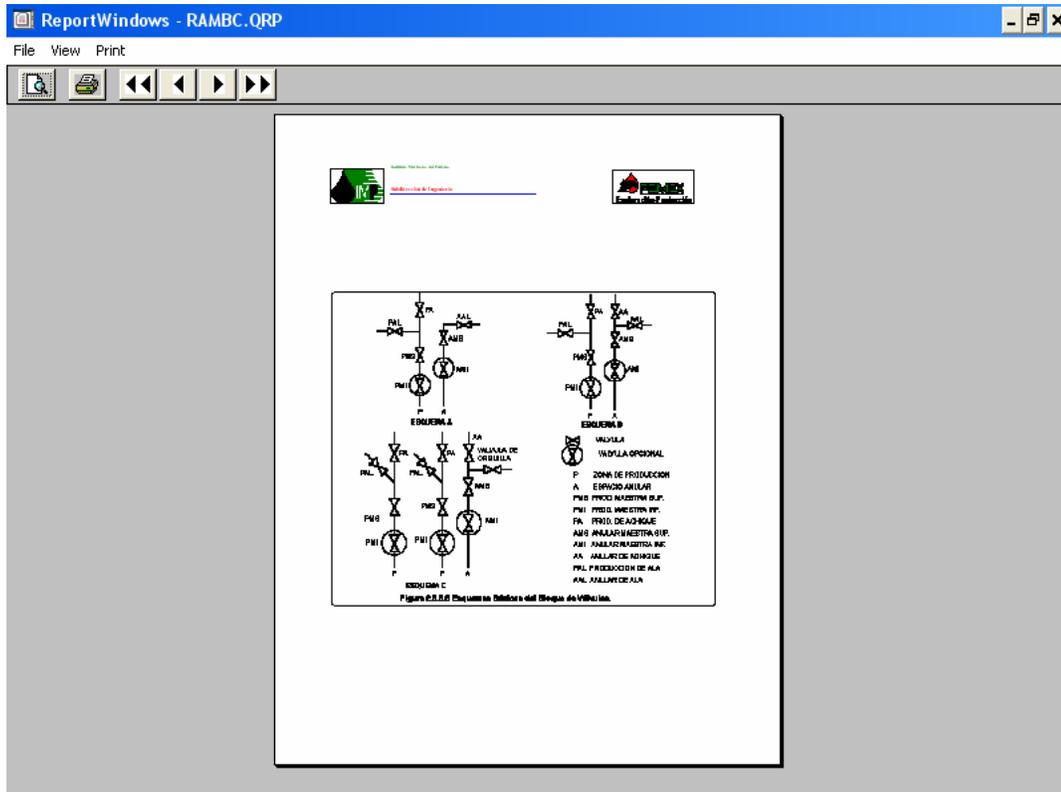


Figura 4.10 Visualización de los reportes.

4.3 Procedimientos.

Una vez definida la base de datos y las pantallas del SISSP, la siguiente actividad es implementar los procedimientos, mediante los cuales se procesan los datos de las diferentes tablas del Sistema; esto se hará con la ayuda de una pantalla, de acuerdo a la figura 4.11

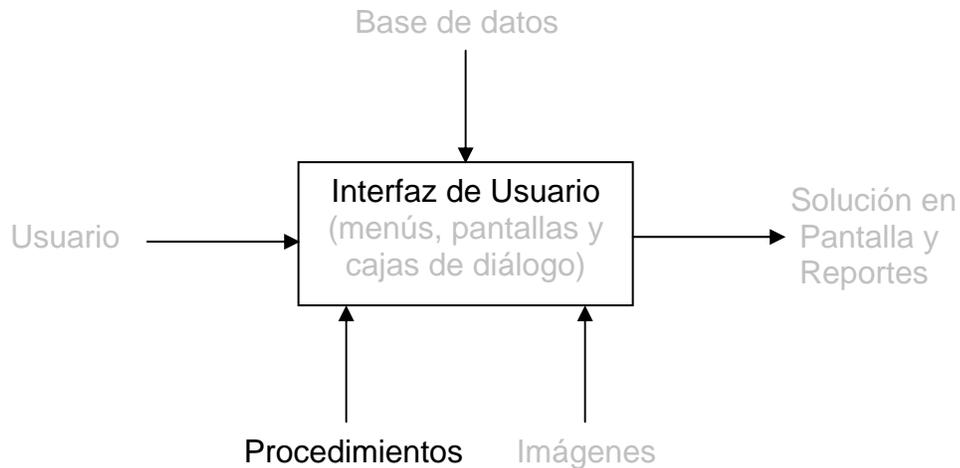


Figura 4.11 Procedimientos del SISSP.

La tabla 4.2 indica los procedimientos de que consta el SISSP, su descripción, tablas involucradas y su localización en el programa fuente.

4.3.1 Procedimiento para la selección del Tipo de Sistema Submarino.

Este procedimiento se emplea para hacer una recomendación del Tipo de Sistema Submarino más apropiado, de acuerdo a *nueve requerimientos*, recabados mediante la pantalla de la figura 4.6. La figura 4.12 muestra el diagrama de flujo de este procedimiento.

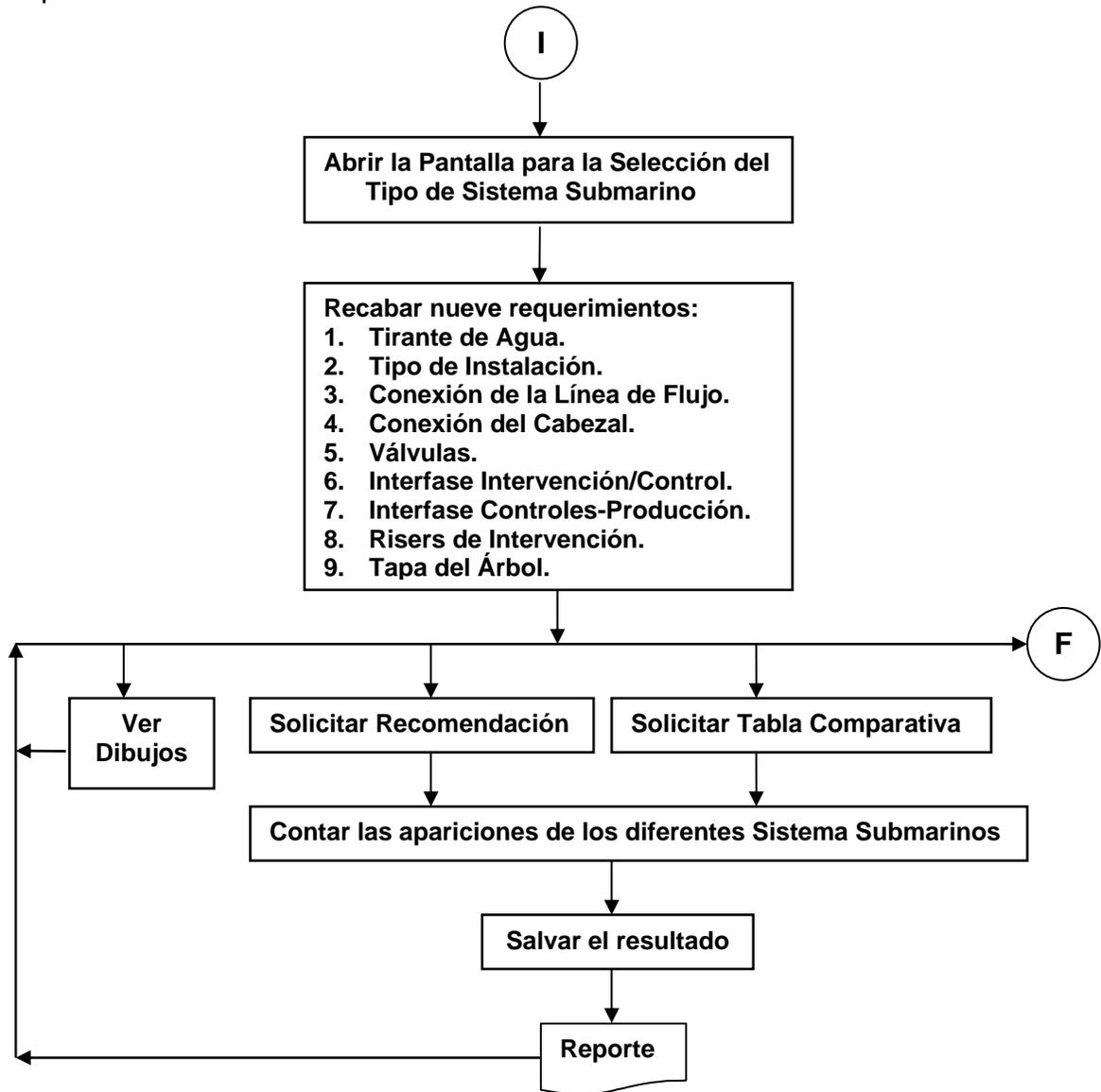


Figura 4.12 Diagrama de Flujo del Procedimiento para la selección del Tipo de Sistema Submarino.

El procedimiento para la selección del tipo de Sistema Submarino considera los siguientes cuatro tipos:

1. Simple.
2. Asistido por Buzos.
3. Sin Asistencia de Buzos.
4. Sin Líneas Guías.

El primer paso es *abrir la pantalla para la selección del tipo de Sistema Submarino*; para ello estando en la pantalla de inicio, figura 4.5, se hace clic en el botón “*Tipo de Sistema Submarino*”.

Una vez abierta esta pantalla se procederá a introducir los *nueve requerimientos* del Sistema Submarino; las *recomendaciones* del SISSP son de acuerdo a las mostradas en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Recomendaciones de los Sistemas Submarinos.

Requerimiento	Solución	Sistema Submarino Recomendado
1. <i>Tirante de agua.</i>	<= 90 m	Simple
	>= 60 m <= 200 m	Asistido por Buzos
	>= 180 m <= 900 m	Sin Asistencia de Buzos
	>= 550 m	Sin Líneas Guía
2. <i>Tipo de Instalación.</i>	Autoelevable	Asistido por Buzos Simple
	Sistema Flotante	Asistido por Buzos Simple Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
	Posición Dinámica	Sin Líneas Guía
3. <i>Conexión de la línea de flujo.</i>	Manual	Simple
	Con Buzos	Asistido por Buzos Simple
	Hidráulica	Asistido por Buzos Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
	Remota	Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
4. <i>Conexión del cabezal.</i>	Manual	Asistido por Buzos Simple
	Hidráulica	Asistido por Buzos Simple Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
	Remota	Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía

Requerimiento	Solución	Sistema Submarino Recomendado
5. Válvulas.	Manuales	Asistido por Buzos Simple
	Hidráulicas	Asistido por Buzos Simple Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
6. Interfase intervención/control.	Instalación con Buzos	Asistido por Buzos Simple
	Acceso Vertical	Asistido por Buzos Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
7. Interfase controles-producción.	Instalación con Buzos	Asistido por Buzos Simple
	Remota	Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
	Superficial	Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
8. Risers de intervención.	Agujero Simple	Asistido por Buzos Simple
	Múltiples	Asistido por Buzos Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía
9. Tapa del árbol.	Manual con Buzos	Asistido por Buzos Simple
	Hidráulica	Asistido por Buzos Sin Asistencia de Buzos Sin Líneas Guía

Como resultado de este procedimiento el Tipo de Sistema Submarino que tenga más apariciones será el recomendado.

Finalmente, con los requerimientos que se recabaron se pueden obtener el reporte de la recomendación y/o la tabla comparativa, haciendo clic en el botón **Tabla** o **Recomendación**, respectivamente. Al cerrar el reporte seleccionado, el Sistema regresará a la pantalla para la selección del tipo de Sistema Submarino. También se pueden ver los dibujos de ejemplos de Sistemas Submarinos haciendo clic en el botón **Dibujos**.

El procedimiento para la selección del Sistema de Control es muy semejante a este, por lo que no se incluye en esta sección.

4.3.2 Procedimiento para la selección de Risers Submarinos Suspendidos en un Sistema Flotante.

Este procedimiento se emplea para hacer una selección del Riser Submarino Suspendido en un Sistema Flotante, de acuerdo a *uno o varios requerimientos*, recabados mediante la pantalla de la figura 4.8. La figura 4.13 muestra el diagrama de flujo de este procedimiento.

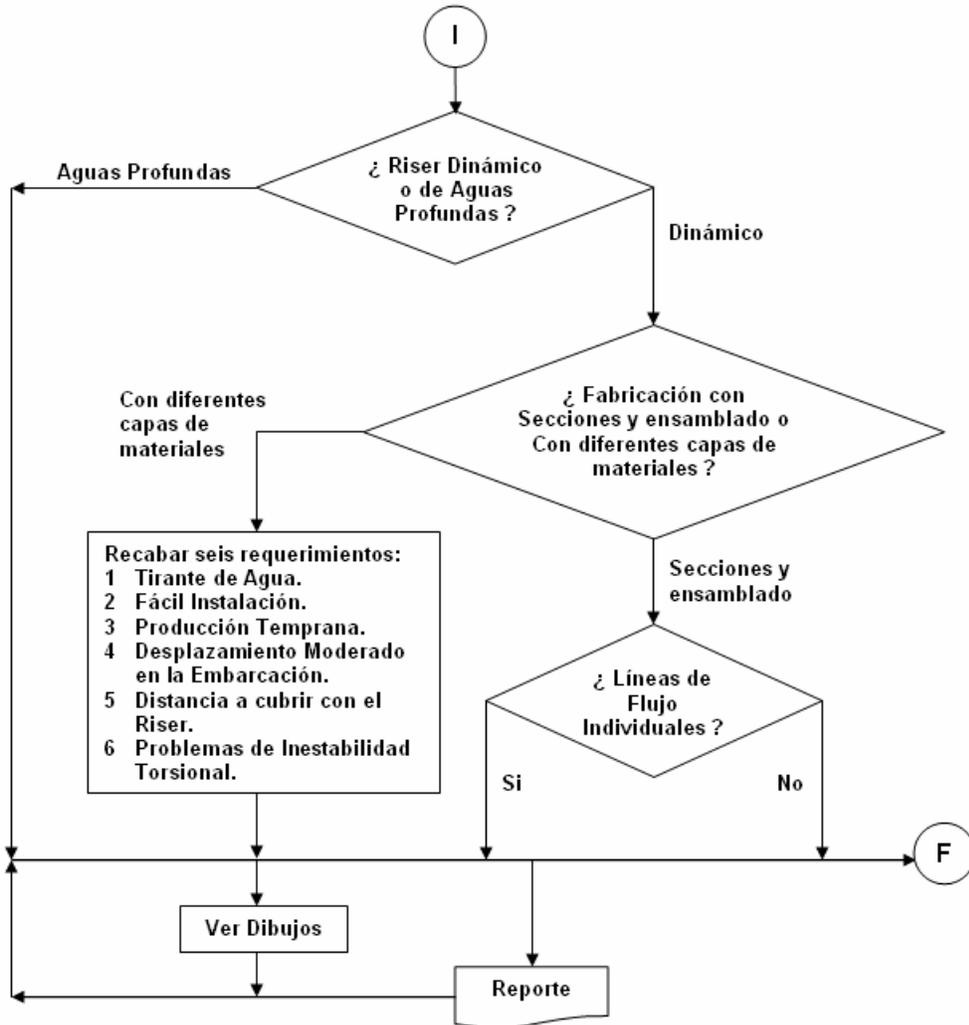


Figura 4.13 Diagrama de Flujo del Procedimiento para la selección de Risers Submarinos Suspendidos en un Sistema Flotante.

El primer paso es *abrir la pantalla para la selección de Risers Submarinos Suspendidos en un Sistema Flotante*; para ello estando en la pantalla de inicio, figura 4.5, se hace clic en el botón “Risers” con lo que aparecerá la caja de diálogo del Tipo de Risers Submarinos y se hace clic en el botón “Suspendidos en un Sistema Flotante”.

Una vez abierta esta pantalla se procederá a introducir si el Riser es *Dinámico* o de *Aguas Profundas*.

Si el Riser es de *Aguas Profundas*, se puede obtener el reporte con las características del tipo de Riser recomendado haciendo clic en el botón **Reporte** y ver varios dibujos relacionados con el tema haciendo clic en el botón **Dibujos**.

Si el Riser es *Dinámico*, se especificará si la fabricación es de "Secciones y ensamblado" o si es "Con diferentes capas de materiales".

Si el Riser Dinámico es de fabricación de *Secciones y ensamblado*, se deberá indicar si las *Líneas de Flujo son Individuales* o no; una vez hecho esto se puede obtener el reporte con las características del tipo de Riser recomendado haciendo clic en el botón **Reporte** y ver varios dibujos relacionados con el tema haciendo clic en el botón **Dibujos**.

Si el Riser Dinámico es de fabricación *Con diferentes capas de materiales*, se procederá a introducir los *seis requerimientos* indicados en el diagrama de flujo de la figura 6.8, de acuerdo a la tabla 4.4:

Tabla 4.4 *Requerimientos de los Risers Submarinos Suspendidos en un Sistema Flotante.*

Requerimiento	Opciones
1. <i>Tirante de Agua.</i>	SOMERO
	INTERMEDIO
	PROFUNDO
2. <i>Fácil Instalación.</i>	SI
	NO
3. <i>Producción Temprana.</i>	SI
	NO
4. <i>Desplazamiento Moderado de la Embarcación.</i>	SI
	NO
5. <i>Distancia a cubrir con el Riser.</i>	CORTA
	MEDIANA
	LARGA
6. <i>Problemas de Inestabilidad Torsional.</i>	SI
	NO

Finalmente, con los requerimientos recabados se puede obtener el reporte con las características del tipo de Riser recomendado haciendo clic en el botón **Reporte** y ver varios dibujos relacionados con el tema haciendo clic en el botón **Dibujos**.

El procedimiento para la selección de Risers Sujetos a Plataforma Fija y los procedimientos para la selección de los Umbilicales son muy semejantes a este, por lo que no se incluyen en esta sección.

4.4 Reportes.

Los reportes de un Sistema de Información son la parte en donde se presentan los resultados que se obtienen de ejecutar los procedimientos, recabar los datos que se encuentran en las diferentes tablas del Sistema y las diferentes imágenes.

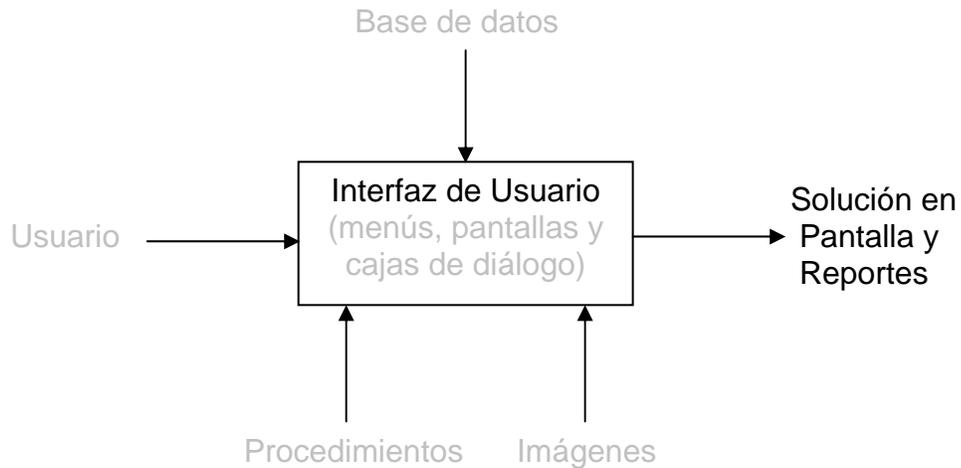


Figura 4.14 Reportes del SISSP.

En el encabezado se desplegará a la izquierda el logotipo y nombre completo del IMP y la Subdirección, del lado derecho el logotipo de PEMEX y el título del reporte correspondiente, tal como se muestra en la figura 4.15



Figura 4.15 Encabezado de los reportes.

En el cuerpo del reporte se pueda presentarse una tabla comparativa:

Tabla Comparativa de los Sistemas de Control Submarino	
T i p o	Calificación
<i>Hidráulico Directo</i>	2.24
<i>Hidráulico Piloto</i>	1.49
<i>Hidráulico Secuencial</i>	3.41
<i>Electro-Hidráulico</i>	3.74
<i>Electro-Hidráulico Multiplexado</i>	2.08

Figura 4.16 Reporte de una tabla comparativa.

Una recomendación:

Recomendación del Sistema de Control Submarino
<i>Sistema de Control Submarino Recomendado .</i>
Electro-Hidráulico
<i>Características :</i>
<ul style="list-style-type: none"> Fluido hidráulico. Sin requerimiento de fluido hidráulico. Distancia a controlar entre 12 y 15 Km. 3 o más pozos a controlar. Menos de 3 funciones. Con capacidad de monitoreo. Con control independiente de funciones. Con aplicación en aguas profundas. Con versatilidad del sistema. Regular nivel de seguridad.

Figura 4.17 Reporte de una recomendación.

Un dibujo:

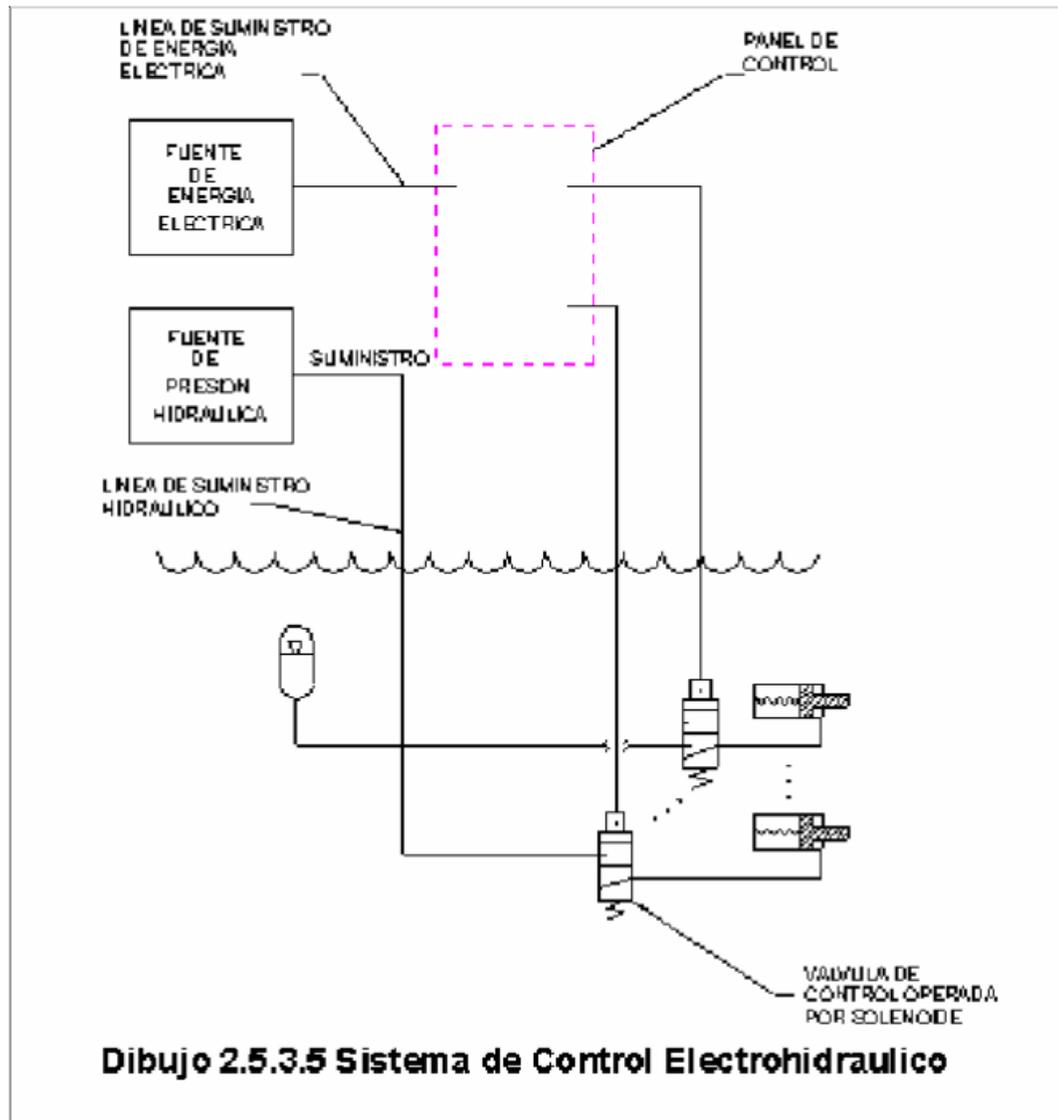


Figura 4.18 Reporte de un dibujo.

Un reporte de la información recolectada en la investigación:

Cabezales Submarinos - Tipos de Cabezales Submarinos	
Concepto	Descripción
Tipos de Cabezales Submarinos	Básicamente existen tres tipos de sistemas de cabezales que se usa submarina, siendo las dos primeras las más comunes. En el DIBUJO algunos cabezales de marcas conocidas.
Suspendido Sobre la Línea de Lodos	<ul style="list-style-type: none"> · Este sistema se usa en conjunto con equipos de perforación del tipo representa al tipo de cabezal más simple. · Se adaptan fácilmente a los sistemas de terminación existentes, por tirante de agua a la que estará perforando la autoelevable. · La profundidad de perforación está entre 60 y 100m. Algunos de estos perforan en tirante de agua hasta de 150 metros. · La terminación requiere de un adaptador para elevar la interfase a que la sarta interior en estos pozos se desconecta bajo la línea de la perforación.
Cabezal Marino	<ul style="list-style-type: none"> · Instalación desde una semisumergible o desde un barco de perforación. · Posicionamiento con líneas guía o sin ellas. · Muchas embarcaciones de perforación utilizan conjuntos de prevención usados para la instalación de cabezales marinos de 18 3/4" AE y para 15000 psi.

Figura 4.19 Reporte de la información recolectada.

O un reporte del resultado de un procedimiento:

Reporte del Diseño Básico del Umbilical Hidráulico	
Diámetro de la Tubería mm (in) :	12.7 (1/2)
Presiones :	
Máxima de Trabajo (psi)	5000
Máxima a la Ruptura (psi)	20000
Máxima de Prueba (psi)	10000
Temperatura de Diseño (°C) :	20.0
RECOMENDACIONES	
Ensamble de la Tubería :	
Parte Central del Tubo.	
La parte central del tubo debe ser construido sin costura, de extrusión circular, continua y manufacturado con material virgen termoplástico sin adherencia de color.	

Figura 4.20 Reporte del resultado de un procedimiento.

Resumen.

La Base de Datos del Sistema es una de las partes más importantes, ya que en éstas se guarda toda la información recolectada del Sistema. En las pantallas es donde se manejan los datos que se encuentran en base de datos y con los procedimientos se procesan los datos del Sistema con la ayuda de una pantalla. Finalmente, los reportes presentan el resultado de una investigación, de un procedimiento, de algún cálculo o del manejo de la información contenida en la base de datos.

Con la definición y construcción de la base de datos, pantallas, procedimientos y reportes ya se tiene terminado el Sistema de Información y el siguiente paso es hacer las pruebas de su funcionamiento. En el siguiente capítulo se realizan las pruebas para la selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes. Por último, se presenta una comparación de los resultados obtenidos contra los datos del campo Terra Nova.

Tabla 4.2 Procedimientos del SISSP.

Procedimiento	Descripción	Tablas Involucradas	Localización en el Programa Fuente
TIPO DE SISTEMA SUBMARINO	Selección del Tipo de Sistema Submarino.	SCS, TIPO	Forma: FTSS, ToolBar en botones PbRec y pbTab.
SISTEMA DE CONTROL	Selección del Sistema de Control.	SCS, SCSVYD, TIPO	Forma: FSCS, ToolBar en botones PbRec y pbTab.
RISERS SUBMARINOS	Selección de los Risers Submarinos: 1. Sujetos a Plataforma Fija.	Ninguna	Forma: FRS1, ToolBar en botón pbRep.
	2. Suspendidos en un Sistema Flotante.	RISER	Forma: FRS2, ToolBar en botón pbRep.
UMBILICALES SUBMARINOS	Selección de los Umbilicales Submarinos: 1. Con Presión Hidráulica.	DUMBILICAL	Forma: FUS1, ToolBar en botón pbRep.
	2. Con Impulsos Eléctricos.	UMBCE	Forma: FUS2, ToolBar en botón pbRep.
	3. Combinados.	DUMBILICAL y UMBCE	Forma: FUS3, ToolBar en botón pbRep.

Nota: Las tablas involucradas se encuentran en el archivo **SSP.DBS** que es la Base de Datos en SQLBase y las formas de la localización se encuentran en el archivo **SSP.APP** de SQLWindows.

CAPÍTULO 5:

Pruebas y Resultados.

En este capítulo se realizan las pruebas del funcionamiento y se muestran los resultados del SISSP, en donde se hace la selección de un Sistema Submarino de Producción y se presentan los resultados obtenidos, utilizando nuestro Sistema los cuales se comparan contra los datos de un Sistema Submarino de Producción real.

5.1 Pruebas de Funcionamiento.

Con la definición y construcción de los reportes ya se tiene el Sistema de Información terminado y el siguiente paso es hacerle las pruebas de su funcionamiento.

Para hacer la prueba del SISSP se tomarán los datos del campo Terra Nova, el cual fue descubierto en 1984 y para su explotación cuenta con un Sistema Submarino de Producción como el que se muestra en la figura 5.1



Figura 5.1 Campo Terra Nova.

5.2 Sistema Submarino Terra Nova.

Estando en la página del proyecto Terra Nova [Terra Nova, 2001], haciendo clic en la opción Development Application y en DEVELOPMENT PLAN de ésta, se obtienen los archivos empacados (dp1.zip al dp12.zip y gloss.zip) que contienen la información real del proyecto usados para la prueba del Sistema.

En el archivo *DP1.DOC* inciso 1.1 se tiene el siguiente párrafo:

Pre-Engineering will be undertaken in 1996 to determine the optimum type of **floating production system** for Terra Nova. The following floating production facility (FPF) alternatives will be considered.

Donde se indica que se trata de un Sistema de Flotante de Producción

Water depth in the area is about 95 m. Physical environmental conditions are similar to the northern areas of the North Sea except for the seasonal presence of icebergs and sea ice at the Terra Nova location.

Indicando que la profundidad del mar es de 95 metros.

En el inciso 6.3.6 del archivo *DP6.DOC* se refiere al Sistema de Control Submarino:

6.3.6 Subsea Control System.

An appropriate control system will be used to control the wells and manifolds. Because of its proximity to the vessel, the riser base manifold may have a *simple hydraulic control system*.

The control system may perform the following functions:

- Provide individual control of all hydraulically operated valves on the trees, field manifolds and the riser base manifold.
- Control and monitor the position of all production chokes.
- Provide indication of the open-closed status for all hydraulically operated valves.
- Monitor the pressure for tree bores and flowlines at the subsea manifolds.
- Monitor the temperature for production tree bores.
- Monitor the temperature of production and injection fluids at the manifolds.

The subsea control system will include the following components:

Surface Control Unit. A computer system interface to FPF control and shutdown system.

Control Umbilicals. Umbilicals to each manifold for distribution to individual wells.

Control Pods. A control pod for each tree, installable and retrievable by divers or an ROV.

Monitoring System. Pressure and temperature sensors.

Workover Control System. A simple hydraulic control system used for tree operation from a workover vessel.

Del extracto anterior se observa que el Sistema de Control es Hidráulico Simple, usará fluidos hidráulicos, tendrá capacidad de monitoreo y control de umbilicales. En este archivo también se habla sobre los Árboles, Risers, Líneas de Flujo y Umbilicales Submarinos.

5.3 Sistema SISSP.

De estos archivos y con la ayuda del Ing. Jesús Rodríguez Núñez se realizó la prueba del SISSP. A continuación se presenta de las secciones 5.3.1 a 5.3.8 la selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes, utilizando los datos obtenidos del proyecto Terra Nova [Terra Nova, 2001].

5.3.1 Selección del Tipo de Sistema Submarino.

La prueba se hará con los siguientes datos del proyecto Terra Nova:

- | | |
|--------------------------------------|------------------------|
| 1. Tirante de agua. | A 95 metros. |
| 2. Tipo de Instalación. | Sistema Flotante. |
| 3. Conexión de la línea de flujo. | Hidráulica. |
| 4. Conexión del cabezal. | Hidráulica. |
| 5. Válvulas. | Hidráulica. |
| 6. Interfase intervención/control. | Instalación con Buzos. |
| 7. Internase controles – producción. | Instalación con Buzos. |
| 8. Risers de intervención. | Múltiples. |
| 9. Tapa del árbol. | Hidráulica. |

El resultado de introducir estos datos en la pantalla para la selección del Tipo de Sistema Submarino, figura 5.2, se presenta en la figura 5.2.

The screenshot shows a software window titled 'Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus Componentes - [SISSP]'. The window contains the following elements:

- Logos for 'Instituto Mexicano del Petróleo' and 'Subdirección de Ingeniería' on the left, and 'PEMEX Exploración-Producción' on the right.
- Buttons for 'Tabla', 'Recomendación', 'Dibujos', and 'Cerrar'.
- A main title 'Tipo de Sistema Submarino' in red.
- A series of dropdown menus for selecting parameters:
 - Tirante de agua: ≥ 60 m ≤ 200 m
 - Tipo de Instalación: Sistema Flotante
 - Conexión de la Línea de Flujo: Hidráulica
 - Conexión del Cabezal: Hidráulica
 - Valvulas: Hidráulicas
 - interfase : Intervención/Control: Instalación con Buzos
 - Interfase Controles : Producción: Instalación con Buzos
 - Risers de Intervención : Múltiples
 - Tapa del Arbol : Hidráulica
- For each parameter, there is a corresponding list of options in a text box, such as 'Asistido por Buzos', 'Simple', 'Sin Asistencia de Buzos', and 'Sin Líneas Guía'.
- At the bottom, there are status bars for 'F1 Ayuda.' and 'NUM'.

Figura 5.2 Selección del Tipo de Sistema Submarino.

La tabla comparativa se ilustra en la figura 5.3.



Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería



FEMEX
Exploración-Producción

Tabla Comparativa de los Tipos de Sistemas Submarinos

T i p o	Calificación
Simple	5.00
Asistido por Buzos	9.00
Sin Asistencia de Buzos	6.00
Sin Líneas Guía	6.00

Figura 5.3 Tabla Comparativa de las calificaciones de los Tipos de Sistemas Submarinos.

El reporte de la recomendación del *Tipo de Sistema Submarino* con mayor calificación se muestra en la figura 5.4.



Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería



FEMEX
Exploración-Producción

Selección del Tipo del Sistema Submarino

Sistema Submarino Recomendado

Asistido por Buzos

Características :

- Tirante de agua entre 60 y 200 m.
- Instalación con sistema flotante.
- Conexión de líneas de flujo hidráulica.
- Conexión del cabezal hidráulica.
- Valvulas hidráulicas.
- Interfase intervención/control, instalación con buzos.
- Interfase controles producción, instalación con buzos.
- Risers de intervención multiples.
- Tapa del árbol hidráulica.

Figura 5.4 Recomendación del Tipo de Sistemas Submarino.

En la opción de selección del Tipo de Sistema de submarino se puede ver un diagrama de la conexión a un múltiple, figura 5.5.

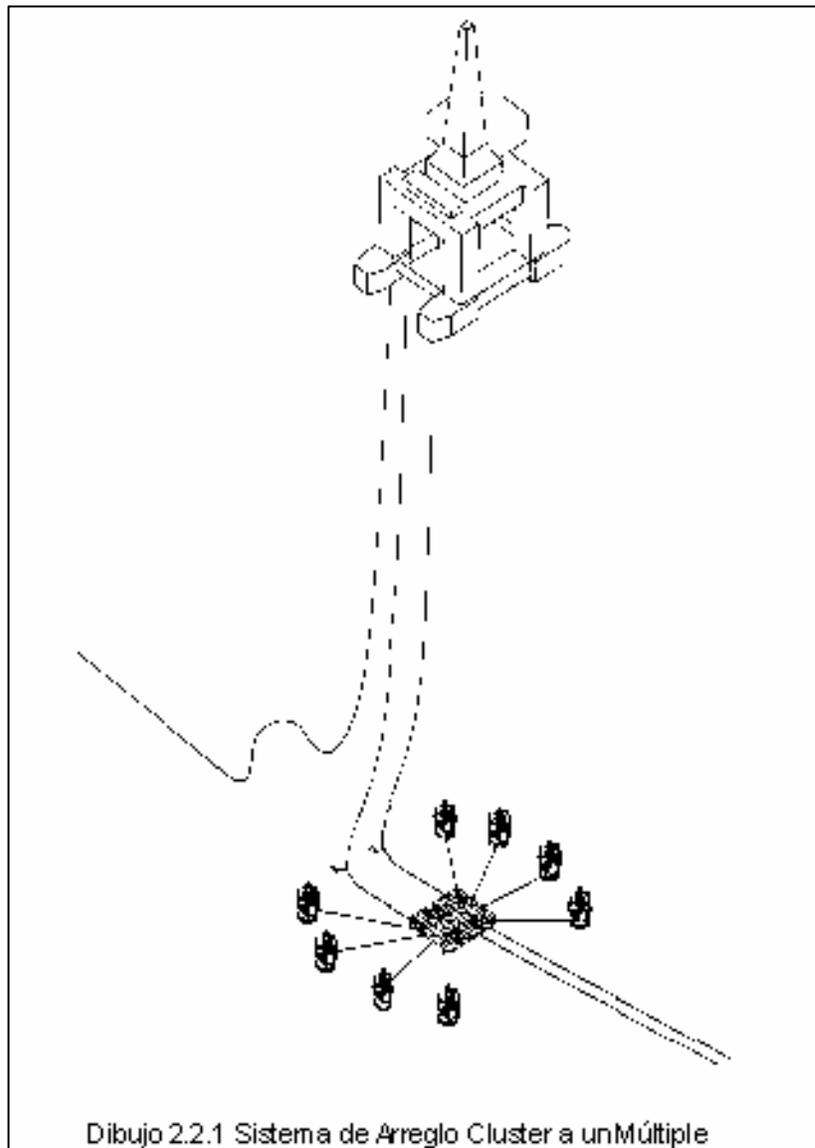


Figura 5.5 Diagrama de un Sistema de Arreglo Cluster a un Múltiple.

5.3.2 Selección del Sistema de Control.

La prueba se hará con los siguientes datos del proyecto Terra Nova:

- | | |
|---|----------------------|
| 1. <i>Tiempo de Respuesta.</i> | Mayor de 20 segundos |
| 2. <i>Fluido Hidráulico.</i> | Si |
| 3. <i>Distancia a Controlar.</i> | Menor de 6 Km. |
| 4. <i>Número de Pozos a Controlar.</i> | Más de 3 |
| 5. <i>Número de Funciones.</i> | Más de 3 |
| 6. <i>Capacidad de Monitoreo.</i> | Si |
| 7. <i>Control Independiente de Funciones.</i> | Si |
| 8. <i>Gastos por Umbilicales.</i> | Alto |
| 9. <i>Aplicación en Aguas Profundas.</i> | No |
| 10. <i>Versatilidad del Sistema.</i> | No |
| 11. <i>Seguridad.</i> | Buen nivel |

El resultado de introducir estos datos en la pantalla para la selección del Sistema de Control, figura 5.5, se presenta en la figura 5.6.

Figura 5.6 Selección del Sistema de Control.

La tabla comparativa se ilustra en la figura 5.7.



Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería



FEMEX
Exploración-Producción

Tabla Comparativa de los Sistemas de Control Submarino

T i p o	Calificación
Hidráulico Directo	5.49
Hidráulico Piloto	2.74
Hidráulico Secuencial	2.41
Electro-Hidráulico	1.08
Electro-Hidráulico Multiplexado	1.25

Figura 5.7 Tabla Comparativa de las calificaciones de los Sistemas de Control.

El reporte de la recomendación del Sistema de Control con mayor calificación se muestra en la figura 5.8.



Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería



FEMEX
Exploración-Producción

Recomendación del Sistema de Control Submarino

Sistema de Control Submarino Recomendado

Hidráulico Directo

Características:

- Tiempo de respuesta mayor o igual que 20 segundos.
- Fluido hidráulico. Requerimiento de fluido hidráulico.
- Distancia a controlar menor de 6 Km.
- 3 o más pozos a controlar.
- Con control independiente de funciones.
- Alto gasto por umbilicales.
- Sin aplicación en aguas profundas.
- Sin versatilidad del sistema.
- Buen nivel de seguridad.

Figura 5.8 Recomendación del Sistemas de Control.

También se puede observar un diagrama del un sistema de Control Hidráulico Directo, haciendo clic en el botón Dibujos de la misma pantalla, el cual se observa en la figura 5.9.

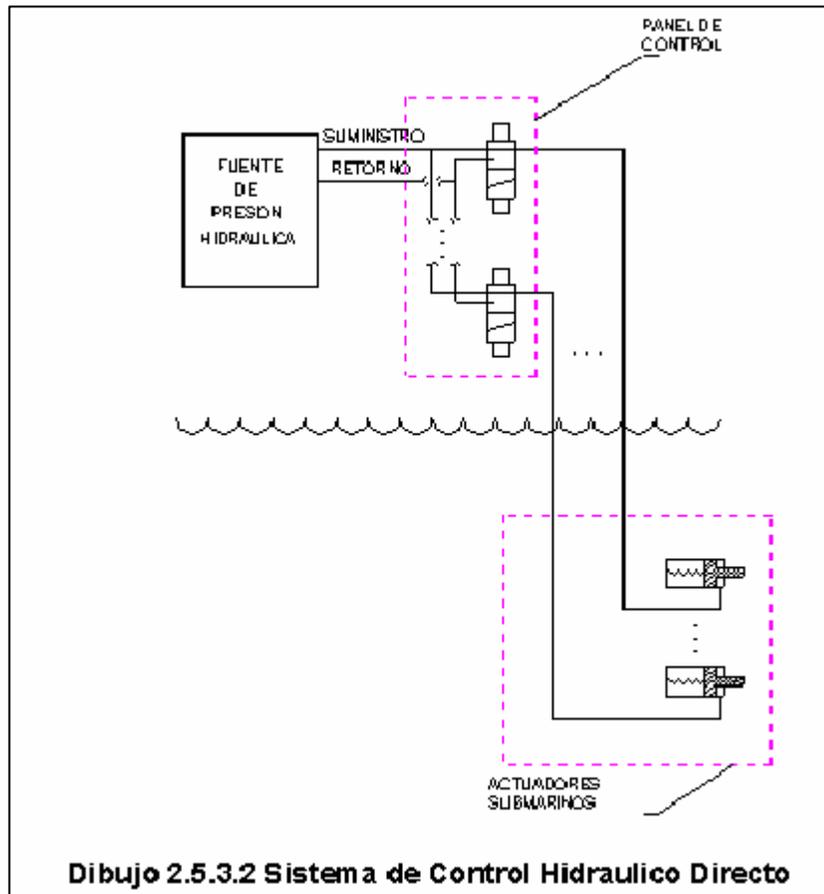


Figura 5.9 Diagrama de un Sistemas de Control Hidráulico Directo.

5.3.3 Selección de los Risers Submarinos.

La prueba se hará con los siguientes datos del proyecto Terra Nova:

1. *Suspendidos en un Sistema Flotante.*
2. *Dinámico.*
3. *Con diferentes capas de materiales.*
4. *Tirante de agua:* *Intermedio.*
5. *Fácil de instalación:* *Si*
6. *Producción temprana:* *No*
7. *Desplazamiento moderado de la Embarcación:* *Si*
8. *Distancia a cubrir con el Riser:* *Mediana.*
9. *Problemas de inestabilidad torsional:*

El resultado de introducir estos datos en la pantalla para la selección de los Risers Submarinos, figura 5.12a, se presenta en la figura 5.10.

Figura 5.10 Selección de los Risers Submarinos.

El reporte de los Risers Submarinos se muestra en la figura 5.11.



Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería



PEMEX
Exploración-Producción

Risera Submarinos

Características del Tipo de Riser Recomendado :

- DINAMICO
- FLEXIBLE
- TIRANTE DE AGUA INTERMEDIO
- FACIL INSTALACION
- SIN PRODUCCION TEMPRANA
- DESPLAZAMIENTO MODERADO DE LA EMBARCACION
- MEDIANA DISTANCIA A CUBRIR CON RISER

Figura 5.11 Recomendación de los Risera Submarinos.

Para dar una idea de los Risera Submarinos, el Sistema cuenta con un corte esquemático de una tubería flexible estándar, que se muestra en la figura 5.12.

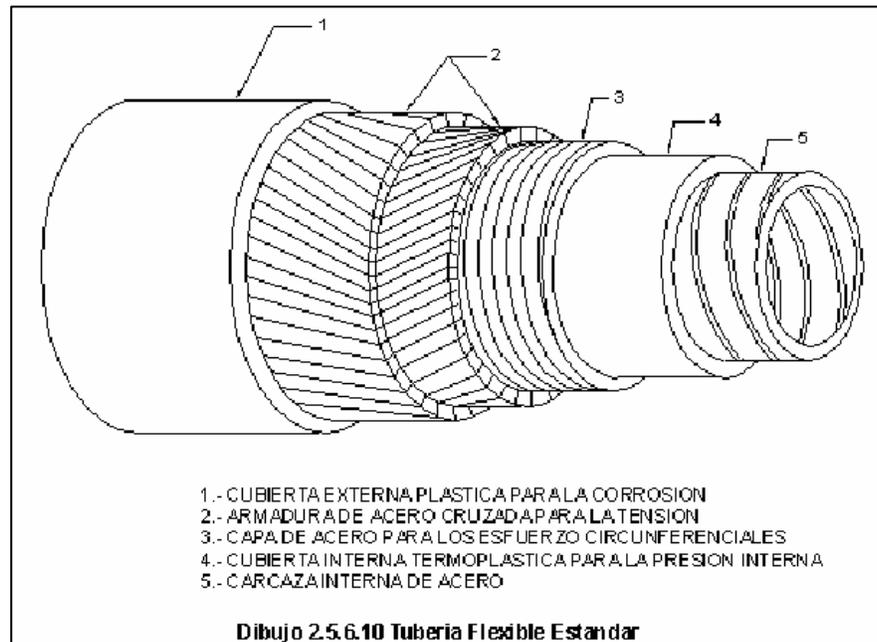


Figura 5.12 Corte Esquemático de una Tubería Flexible Estándar.

5.3.4 Selección de los Umbilicales Submarinos.

La prueba se hará con los siguientes datos del proyecto Terra Nova:

1. *Temperatura de Diseño.* 25 °C.
2. *Diámetro Nominal mm (In).* 19.0 (3/4)
3. *Presión Máxima de Trabajo (psi).* 5000

El resultado de introducir estos datos en la pantalla para la selección de los Umbilicales Submarinos, se presenta en la figura 5.13.

Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus Componentes - [SISSP]

Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería

PEMEX
Exploración-Producción

Reporte **Umbilicales Submarinos con Presión Hidráulica** Dibujo Cerrar

Diámetro Nominal mm (in) : 19.0 (3/4)

Presión Máxima de Trabajo (psi) : 5000

Temperatura de Diseño : 30
(Entre -15 Y 40 °C) (+99.9)

F1 Ayuda. NUM

Figura 5.13 Selección de los Umbilicales Submarinos.

El reporte de los Umbilicales Submarinos se muestra en la figura 5.14.



Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería



Reporte del Diseño Básico del Umbilical Hidráulico

Diámetro de la Tubería mm (in) .	19.0 (3/4)
Presiones :	
Máxima de Trabajo (psi)	5000
Máxima a la Ruptura (psi)	20000
Máxima de Prueba (psi)	10000
Temperatura de Diseño (°C) :	30.0

RECOMENDACIONES

Ensamble de la Tubería :

Parte Central del Tubo.
La parte central del tubo debe ser construido sin costura, de extrusión circular, continua y manufacturado con material virgen termoplástico sin adherencia de color.

Refuerzo.
El refuerzo empleado consta de una o más capas de fibras sintéticas de un material tipo simple que se instala alrededor de la parte central del tubo, tal que, proporcione un ensamble lo suficientemente fuerte que resista las presiones de operación.

Protección Exterior.
La protección exterior será sin costura, de extrusión circular, continua y manufacturada con material virgen termoplástico incorporándole protección contra la radiación ultravioleta. Los materiales empleados comúnmente son las poliamidas y cualquier otro con base en el poliuretano. Esta protección se diseñará para proteger al refuerzo y a la parte central del tubo contra daños por abrasión y erosión.

Conectores y Coples.
Cada tubería tendrá en sus extremos conectores permanentes del tipo campana giratorios JIC 37 grados a menos que se indique otro similar. Estos conectores se construirán de un material con propiedades de resistencia a la corrosión igual o mejor que el acero inoxidable tipo 316 L. Los coples empleados para unir dos tramos de tubería dentro de un umbilical serán de una pieza y del tipo roscado. Cuando la unión se efectúe en una junta rígida del umbilical, el cople será forzosamente del tipo roscado. Cada conector o cople se protegerá contra el agua o en su caso se tendrá el acceso para la instalación de sistemas de protección catódica.

Figura 5.14 Diseño Básico de los Umbilicales Submarinos.

Para los Umbilicales Submarinos en el sistema de información solo se cuenta con uno típico, el cual se muestra en la figura 5.15.

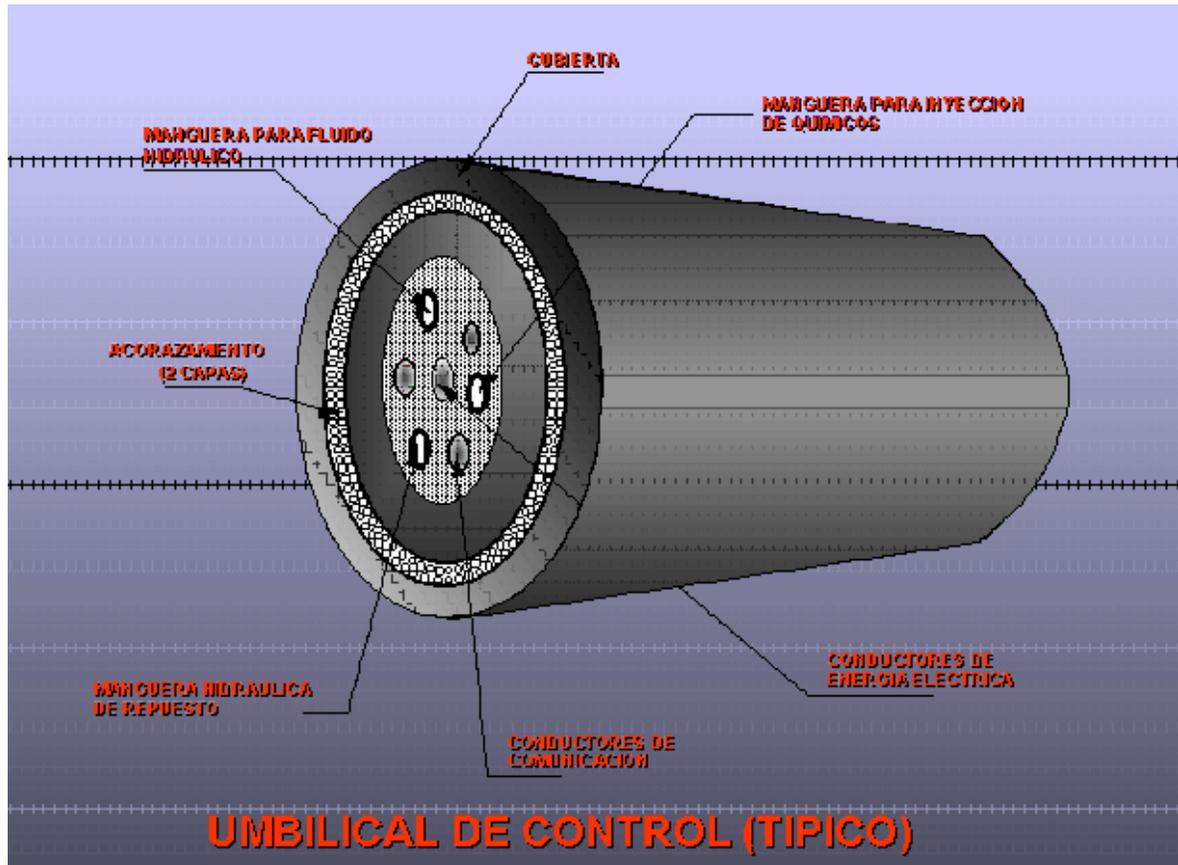


Figura 5.15 Umbilical de Control Típico.

5.3.5 Selección de los Cabezales Submarinos.

Mediante el uso de la pantalla para la selección de los Cabezales Submarinos, figura 5.8a, se definirá el Tipo del Cabezal submarino:

Al elegir la opción *Tipos de Cabezales Submarinos* del menú *Cabezales Submarinos* y hacer clic en la columna Características del Cabezal Marino se podrá ver la información del Tipo de Cabezal, como se muestra en la figura 5.16:

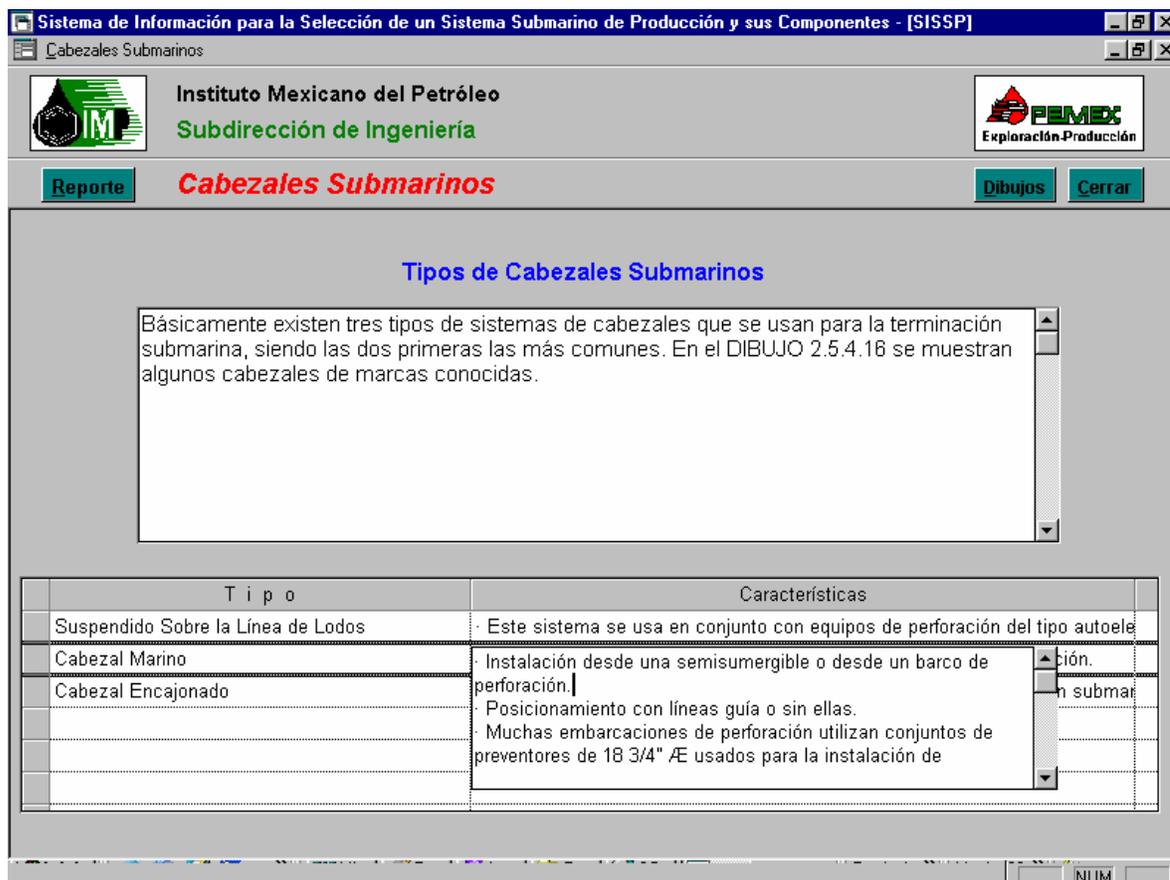


Figura 5.16 Información de los Cabezales Marinos.

De esta pantalla se tienen las siguientes características:

1. *Instalación desde una semisumergible o desde un barco de perforación.*
2. *Posicionamiento con líneas guía o sin ellas.*
3. *Muchas embarcaciones de perforación utilizan conjuntos de preventores de 18 3/4" usados para la instalación de cabezales marinos de 18 3/4" y para presiones de 10000 ó 15000 psi.*
4. *Embarcaciones como los barcos de perforación, están equipados con sistemas de perforación de 16 3/4" , que en términos de internase con la terminación se pueden tomar como un equivalente a un sistema de 18 3/4" , siendo el diámetro la única diferencia.*

El dibujo 2.5.4.16, que se menciona en la figura 5.16, se muestra en la figura 5.17.

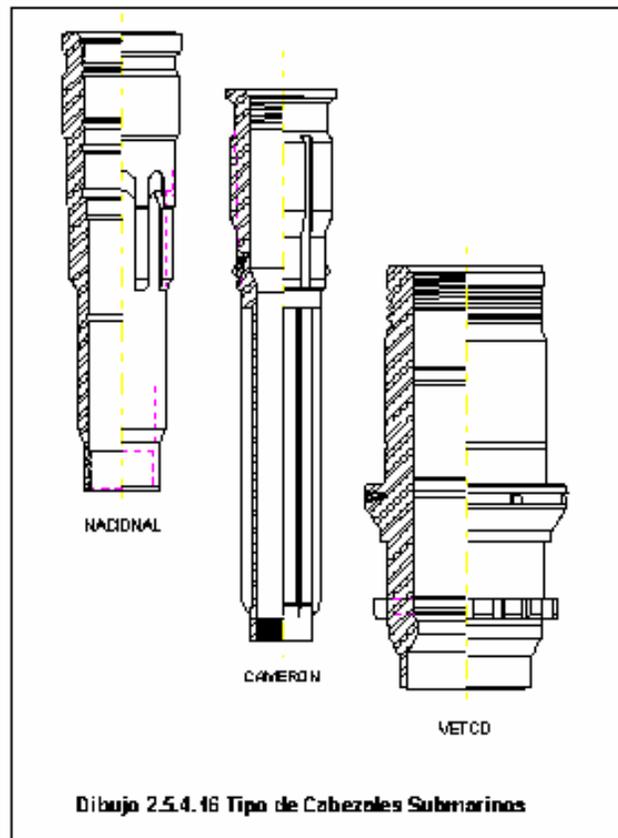


Figura 5.17 Tipos de Cabezas Submarinos.

De la misma manera, usando la pantalla para la selección de los Cabezas Submarinos, figura 5.8a, para las **Bases de Diseño** se tiene lo siguiente:

La selección del equipo para un proyecto submarino depende de varios factores, en donde algunos de estos están más allá de las decisiones del personal que efectúa el proyecto, y otros factores que pueden ser influenciados por actitudes y experiencias individuales del mismo personal que controla el proyecto.

Factores Controlables.

Estos factores usualmente se denominan como requerimientos funcionales o como procedimientos de trabajo, y son definidos por el grupo que realizará el proyecto con el propósito de conjuntar las bases de diseño. Estos requerimientos se realizarán de acuerdo a los siguientes factores:

- Preferencia con ciertos sistemas.
- Internase entre los sistemas.
- Vida útil requerida.
- Planes futuros de expansión.
- Posibilidad de trabajos posteriores.
- Verificación del diseño.
- Localización del proveedor.

Factores no Controlables.

Estos factores que definen a un diseño básico, se pueden separar en tres áreas, y los resultados de éstos pueden variar en su interpretación y en el predominio de los estándares de la industria.

1. *Restricciones Externas.*

Las restricciones externas pueden tener un impacto enorme en la viabilidad de cualquier proyecto, siendo las siguientes algunas de ellas:

- *Regulaciones gubernamentales.*
- *Autoridades certificadoras.*
- *Políticas locales.*
- *Tendencias del mercado.*
- *Disponibilidad de equipos de perforación.*

2. *Restricciones Internas.*

Las restricciones internas pueden ser más impactantes que las externas. En ocasiones las siguientes restricciones son interpretaciones o reacciones de las anteriores:

- *Políticas de la compañía.*
- *Especificaciones de la compañía.*
- *Eventos recientes.*
- *Presupuestos.*
- *Actitudes del personal que decide.*

3. *Condiciones del Sitio.*

Las siguientes condiciones del sitio juegan un papel importante en la definición de los sistemas de cabezal y terminación submarina:

- *Tirante de agua.*
- *Condiciones ambientales.*
- *Características del yacimiento.*
- *Propiedades del fluido.*
- *La existencia de pozos exploratorios.*
- *La existencia de medios de procesamiento.*
- *La existencia de líneas de tubería.*

Para el **Sistema Guía**, se tiene:

Las siguientes condiciones del sitio juegan un papel importante en la definición de los sistemas de cabezal y terminación submarina:

- Tirante de agua.
- Condiciones ambientales.
- Características del yacimiento.
- Propiedades del fluido.
- La existencia de pozos exploratorios.
- La existencia de medios de procesamiento.
- La existencia de líneas de tubería.

Continuando de la misma manera se puede obtener información de:

1. Colgador de la Tubería de Producción.
2. Colgador de la Tubería de Revestimiento.
3. Método de Terminación.
4. Método para Ensamblar los Sellos, y
5. Tipos de Sellado.

5.3.6 Selección de las Líneas de Flujo Submarinas.

Mediante el uso de la pantalla para la selección de las Líneas de Flujo Submarinas, figura 5.17a, se consultarán los **Tipos**:

Al elegir la opción *Tipos* del menú *Líneas de Flujo Submarinas* se podrá consultar la información de los Tipos, como se muestra en la figura 5.18.

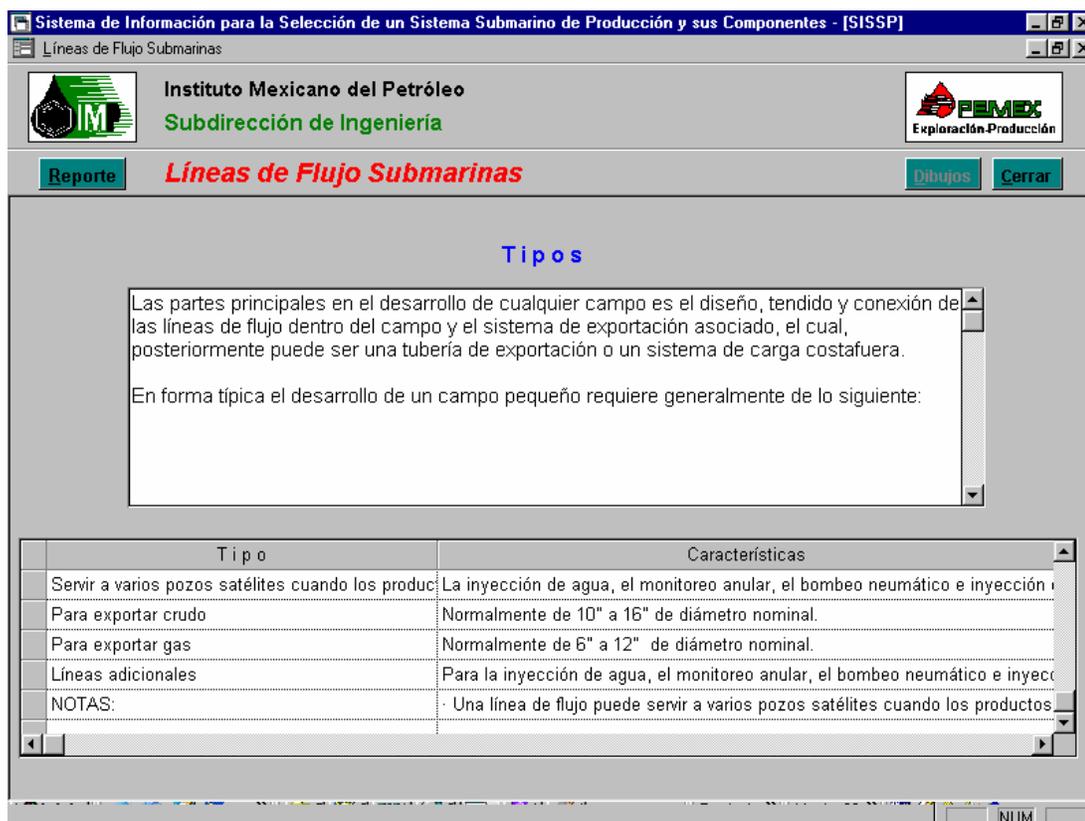


Figura 5.18 Tipos de Líneas de Flujo Submarinas.

De esta pantalla se obtienen los siguientes datos:

Las partes principales en el desarrollo de cualquier campo es el diseño, tendido y conexión de las líneas de flujo dentro del campo y el sistema de exportación asociado, el cual, posteriormente puede ser una tubería de exportación o un sistema de carga costafuera.

En forma típica el desarrollo de un campo pequeño requiere generalmente de lo siguiente:

- 1. Instalada en cada pozo de producción satélite.*
Estas líneas son de diámetro nominal de 3" a 10" para retorno de fluidos de producción. Una línea adicional de 2" a 3" se puede usar para bombeo neumático o monitoreo anular.
- 2. Para cada pozo satélite de inyección de agua.*
Estas líneas son de diámetro nominal de 6" a 8" para la inyección de agua en el yacimiento.
- 3. Servir a varios pozos satélites cuando los productos se mezclan usando un múltiple submarino.*
La inyección de agua, el monitoreo anular, el bombeo neumático e inyección química, si son necesarios, podrían requerir líneas adicionales.
- 4. Para exportar crudo.*
Normalmente de 10" a 16" de diámetro nominal.
- 5. Para exportar gas.*
Normalmente de 6" a 12" de diámetro nominal.
- 6. Líneas adicionales.*
Para la inyección de agua, el monitoreo anular, el bombeo neumático e inyección química.

NOTAS:

- 1. Una línea de flujo puede servir a varios pozos satélites cuando los productos se mezclan usando un múltiple submarino.*
- 2. Estas líneas de flujo se pueden instalar por medio de un Barco de Carrete posicionado dinámicamente, una barcaza de tendido convencional o en paquete por el método de Arrastre Sumergido.*

Para los **Métodos de Conexión**, en el Sistema se tiene lo siguiente:

- 1. Con Asistencia de Buzos.*
Las conexiones hechas por buzos son relativamente comunes, y muchos operadores se han mostrado a favor de ellas cuando la profundidad del agua lo permite.
El buceo atmosférico o de superficie está limitado a un tiempo de trabajo. En este tipo de buceo, los buzos deben emerger periódicamente por la descompresión a que son sometidos para evitar riesgos en la salud debido a la presión. Sin embargo, existe la opción del buceo de saturación, el cual permite tiempos de trabajo más prolongados. Así, los buzos se encuentran encerrados herméticamente en una cámara presurizada, equivalente a la profundidad en la cual operarán.

El proceso de saturación elimina la necesidad de descompresión periódica. Este tipo de buceo permite a los buzos trabajar en una profundidad de hasta 1000 ft (304 m) por periodos hasta de 45 días. Esto facilita a los buzos realizar proyectos críticos con mayor velocidad y eficiencia que en el buceo atmosférico.

2. Conexiones con Asistencia de Buzos y Uso del Carrete Extensor Flexible

Para conexiones entre las salidas de la línea de flujo y la tubería en la estructura de la plantilla, se recomienda el uso de un carrete extensor rígido hecho a la medida. Un ejemplo de instalación se muestra en el "DIBUJO 2.5.5.9".

- * Se recomienda el uso de esta técnica para líneas de 10" de diámetro o más.*
- * Con condiciones favorables de suelo, esta es una buena solución, pero en estas actividades se requiere de los buzos por 2 razones:*
 - Las dimensiones finales del carrete extensor deben ser medidas por el buzo.*
 - Después de medido, la pieza de carrete se debe cortar y soldar costafuera, estas actividades requieren más tiempo, equipo y personal calificado.*
- * Otra atractiva solución es usar carretes flexibles o Jumpers, suministrados por compañías tales como Coflexip, Dunlop, etc. Tales tuberías se han usado ampliamente en el Mar del Norte, recientemente por Texaco y Sun Oil en grandes cantidades.*
- * Cuando las condiciones de suelo son pobres e inestables, los carretes flexibles son la solución más conveniente.*
- * En la construcción es determinante tomar en cuenta el fluido conducido, el ambiente que rodea a la tubería, la presión y temperatura. Esos parámetros determinan en gran medida el tipo y resistencia del refuerzo y la elección del componente a usar en la manufactura de las líneas de flujo de alta presión.*

NOTAS ADICIONALES:

- * La instalación de carretes de gran diámetro y gran longitud necesita técnicas de maniobras complejas y caras.*
- * ARMALINK de Dunlop es la marca registrada de una familia de tuberías flexibles basadas en una construcción reforzada de elastómeros tanto con acero o capas de polímeros. Su aplicación incluye jumpers, piezas de carretes, risers y líneas de flujo pero no para longitudes continuas.*

*Para las **Líneas de Flujo de Acero**, se tiene:*

En el Mar del Norte se ha probado con gran éxito el tendido de líneas de flujo de acero usando el método de Tambor o de Carrete, en el cual se hace uso de un barco con un carrete, y posicionado dinámicamente. Este método está bastante probado, y sus registros de líneas en el Mar del Norte desde 1979 es excelente.

1. Operación Típica de Tendido.

En el "DIBUJO 2.5.5.11" se muestra la instalación tipo "Carrete" de líneas de producción, figura 5.19.

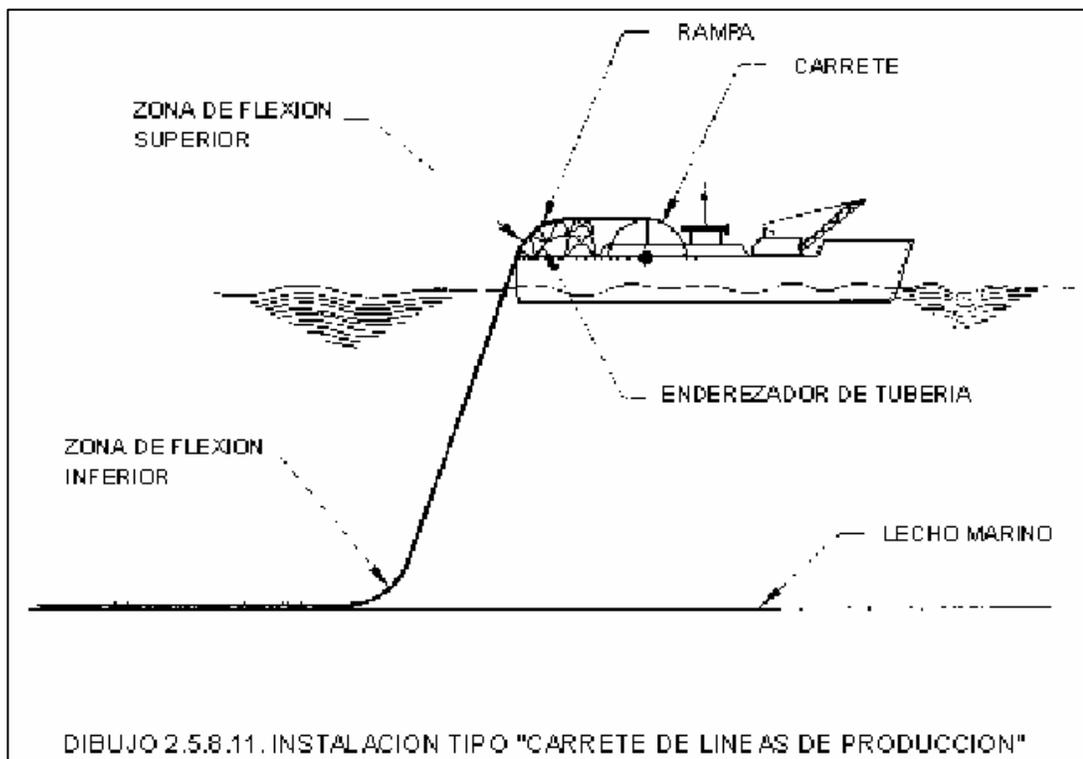


Figura 5.19 Dibujo 2.5.5.11.

2. Navegación.

- Antes de llevar a cabo cualquier operación, se fijan las estaciones de señales luminosas en varias posiciones circundantes, ej. plataformas. Estas definen un campo calibrado, y dentro del cual cualquier barco equipado adecuadamente puede moverse por una ruta checando las posiciones exactas.
- Ciertos sistemas de respaldo tienen un faro montado en una plataforma adyacente. Este da una indicación de distancias y dirección.
- Antes de la operación, se programa el sistema de navegación del barco con carrete con los detalles de las rutas predeterminadas.

3. *Tendido de Líneas de Flujo.*

En el procedimiento de tendido de las líneas de flujo, el barco de carrete se coloca en una posición, cargado con la tubería de acero en la popa, que le permita un ángulo correcto de acuerdo con la profundidad del agua, peso de la tubería, etc. En el "DIBUJO 2.5.5.12" se observa el método típico de iniciación del tendido de la línea flujo, figura 5.20.

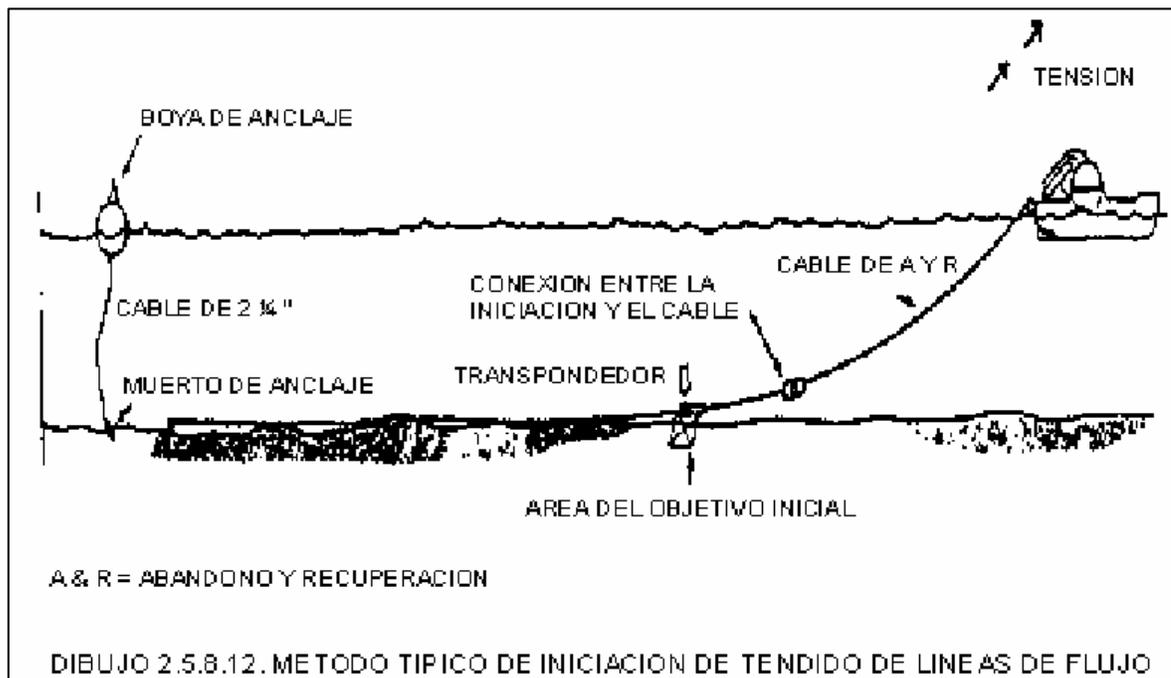


Figura 5.20 Dibujo 2.5.5.12.

Continuando de la misma manera se pueden consultar:

1. Líneas de Flujo Flexibles.
2. Métodos de Tendido de tuberías / Líneas de Flujo, y
3. Trazo Preliminar de Estudio.

5.3.7 Selección de los Árboles Submarinos.

Mediante el uso de la pantalla para la selección de los Árboles Submarinos, figura 5.9a, se consultarán los **Tipos**:

Al elegir la opción *Tipos* del menú *Árboles Submarinos* se podrá consultar la información de los Tipos, como se muestra en la figura 5.21.



Figura 5.21 Tipos de Árboles Submarinos.

De esta pantalla se obtienen los siguientes tipos:

1. *Convencional.*

- Se localiza sobre la línea de lodo y se coloca exactamente sobre el cabezal marino o sobre un cabezal suspendido sobre la línea de lodos.
- Utiliza un colgador convencional para la tubería de producción.
- Este sistema es la más confiable y de mejor operación.

2. *A través del Agujero.*

Estos árboles son similares a los anteriores excepto que el acceso al pozo por el árbol es lo suficientemente grande para permitir el retiro del colgador y de la tubería de producción sin la necesidad de quitar el árbol del cabezal submarino. Para permitir este tipo de maniobras, el árbol usa más sellos internos que los convencionales, así como válvulas más grandes que las comúnmente utilizadas.

Estos árboles se han utilizado en unos cuantos pozos que han tenido la necesidad de realizar un número mayor de extracciones de la tubería de producción de lo acostumbrado.

Únicamente se permite utilizar un diámetro de 7 1/16" como terminación del programa de perforación.

DESVENTAJA:

La desventaja de este tipo de terminaciones, es que si se necesita extraer a la superficie el árbol de producción para mantenimiento, también será necesario extraer la tubería de producción.

3. *En cajón.*

Los árboles de esta categoría se localizan bajo la línea de lodos y encerrados dentro de un conductor de gran diámetro que los mantiene secos.

Este tipo de árboles se utilizan cuando exista un gran riesgo de daño por operaciones de dragado, deslizamiento de objetos, así como por impacto de témpanos de hielo o barcos.

Para el **Estilo**, en el Sistema se tiene lo siguiente:

Los árboles se pueden clasificar en forma similar a la clasificación de los sistemas submarinos en función del tirante, tipo de instalación, equipo para trabajos posteriores, conexión de las líneas de flujo, conector del cabezal y de los sistemas de control en las siguientes cuatro categorías:

1. *Con Asistencia de Buzos (DA).*

Para tirantes comprendidos entre los 60 y 200 m.

Dependen de la intervención de buzos para la instalación de los controles de producción.

Cuentan ya sea con líneas de flujo hidráulico y umbilicales como dispositivos separados para conectar los sistemas de control o se integran para formar un solo dispositivo tipo tapa.

Las válvulas en este último caso, están integradas en un bloque sólido y el conector del cabezal se sujeta hidráulicamente.

Estos árboles son los que más se han instalado en el mundo.

2. *Sin Líneas Guía (GLL).*

Instalación en aguas profundas.

Diseñados para usarse sin líneas guía.

Colocación por medio de embarcaciones posicionadas dinámicamente.

3. *Sin la Asistencia de Buzos (DL).*

Instalación mediante líneas guía en tirantes de agua comprendidos entre los 180 y 900 m.

No requiere de asistencia de buzos para las maniobras de terminación o en trabajos posteriores.

4. *Simple / Suspendido sobre la Línea de Lodos (S).*

Empleo en aguas someras.

Tirante < 90

Necesitan de la intervención de buzos para cualquier maniobra submarina.

El ensamble entre válvulas se realiza comúnmente con conexiones por medio de bridas.

Para la ***Interfase con el Sistema de Control***, se tiene:

1. *Base del Módulo de Control.*

Si se emplea un sistema de control del tipo hidráulico piloto o electrohidráulico multiplexado, entonces la base del módulo deberá estar localizada sobre el árbol, y la intervención de éste se efectuará sacándolo a superficie junto con el árbol, o que la posición del módulo esté de tal forma que sea accesible a las herramientas operadoras o si se requiere al ROV.

La sujeción deberá ser lo suficientemente fuerte para resistir las cargas producidas por el arrastre de objetos, cargas producidas por la instalación (si se baja junto con el árbol), cargas producidas por el mantenimiento, así como por las cargas producidas por los objetos que caen al árbol.

Ruta de las Líneas.

Las líneas hidráulicas y eléctricas van desde la base del módulo de control (si el árbol no tiene módulo de control entonces desde el umbilical) directamente hacia las válvulas, estranguladores o sensores que estarán siendo controlados, o hacia un control múltiple localizado en la tapa del árbol.

La conexión directa de las líneas ahorrara en el número de conectores utilizados y en el sistema de diablos de limpieza.

La conexión de las líneas hacia un múltiple en la tapa del árbol (a través de tubería corta) para después ramificarse hacia cada componente, traerá la capacidad para transferir el control del árbol o del pozo desde el sistema de control de producción hacia el sistema de control para trabajos posteriores, que se emplea para la terminación y en trabajos de mantenimiento del pozo.

Las líneas hidráulicas que alimentan a las válvulas de achique (tanto de producción como para el espacio anular) al conector del árbol y a los puertos para pruebas, generalmente se conectan a un múltiple en la tapa del árbol, y éstas no son controladas por el sistema de control de producción.

Es una buena práctica separar al sistema de control de producción con el sistema de control para trabajos posteriores, y ésta separación podrá ser un requerimiento para la perforación o en la terminación de un pozo submarino.

2. *Conexión del Umbilical de Control.*

El umbilical de control podrá estar conectado de las siguientes formas:

- A. Directamente al árbol.
- B. Directamente al módulo de control.

En el primer caso, el umbilical podrá instalarse en forma integral o por separado del conector de la línea de flujo. Además, el método de instalación se efectuará de acuerdo a la profundidad a la que se encuentra el árbol submarino.

A) Umbilical Asistido por Buzos.

En pozos satélites asistidos por buzos, el umbilical de control se puede conectar directamente a la placa terminal del árbol.

Una forma alterna y más rápida de conexión es instalando en el umbilical una placa (con todas las líneas por conectar instaladas en ésta) semejante a la placa del árbol, las cuales deberán tener los elementos suficientes de alineación y orientación para su correcta fijación, la cual se realizará ya sea por medio de tornillos o por medio de una aldaba central.

En sistemas que utilicen el control electrohidráulico multiplexado, se deberá instalar un módulo de control en el árbol submarino de tal forma que el umbilical de control tenga en su placa de conexión tanto a los conectores hidráulicos como a los eléctricos, y si dichas líneas están por separado, entonces se deberán utilizar dos placas de conexión.

B) Umbilical sin Asistencia de Buzos.

En pozos satélites no asistidos por buzos, el umbilical de control deberá conectarse directamente al árbol cuando esté en la superficie y bajado posteriormente cuando el árbol sea instalado.

En caso de que el árbol se instale primero, éste puede equiparse con una placa base para recibir al umbilical que tendrá una terminación de forma similar al módulo de control.

La conexión y prueba del umbilical se efectuará remotamente por medio de herramientas especiales operadas hidráulicamente. En esta última opción, la línea de control deberá tenderse en el lecho marino en conjunto con la línea de flujo y conectadas al árbol simultáneamente.

En plantillas submarinas las operaciones pueden o no efectuarse con asistencia de buzos, de tal forma que la instalación del umbilical se efectúe por medio de tubería corta que deberán ir desde la plantilla o múltiple al árbol, o al módulo de control, en donde éste último puede estar instalado en el mismo árbol o en el múltiple.

Para conexiones directas se usarán las terminaciones ya mencionadas para pozos satélites.

Si las líneas de control llevan la ruta a través de la plantilla o múltiple, entonces la conexión hidráulica de deberá efectuar a través del conector de la línea de flujo y la conexión eléctrica por medio de una conexión en paralelo con el mismo conector de la línea de flujo.

C) Orientación.

Si se utiliza la asistencia de buzos o se emplea herramienta hidráulica de instalación, se toma para la instalación la configuración vertical.

Si la instalación del sistema de control se realiza simultáneamente con el conector de la línea de flujo, se toma la configuración horizontal.

D) Tipo de Sellado.

Tipo metal a metal o de elastómeros, al igual que otros componentes del árbol submarino, su empleo dependerá de los rangos de presión a utilizar para el control de los diferentes componentes a controlar.

De la misma manera se pueden obtener información acerca de:

1. Configuración, y
2. Componentes.

5.3.8 Selección de los Múltiples Submarinos.

Mediante el uso de la pantalla para la selección de los Árboles Submarinos, figura 5.18a, se consultarán los **Arreglos**:

Al elegir la opción *Arreglos* del menú *Múltiples Submarinos* se podrá consultar la información de los *Arreglos*, como se muestra en la figura 5.22.

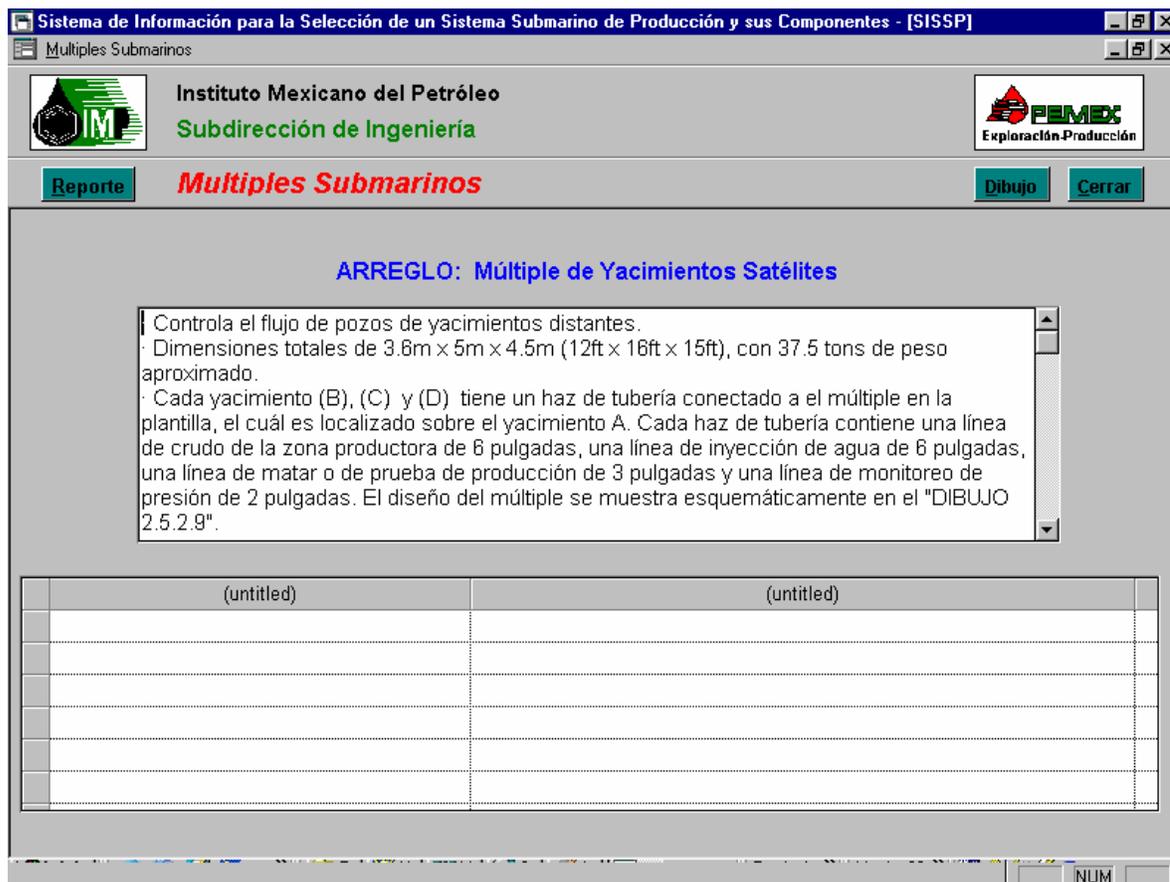


Figura 5.22 Múltiple de Yacimientos Satélites.

De esta pantalla se obtienen los siguientes arreglos:

1. *Múltiple de Yacimientos Satélites.*

Controla el flujo de pozos de yacimientos distantes.

Dimensiones totales de 3.6m x 5m x 4.5m (12ft x 16ft x 15ft), con 37.5 tons. de peso aproximado.

Cada yacimiento (B), (C) y (D) tiene un haz de tubería conectado al múltiple en la plantilla, el cuál es localizado sobre el yacimiento A. Cada haz de tubería contiene una línea de crudo de la zona productora de 6 pulgadas, una línea de inyección de agua de 6 pulgadas, una línea de matar o de prueba de producción de 3 pulgadas y una línea de monitoreo de presión de 2 pulgadas. El diseño del múltiple se muestra en el "DIBUJO 2.5.2.9", figura 5.23.

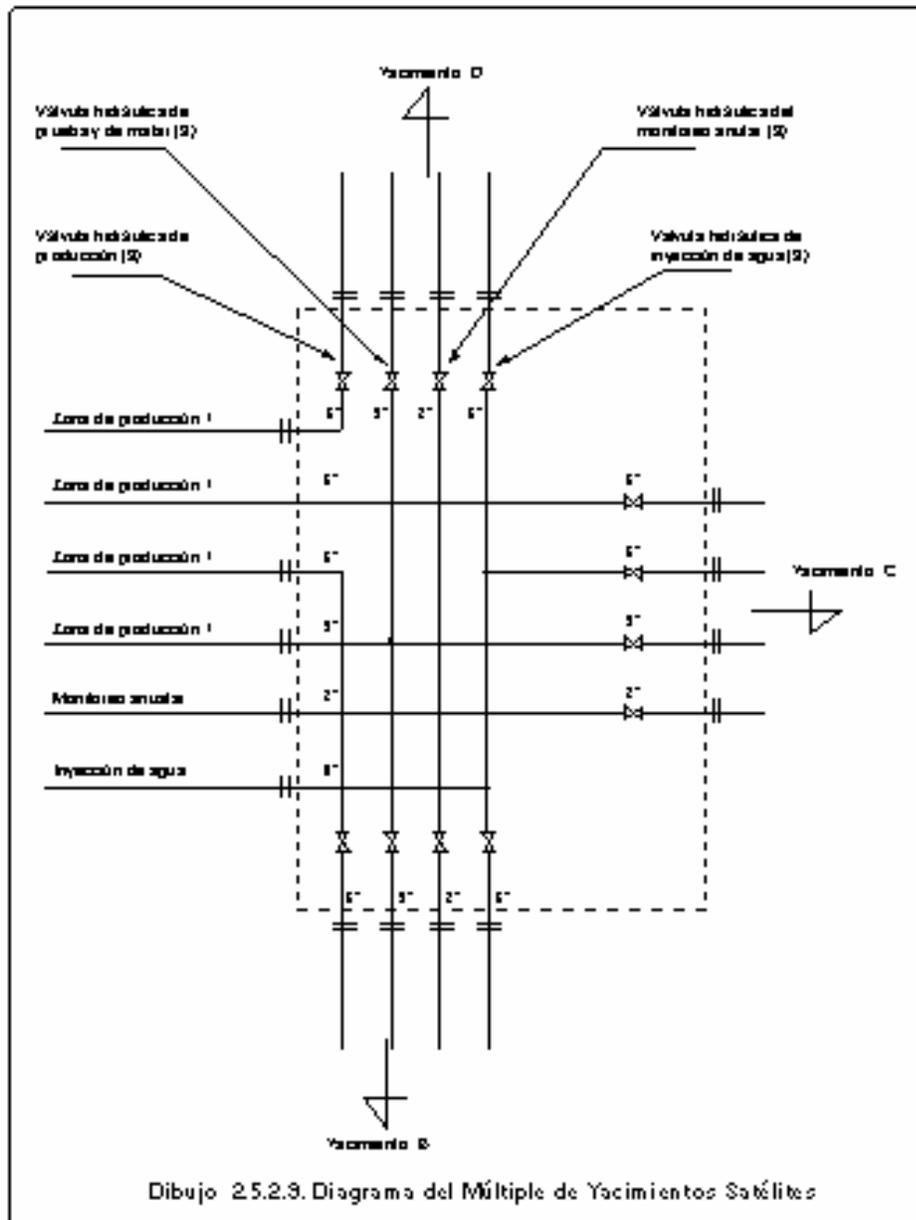


Figura 5.23 Diagrama del Múltiple de Yacimientos Satélites.

Las líneas de producción de crudo del árbol del múltiple, están conectadas directamente al múltiple de un pozo sencillo a través de secciones cortas de tuberías de la plantilla y se dirigen en un riser específico a la superficie.

El cabezal de prueba, el cabezal de monitoreo anular y el cabezal de inyección de agua están conectados cada uno a su respectivo cabezal de la tubería de la plantilla.

La posición física de este múltiple debe estar adyacente a la unidad de recolección pozo/riser de la plantilla, su posición elegirá la interfase con los 3 haces de tuberías a la plantilla y con la unidad de recolección principal.

Si posteriormente no resulta ser económico producir esas estructuras distantes, su presencia tendría muy poco impacto en el sistema.

El múltiple de yacimientos distantes no tiene necesidad de ser fabricado hasta que los yacimientos distantes estén listos para desarrollarse.

Las líneas de riser de reserva pueden ser usadas como modelo de producción alterna para el crudo del yacimiento principal.

2. Pozos Perforados a través de una Plantilla de Perforación con un Múltiple Integrado.

Este Múltiple es la principal unidad de control de flujo submarino. Este recolecta el crudo de pozos satélites y en plantilla de un yacimiento, además del crudo de yacimientos distantes.

El sistema de plantilla incluye un múltiple similar al del sistema de arreglo cluster. Este también soporta los cabezales y árboles a fin de simplificar las conexiones entre el pozo y el múltiple.

El crudo pasa a través de la tubería del múltiple y válvulas de control, éste es conducido a una línea de riser apropiada.

La inyección de agua pasa a través del múltiple y es distribuido al pozo satélite, al mismo múltiple y a yacimientos satélites.

La plantilla difiere del arreglo cluster por tener los cabezales montados cercanamente al múltiple, permitiendo a los árboles estar directamente conectados al múltiple. Este arreglo elimina la necesidad del enlace de los pozos por medio de los jumpers, pero requiere la plantilla para soportar las cargas impuestas por los pozos y las operaciones de perforación.

La localización de los cabezales en relación a las conexiones del múltiple es un elemento de diseño crítico, el cual requiere un alto grado del control de tolerancia en el diseño y fabricación.

Las líneas de tubería y del sistema de control se pueden integrar dentro de la estructura de la plantilla o por el contrario localizarlas de manera que se puedan recuperar para reemplazarlas o repararlas. Estas líneas de tuberías y control proporcionan los únicos puntos de conexión de las líneas de flujo y control de cada árbol en la plantilla. Estos puntos de conexión centralizados se utilizan también para enganchar y enlazar las líneas de tuberías y umbilicales de control submarino.

El sistema de plantilla requiere mayor atención en la configuración del sistema de pozos, múltiples y plantillas; por las operaciones de acceso, dado que los pozos y el múltiple están muy cerca uno del otro. Los árboles y el múltiple deberán estar arreglados para permitir un fácil acceso del ROV a todas las válvulas, el módulo de estranguladores y al módulo de control. Para que las válvulas puedan ser manipuladas por el ROV en el exterior de los árboles, éstos pueden tener extensiones hacia los actuadores.

En el diseño de la plantilla y de los árboles se deberá incorporar una estructura protectora para resistir el impacto de cargas debidas a remolque, redes o caídas de objetos.

El espacio de las crujías individuales deberá ser suficientemente grande para alojar el más grande paquete de preventores disponible de 18 3/4" x 10000 psi, así como permitir operaciones simultáneas de perforación-producción y actividades de mantenimiento en árboles adyacentes.

El sistema de plantilla deberá tener un costo aproximadamente igual al de un arreglo cluster comparable.

El inconveniente del sistema de plantilla, sin embargo, es que se requiere que la plantilla y el múltiple se tengan que terminar, probar e instalar antes de que comience la perforación. Esto no solamente retarda el programa de desarrollo del campo, sino que también afecta negativamente el flujo de capital, puesto que no se pueden preperforar durante la fase de construcción.

En el "DIBUJO 2.5.2.10", figura 5.24, el múltiple ilustrado está conectado a 9 líneas de flujo de la plantilla y al ensamble inferior del riser de producción, en este caso usando un sistema de riser rígido. Solo se requerirán modificaciones menores para la conversión a un sistema de riser flexible si las conexiones se hicieran en la parte superior.

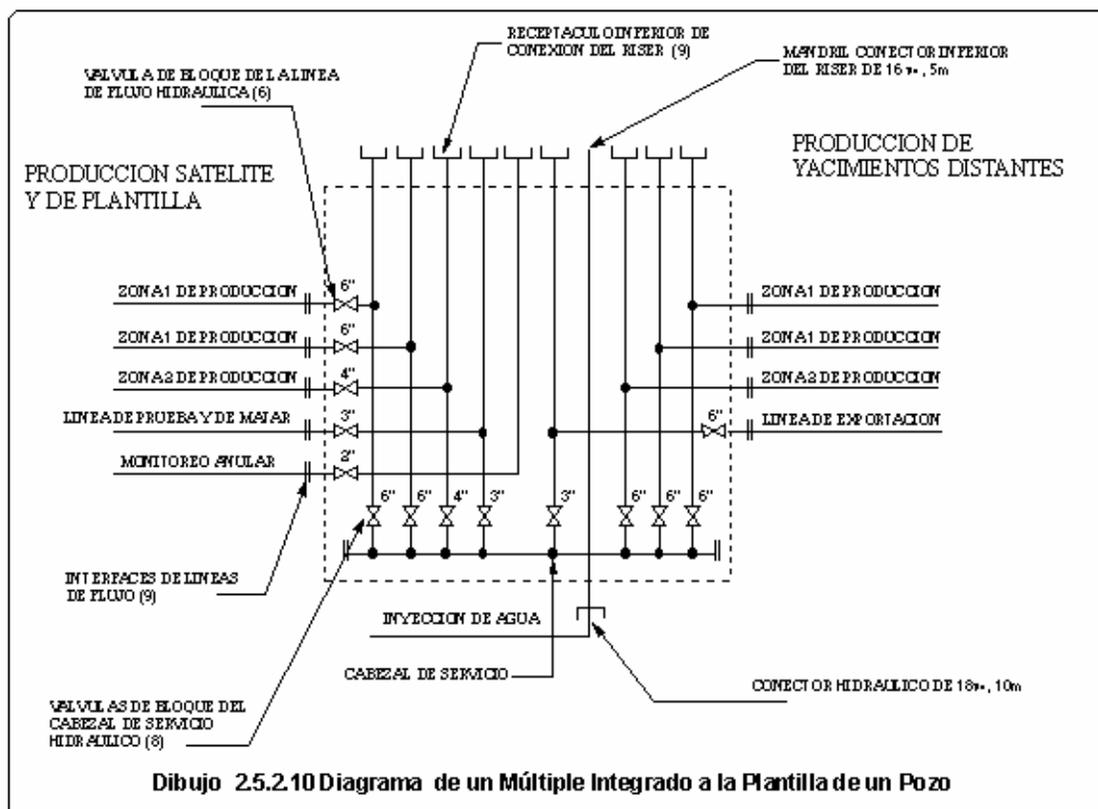


Figura 5.24 Diagrama de un Múltiple Integrado a la Plantilla de un Pozo.

Un cabezal de servicio de 6 pulgadas con una serie de válvulas de paso están incluidas en el diseño para permitir que cada línea de flujo de los riser se limpien por medio de un chorro de agua antes de la desconexión y recuperación del riser.

El múltiple de un pozo debe transmitir las cargas del riser en la plantilla y tener la capacidad de que la estructura del ducto inferior sea desconectada rápidamente en una emergencia.

La conexión de apoyo de carga entre el múltiple del ensamble inferior del riser, es un conector y mandril hidráulico estándar de 5,000 psi, con la posición del mandril en la estructura del múltiple. Este conector de apoyo de carga también da la trayectoria del flujo para la inyección de agua. Una tubería de 20 pulgadas de diámetro exterior se extiende a través del múltiple y se conecta a un conector hidráulico estándar de 10,000 psi.

El cabezal de inyección de agua de la plantilla está localizado bajo el múltiple y está provisto con un mandril para interactuar con el conector del múltiple y tiene un marco estructural para la transmisión de las cargas en la plantilla.

3. *Pozos Satélites Conectados a un Múltiple.*

Controla la producción de yacimientos de pozos satélites.

Espacio para estranguladores, válvulas de aislamiento y la conexión de las tuberías de los pozos.

Interactúa con las líneas de flujo exteriores a los pozos satélites, así como con las tuberías de los cabezales.

Los pozos satélites incluyen 4 inyectores de agua, 3 productores y ranura para fluidos producidos de 2 zonas de producción ver figura 5.25 que muestra el funcionamiento lógico del múltiple.

De las zonas de producción 1 y 2, ambas líneas se conectan a un cabezal de plantilla apropiado, siendo las tuberías y las válvulas idénticas.

El modelo del flujo normal para los fluidos del pozo producido es a través de la brida de entrada, estrangulador hidráulico, válvulas de producción o cabezal de prueba.

Peso aproximadamente del múltiple 40 ton.

Dimensiones aproximadas de 3.3m x 3.3m x 5.2m (11ft x 11ft x 27ft).

Estas dimensiones y este peso permite a la unidad ser instalada en un contra pozo de reparación de 12 ft cuadrados, usando una torre de perforación y un riser.

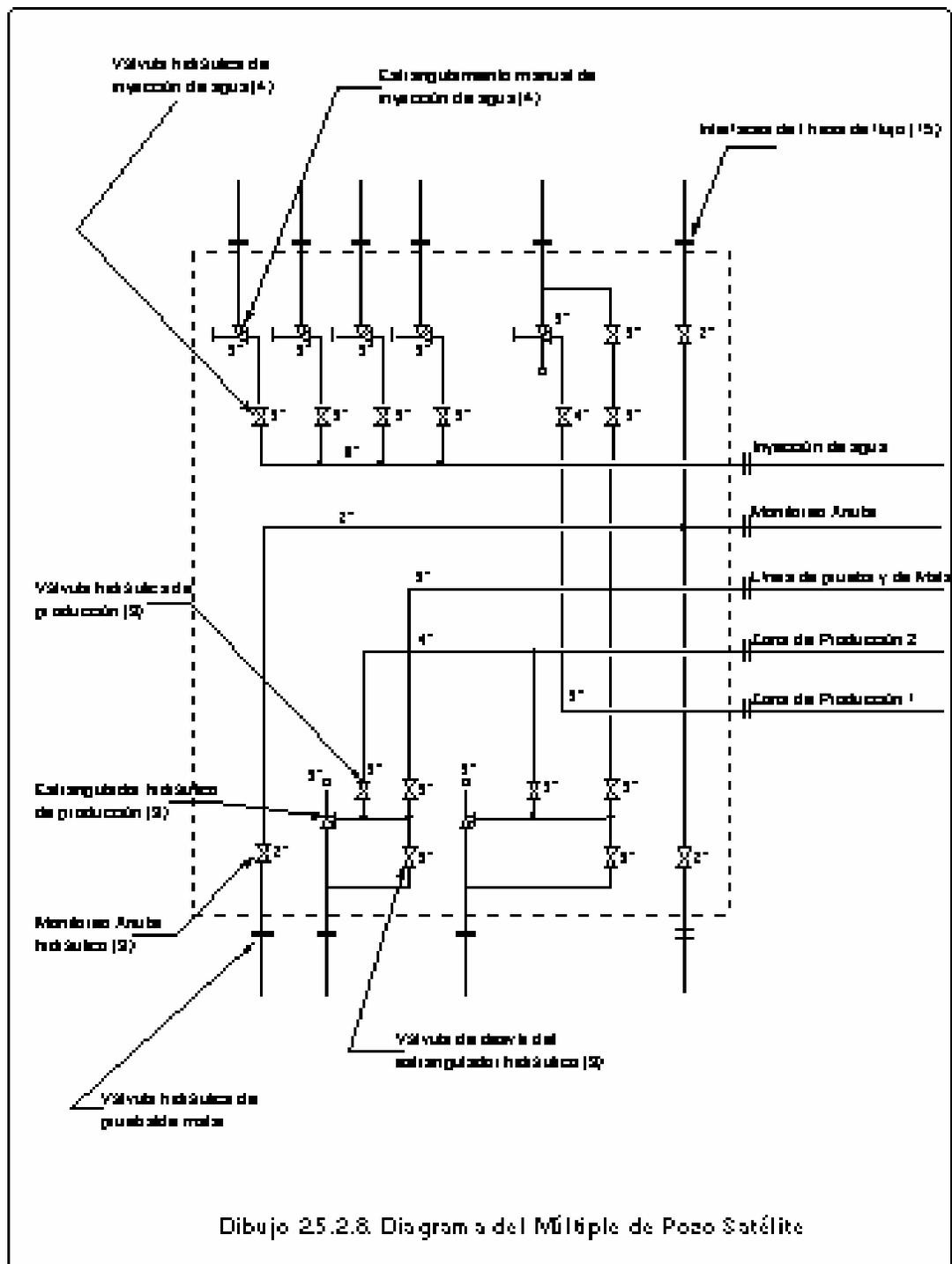


Figura 5.25 Diagrama del Múltiple de Pozo Satélite.

4. Pozos Sencillos Perforados Adyacentes al Múltiple (Arreglo Cluster).

Recolecta el flujo de varios pozos satélite dentro de un conjunto de líneas de flujo de producción y servicio para reducir la complejidad y el costo total.

Permite perforar los pozos antes de la instalación del múltiple central. Esto acelera el programa de desarrollo puesto que los pozos se pueden preperforar durante la fase de diseño y fabricación del múltiple. Asimismo mejora el flujo de capital puesto que todos los pozos preperforados se pueden poner en funcionamiento tan pronto como se instalen el múltiple y el sistema flotante de producción.

Los pozos satélites se conectan al múltiple por medio de pequeños tramos de líneas de flujo (jumper) y conexiones hechas remotamente.

Los riser y líneas de flujo de exportación se conectan a uno de los extremos del múltiple mientras que el otro extremo soporta las conexiones de los umbilicales y el módulo de válvulas del lanzador de diablos.

El espaciamiento entre pozos y entre el múltiple y los pozos, depende del tamaño del equipo, siendo aproximadamente entre pozos 15 m y para los jumpers es de 30 m de longitud aproximadamente.

Es posible producir a través de las líneas en los jumpers.

Es posible probar a través de la línea de prueba y el cabezal.

Se tiene la ventaja de tener los estranguladores, las válvulas de producción y prueba alojadas en los árboles, por lo que se puede realizar una recuperación independiente del múltiple.

Los estranguladores submarinos cuentan con señales eléctricas que proporcionan la retroalimentación de su posición a la unidad de control superficial.

El sistema de múltiple contiene los cabezales y líneas de servicio necesarias para cada pozo.

Un extremo del múltiple contiene las válvulas y conexiones aisladas de las líneas de flujo mientras que el otro extremo es para la conexión del módulo de válvulas del lanzador de diablos.

El preventor contiene válvulas operadas remotamente que selectivamente abren o cierran crucetas entre los dos cabezales de producción.

Dada la necesidad del procedimiento de señales eléctricas y de un muy complejo arreglo de válvulas en el árbol y el múltiple se usa un sistema de control electrohidráulico multiplexado (E/H-Mux).

Las funciones de control eléctricas e hidráulicas, se suministran en uno o dos umbilicales separados y se distribuyen a los árboles a través de las líneas y cables eléctricos del múltiple.

Se permite el acceso para perforación, terminación e intervención de los pozos con un espaciamiento entre ellos de al menos 9 m. Este espacio se considera suficiente para permitir que se pueda maniobrar con el bloque de preventores - árbol al reintroducirlo en el pozo sin un riesgo significativo de colisiones.

Para las **Categorías**, en el Sistema se tiene lo siguiente:

1. *Múltiple de Producción.*

Mezcla los hidrocarburos provenientes de los pozos productores de varios campos resultando en una producción principal y permitiendo enlazar ésta a las instalaciones superficiales mediante una línea de producción sencilla. Los pozos productores pueden ser satélite, contenidos en una plantilla, o una combinación de éstos.

Usualmente se incluye un cabezal de prueba, con el cual se puede desviar cualquiera de los pozos que llegan al múltiple de la producción principal y mandarla de regreso.

Se incluye el cabezal de prueba, el cálculo de la declinación de cada área del yacimiento y por lo tanto la configuración de las reservas restantes, etc. La línea de prueba también se puede usar como una línea muerta cuando así se requiera.

2. *Múltiple de Inyección de Agua.*

Este tipo de múltiples es similar al de producción en cuanto a la filosofía de funcionamiento, ya que suministra agua a alta presión a los pozos de inyección para actividad de mantenimiento del yacimiento.

3. *Múltiple de Bombeo Neumático.*

En forma similar a los anteriores tipos de múltiple, el de Bombeo Neumático divide el cabezal de bombeo neumático en varias líneas más pequeñas, las cuales suministran a los pozos productores el bombeo necesario para ayudar a su recuperación.

Las líneas de producción llegan en dos etapas a dos múltiples más pequeños, donde ocurre una mezcla secundaria. Esto permite poder retirar a las pequeñas instalaciones para su mantenimiento. Este sistema de recuperación secundaria también se emplea cuando existen problemas en uno de los múltiples y se requiere cerrar algunos de los pozos, evitando así cerrarlos todos.

Continuando de la misma manera se pueden consultar:

1. Consideraciones Generales de Diseño.
2. Parámetros, y
3. Requerimientos Funcionales.

5.4 Comparación de los Resultados del SISSP vs Terra Nova.

Para verificar la precisión del SISSP, se compararon sus resultados contra el diseño real del campo Terra Nova [Terra Nova, 2001], los cuales se presentan en las siguientes tablas:

5.4.1 Tipo de Sistema Submarino.

SISSP	Terra Nova
– Asistido por Buzos.	– Asistido por Buzos.
– Tirante de agua de 60 a 200 metros.	– Tirante de agua a 95 metros.

En la tabla anterior se observa que ambos coinciden en que el tipo de Sistema Submarino será asistido por buzos y que el tirante de agua real a 95 metros cae dentro de uno de los rangos considerados en el SISSP.

5.4.2 Sistema de Control.

SISSP	Terra Nova
– Hidráulico Directo.	– Hidráulico Simple.

Como se ve en ambos se tiene un Sistema de Control Hidráulico, aunque en el SISSP sea Directo y en el campo Terra Nova Simple.

5.4.3 Risers Submarinos.

SISSP	Terra Nova
– Suspendidos en un Sistema Flotante.	– Flotante.
– Flexible.	– Flexible a alta presión.
– Dinámico.	– Mantenimiento aun en operación.
– Fácil de instalación.	– Aislables para reparación y/o sustitución.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que tanto en el campo real como en el SISSP los Risers son flotantes y flexibles, que son sus propiedades más importantes.

5.4.4 Umbilicales Submarinos.

SISSP	Terra Nova
– Con Presión Hidráulica.	– Hidráulicos.

Los Umbilicales para el campo Terra Nova y los obtenidos del SISSP son Hidráulicos.

5.4.5 Cabezales Submarinos.

SISSP	Terra Nova
– Marino.	– Marino.
– Sellado metal a metal.	– Protección contra icebergs.
– Altas presiones y temperaturas.	– 476 mm, 69 Megapascales y de 50-80 °C.

Los Cabezales submarinos recomendados por el SISSP y los del campo real son Marinos y a altas presiones y temperaturas.

5.4.6 Líneas de Flujo Submarinas.

SISSP	Terra Nova
– De acero y flexibles.	– De acero rígido o material flexible.
– Instalación: Barcaza de tendido y Carrete.	– Instalación de las líneas flexibles usando una barcaza de tendido. – Instalación de las líneas de acero usando una barcaza de tendido y carrete.
– Servir a varios pozos satélites cuando los productos se mezclan usando un múltiple submarino.	– Tres tipos: Entre campos, a pozo satélite y a otros pozos.

En la tabla puede observarse que las Líneas de Flujo son de acero y de materiales flexibles y que la instalación de las mismas es por el método de la barcaza de tendido y carrete. También se indica que las líneas de flujo sirven a varios pozos satélite tanto en el campo Terra Nova como en los datos obtenidos del SISSP.

5.4.7 Árboles Submarinos.

SISSP	Terra Nova
– Convencional y en cajón.	– Convencional y en cajón.
– Especificaciones y configuración del bloque de válvulas del árbol, que normalmente son de compuerta.	– Válvula maestra anular, cierra automáticamente a pérdida de presión en la línea de control.
– Válvulas de achique verticales.	– Convencionales con válvulas verticales sobre los orificios de producción e inyección.
– Interfase con Vehículos Operados Remotamente (ROV's).	– Producción controlada hidráulicamente con un Vehículo Operado Remotamente.
– Utiliza un colgador convencional en la conexión a la línea de producción y de 1 a 3 agujeros de producción.	– Conexión a líneas de producción y servicios.
– Usar tipo en Cajón cuando exista un gran riesgo de daño impacto de témpanos de hielo o barcos.	– Protección contra icebergs.

Los Árboles del campo Terra Nova y los indicados por el SISSP son convencionales y en cajón, controlados con un vehículo operado remotamente, especificación de las válvulas muy semejantes y Árboles verticales.

5.4.8 Múltiples Submarinos.

SISSP	Terra Nova
<ul style="list-style-type: none"> – Múltiple de producción. – Múltiple de inyección de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> – Manejar la producción e inyección de fluidos.
<ul style="list-style-type: none"> – Indica las condiciones generales de diseño. Menciona dos tipos de protección: lateral y objetos caídos, las características de las líneas de flujo y del fluido entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> – Protección en la cubierta con un marco de acero contra objetos que caigan y anclas.
<ul style="list-style-type: none"> – Arreglo: Pozos satélite conectados a un múltiple. 	<ul style="list-style-type: none"> – Líneas de flujo comunes a la base del múltiple.

En la tabla se indica que en el campo real existen Múltiples de producción y de inyección al igual que en el SISSP, conexión de los pozos a los Múltiples a través de las líneas de flujo y la protección empleada contra objetos que caigan, anclas e icebergs.

De las comparaciones presentadas en las tablas anteriores, podemos concluir que los resultados del SISSP son bastante aceptables, ya que son muy semejantes, en aproximadamente un 90%, a las especificaciones y características obtenidas del campo Terra Nova.

Resumen.

Las pruebas del Sistema de Información es la fase final de su desarrollo y con éstas se demostrará su eficiencia o se mostrarán sus errores. En el SISSP se seleccionó el tipo de Sistema Submarino y sus componentes, los cuales se compararon con los datos reales obtenidos del campo Terra Nova y en base a esto se concluyó que los resultados del SISSP son confiables.

Con la conclusión del Sistema de Información y habiendo realizado las pruebas correspondientes solo falta hacer la conclusiones. En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones, indicando los logros alcanzados y las mejoras a futuro.

CAPÍTULO 6:

Conclusiones.

En este capítulo se presentan las conclusiones, indicando los logros alcanzados, las mejoras a futuro y los comentarios finales.

6.1 Logros Alcanzados.

Haciendo una revisión global del Sistema de Información que se ha desarrollado en base a los objetivos que se plantearon, se puede concluir que:

Respecto al objetivo general.

1. La selección del Tipo de Sistema Submarino se hace en base a la profundidad del agua, al tipo de instalación, los tipos de conexiones, válvulas e interfases en el Sistema Submarino, que son los parámetros básicos usados en el mundo para es fin, de acuerdo a la bibliografía consultada durante la investigación.
2. Se definieron los componentes principales del Sistema Submarino que son el sistema de control, risers, umbilicales, cabezales, líneas de flujo y árboles. La selección de los componentes principales también se hace en base a las características de los mismos.
3. Se establece que dependiendo de cómo estén localizados los pozos en el fondo del mar y su número, el Sistema contará o no con plantillas o múltiples. La selección de los componentes secundarios será mediante la consulta de sus tipos, características y parámetros de los mismos.

En conclusión, se puede decir que el objetivo general se ha logrado satisfactoriamente.

Respecto a los objetivos específicos.

Objetivo 1) Desarrollar el software para ser usado por el personal del IMP y de PEMEX.

Se desarrolló un Sistema de Información basado en una pantalla de inicio, en donde se representa con una ilustración cada uno de los componentes del Sistema Submarino de Producción. Haciendo clic en el botón correspondiente a cada uno de ellos se accesa a su pantalla de selección. En todas las opciones se puede imprimir la información y los dibujos de los componentes. Con la creación del SSISSP y su funcionalidad éste podrá ser usado fácilmente por el personal tanto del IMP como de PEMEX.

Objetivo 2) Desarrollar la interfaz gráfica.

Como se indicó en el inciso 3.2, el desarrollo del SSISSP se realizó con SQLWindows v5.0.2, para el desarrollo de los procedimientos se usó su lenguaje de programación propio, el SQLWindows Application Language "SAL"; para la elaboración de las pantallas y cajas de diálogo se empleó el editor de ventanas y las tablas se crearon con su base de datos propia SQLBase.

Objetivo 3) Generar reportes del Sistema Submarino y sus componentes.

Se desarrollaron los reportes, con el reporteador de SQLWindows ReportWindows, de Sistema Submarino de Producción y de cada uno de sus componentes, los cuales pueden ser consultados e impresos mediante el empleo de la interfaz gráfica desarrollada.

Se puede concluir que los objetivos específicos también se cumplieron en su totalidad.

6.2 Mejoras a futuro.

El Sistema de Información para la selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes se puede mejorar desde varios puntos de vista que a continuación se comentan:

Datos de la investigación.

Se debe continuar investigando cual es la tecnología de punta para la explotación de hidrocarburos mediante el empleo de Sistemas Submarinos de Producción, asimismo definir los parámetros o características para la selección del Sistema Submarino y sus componentes que se usan en la actualidad, en países como Brasil y Noruega que son las dos grandes potencias en el tema.

Sistema de Información.

La evolución las tecnologías en el desarrollo de Sistemas de Información es muy rápida por lo que sería muy conveniente migrar la arquitectura cliente-servidor del SSSP a un ambiente de intranet que es actualmente una de las tendencias más importantes en el desarrollo de Sistemas de Información.

Al realizar esta migración sería muy importante hacer una reingeniería al SSSP, es decir revisar la base de datos, las pantallas, los procedimientos y los reportes, para verificar si aún son funcionales.

Base de Datos.

Al migrar el SSSP a un ambiente de intranet la base de datos debe estar en una que sea para multiusuarios como Oracle, por lo que abra que migrarla también.

6.3 Comentarios finales.

Durante el desarrollo de esta tesis se tuvo que adentrar a información técnica sobre los Sistemas Submarinos de Producción y sus componentes, lo cual se facilitó gracias a la ayuda del Ing. Jesús Rodríguez Núñez. También se requirió aprender más acerca del SQLWindows y todas sus herramientas.

Para el buen funcionamiento del SSSP se tuvo que crear una base de datos en donde se almacenó gran parte de la información recabada durante el trabajo de investigación de los Sistemas Submarinos de Producción.

Para el caso de la selección del tipo de Sistema de Submarino y del Sistema de Control que se hace mediante varios parámetros o características se tuvo que darle un ponderado a cada uno de estos, mientras que para los umbilicales y los risers se fue haciendo una trayectoria de acuerdo a sus parámetros o características para hacer su selección. Finalmente, para todos los demás componentes, como no se encontró un procedimiento específico para su selección se puso toda la información obtenida de la investigación disponible, mediante un menú, y el usuario la va seleccionando.

Se espera que esta tesis sea útil para el personal del Instituto Mexicano del Petróleo que tengan la problemática de realizar la selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes, o que tenga necesidad de conocer el tema.

Anexos del SISSP

Anexo A.	Manual de Usuario.
Anexo B.	Programa Fuente.
Anexo C.	Diccionario de Datos.
Anexo D.	Pantallas y Reportes.

Manual de Usuario

Objetivo del Sistema.

Contar con una herramienta de cómputo que permita efectuar la selección del tipo y cada uno de los componentes de un Sistema Submarino de Producción, en el desarrollo de campos en aguas profundas.

Descripción del Sistema.

El Sistema de Información consta de una pantalla de inicio, en donde se representa en una ilustración cada uno de los componentes del Sistema Submarino de Producción y, en donde se puede acceder a cada uno de ellos haciendo clic en el botón correspondiente. En todas las opciones se puede imprimir la información y los dibujos de los componentes.

Requerimientos de Hardware.

Mínimos:

- PC Compatible.
- Procesador 486 DX.
- Velocidad de 66 MHz.
- Memoria RAM de 8 Mb.
- Espacio en disco duro de 20 Mb.

Recomendable:

- PC Pentium 100 MHz.
- Memoria RAM de 16 Mb.
- Espacio en disco duro de 30 Mb.

Requerimientos de Software.

- RUNTIME de SQLWindows versión 5.0.2.

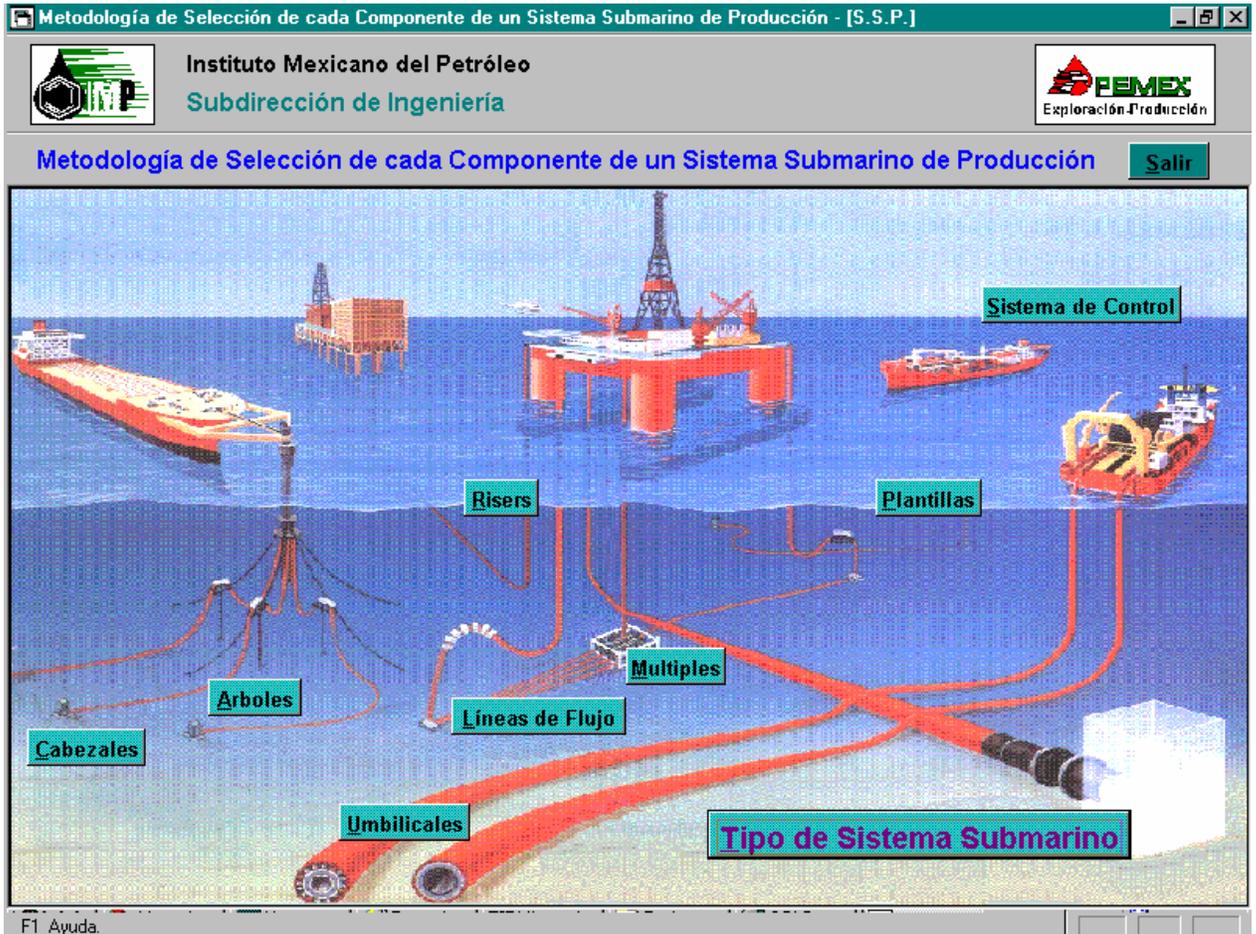
Procedimiento de Instalación.

1. Introduzca el CD de Instalación del SISSP en la PC.
2. Con el curso del mouse sobre el botón de **Inicio** presione el botón de la derecha y seleccione la opción **Explorar**.
3. De clic en la unidad del CD.
4. De doble clic al archivo: **SETUP.EXE**, para la instalación del Sistema solo de clic en las opciones de default e instale en **C:**. Durante la instalación el programa generará dos subdirectorios:
 - C:\SSP, Programas del Sistema de Información y RunTime de SQLWindows 5.0.2
 - C:\SQLBASE\SSP, la Base de Datos.

Inicio de Sesión.

Con el curso del mouse sobre el botón de **Inicio** presione el botón de la derecha y seleccione la opción **Explorar**. De clic en el Subdirectorio **SSP** que se encuentra en el panel izquierdo y de doble clic en el archivo **SSP.EXE**

Pantalla de Inicio.

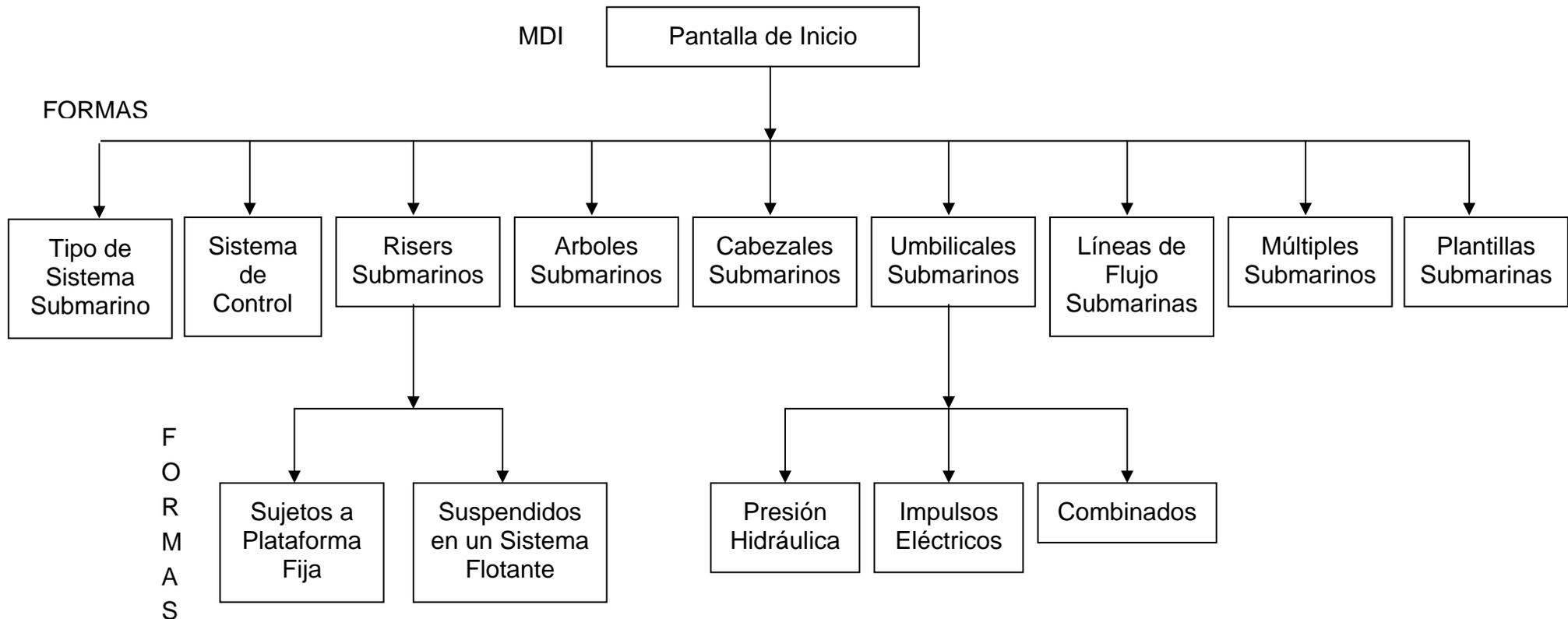


Al entrar al Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus Componente "SISSP", se presentará la pantalla anterior. **Todas las pantallas cuentan con una ayuda técnica en línea presionando la tecla F1.** Podrá acceder cada componente haciendo clic en el botón correspondiente o tecleando Alt y la letra que se encuentra subrayada en el botón de cada componente (por ejemplo: Alt+A, para los Árboles).

Para salir del Sistema haga clic en el botón **Salir**.

Programa Fuente

La siguiente figura muestra la organización del Software del Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus Componentes. El código fuente se incluye en el archivo SSP.APP del CD ROM anexo.



Diccionario de Datos

En este documento se presentan las tablas del SISSP, en donde se presenta cada una de las tablas y su descripción, posteriormente se detallan los campos de que constan cada una de ellas: nombre, tipo, ancho, llave, requerido y descripción.

Tabla	Descripción
ARBOL	Información de los Árboles Submarinos.
CABEZAL	Información de los Cabezales Submarinos.
DIBUJO	Información de los dibujos del Sistema.
DUMBILICAL	Información del diámetro nominal de la tubería de los Umbilicales Submarinos.
LINEAF	Información de las Líneas de Flujo Submarinas.
MULTIPLE	Información de los Múltiples Submarinos.
PLANTILLA	Información de las Plantillas Submarinas.
RECUMB	Información de las Recomendaciones en los Umbilicales Submarinos.
RISER	Información de los Risers Submarinos.
SCS	Información para evaluar y seleccionar el Tipo de Sistema Submarino y el Sistema de Control.
SSP	Información de los Sistemas Submarinos de Producción.
TIPO_SCS	Contendrá el resultado de la evaluación del Sistema de Control Submarino.
UMBCE	Información para evaluar y seleccionar el Umbilical Submarino con Impulsos Eléctricos.
UMBILICAL	Información de los Umbilicales Submarinos.

Estas tablas se describen a continuación:

Tabla ARBOL.

Esta tabla contendrá la información correspondiente a los Árboles Submarinos, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_a	Char	7	Identificador único del árbol.
nombre	Varchar	100	Configuración, concepto, método, conexión, sistema, conexión, interfase, perfil, requerimiento, sellado, unión, tapa, protección, estilo o tipo del árbol.
descripcion	LongVarChar	---	Características del árbol.

Tabla CABEZAL.

Esta tabla contendrá la información correspondiente a los Cabezales Submarinos, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_c	Char	4	Identificador único del cabezal.
nombre	Varchar	60	Factor, concepto, colgador, método o tipo del cabezal.
descripcion	LongVarChar	---	Características del cabezal.

Tabla DIBUJO.

Esta tabla contendrá la información correspondiente a los dibujos del Sistema, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_d	Char	4	Identificador único del dibujo.
referencia	Varchar	20	Referencia o número del dibujo.
archivo	Varchar	20	Nombre del archivo que contiene al dibujo.
reporte	Varchar	12	Nombre del reporte que incluye al dibujo.

Tabla DUMBILICAL.

Esta tabla contendrá la información correspondiente al diámetro nominal de la tubería de los Umbilicales Submarinos, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_du	Char	5	Clave del umbilical.
diametro	Varchar	15	Diámetro nominal de la tubería del umbilical en mm (pulgadas).
pmt	Number	4	Presión máxima de trabajo en psi.

Tabla LINEAF.

Esta tabla contendrá la información correspondiente a las Líneas de Flujo Submarinas, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_lf	Char	4	Identificador único de la línea de flujo.
nombre	Varchar	100	Concepto, método o tipo de la línea de flujo.
descripcion	LongVarChar	---	Características de la línea de flujo.

Tabla MULTIPLE.

Esta tabla contendrá la información correspondiente a los Múltiples Submarinos, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_m	Char	4	Identificador único del múltiple.
nombre	Varchar	85	Categoría, consideración, parámetro o requerimiento del múltiple.
descripcion	LongVarChar	---	Características del múltiple.

Tabla PLANTILLA.

Esta tabla contendrá la información correspondiente a las Plantillas Submarinas, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_p	Char	4	Identificador único de la plantilla.
nombre	Varchar	50	Arreglo, concepto, diseño alternativo, tipo o requerimiento de la plantilla.
descripcion	LongVarChar	---	Características de la plantilla.

Tabla RECUMB.

Esta tabla contendrá la información correspondiente a las recomendaciones en los Umbilicales Submarinos, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_ru	Char	5	Identificador único del umbilical.
recomendacion	LongVarChar	---	Primera recomendación.

Tabla RISER.

Esta tabla contendrá la información correspondiente a los Risers Submarinos, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_r	Char	2	Identificador único del riser.
cons	Number	2	Consecutivo.
tipo	Varchar	50	Tipo de riser.
PB	Char	10	Detalle del tipo

Tabla SCS.

Esta tabla contendrá la información correspondiente para evaluar y seleccionar el Tipo de Sistema Submarino y el Sistema de Control Submarino, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave	Char	2	Clave de la opción para la selección del Sistema de Control.
clave_scs	Char	1	Clave del tipo de Sistema de Control.
condicion	VarChar	21	Condición.
tipo	VarChar	35	Tipo de Sistema de Control que cumple con la condición.
mensaje	VarChar	70	Mensajes en el reporte.
valor	Number	4	Valor ponderado de la opción.
cons	Char	1	Consecutivo para ordenar las opciones.

Tabla SSP.

Esta tabla contendrá las ventajas y desventajas de los diferentes Sistemas de Control Submarino, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_ssp	Number	5	Clave del Sistema Submarino de Producción.
tipo	Char	1	Tipo del Sistema Submarino de Producción.
clave_scs	Char	1	Clave del Sistema de Control.
clave_u	Number	4	Clave del Umbilical.
clave_p	Char	4	Clave de la Plantilla.
clave_m	Char	4	Clave del Múltiple.
clave_lf	Char	4	Clave de la Línea de Flujo.
clave_a	Char	7	Clave del Árbol.
clave_c	Char	4	Clave del Cabezal.
clave_r	Char	2	Clave del Riser.

Tabla TIPO_SCS.

Esta tabla contendrá el resultado de la evaluación del Sistema de Control Submarino, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_scs	Char	1	Clave del Sistema de Control.
tipo	VarChar	35	Tipo de Sistema de Control.
valor	Number	5:2	Calificación en la tabla comparativa.
Ventajas	LongVarChar	---	Ventajas del Sistema de Control.
Desventajas	LongVarChar	---	Desventajas del Sistema de Control.

Tabla UMBCE.

Esta tabla contendrá la información correspondiente para evaluar y seleccionar el Umbilical Submarino con Impulsos Eléctricos, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_ce	Char	2	Clave de la opción para la selección del Umbilical Submarino con Impulsos Eléctricos.
dato	VarChar	50	Respuestas a las opciones.
cveumb	Char	5	Clave del Umbilical Submarino.

Tabla UMBILICAL.

Esta tabla contendrá la información correspondiente al Umbilical Submarino seleccionado, de acuerdo a lo siguiente:

Campo	Tipo	Ancho	Descripción
clave_u	Char	2	Clave de la opción para la selección del Umbilical Submarino con Impulsos Eléctricos.
clave_ce	Char	2	Clave de la opción para la selección del Umbilical Submarino con Impulsos Eléctricos.
clave_du	Char	5	Clave del umbilical.

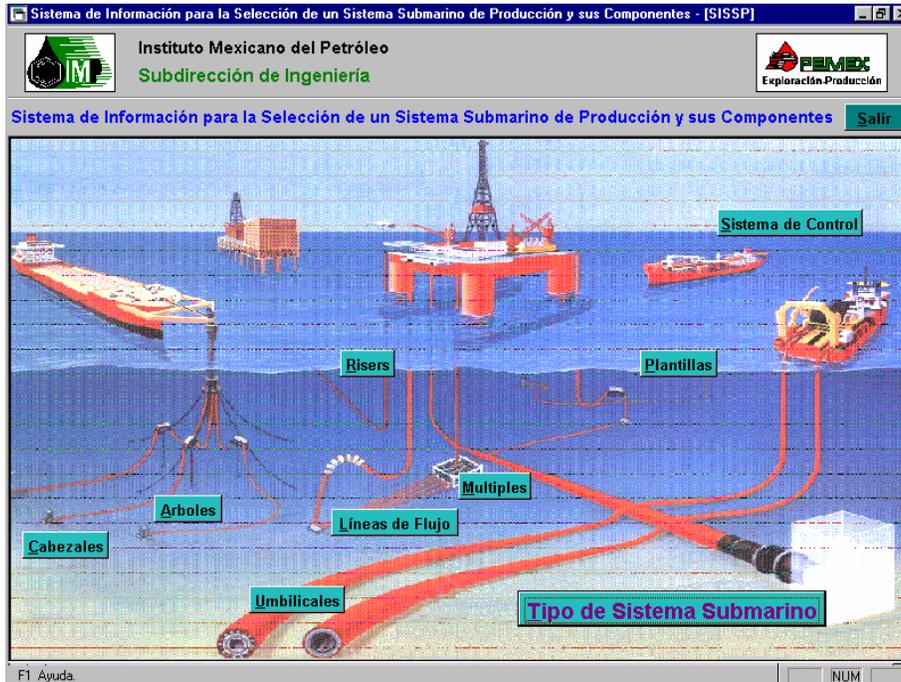
Pantallas y Reportes.

En este apéndice se presentan las pantallas y reportes del SISSP.

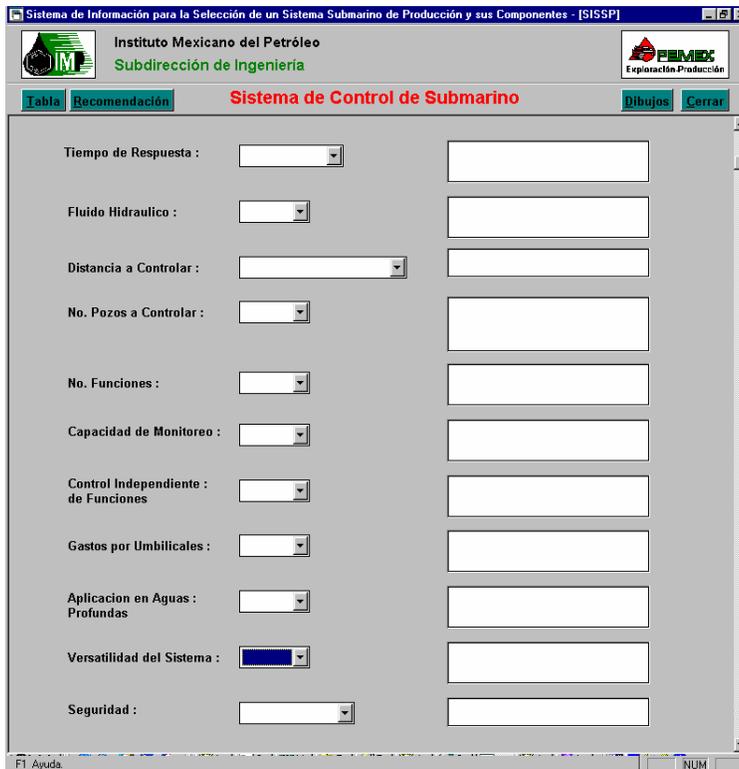
Pantallas del Sistema.

<i>Pantalla</i>	<i>Descripción</i>
INICIO	Es la principal, en ésta se pueden ver todos los componentes del Sistema.
TIPO DE SISTEMA SUBMARINO	Selección del Tipo de Sistema Submarino.
SISTEMA DE CONTROL	Selección del Sistema de Control.
CABEZALES SUBMARINOS	Selección de los Cabezales Submarinos.
ÁRBOLES SUBMARINOS	Selección de los Árboles Submarinos.
RISERS SUBMARINOS	Selección de los Risers Submarinos: Sujetos a Plataforma Fija y Suspendidos en un Sistema Flotante.
UMBILICALES SUBMARINOS	Selección de los Umbilicales Submarinos: con Presión Hidráulica, con Impulsos Eléctricos y Combinados.
LINEAS DE FLUJO SUBMARINAS	Selección de las Líneas de Flujo Submarinas.
MULTIPLES SUBMARINOS	Selección de los Múltiples Submarinos.
PLANTILLAS SUBMARINAS	Selección de las Plantillas Submarinas.
DIBUJOS	Visualización de Dibujos.
REPORTES	Visualización de Reportes.

Pantalla de Inicio.

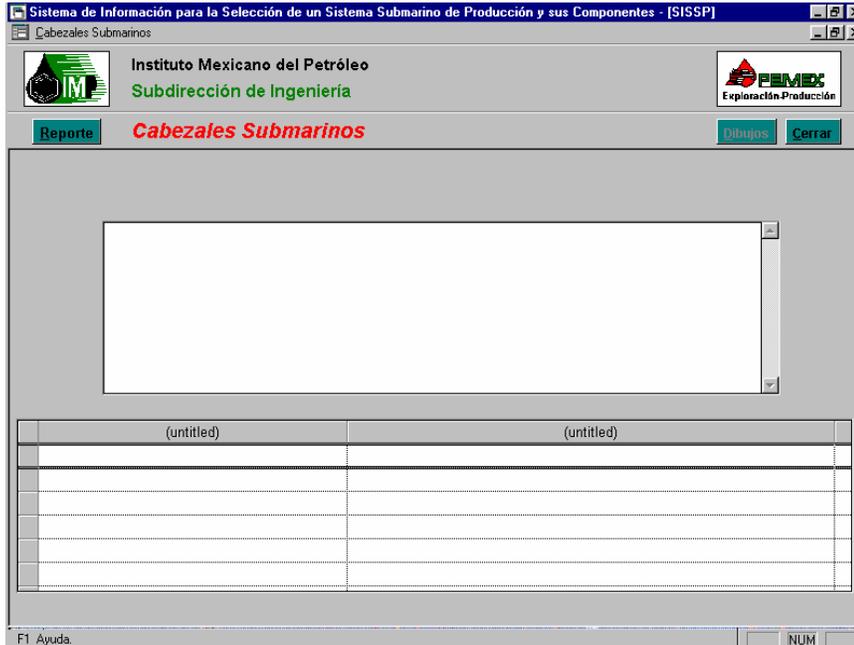


Pantalla del Sistema de Control.



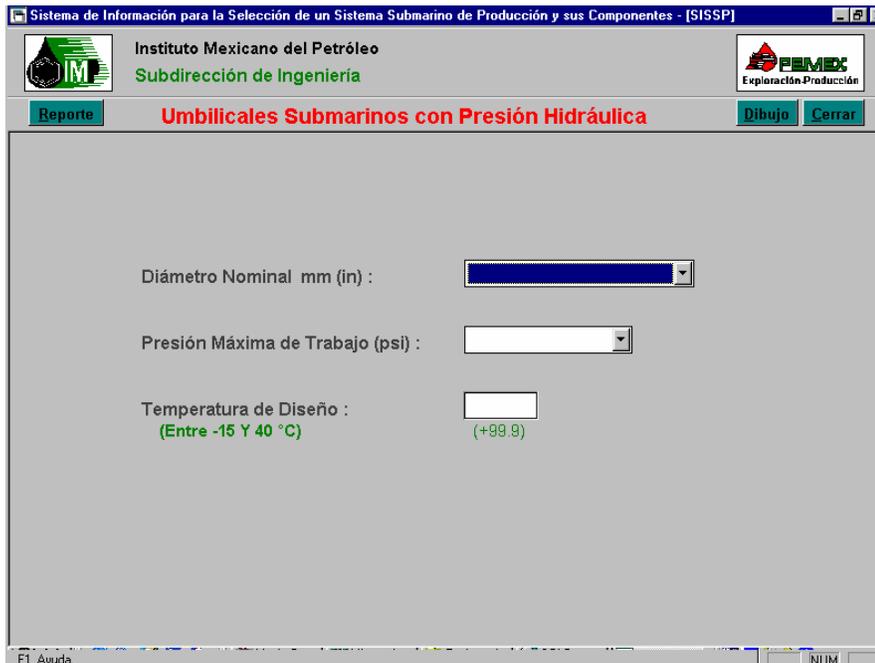
La pantalla del Tipo de Sistema Submarino es muy semejantes a la del Sistema de Control Submarino.

Pantalla de los Cabezales Submarinos.



Las pantallas de Árboles, Líneas de Flujo, Múltiples y Plantillas Submarinas, son muy semejantes a la de los Cabezales Submarinos.

Pantallas de los Umbilicales Submarinos con Presión Hidráulica.



Pantallas de los Umbilicales Submarinos con Impulsos Eléctricos.

The screenshot shows a software window titled "Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus Componentes - [SISSP]". The window header includes the logo of the Instituto Mexicano del Petróleo (IM) and the Subdirección de Ingeniería, along with the PEMEX logo and the text "Exploración-Producción". The main menu has "Reporte" (highlighted in red), "Umbilicales Submarinos con Impulsos Eléctricos" (highlighted in red), "Dibujo", and "Cerrar". The main area contains the following fields:

- Cable para transmisión de : [Dropdown menu]
- Forma : [Dropdown menu]
- Características : [Dropdown menu]
- Area Nominal : [Text input] ($\geq 2.54 \text{ mm}^2$) (999.99)
- Material : [Dropdown menu]
- Tipo : [Dropdown menu]

At the bottom left, there is a "F1 Ayuda" button, and at the bottom right, there is a "NUM" button.

Pantallas de los Umbilicales Submarinos Combinados.

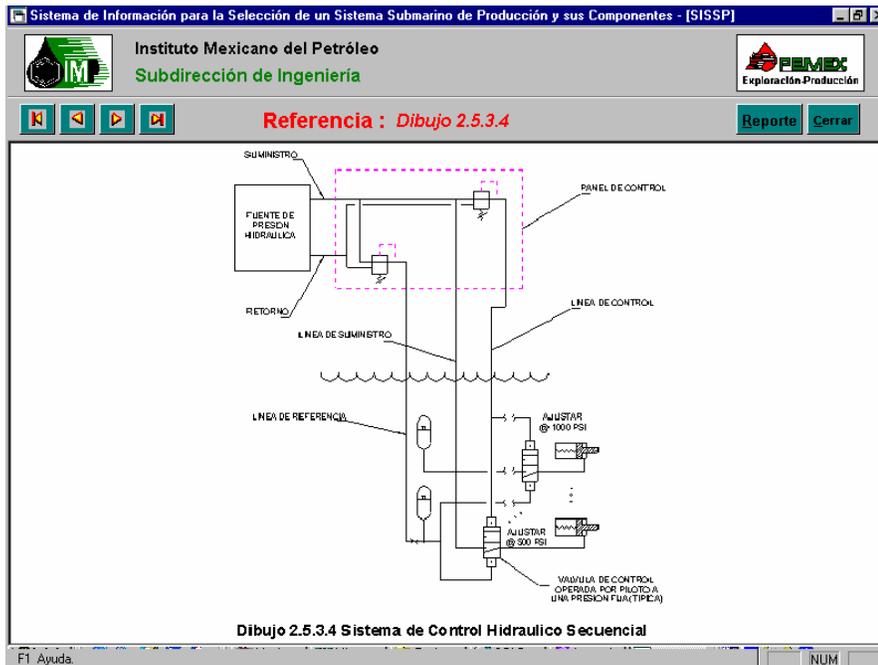
The screenshot shows a software window titled "Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus Componentes - [SISSP]". The window header includes the logo of the Instituto Mexicano del Petróleo (IM) and the Subdirección de Ingeniería, along with the PEMEX logo and the text "Exploración-Producción". The main menu has "Reporte", "Umbilicales Submarinos Combinados" (highlighted in red), "Dibujo", and "Cerrar". The main area contains the following fields:

- Diámetro Nominal mm (in) : [Dropdown menu]
- Presión Máxima de Trabajo (psi) : [Dropdown menu]
- Temperatura de Diseño : [Text input] (Entre $-15 \text{ Y } 40 \text{ }^\circ\text{C}$) (+99.9)
- Cable para transmisión de : [Dropdown menu]
- Forma : [Dropdown menu]
- Características : [Dropdown menu]
- Area Nominal : [Text input] ($\geq 2.54 \text{ mm}^2$) (999.99)
- Material : [Dropdown menu]
- Tipo : [Dropdown menu]

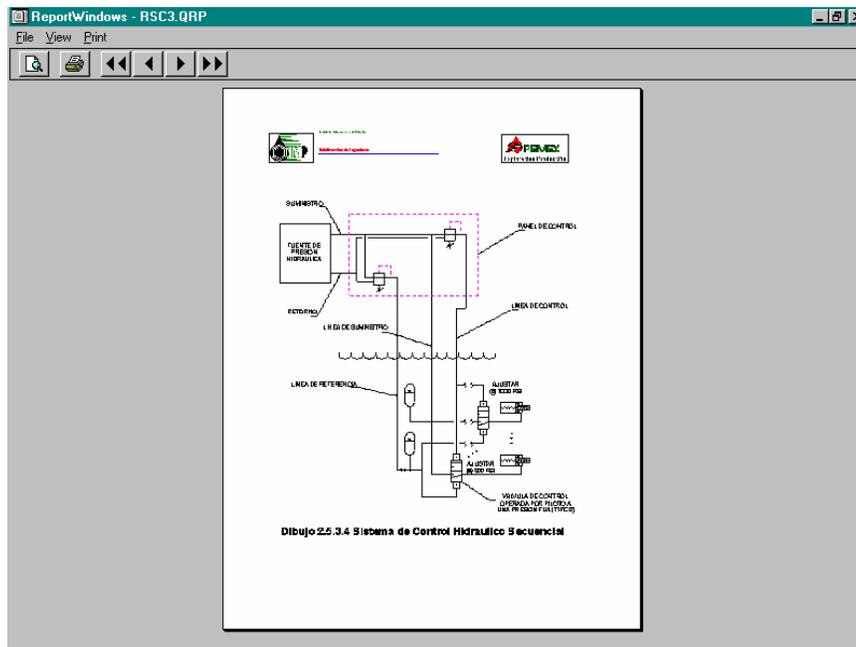
At the bottom left, there is a "F1 Ayuda" button, and at the bottom right, there is a "NUM" button.

La pantalla de los Risers Submarinos es muy semejante a la de los Umbilicales Submarinos.

Pantalla para visualizar los Dibujos.



Pantalla para visualizar los Reportes.



Reportes del Sistema.

Reportes	Descripción
SISTEMA DE CONTROL SUBMARINO	Reporte de la recomendación del Sistema de Control y de la tabla comparativa de los diferentes tipos, así como de sus dibujos.
TIPO DE SISTEMA SUBMARINO	Reporte de la recomendación del tipo de Sistema de Submarino y la tabla comparativa de los diferentes tipos, así como de sus dibujos.
CABEZALES SUBMARINOS	Reporte de la selección de los Cabezales Submarinos y sus dibujos.
ÁRBOLES SUBMARINOS	Reporte de la selección de los Árboles Submarinos y sus dibujos.
LINEAS DE FLUJO SUBMARINAS	Reporte de la selección de las Líneas de Flujo Submarinas y sus dibujos.
MÚLTIPLES SUBMARINOS	Reporte de la selección de los Múltiples Submarinos y sus dibujos.
PLANTILLAS SUBMARINAS	Reporte de la selección de las Plantillas Submarinas y sus dibujos.
UMBILICALES SUBMARINOS	Reporte de los Umbilicales Submarinos con Presión Hidráulica, con Impulsos Eléctricos y combinados, así como de sus dibujos.
RISERS SUBMARINOS	Reporte de la Risers Submarinos Sujetos a Plataforma Fija y suspendidos en un Sistema Flotante, así como de sus dibujos.

Reportes del Sistema de Control Submarino.

 Instituto Mexicano del Petróleo <u>Subdirección de Ingeniería</u>		 PEMEX Exploración-Producción	
Tabla Comparativa de los Sistemas de Control Submarino			
T i p o		Calificación	
Hidráulico Directo		2.24	
Hidráulico Piloto		1.49	
Hidráulico Secuencial		3.41	
Electro-Hidráulico		3.74	
Electro-Hidráulico Multiplexado		2.08	

 Instituto Mexicano del Petróleo <u>Subdirección de Ingeniería</u>		 PEMEX Exploración-Producción	
Recomendación del Sistema de Control Submarino			
<i>Sistema de Control Submarino Recomendado .</i>			
Electro-Hidráulico			
<i>Características :</i>			
Fluido hidráulico. Sin requerimiento de fluido hidráulico. Distancia a controlar entre 12 y 15 Km. 3 o más pozos a controlar. Menos de 3 funciones. Con capacidad de monitoreo. Con control independiente de funciones. Con aplicación en aguas profundas. Con versatilidad del sistema. Regular nivel de seguridad.			
<i>Ventajas :</i>			
<ul style="list-style-type: none">- Control independiente en las funciones seleccionadas.- Respuesta rápida (< 20 seg.).- Bajo costo de los umbilicales.- Adecuado para distancias largas (mayor de 12 Km.) y aplicaciones en aguas profundas.- Capacidad de control automático y monitoreo de operaciones.- El tiempo de construcción generalmente es de 12 meses para un pozo y de 15 a 24 meses para sistemas mayores.- Adecuado para sistemas de pozo satélite y arreglos cluster con tres o más pozos.			

Los reportes del Tipo de Sistema Submarino son muy semejantes a los reportes del Sistema de Control Submarino.

Reportes de los Cabezales Submarinos.

ReportWindows - RPLANT.QRP

Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería

Cabezales Submarinos - Tipos de Cabezales Submarinos

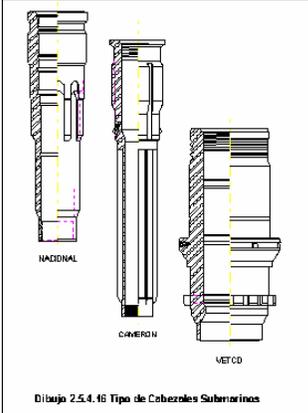
Concepto	Descripción
Tipos de Cabezales Submarinos	Básicamente existen tres tipos de sistemas de cabezales que se usan submarina, siendo las dos primeras las más comunes. En el DIBUJO 2 algunos cabezales de marcas conocidas.
Suspendido Sobre la Línea de Lodos	<ul style="list-style-type: none"> Este sistema se usa en conjunto con equipos de perforación del tipo a representa al tipo de cabezal más simple. Se adaptan fácilmente a los sistemas de terminación existentes, pero de agua a la que estará perforando la autoelevable. La profundidad de perforación está entre 60 y 100m. Algunos de estos perforar en tirante de agua hasta de 150 metros. La terminación requiere de un adaptador para elevar la interfase a una que la sarta interior en estos pozos se desconecta bajo la línea de lodos perforación.
Cabezal Marino	<ul style="list-style-type: none"> Instalación desde una semisumergible o desde un barco de perforación Posicionamiento con líneas guía o sin ellas. Muchas embarcaciones de perforación utilizan conjuntos de preventori para la instalación de cabezales marinos de 18 3/4" A- y para presiones Embarcaciones como los barcos de perforación, están equipados con

Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus Componentes - [SISSP]

Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería

Referencia : Dibujo 2.5.4.16

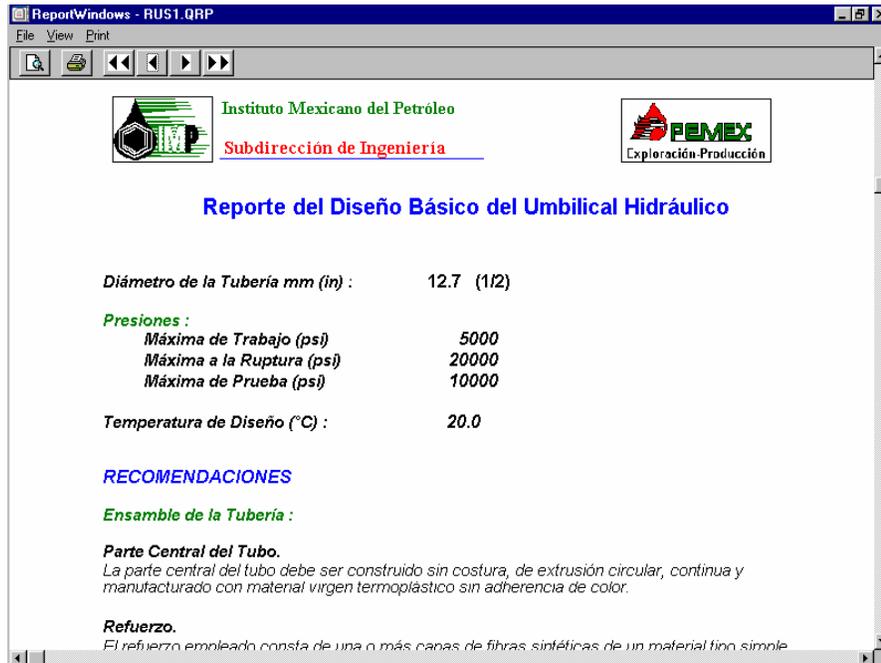
Reporte Cerrar



Dibujo 2.5.4.16 Tipo de Cabezales Submarinos

Los reportes de Árboles, Líneas de Flujo, Múltiples y Plantillas Submarinas, son muy semejantes a los reportes de los Cabezales Submarinos.

Reporte del Umbilical Submarino con Presión Hidráulica.



ReportWindows - RUS1.QRP

File View Print

Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería

PEMEX
Exploración-Producción

Reporte del Diseño Básico del Umbilical Hidráulico

Diámetro de la Tubería mm (in) : 12.7 (1/2)

Presiones :

Máxima de Trabajo (psi)	5000
Máxima a la Ruptura (psi)	20000
Máxima de Prueba (psi)	10000

Temperatura de Diseño (°C) : 20.0

RECOMENDACIONES

Ensamble de la Tubería :

Parte Central del Tubo.
La parte central del tubo debe ser construido sin costura, de extrusión circular, continua y manufacturado con material virgen termoplástico sin adherencia de color.

Refuerzo.
El refuerzo empleado consta de una o más capas de fibras sintéticas de un material fino simple.

Reporte del Umbilical Submarino con Impulsos Eléctricos.



ReportWindows - RUS2.QRP

File View Print

Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería

PEMEX
Exploración-Producción

Umbilical con Cableado Eléctrico

Cable para transmisión de : ENERGIA

Material : CABLE DE ALTA CONDUCTIVIDAD SIMPLE

Forma : SOLIDO

Area Nominal (mm²) : 20.00

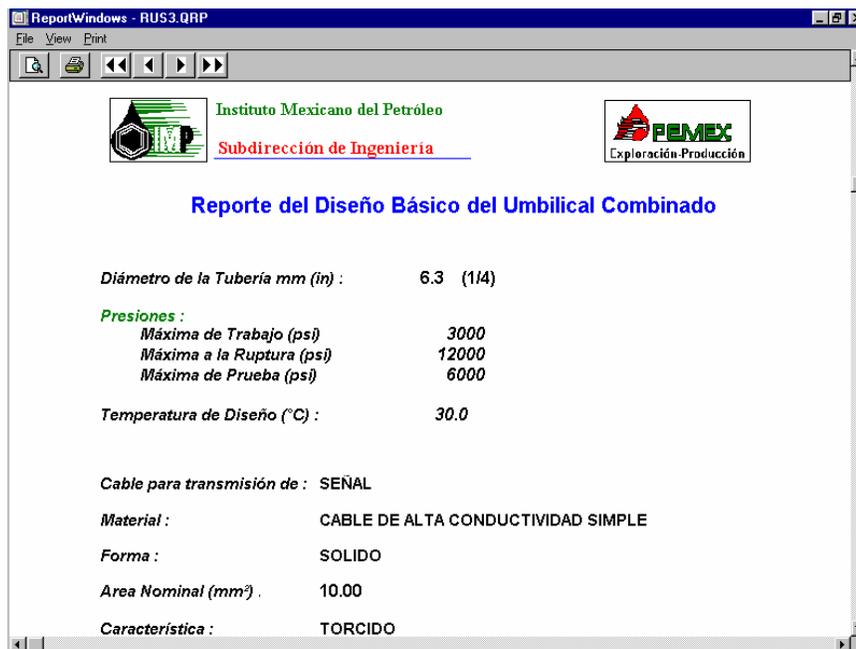
Característica : PROTEGIDO

Tipo : TRIPLE TORCIDO

Recomendaciones de los Componentes en los que esta Basada la Fabricación de los Cables

Aislamiento.
Los materiales aislante para el conductor dependerá principalmente del servicio a efectuar. Los

Reporte del Umbilical Submarino Combinado.



Los reportes de los Risers Submarinos son muy semejantes a los reportes de los Umbilicales Submarinos.

BIBLIOGRAFÍA.

Berwanger, Inc., 2000, MAP, Rapid Reliable Offshore Field Development Planning, E.U.A.

Brow & Root Energy Services, 1999, SEAPLAN, Programa para el diseño de sistemas costafuera, E.U.A.

Instituto Mexicano del Petróleo, 1999, Proyecto Litoral de Tabasco: Sistemas Submarinos de Producción.

Loney Kevin, 2000, Osborne McGraw-Hill, Oracle 8. Manual del administrador, España.

Rodríguez Núñez Jesús, 2001, entrevista a dicho ingeniero del Departamento de Ingeniería Civil del Instituto Mexicano del Petróleo sobre los valores de ponderación asignados a cada uno de los requerimientos para la selección de los Sistemas de Control mostrados en la tabla 6.2.

Terra Nova, 2001, terra nova, Hoja WEB del campo petrolero Terra Nova con una reserva estimada de 370 millones de barriles, <http://www.terranovalproject.com/>

Glosario de Términos .

Árbol Submarino.

Conjunto de válvulas de control, medidores de presión y estranguladores. Colocados en la parte superior del pozo, que se emplea para controlar el flujo de aceite y/o gas después que el pozo se ha perforado y terminado.

Barcaza de Tendido.

Barcaza empleada en la construcción y colocación de ductos submarinos. Los tramos de la tubería se sueldan y se bajan por la popa de la barcaza conforme se mueve hacia delante.

Cabezal Submarino.

El equipo superficial instalado en el pozo. Un cabezal incluye equipo como la cabeza de la tubería de revestimiento y de la tubería de producción. Perteneciente al cabezal del pozo, como al decir presión en la cabeza del pozo.

Campo.

Área geográfica en la que un número de pozos de aceite o gas producen de un yacimiento. Un campo puede referirse sólo al área superficial o también a los yacimientos. Un campo puede estar constituido por varios yacimientos a diferentes profundidades

Control Hidráulico.

Dispositivo usado en equipos marinos de perforación para controlar los preventores en el fondo del mar desde el equipo.

Línea de Flujo Submarina.

Existen varios tipos, como el de tubo flexible, tubería sencilla, o grupo de tuberías. Se emplean para interconectar los fluidos de producción con otras instalaciones de producción submarina o superficial.

Múltiple Submarino.

Sistema de acceso de una tubería a un sistema principal de tubería u otro conducto, que sirve para dividir un flujo en varias partes, para combinar varios flujos en uno o para enviar un flujo a cualquiera de sus destinos posibles. Tubería con varias salidas laterales para conectarlo con otras.

Plataforma.

Estructura marina fija construida sobre pilotes desde la cual los pozos se perforan y/o se producen.

Plantilla Submarina.

El una guía de perforación para pozos que se localizan a una distancia cercana unos de otros. Asimismo, proveen de una estructura de apoyo para la terminación de pozos submarinos.

Pozo.

El agujero hecho por la barrena, el cual puede estar adorado y descubierto en parte.

Riser Submarino.

Es un conducto para la transportación de hidrocarburos, inyección de aguas o gas, bombeo neumático, prueba de pozo, suministro de aire, suministro de nitrógeno, ventilación, o como guía para los paquetes eléctricos, hidráulicos y de comunicación, entre el equipo en el fondo marino y los sistemas de producción flotante.

SISSP.

Sistema de Información para la Selección de un Sistema Submarino de Producción y sus componentes.

Sistema de Control.

Son sistemas que consisten de dos subsistemas principales. Instalación e Intervención (I/I) y Control de Producción.

Sistema Submarino de Producción.

Son aquellos usados para la extracción de hidrocarburos del fondo del mar sin importar la profundidad a la que se encuentren. Dependiendo de su complejidad, éstos pueden variar desde un pozo satélite con líneas de flujo a una plataforma fija, hasta una plantilla con varios pozos produciendo hacia equipos flotantes.

Tubería.

Cilindro hueco y largo, generalmente de acero, a través del cual se conducen los fluidos. Las tuberías usadas en los campos petroleros son las de revestimiento, incluyendo tuberías cortas, de perforación, de producción o de transporte. Las tuberías de revestimiento, de producción y, de perforación se designan por su diámetro exterior. Debido a que los tramos de tubería se conectan por medio de coples roscados con herramientas estándar; un incremento en el espesor de la pared puede obtenerse únicamente reduciendo el diámetro interior. De esta forma el diámetro exterior es el mismo para todos los pesos de tubería del mismo diámetro. El peso se expresa en kilogramos por metro o en libra por pie. El grado depende del esfuerzo a la fluencia del acero.

Umbilical Submarino.

Son líneas de control tanto hidráulicas como eléctricas, existiendo un tercer tipo que emplea la combinación de estos dos.

Válvula.

Dispositivo utilizado para controlar el gasto del flujo en una línea, para abrirla o cerrarla completamente, o como un dispositivo de seguridad automático o semiautomático. Algunas de las válvulas más empleadas son las válvulas de compuerta, válvula de globo, válvula de aguja., válvula de seguridad o de alivio.

Yacimiento.

Cuerpo de roca porosa y permeable del subsuelo que puede almacenar aceite y/o gas. La mayor parte de los yacimientos son de caliza, dolomita, arenisca, o una combinación de éstas. Los tipos básicos de yacimientos son de aceite y gas y gas y condensado. Un yacimiento de aceite generalmente contiene tres fluidos, aceite, gas y agua, en donde la mayor parte es aceite. En un yacimiento típico de aceite, estos fluidos se presentan en distintos niveles, debido a la diferencia en sus densidades. El gas, el más ligero, ocupa la parte superior del yacimiento; el agua, la parte inferior; y el aceite, en la parte media. El gas, además de presentarse como capa o en solución, puede acumularse independientemente del aceite; si esto ocurre, se forma un yacimiento de gas. En muchos casos, agua salada y un poco de aceite se encuentran asociados con el gas. En un yacimiento de gas y condensados los hidrocarburos pueden existir como gas, pero, cuando llegan a la superficie y se abate la presión algunos de los más pesados se condensan en líquido.