

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



“ Proyecto de Fabricación de Bombas
de Subsuelo de Pozos de Petróleo ”

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de :
INGENIERO MECANICO - ELECTRICISTA

Presentado por :
David Augusto Morales Ciudad
PROMOCION 1988 - 2

LIMA - PERU

1991

PROYECTO DE FABRICACION NACIONAL
DE BOMBAS DE SUBSUELO PARA
EXTRACCION DE PETROLEO

INDICE GENERAL

Prólogo..... 9

CAPITULO No 1

INTRODUCCION

1.1 La Industria Petrolera Nacional..... 12
1.2 Los bienes de capital necesarios..... 14
1.3 Posibilidades de Equipamiento Nacional y
adaptación tecnológica..... 19

CAPITULO No 2

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE OPERACION

2.1 Sistema de bombeo mecánico..... 31
 2.1.1 Sarta de varillas.....33
 2.1.2 Golpe de fluido..... 34
 2.1.3 Impacto..... 35
2.2 Características generales de las unidades de
bombeo..... 36
 2.2.1 Unidades de bombeo convencionales API..... 39

2.2.2	Unidades balanceadas por aire	39
2.2.3	Unidades con montaje frontal.....	41
2.2.4	Principales factores de las unidades de bombeo	41
2.3	Principio de funcionamiento de las bombas de subsuelo.....	43
2.3.1	Clasificación API de las bombas de subsuelo.	48
2.3.2	Nomenclatura API de las bombas de subsuelo..	50
2.3.3	Características generales de las bombas de subsuelo.....	52
2.3.3.1	Bombas de tubería o bombas tubulares (TH, TW, TL).....	55
2.3.3.1.1	Bombas de tubería clasificadas de acuerdo al tipo de barril de trabajo.....	57
2.3.3.1.2	Bombas de tubería clasificadas de acuerdo al tipo de válvula estacionaria.....	59
2.3.3.1.3	Bombas de tubería clasificadas de acuerdo al tipo de émbolo.....	60
2.3.3.2	Bombas de inserción o bombas de varillas....	62

1. Bombas de inserción móviles	63
a) Barril viajero con anclaje en el fondo (RHT, RLT, RWT)	
2. Bombas de inserción estacionarias.....	65
a) Barril estacionario con anclaje en el tope (RHA, RWA, RLA)	
b) Barril estacionario con anclaje en el fondo (RHB, RWB, RLB)	
2.4 Características de los fluidos y condiciones de servicio.....	71

CAPITULO No 3

INGENIERIA DEL PRODUCTO

3.1 Especificaciones para el proyecto.	72
3.2 Partes constitutivas y modelos....	75
3.2.5 Metodología del trabajo seguida para el estudio del proyecto....	77
3.3 Identificación y estudio de los materiales de fabricación.....	80
3.4 Analisis de esfuerzos en los elementos.. ...	89

3.4.5 Ensayo realizado en la bomba de subsuelo.	105
3.5 Condiciones de desgaste.....	108
3.5.1 Importancia del desgaste en el diseño.	108
3.5.2 Tipos de desgaste.....	109
3.5.3 Factores que intervienen en el desgaste.	114
3.5.3.1 Variables relacionadas con la metalurgia.	114
3.5.3.2 Variables relacionadas con el servicio. ...	116
3.5.4 Desgaste en la bomba.....	118

CAPITULO No 4

INGENIERIA DEL PROCESO

4.1 Consideraciones constructivas.....	120
4.2 Especificaciones de Equipos , Máquinas necesarios.	148
4.3 Identificación y selección de talleres.	151
4.4 Infraestructura especial necesaria.....	155

CAPITULO No 5

EVALUACION ECONOMICA

5.1 Cálculos de inversión.	157
5.2 Costos de Fabricación.	161
5.3 Evaluacion Económica..	173

Conclusiones y Recomendaciones..... 174

Bibliografía

Planos

Apéndice A

Apéndice B

Apéndice C

PROLOGO

El presente proyecto desarrollado "Fabricación nacional de bombas de subsuelo", es un tema muy importante dentro del proceso de integración nacional de productos importados.

El objetivo es presentar en forma ordenada los elementos de juicio más importantes que tienen relación con el aspecto del diseño y la evaluación económica.

Es necesario resaltar que el presente volumen servirá para abrir caminos dentro de la Industria Nacional.

Se estudia un tipo de bomba RWT-20-125, pues es el de mayor consumo dentro de nuestro mercado.

Para la realización de éste trabajo se ha tenido la participación de la Universidad de Ingeniería, de la Industria, de la empresa Petróleos del Perú.

En el capítulo 1, se trata sobre la "Industria Petrolera Nacional" a través de sus bienes de capital, adaptación tecnológica.

En el capítulo 2, se realiza un "Estudio de la condiciones de operación" de la bomba, algunas características importantes y que tipos de bomba existen.

El capítulo 3 gira alrededor de la "Ingeniería del Producto", detallando aquí conceptos y alternativas de materiales para la fabricación, también muestra datos de los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de la Universidad de Ingeniería.

Después se ve el Proceso de Fabricación en el capítulo 4, donde se toca la "Ingeniería del Proceso", así como la Infraestructura necesaria, complementado con las evaluaciones realizadas en algunos talleres.

Al final en el capítulo 5 se realiza una "Evaluación Económica" acompañado del aspecto técnico, para mostrar los alcances de éste proyecto.

CAPITULO 1 INTRODUCCION

El siguiente proyecto de fabricacion nacional de bombas de subsuelo para uso petrolero tiene por finalidad la sustitucion de este producto importado dentro de un programa de integracion nacional.

Por ello es necesario realizar un estudio tecnico-economico y ver la factibilidad de este proyecto, pues uno de los objetivos de la integracion nacional de bienes y servicios es el ahorro de divisas, el crecimiento de la industria nacional y la creacion de nuevas fuentes de trabajo.

En este estudio se analiza el diseno de los elementos y materiales de fabricacion a traves de los standards API, luego se sugiere que tipos de acero dentro del mercado nacional e importado se pueden utilizar como sustituto.

En base a estos resultados se especifican los equipos, maquinas y utilajes necesarios y se identifican que talleres dentro del mercado nacional estan en capacidad de realizar estas fabricaciones y si no los hubieran se daran que condiciones deben tener los talleres.

Despues de ver que existan industrias nacionales competentes, se realizara un analisis economico para ver si es rentable el proyecto, lo cual se reflejara en el ahorro de divisas.

Este estudio abarca a un solo tipo de bomba, la mas usada, lo cual se puede extender a los demas tipos de bomba.

1.1 La Industria Petrolera Nacional

La industria petrolera esta calificada como una actividad de alto riesgo en razon a que requiere de importantes inversiones para detectar la existencia de hidrocarburos, o sea la fase de exploracion, etapa en la cual -de no tener exito- se pierde todo el capital invertido.

Petroleos del Peru, es la empresa nacional dedicada a la explotacion y comercializacion de los productos derivados del petroleo, con una produccion de 40,000 BARRILES por dia que representa el 40 %.

A la vez esta la empresa extranjera Occidental Petroleum of Corporation, dedicada tambien a la exploracion y explotacion del petroleo, con una produccion de 60,000 BARRILES por dia que representa el 60 % de la produccion nacional.

En el mapa No 1.1, se pueden ver los lotes asignados a cada empresa para la exploracion y explotacion.

1.2 Los Bienes de Capital Necesarios

Otras de las características de esta actividad es que se requiere de divisas para la captación de tecnología, adquisición de materiales y equipos y otros, lo cual resulta que del Presupuesto General de la empresa petrolera, el 60% tiene que ser requerida en moneda extranjera.

Petroleos del Peru, dentro de sus bienes de capital, tiene equipos de pozo en producción, equipos de perforación, equipos de oleoducto, plantas de refinación, y anualmente invierte en reposición de equipos y repuestos. En el cuadro siguiente se muestra los rubros de mayor porcentaje de inversión (que son aproximadamente el 75%), a partir del año 1986 (Fuente: Petroperu) que nos servirá para tener una idea global de la cantidad de divisas que salen al exterior por productos que se importan, y cual es la necesidad e importancia de apoyar y fomentar la fabricación nacional de equipos y repuestos:

INVERSION ANUAL EN REPOSICION DE
EQUIPOS Y REPUESTOS
AÑO 1986
(EN MILLONES DE DOLARES, MM US\$)

	NOROESTE	SELVA NORTE	SELVA CENTRAL	TOTAL
Sistema de Recoleccion de Crudo	2.22	0.88	0.17	3.27
Sistema de Recoleccion y Distribucion de Gas	0.11		----	0.11
Sistema de Electrificacion	0.08	0.24	0.02	0.34
Equipo de Produccion Artificial	8.30	0.77	0.05	9.12
Equipo de Perforacion	0.50		----	0.50
Equipo de Servicios de Pozos	0.29	0.03	0.01	0.33
T O T A L	11.50	1.92	0.25	13.67

Cuadro No 1.11

INVERSION ANUAL EN REPOSICION DE
EQUIPOS Y REPUESTOS
ANO 1987
(EN MILLONES DE DOLARES, MM US\$)

	NORDESTE	SELVA NORTE	SELVA CENTRAL	TOTAL
Sistema de Recoleccion de Crudo	0.36	0.02	0.03	0.41
Sistema de Recoleccion & Distribucion de Gas	0.01	----	----	0.01
Sistema de Electrificacion	0.57	0.64	----	1.21
Equipo de Produccion Artificial	0.59	1.52	----	2.11
Equipo de Perforacion	0.02		----	0.02
Equipo de Servicios de Pozos	0.03	0.04	----	0.07
T O T A L	1.58	2.22	0.03	3.83

Cuadro No 1.12

INVERSION ANUAL EN REPOSICION DE
EQUIPOS Y REPUESTOS
AÑO 1988
(EN MILLONES DE DOLARES, MM US\$)

	NOROESTE	SELVA NORTE	SELVA CENTRAL	TOTAL
Sistema de Recoleccion de Crudo	1.22	0.47	0.09	1.78
Sistema de Recoleccion y Distribucion de Gas	0.04		----	0.04
Sistema de Electrificacion	0.93	1.83	----	2.76
Equipo de Produccion Artificial	2.86	0.58	----	3.44
Equipo de Perforacion	0.16	----	----	0.16
Equipo de Servicios de Fozos	0.04			0.04
T O T A L	5.25	2.88	0.09	8.22

Cuadro No 1.13

INVERSION ANUAL EN REPOSICION DE
EQUIPOS Y REPUESTOS
AÑO 1989
(EN MILLONES DE DOLARES, MM US\$)

	NOROESTE	SELVA NORTE	SELVA CENTRAL	TOTAL
Sistema de Recoleccion de Crudo	0.36	0.02	0.03	0.41
Sistema de Recoleccion y Distribucion de Gas	0.01	----	----	0.01
Sistema de Electrificacion	0.57	0.64	----	1.21
Equipo de Produccion Artificial	0.59	1.52	----	2.11
Equipo de Perforacion	0.02		----	0.02
Equipo de Servicios de Pozos	0.03	0.04	----	0.07
T O T A L	1.58	2.22	0.03	3.83

Cuadro No 1.14

1.3 Posibilidades de Equipamiento Nacional y Adaptación Tecnológica

De acuerdo con lo establecido en la Ley General de Industrias y demás disposiciones vigentes sobre defensa de la industria nacional, uno de los objetivos prioritarios del Gobierno y del Ministerio de Industrias, Comercio, Turismo e Integración es el apoyo preferente a la industria nacional de bienes y servicios a fin de facilitar un desarrollo armónico y significativo de las fuentes de producción de bienes y servicios nacionales y el correspondiente apoyo a la industria nacional a fin de que el Sector Público, incluyendo a la Actividad Empresarial del Estado adquiera preferentemente bienes y servicios de producción nacional sustituyendo sus importaciones mediante programas de integración nacional.

Por su importancia económica, su poder de compra y la magnitud de sus adquisiciones de bienes y servicios para el desarrollo de sus operaciones tanto para el desenvolvimiento de su actividad operativa como para sus proyectos de inversión, PETROPERU debe participar activamente en el logro de los objetivos enunciados anteriormente.

Es así como dentro de esta política de apoyo a la industria nacional PETROPERU ha venido llevando a cabo un programa a fin de lograr dichos objetivos y para cuyo perfeccionamiento ha considerado unir esfuerzos con el Ministerio de Industrias, Comercio, Turismo e Integración y el Banco Central de Reserva del Perú, a fin de que en forma concertada se logren los mejores resultados para esta acción en que está empeñado el Gobierno.

Para el logro de los objetivos señalados es fundamental contar con fuente de funcionamiento que permita a la industria nacional ofertar sus bienes y servicios en condiciones financieras favorables que le permitan competir para efectos de la sustitución de las importaciones, ante esta situación el Banco Central de Reserva del Perú consciente de la necesidad de dicho financiamiento interviene en el presente convenio, a efectos de brindar su apoyo al mismo para el logro de los objetivos trazados.

Es por esta razón que PETROPERU y el Ministerio de Industria, Comercio, Turismo e Integración acuerdan realizar el máximo esfuerzo para que en forma

coordinada PETROPERU logre aumentar sus compras de bienes y servicios nacionales y la correspondiente sustitucion de sus importaciones.

Para estos efectos ambas instituciones coordinan en forma permanente con los productores nacionales de bienes y servicios a fin de determinar la oferta actual y potencial.

Ademas para lograr los objetivos señalados ambas instituciones acuerdan la creacion e instalacion inmediata en PETROPERU de un Nucleo de Articulacion Industrial, en adelante denominado NAI, cuyo objetivo sera obtener la progresiva sustitucion de importacion de bienes y servicios dentro de una politica de compras orientada a adquirir con preferencia bienes y servicios nacionales bajo condiciones adecuadas de calidad, oportunidad y precio.

Las principales funciones del NAI son las siguientes:

- 1.- Observar y evaluar el cumplimiento de la politica de compras de bienes y servicios nacionales en las adquisiciones de PETROPERU.
- 2.- Difundir el plan de adquisiciones que tenga PETROPERU a mediano y largo plazo.

3. Evaluar la oferta nacional de bienes y servicios en los aspectos de capacidad, tecnología, calidad, precio y plazo de entrega.
- 4.- Mantener relaciones periodicas con proveedores y contratistas nacionales para apoyar tecnica y/o financieramente su desarrollo.
- 5.- Velar con la participacion mayoritaria de la ingenieria nacional proyectos que emprende PETROPERU.

Como mejor de organizacion sera necesario que el NAI este conformado por un Secretario Ejecutivo, perteneciente al nivel gerencial de PETROPERU, designado por el Directorio de PETROPERU, el que reportara a la Gerencia General, y tantos miembros como sean necesarios, para que cada una de las unidades que en PETROPERU y en sus subsidiarias esten involucradas directamente en la programacion de las adquisiciones de bienes y servicios y en el desarrollo y administracion del sistema de normalizacion y calidad, asi como en la contratacion de servicios tecnicos y obras.

Ademas que las designaciones de los miembros del NAI seran aprobadas por la Gerencia General a propuesta del Secretario Ejecutivo.

El NAI concertara con los sectores productivos nacionales a efectos de desarrollar programas conjuntos que faciliten la orientacion de la compra estatal hacia la industria nacional de bienes y servicios petroleros.

Ademas para los logros de los objetivos señalados se crea el Fondo de Promocion Comprador Peruano, FOCOPE, que sera utilizado para el apoyo de estudios y desarrollos tecnologicos conducentes a la solucion a problemas tecnologicos y economicos de los fabricantes, especificaciones de equipos, desarrollo de prototipos, pruebas y ensayos, y otros que puedan ser materia de dicho apoyo. El FOCOPE estara integrado por aportes de los sectores publicos y privados involucrados en la materia.

PETROPERU aportara al FOCOPE una suma inicial que determinara y aprobara su Directorio conforme a las disposiciones vigentes. El FOCOPE sera administrado por el Secretario Ejecutivo del NAI, con cargo de rendir cuentas al Directorio de PETROPERU.

El Banco Central de Reserva del Peru brindara su apoyo para el financiamiento de proyectos especificos de desarrollo de la industria nacional que surgen como

consecuencia de la concertación del NAI, utilizando para el efecto las distintas líneas de crédito que posee a través de los diferentes fondos de intermediación que son utilizados por el sistema financiero nacional.

Por expuesto anteriormente, se crea el Nucleo de Articulación Industrial para logros de sustitución de equipos, repuestos importados, como actualmente viene funcionando dentro de PETROPERU, con un esquema de organización que a continuación se presenta en el gráfico siguiente:

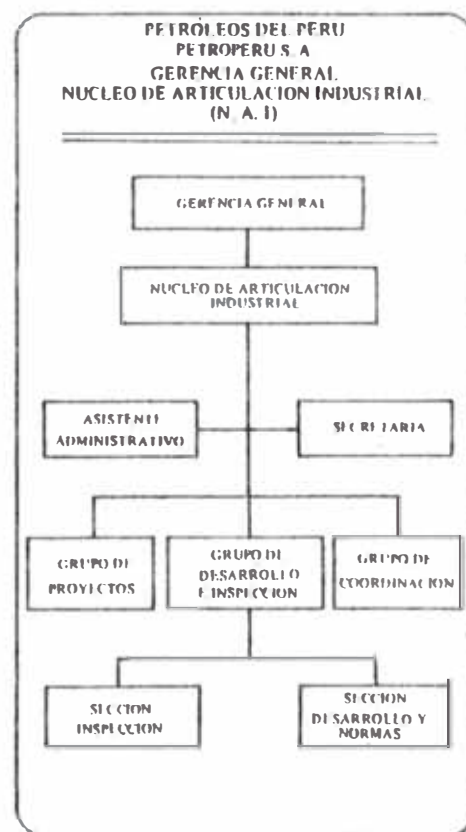


Fig. 1.2

Dentro de la Sección Desarrollo y Normas se ve los aspectos de diseños de repuestos, equipos de acuerdo a normas, además de los tipos de materiales a usar y demás aspectos de ingeniería.

En la Sección Inspección tiene que realizarse la evaluación de los diferentes talleres de la industria nacional para sugerir cuáles están aptos a realizar la fabricación de un proyecto, así como la supervisión de dicha fabricación.

Es así pues que en base a estos esquemas los trabajos de integración nacional realizados en el NAI son un gran número, como se muestra en el cuadro siguiente:

NOTA: El ahorro anual de divisas que se verá en el siguiente cuadro, está considerando todo, como son los aranceles, impuestos, etc

N.A.I. PETROPERU S. A.

LOGROS EN SUSTITUCION DE IMPORTACIONES

Cuadro No 1.15

DESCRIPCION	AHORRO ANUAL DIVISAS (MILES DE US\$)
Grampas de emergencia para tuberias (57-712) 16 items.	65.1
Valvulas de bola y compuerta de fierro fundido tipo clip (58-309/58-056) 27 items.	41.4
Productos quimicos para lodos de perforacion (5 items).	1284.0
Asiento de valvula para bomba de crudo National J-165 Codigo 66-643-2071 (1 item).	3.6
Empaquetadura de asbesto prensado con chaqueta electrolitica para motor AJAX (79-185-3944) 1 item.	2.3

N.A.I. PETROPERU S. A.

LOGROS EN SUSTITUCION DE IMPORTACIONES

Cuadro No 1.16

DESCRIPCION	AHORRO ANUAL DIVISAS (MILES DE US\$)
Cal hidratada para manufactura de grasas (64-146-0116)	97.9
Arcilla activada (64-106-3001)	103.5
Repuestos para Mesa Rotaria Ideco de equipos de perforacion ONO (2 items)	3.7
Conformado de tubos para calderos Foster Wheeler de Refineria Talara (35 items)	40.0
Empaquetaduras para intercambiador Gea-Iberica de Refineria Iquitos (13 items)	10.0
Estabilizador para sarta de perforacion (Recuperacion)	100.0

N.A.I. PETROPERU S. A.

LOGROS EN SUSTITUCION DE IMPORTACIONES

Cuadro No 1.17

DESCRIPCION	AHORRO ANUAL DIVISAS (MILES DE US\$)
Pistones de aluminio para motores ARROW C-106. de unidades de bombeo	33.5
Aceite de Castor para manufactura de grasas (1 item)	200.0
Fajas industriales en "V" para equipos diversos (349 items)	652.0
Sebo animal para elaboracion de grasas en Refineria Talara (1 item)	85.0
Repuestos para embragues Twin Disc Clutch (5 items)	11.4
Inhibidor y microbiocida utilizado en Operaciones Oleoducto (1 item)	30.0
Articulos de jebe fabricados por Productos Prix S. A.	252.6

N.A.I. PETROPERU S. A.

LOGROS EN SUSTITUCION DE IMPORTACIONES

Cuadro No 1.18

DESCRIPCION	AHORRO ANUAL DIVISAS (MILES DE US\$)
Repuestos para Refineria La Fampilla fabricados por la firma Industrial Mecanica G. D. B. (366 items)	150.0
Cartas/discos para instrumentos registradores de Dpto. Produccion Noroeste (21 items)	88.9
Cisternas de suministro de combustible para Aeropuerto (1 item)	400.0
Repuestos para winche neumatico I.Rand del Equipo 10 de Perforacion Noroeste (2 items)	6.2
Tableros de control para sistema de proteccion de motobombas de Oleoducto (1 item)	0.0

N.A.I. PETROPERU S. A.

LOGROS EN SUSTITUCION DE IMPORTACIONES

Cuadro No 1.19

DESCRIPCION	AHORRO ANUAL DIVISAS (MILES DE US\$)
Segmentos para panal de radiador Caterpillar D398 para Operaciones Oleoducto (1 item)	6.7
Unas piramidales para tenazas de perforacion Cod. 46-467-4187	6.5
Empaquetaduras (repuestos) para equipos diversos de Operaciones (347 items)	200.7
Modulos (19) habitacionales helitransportables -Portakamps- para campamentos de Operaciones Selva	200.0
Anillos Pall para torres de tratamiento de agua y acumulador de gasolina en Refineria Iquitos (Cod. 63-639-4172)	0.5

CAPITULO 2 ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE OPERACION

2.1 Sistema de Bombeo Mecanico

El bombeo mecanico es el metodo de produccion artificial mas utilizado para producir pozos de petroleo. Su exito se debe fundamentalmente a su simplicidad, eficiencia y confiabilidad.

En forma general 80% al 90% de todos los pozos de elevacion artificiales estan siendo producidos mediante bombeo de vastago de succion (Sucker Rod). En ONO, de un total de 1644 pozos con equipo de produccion artificial, 1512 de ellos (92%) producen por bombeo mecanico. Esta cifra da idea de la importancia que tiene para PETROLEOS DEL PERU el sistema citado en la explotacion del petroleo, es obvio que un mejoramiento en su eficiencia de operacion, **representaria** incremento notable en la produccion de aceite.

Este sistema se caracteriza tambien por ser relativamente seguro ya que no requiere liquido o gas de alta presion para su operacion; asimismo casi **siempre** el sistema mas economico que puede utilizarse para producir un pozo.

Aunque el sistema de viga vastago de succion es mecanicamente simple y ha demostrado ser de larga vida y de operacion economica, muchos factores deberan ser considerados en el diseno de un sistema apropiado. El ingeniero de diseno debe estar intimamente familiarizado con la funcion y las características complicantes de cada parte de todo el sistema, si se ha de esperar una performance optima. Aunque se muestra simple, en la practica de campo, el comportamiento del sistema de viga y vastago de succion es sorprendentemente complejo.

Una de las desventajas del bombeo con varillas es que los volúmenes de crudo que se bombean se reducen con la profundidad de bombeo. No obstante recientes desarrollos tecnologicos han permitido mejorar el diseno y la capacidad de los equipos asociados con este sistema (piston, unidades de bombeo, varillas, bombas de subsuelo) y desde ya se considera que continuara siendo el metodo mas popular para producir pozos de petroleo.

2.1.1 Sarta de Varillas

1.- Generalidades

Se produce alargamiento de las varillas por el propio peso de estas y por el peso de la columna de fluidos, transmitidos a través del embolo. El embolo de una bomba no puede ser levantado hasta que la sarta de varillas este completamente extendida o alargada.

2.- Efecto de la Columna de Fluido

La tubería es elástica al igual que las varillas. En la carrera descendente del embolo, el peso de la columna de fluido es transferido a la tubería, mediante la disposición del retenedor de la bomba; esto causa el alargamiento en la tubería. Cuando la sarta de varillas es elevada, el peso de la columna de fluido en la tubería es transferida al embolo; esto aligera la tubería, de modo que se mueve hacia arriba con la bomba, hasta que el balance entre el alargamiento y la carga sean igualados, y el embolo se desliza hacia arriba en la bomba

solamente, siendo levantado el fluido. El peso del fluido es proporcional al cuadrado del diametro de la bomba.

3.- Efecto de la Tuberia Anclada

El anclamiento de la tuberia evita su alargamiento y resulta en una carrera del embolo, mas amplia y efectiva y es levantado mas petroleo. La potencia requerida varia directamente con la cantidad de fluido levantado; conforme las varillas transmiten esa potencia, la carga sobre ellas, unidad de bombeo y el motor de la unidad es aumentada anclando la tuberia. Mientras que usando tuberia no anclada, el no alargamiento de la tuberia tiende a aliviar la sacudida de la carga, tan pronto como se cierra la valvula viajera haciendo la transferencia de la carga, hacia las varillas mas gradual.

2.1.2 Golge de Fluido

El golpe de fluido, ocurre cuando el cilindro no es llenado completamente y el embolo golpea la

superficie del fluido, en la carrera descendente. En pozos gaseosos, se debe a que el pozo esta fuera de bombeo o donde el fluido es demasiado viscoso para llenar la capacidad de la bomba. Todo puede evitarse reduciendo la velocidad y longitud de carrera o instalando una bomba de diametro mas pequeno. El golpe de fluido, es la causa para que la bomba falle antes que se produzca normalmente, si no es evitado.

2.1.3 Impacto

El impacto se origina cuando las partes viajeras de la bomba golpean las partes fijas, causando un torcimiento del embolo y desalineamiento o rompimiento de las camisas, la abertura o alabeo del asiento de la valvula y tambien la quebradura de la caja de la valvula y de otras partes.

El impacto es debido a un ajustamiento impropio de la longitud de carrera en la unidad de bombeo.

2.2 Características Generales de las Unidades de Bombeo

Son mecanismos **que** convierten el movimiento rotativo del motor en movimiento recíprocante vertical-ascendente y descendente- y lo transmite a través de la sarta de varillas hasta la bomba de subsuelo.

Basicamente se compone de: Una base de armazón de perfiles laminados en la que van instalados el motor, el reductor y el postemaestro.

Sobre el poste maestro va instalada la viga balancín o viga viajera. En la parte delantera de esta, va fijada la cabeza de caballo a la cual se conecta el portavástago que es el que enlaza y acciona el varillón pullido y lo mantiene vertical en todo momento. Al otro extremo de la viga balancín van conectados dos brazos verticales -pitman- uno a cada lado del compensador, que a su vez se fijan por medio de pivotes rotativos -pines- al crank.

El reductor o caja de transmisión reduce la velocidad del motor a velocidades de bombeo que pueden variar de 4 a 40 s.p.m.; la más usadas son las cajas de transmisión doble para motores de alta velocidad de 600 a 1200 RPM. - G.R. 7.59, 57.6- y las de transmisión

simple para motores de baja velocidad de 200 a 500 RPM. -G.R. 1.22, 7.59-.

El G.R. o relacion de giro se define como el cociente entre la velocidad del motor y la velocidad del eje de salida del reductor. La capacidad de torque maximo de un reductor es un factor importante en el diseno de unidades y la designacion API para unidades de bombeo esta basada en el maximo torque permisible del reductor. Asi, una unidad API 160, tiene un torque maximo de 160,000 pulg-lb. El API ha estandarizado 16 tipos de unidades con capacidades de torque que varian de 6.4 a 1'824,000 pulg-lb.

La polea de la unidad es la que recibe, a traves de las fajas, la potencia del motor; la relacion de diametros de las poleas del motor y de la unidad y la relacion de giro determinan la velocidad de la unidad.

Los diferentes tipos de unidades de bombeo se distinguen de acuerdo a la ubicacion o metodo de contrabalanceo.

2.2.1. Unidades de Bombeo Convencionales API

Estas unidades tienen contrapesos rotativos y/o contrapesos en el extremo del balancin. La rotacion de los contrapesos hace que el balancin pivotee en el eje de la montura central, moviendo el varillon arriba y abajo a traves de sus **conexiones**. Los contrapesos son de hierro fundido, van montados sobre los cranks y pueden desplazarse a lo largo de ellos para producir mayor o menor efecto de contrapeso.

2.2.2 Unidades de Bombeo Balanceadas por Aire

Son unidades de geometria **diferente** a las convencionales, tienen el reductor instalado entre el poste maestro y el pozo, y un cilindro de contrapeso neumatico. Cuando el sistema no tiene suficiente **aire** para un contrabalance normal, un regulador automatico activa el embrague neumatico, que a su vez hace funcionar el compresor de aire, el cual automaticamente se detiene, cuando el aire contenido en la botella neumatica alcanza la presion de contrabalance a la que esta regulada.

Si la unidad trabaja con motor eléctrico, es necesario instalar un compresor de aire con su motor propio.

Estas unidades se usan para operar pozos profundos; en muchos casos no hay otra alternativa que usarlas, porque no sería práctica la construcción de unidades convencionales grandes por el tamaño de los contrapesos.

2.2.3. Unidades de Bombeo con Montaje Frontal

Son unidades de geometría similar a las balanceadas por aire, sus contrapesos son del tipo rotativo.

2.2.4 Principales Factores de las Unidades de Bombeo

1.- Efecto de la Longitud de Carrera

Si la longitud de carrera en la unidad de bombeo, es la misma o menor que la cantidad total de alargamiento de la sarta de varillas y de la tubería, el embolo no se moverá absolutamente nada. En tal caso, toda la unidad de bombeo realiza este alargamiento y no alargamiento de las varillas; y ningún fluido es bombeado, debido a que el embolo no se mueve.

2.- Ventajas de Velocidad Lenta en la Unidad de Bombeo

a.- Existe una "sobrecarrera" del embolo, en la carrera descendente del mismo; así por ejemplo 2,000' de varillas, moviendose de 20 a 54" carreras por minuto, tiene una "sobrecarrera" de 1.9" mientras que una sarta de varillas de 6,000', bajo las mismas condiciones tiene una sobrecarrera de 17.1". Una velocidad, en la unidad de bombeo lenta, reduce esta accion; así como la "sobre carrera" del embolo.

b.- Con la gran temperatura encontrada en los pozos profundos, es considerado por muchos operadores que una velocidad lenta evita calor adicional por friccion, y el fluido tiene mas tiempo para enfriarse; esto reduce la accion corrosiva de los acidos y retarda la gasificacion. En pozos arenosos, la turbulencia causada por una velocidad muy excesiva de la unidad de bombeo, tiende a poner en movimiento la arena; y en pozos gaseosos, existe la tendencia a separar el gas del fluido, además que la accion abrasiva es aumentada, por viaje rapido del embolo en el cilindro.

3.- Efecto del Contrapeso Impropio en la Unidad de Bombeo

Un contrapeso inefectivo, causa movimiento irregular del varillon, lo cual aumenta su vibracion. Un contrapeso exacto, reducira las fallas en las varillas y aumentara eficiencia y duracion en las bombas.

2.3 Principio de Funcionamiento de la Bomba

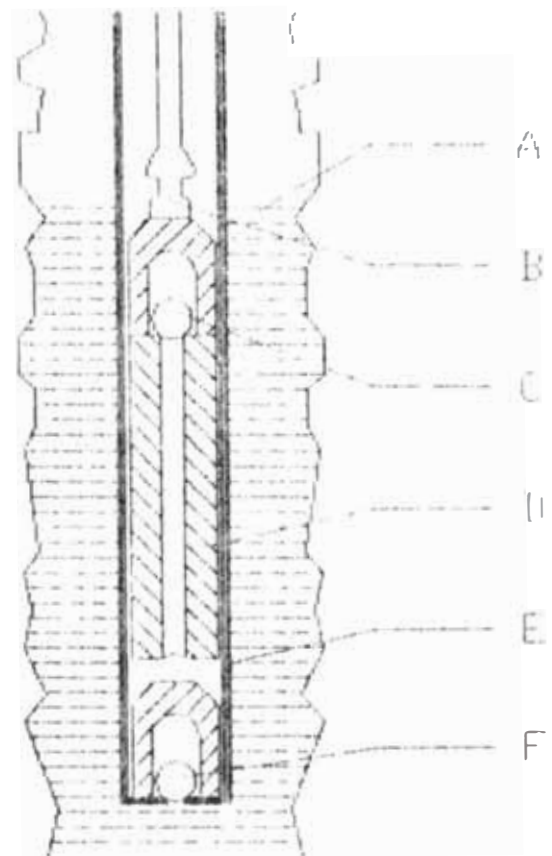
La fig. 2.3 es un diagrama esquematico de las varias fases en el ciclo de bombeo. El ciclo puede aplicarse en bombas de tuberia y de insercion.

Al igual que una bomba comun de pozo de agua, las bombas de subsuelo son del tipo reciprocante, ellas tienen un embolo hueco, un deposito cilindrico, una valvula de entrada (llamada valvula fija) y una valvula de escape (llamada valvula viajera). Una breve explicacion de su funcionamiento, tal como se ilustra en la fig. 2.3 puede darse de la manera siguiente :

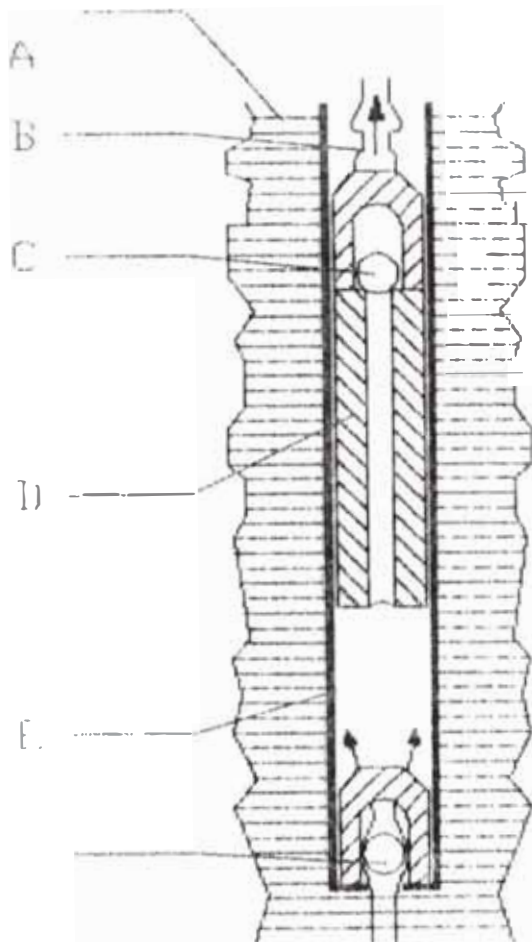
En la fig. 2.3 a , el embolo (D) es mostrado al fondo de su viaje en el cilindro de la bomba (E).

OPERACION DE LA BOMBA DE SUBSUELO

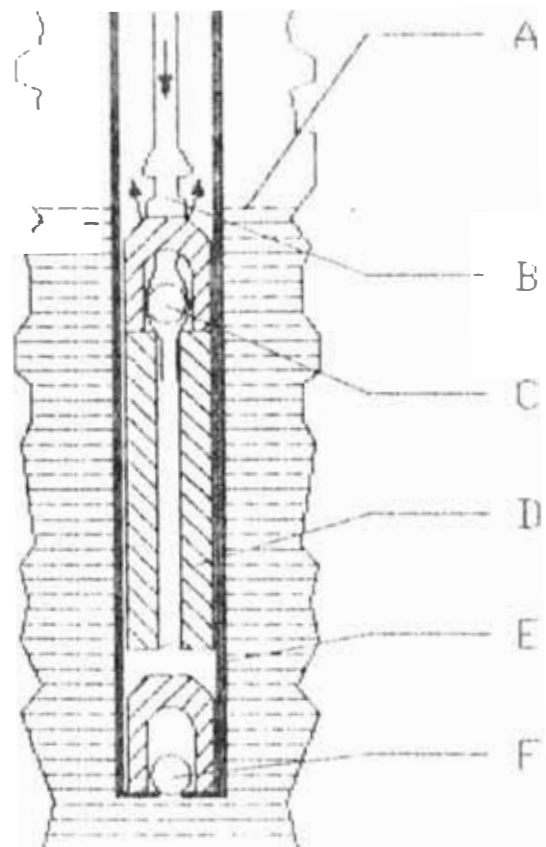
- A.- Nivel de fluido en el pozo.
- B.- Varilla
- C.- Valvula viajante
- D.- Embolo
- E.- Cilindro de la bomba
- Valvula fijo.



(a)



(b)



(c)

El fluido se mueve hacia arriba a través de la válvula móvil abierta (C), mientras que el peso de la columna fluida en la tubería es soportado por la válvula estacionaria, la que está correspondientemente cerrada.

En la fig. 2.3 b el embolo es mostrado ascendiendo hacia la parte superior de su viaje (carrera), después de haber sido levantado por la fuerza de extracción de la unidad de bombeo transmitida al embolo a través de las varillas (B).

La válvula móvil está cerrada y la estacionaria está abierta a causa de una caída de presión encima de esta válvula, originada por el movimiento del embolo, si es que aun existe producción del pozo. El peso de fluido (A) mas algo de gas o agua de impulsión remanente en la arena petrolífera y la succión debido a la carrera ascendente del embolo, fuerzan a la válvula (F) a elevarse, permitiendo con ella el flujo de fluido al espacio del cilindro previamente ocupado por el embolo.

En la fig.2.3ç el embolo esta descendiendo y otra vez ha alcanzado el punto mas bajo de su viaje. La valvula estacionaria (F) esta cerrada por la presion incrementada resultante de la compresion de los fluidos en el volumen entre las valvulas movil y estacionaria. Como quiera que el embolo es hueco el fluido simplemente ha pasado de un lado a otro, y fue forzado enteramente arriba del embolo donde abrio la valvula viajera (C) y fluyo hacia la parte superior del cilindro e interior de la tuberia. El fluido fue impedido de volverse atras fluyendo fuera de la bomba por la valvula fija, la cual fue cerrada por el peso de la bola y el peso del fluido estancado en el cilindro.

Volviendo a la fig 2.3b , asumiendo ahora que el embolo ha sido otra vez levantado, esta vez la valvula viajera se cerro debido al peso de la bola, la succion causada por el embolo y el peso de fluido en la tuberia.

Durante la carrera ascendente el peso de la columna entera de fluido es levantada a la

distancia de la carrera del embolo, pero en la carrera descendente el peso de la columna de fluido es otra vez transferido a la valvula fija.

Como la operacion de bombeo es repetida y el embolo se mueve hacia arriba y abajo en el cilindro de la bomba, el fluido es levantado cada vez mas alto en la tuberia hasta que fluye fuera del pozo en la parte superior.

Cuando la bomba esta operando en el fondo de un pozo profundo, es obvio que una columna pesada de fluido tiene que ser levantada cada vez que el embolo es levantado.

Se puede observar lo siguiente :

1.- El peso de la columna de fluido levantado en la carrera ascendente del embolo (fig. 2.3 b) llega a ser un factor importante en pozos profundos; si este peso es demasiado grande las varillas son estiradas y no estiradas a una extension tal que el embolo tiende a romperse al moverse en conjunto, en tal caso una bomba de volumen mas pequeno es instalado en el pozo y

asi menos fluido es bombeado y el peso de la columna de fluido es menor.

2.- Se observa que el peso de la columna de fluido es transferido al cilindro del fondo de la bomba por la valvula fija (fig. 2.3); naturalmente este peso estirara el cilindro cuando la bomba este sentada en la tuberia por un retenedor fijado en la parte superior del cilindro, pero cuando un arreglo de asentamiento en el fondo es usado (retenedor fijado al fondo del cilindro) el cilindro no es estirado.

2.3.1. Clasificacion A.F.I. de las bombas de subsuelo

El Instituto Americano de Petroleo ha adaptado un sistema de clasificacion para bombas subterraneeas.

Estas clasificaciones tomadas de "Practicas Recomendadas A.P.I." 11AR, son mostradas en la fig. 2.4

Los tipos de bomba son como sigue:

- Clase 1: Tipo de tuberia con o sin zapata (anclaje) en el fondo y boquilla (niple de extension).

- Clase 2: tipo vastago (insertable), barril estacionario, con anclaje en el tope (arriba).
- Clase 3: tipo vastago (insertable), barril estacionario, con anclaje en el fondo.
- Clase 4: tipo vastago (insertable), barril movil.

2.3.2. Nomenclatura ARI de las bombas del subsuelo

La designacion de unha bomba completa incluye:

- (1) Diametro nominal de la caneria de produccion (tubing)
- (2) Diametro basico de la bomba
- (3) Tipo de bomba, incluyendo tipo de barril y ubicacion y tipo de anclaje
- (4) Longitud del barril
- (5) Longitud del piston
- (6) Longitud total de las extensiones cuando corresponda. La forma de expresarlo es la siguiente:

F I G . 2.5

NOMENCLATURA A.P.I. DE BOMBAS DE SUBSUELO

XX XXX X X X X X X X

								longitud total de extensio-
								nes, total de pies.
								Longitud nominal del pistón,
								pies.
								Longitud del barril, pies.
								Tipo de asiento: c - de copas
								m - mecánico
								Ubicación del asiento:
								A - en la parte superior
								B - en la parte inferior
								T - en la parte inferior - barril viajero
								Tipo de barril: H - barril de pared gruesa
								L - barril de alinas
								W - barril de paredes delgadas
								Tipo de bomba: R - de varillas
								T - de tubos
								Diámetro de la bomba (básico): 106 - 1-1/16" 200 - 2"
								125 - 1-1/4" 225 - 2-1/4"
								150 - 1-1/2" 250 - 2-1/2"
								175 - 1-3/4" 275 - 2-3/4"

Tubing usado: 20 - 2-3/8" OD
 25 - 2-7/8" OD
 30 - 3-1/2" OD

Por ejemplo: La especificacion API 20 - 125 RWTC 7
- 2 4 se refiere a una bomba: usada en tuberia de 2-
3/8"

con piston de 1-1/4"
bomba de varillas
con barril de paredes delgadas
con barril viajero
con asiento de copas
7' de longitud de barril
2' de longitud de piston
4' de extensiones

2.3.3. Caracteristicas Generales de las Bombas de subsuelo

Cuando la presion del reservorio es demasiada
baja como para permitir ascender en un pozo el
flujo con su propia energia, son requeridas
algunas maneras artificiales de suplementar
dicha energia, para elevar el fluido hasta la
superficie. Esto puede alcanzarse a traves del
uso de las bombas del subsuelo.

Las bombas de subsuelo instaladas en los pozos de petróleo tienen por finalidad admitir dentro de la tubería de producción, el fluido de la formación y levantarlo hasta la superficie.

Las bombas de subsuelo pueden ser divididas en cuatro diseños:

- 1.- Bombas tiradas por vastago.
- 2.- Bombas de subsuelo hidráulicas
- 3.- Bombas centrífugas sumergibles
- 4.- Bombas sónicas

Las bombas tiradas por vastago pueden ser divididas en tres tipos básicos:

- 1.- Bombas de tubería (TUBING)
- 2.- Bombas de (vastago) inserción
- 3.- Bombas de funda (una versión mayor de las bombas de inserción).

Todas estas bombas son accionadas por una cadena de vastago de succión y una unidad de bombeo de superficie.

La diferencia básica entre una bomba de tubería y una bomba de inserción es la manera en la cual

es instalado el barril de trabajo. En las bombas de tubería, el barril de trabajo es una parte integral del montaje total de la bomba de subsuelo y es considerado como una unidad en la cadena de vástago de succión dentro de la cadena de entubado (o de la funda).

Estos tipos de bombas de tubería y de inserción se indican y en general para todas ellas se debe tener en consideración lo siguiente:

- Al instalar la bomba, el espaciado entre las válvulas viajera y estacionaria, debe ser mínimo sin hacer contacto.
- Preferir el uso de válvulas estacionarias lo más grandes posibles para reducir la caída de presión a través de ellas.
- Colocar la bomba a una profundidad mayor, cuando existan problemas de interferencia de gas que originen "gas locking".
- Evitar la turbulencia a la entrada de la bomba, usando anclas de gas con pasajes de entrada las más grandes posibles.

- Cuando sea necesario reducir la capacidad de bombeo, es conveniente mantener la carrera, mas larga, disminuir el diametro del piston y/o velocidad para mantener la "rata de compresion" lo mas alto posible.

2.3.3.1. Bombas de tuberia o bombas tubulares {TH₁TW₁TL₁TWE₁TLE}

De acuerdo a la designacion API que se indica en la norma la letra "T" quiere decir tubular; "H" - barril con pared gruesa; "W" barril de pared delgada; "L" - con camisa; "E" extension.

Estas bombas producen mayores volúmenes de fluido que las bombas insertables, pues las bombas de tuberia tienen una mayor desplazamiento que las de tipo de insercion, debido a que pueden usarse embolos de mayor diametro dentro de barriles de trabajo mas largos.

Los tamanos mas usuales son:

1 3/4" para tuberia de

2 1/4" para tuberia de 2 1/2"

2 3/4" para tubería de 3"

3 3/4" para tubería de 4"

VENTAJAS.-

- Recomendable para producir altos volúmenes de petróleo de pozos poco profundos.

- Recomendable para producir petróleo viscoso debido a que la válvula estacionaria es de sobremedida.

DESVENTAJAS.-

- Para brindar mantenimiento al barril de trabajo o la válvula estacionaria se debe retirar la tubería completa.

- Al bajar el embolo dentro de la tubería puede dañarse.

Por las razones arriba mencionadas, las bombas de tubería son usadas generalmente solo cuando la producción deseada no puede ser obtenida con una bomba de inserción, en la combinación de carrera y velocidad disponibles en la unidad de bombeo seleccionada. Obviamente, la unidad seleccionada en su totalidad depende de su economía y eficiencia operativa.

Los diferentes tipos de bombas de tubería pueden ser clasificados:

(1) En la relación al tipo de barril de trabajo usado.

(2) En relación al arreglo de la válvula estacionaria.

(3) En relación al tipo de embolo usado.

Obviamente, es posible un gran número de diferentes tipos de cada una de estas tres clasificaciones. Por ejemplo, una bomba de tubería con un tipo particular de barril de trabajo, podría tener cualquiera de los muchos arreglos de válvulas estacionarias diferentes o tipos de embolos.

2.3.3.1.1. Bombas de tuberías clasificadas de acuerdo al tipo de barril de trabajo

Desde el punto de vista del tipo de barril de trabajo usado, las bombas de tubería pueden ser subdivididas dentro de tres grupos:

(1) Bombas de barril de trabajo común. El barril está hecho de acero; sin costura, templado al frío, hierro fundido o aleaciones resistentes a la corrosión.

Para este tipo de bombas, se suministra una longitud de tubería templada al frío para suavizar las paredes. El diámetro máximo del barril es generalmente cerca de 1/4 de pulgada menor que el diámetro interno de la cadena de tubería para permitir luz suficiente para el embolo cuando es descedido a través de la tubería.

El barril de trabajo está conectado a la parte inferior de la cadena de tubería. Estos tipos de barriles son denominados por la API como diseño de barril para pared pesada.

(2) Bombas de barril de trabajo de camisa total. Este tipo de bombas consiste de un único tubo de acero endurecido (o aleación resistente a la corrosión) el cual es maquinado y afilado en una sola pieza (no API).

(3) Bombas de camisa en sección. El barril de este tipo de bomba consiste de una camisa exterior de acero con corte maquinado y camisas afilados a precisión, ensamblados extremo a extremo dentro de la camisa. Las diferentes secciones son hechas de acero duro, hierro

fundido o aleacion de acero, y son fijadas en su posicion por la fuerza de compresion ejercida al fijar abrazaderas a los extremos de la camisa.

2.3.3.1.2. Bombas tuberia clasificadas de acuerdo al tipo de valvulas estacionaria

Desde el punto de vista del arreglo de la valvula estacionaria, las valvulas de tuberia pueden tener:

- (1) Una valvula estacionaria fija
- (2) Una valvula estacionaria removible

La valvula estacionaria tipo-fija, es asentada al extremo inferior de la tuberia, para efectuar mantenimiento a la valvula estacionaria se debera retirar la tuberia del pozo. Este tipo de valvula puede ser inusualmente grande y pueden ser muy efectiva en pozos con niveles bajos de liquido, con fluidos viscosos o donde el barril de trabajo no se llena completamente.

La valvula estacionaria tipo-removible es ubicada en el barril de trabajo antes que sea colocado dentro del pozo o cuando la valvula es dejada caer por la tuberia desde la superficie y

es empujada a su lugar por el embolo. Estas valvulas son fijadas en su lugar por uno de los variados tipos de arreglo de anclaje que emplean copas (cups) para asientos y ajuste por friccion especiales.

2.3.3.1.3. Bombas de tuberia clasificadas de acuerdo al tipo de embolo

Desde el punto de vista del tipo de embolo usado, el metodo mas conveniente de clasificacion es dividir las bombas de tuberia en grupos de acuerdo al tipo de sello utilizado.

(1) Bombas con embolos equipados con copas (embolos soft-packed). Este tipo corresponde a la forma mas antigua de sello de embolo para bombas de vastago de succion para pozos de petroleo.

Las copas estan hechas generalmente de cuero o lonas impregnadas con caucho. Sin embargo, cada ano se ponen a disposicion nuevos tipos de materiales sinteticos para copas y anillos de copas, y muchos de ellos tienen excelentes resistencia a la corrosion. En la carrera ascendente, la presion ejercida por la columna de fluido,

obliga la expansión de las copas y la formación de un sello entre el borde de la copa y la pared del barril. En la carrera descendente, la presión es igualada en ambos lados de la copa y la copa colapsa hacia adentro, permitiendo al embolo caer libremente.

Los embolos "Soft-packed" pueden ser usados con todo tipo de bombas de viga y tubería pero normalmente no baja 5000 pies en la mayoría de las circunstancias.

(2) Bombas con embolos de metal. Los embolos de metal pueden estar hechos de hierro fundido o acero y están hechos con una suave superficie selladora, denominándose embolo de metal acanalado.

Los embolos metal-con-metal dependen de una extremadamente exacta claridad o luz (dependiendo de la viscosidad del fluido) para proveer el sello de fluido. Estos embolos pueden, ser hechos de una sola pieza de tubería; o se pueden ensamblar secciones cortas de tubería sobre una tubería testigo a la longitud deseada.

Estos embolos generalmente resisten mejor que los tipos de copa y son usados en pozos **mas profundos** (mayores de 7000 pies).

(3) Bombas con tuberias concentricas. Este grupo incluye bombas que dependen tanto delo sello de fluido como una inusualmente larga distancia que el fluido tendria que viajar con el proposito de superar el embolo. Este tipo utiliza tres tuberias. Una

ventaja de este arreglo es que la gran longitud del sello fluido elimina la necesidad de un ajuste muy preciso del embolo.

2.3.3.2. Bombas de insercion o bombas de varillas
La ventaja de las bombas de **insercion** que ellas se conectan a la cadena de **vastago de** succion, y el montaje completo puede ser removido del pozo, simplemente jalando la cadena del vastago. Con este tipo de bomba, el barril trabajo es descendido sobre vastagos; consecuentemente, deben proveerse medidas para asegurar el barril dentro de la base de la tuberia, en orden a **proveer** confinamiento del fluido y facilitar el

movimiento relativo del barril de trabajo y el embolo.

Muchos arreglos son usados para este proposito. Pueden proveer un empotramiento de asiento especial en la parte inferior de la tuberia. Tambien puede usarse anclas de sujecion en las partes superior e inferior del barril.

Desde el punto de vista de operacion, las bombas de insercion pueden ser divididos dentro de dos grupos:

(1) Bombas de insercion moviles: (bombas invertidas). En este tipo de bomba el montaje del embolo es estacionaria, y el barril de trabajo es la parte movil. La ventaja de este arreglo es que el barril movil le da menos oportunidad a la arena a asentarse entre el barril de trabajo y la tuberia. Sin embargo, la resistencia por friccion puede ser considerable.

a).- Barril viajero con anclaje en el fondo
(RHT, RLT, RWT, RST).

Segun la nomenclatura API, "R"-significa insertable; "H"-barril con pared gruesa; "L"-

camisa; "W"-barril de pared delgada; "S"-barril de pared delgada con piston de anillos y/o copas; "T"-barril viajero (movil).

En estas bombas el barril es el elemento motriz y el piston permanece fijo. El barril esta conectado a las varillas por un conector y una valvula viajera grande. La valvula estacionaria de menor tamaño esta colocada en la parte superior del piston, el cual esta conectado a un tubo hueco y largo, que va fijado al anclaje inferior. La accion turbulenta del fluido al rededor del fondo del barril evita que la arena se acumule en la bomba. En la carrera ascendente del fluido tiende a comprimir el barril por la presion externa y en la carrera descendente el peso se iguala. La cámara de bombeo es reducida lo que limita la capacidad de la bomba y la hace ineficiente en pozos de alto GOR.

En la carrera descendente el peso del fluido es soportado por la caja de la valvula viajera. Igualmente el tubo que sostiene la valvula estacionaria debe soportar la compresion por la

carga, limitando su uso en pozos profundos y unidades de carrera extra larga.

VENTAJAS.-

Excelente para pozos con arena.

Recomendable para pozos intermitentes ya que la valvula viajera cierra cuando la bomba deja de trabajar, manteniendo la arena fuera de la bomba.

- Reduce la perdida de liquido por resbalamiento entre el piston y el barril.

DESVENTAJAS.-

No es buena para pozos con problemas de gas.

No se recomienda para bombas extra largas en pozos profundos por su tendencia a que el tubo que sostiene el embolo se doble.

- No se recomienda en pozos dirigidos o torcidos ya que en estos casos el barril se desgasta de un solo lado.

- Es ineficiente para manipular crudos viscosos.

(2) Bombas de insercion estacionarias. Este tipo de bombas el barril de trabajo es estacionario y el embolo es la parte movable.

a).- Barril estacionario con anclaje en el tope (RHA, RWA, RLA)

La nomenclatura API indica que "R"-significativa insertable; "H"-barril con pared gruesa; "W"-barril de pared delgada; "L"-camisa; "A"-anclaje en el tope.

En estas bombas el fluido es descargado justo encima del anclaje en el tope, lo que evita que la arena y otros materiales se acumulen alrededor de la bomba.

En la carrera descendente la valvula viajera soporta el peso de la columna de fluido lo que puede causar la rajadura del barril

VENTAJAS.-

- Le recomienda para pozos con arena y/o alto GOR.
- Excelente para pozos con bajo nivel de fluido debido a que reducen el "fluid pound".

DESVENTAJAS.-

No se recomienda para pozos profundos, debido a fallas que se producen por la tension de cargas en las roscas y por presion diferencial entre el interior y exterior del barril.

b).- Barril estacionario con anclaje en el fondo
(RHB, RWB, RLB, RSB)

La designacion API indica que "R"-significca
bomba insertable; "H"-barril con pared gruesa;
"W"-barril de pared delgada; "L"-camisa; "B"-
anclaje inferior; "S"-barril de pared delgada
con piston de capas y/o anillos.

En estas bombas, el fluido descarga arriba y la
arena u otros materiales, en pozos sucios, puede
acumularse alrededor del barril atascar la
bomba. La presion interior y exterior del
barril es igual. lo que evita fallas en pozos
profundos.

VENTAJAS.-

Se recomienda para pozos profundos.

Excelente para pozos de bajo nivel de fluido
y/o de alto GOR, debido a que la valvula
estacionaria es de sobremedida junto al
anclaje.

DESVENTAJAS.-

- Problemas de acumulacion de arena y corrosion
alrededor del espacio muerto del barril que
pueden causar el atoroamiento de la bomba

dentro de la tubería e imposibilitar su extracción.

- Disposición de arena alrededor del pistón, cuando la bomba no trabaja o en pozos intermitentes, lo que puede originar que se atasque dentro del barril.

Todas las bombas insertables se sacan sin necesidad de sacar la tubería de producción, salvo casos de atascamiento.

La bomba se "avienta" en la tubería instalando un niple de asiento o usando un ancla para bomba. Debido a que la bomba se baja dentro de la tubería, se reduce el diámetro del barril y del pistón obteniéndose menores volúmenes de producción que con bombas tubulares. Sin embargo, el menor tamaño de los pistones permite el uso de estas bombas a profundidades mayores debido a que las cargas son menores.

Desde el punto de vista del barril de trabajo y el empuje usado se pueden aplicar en las bombas de inserción la mayoría de las consideraciones ya discutidas para bombas de tubería.

Las ventajas y desventajas de los barriles para pared delgada o pesada (una pieza) de la construcción de barril de revestimiento (esta construcción ya no es API) son:

(1) Con la misma longitud de barril, una bomba de barril de pared delgada, producirá un volumen mayor de fluido que una bomba de barril de camisa del mismo diámetro exterior, porque puede estar fabricado con un diámetro interior más amplio.

(2) Debido a su construcción más simple, el barril de una sola pieza, en relación a las bombas de camisa, debido al menor número de partes y mantenimiento más sencillo.

(3) Los costos de mantenimiento son menores para la bomba de barril de una sola pieza, en relación a las bombas de camisa, debido al menor número de partes y mantenimiento más sencillo.

(4) Donde es deseable una bomba de vástago anclado por arriba, una bomba equipada con un barril de una sola pieza puede ser usada en pozos más profundos, lo que es considerado seguro con una bomba de camisa.

El barril de una sola pieza se puede tensar bajo la carga de la columna de fluido en pozos profundos, y las camisas se aflojan y quedan desalineadas. Una construcción con "camisa bloqueada" supera esta desventaja y puede ser usada con un anclado superior en pozos profundos.

(5) Los barriles de pared pesada de una pieza y de camisa no están limitados en su longitud como los barriles de pared delgados de una pieza, y pueden ser usados con abrazaderas de conexión central.

(6) Los cortes de un barril de camisa en sección (generalmente de material fundido), pueden ser re-perforados y reusados para reducir el costo de reemplazo.

(7) Con un barril de camisa en sección puede lograrse una tolerancia más precisa entre el barril y el embolo, que con un barril de una pieza o de camisa. Esta es una consideración importante en pozos con altas presiones en la parte baja de la perforación donde es necesario un encaje de precisión, para reducir la razón de

deslizamiento del embolo. Ademas, se disminuyen las posibilidades de bolsas de arena.

(8) Los metales corrosivos y abrasivos especiales que no pueden soportar las fatigas a las que estan sometidos por mucho tiempo, la estructura de barril de una pieza o aquellas que se distorsionan cuando se ensamblan en grandes longitudes, puede ser fabricadas en pequenas camisas y usadas estructura de camisa en seccion.

2.4 Caracteristicas de los Fluidos y Condiciones de servicio

El fluido es el petroleo, cuya densidad es 850 Kg/cm^3 y ademas la presion a que es sometida la bomba de subsuelo es igual al peso de la columna de fluido, que varia entre 1500 mt. y 3,500 mts.

La temperatura en el fondo del pozo es 25 oC en promedio

Normalmente el tiempo de trabajo a que son sometidas las bombas es de 30 a 60 dias promedio, dependiendo de su eficiencia, pues para su mantenimiento se requiere parar un pozo de produccion.

CAPITULO
INGENIERIA DEL PRODUCTO

3.1 Especificaciones para el proyecto

Existiendo varios tipos de bombas de subsuelo para extracción de petróleo por accionamiento mecánico (ver nomenclatura A.P.I. de bombas de subsuelo, cap. No 2), que están clasificadas de acuerdo a la norma de la American Petroleum Institute A.P.I. std. 11AX; para el presente estudio nos dedicaremos al análisis de la bomba de subsuelo con las siguientes especificaciones:

A.P.I. std. 11AX 20-125RWTC 7-2-4

que se refiere a una bomba:

2 3/8 x 1 1/4

usada en tubería de 2-3/8"

con pistón de 1-1/4"

bomba de varillas

con barril de paredes

delgadas.

con barril viajero

con asiento de copas

7' de longitud de barril

2' de longitud de pistón

4' de extensiones.

De acuerdo a las especificaciones anteriores en la norma A.P.I. std. 11AX para la bomba de subsuelo 20-125RWTC tiene un listado de partes con nombres y codigos A.P.I., el cual presentaremos a continuacion en forma ordenada y adema incluyendo el codigo PETROPERU con el cual estas piezas estan identificadas dentro del archivo general de almacen de stocks de existencias:

Cuadro No 3.11

ROD PUMP

TRAVELING THIN WALL BARREL

BOTTOM ANCHOR

20-125 RWTC

2 3/8 x 1 1/4

ITEM	API SPEC	DESCRIPCION	CODIGO
	11AX		PETROPERU
1	B11-125	Barril	61-368-0324
	C11-20	Jaula superior	61-368-0398
2	C12-125	Jaula superior piston	61-368-0381

ITEM	API SPEC	DESCRIPCION	CODIGO
	11AX		PETROPERU
4	C21-20-		
	125	Conector superior barril	61-368-0422
5	C32-125	Cupla superior tubo de traccion	61-368-0441
6	C33-125	Cupla inferior tubo de traccion	61-368-0469
7	N11-20	Mipple	61-368-1856
8	P11-125-		
	15	Tapon de traccion	61-368-2059
9	P21-125-		
	B	Piston	61-368-2333
	S11-20	Mandril de anclaje	61-368-1208
11	S12-20	Copas	61-368
12	S13-20	Anillo separador	61-368-2525
13	S14-20	Contratuerca	61-368-1898
14	S16-20	Conector inferior	61-368-0504
15	T11-125	Tubo de traccion	61-368-2814

ITEM	API SPEC	DESCRIPCION	CODIGO
	11AX		PETROPERU
16	V11-175	Asiento y bola 1 1/8 (viajera)	61-368-0178
17	V11-125	Valvula, asiento y bola 3/4 (estacionaria)	61-368-0097

3.2 Partes constitutivas y modelos

Este tipo de bombas de subsuelo son fabricadas por diferentes firmas entre las cuales estan la Harbinson-Ficher, SBS, OILFIELD EQUIPMENT, BMW-MONARCH DIVISION, etc. de acuerdo a la norma API std. 11AX.

A continuacion se presenta un cuadro donde se vera que tipo de material es usado en su fabricacion por los diferentes fabricantes y otros aspectos mecanicos:

Al final se muestran los planos de cada uno de los accesorios de la bomba, donde se especifican todos sus requisitos que afectan su intercambiabilidad. Si no se especifican tolerancias, se aplican las comerciales. Todas las roscas se designan por su diametro mayor y numero de hilos por pulgada. Las dimensiones se dan en milímetros.

Cuadro No 3.12

ITEM	API SPEC	MATERIAL	OBSERVACIONES
	11AX		
1	B11-125	AISI 1045	20 HRC
2	C11-20	AISI 1036	20 HRC
3	C12-125	AISI 1036	20 HRC
4	C21-20- 125	ALLO4 48L20	20 HRC
5	C32-125	AISI 1035	20 HRC
6	C33-125	AISI 1035	20 HRC
7	P11-125- 15	AISI 1035	20 HRC

ITEM	API SPEC	MATERIAL	OBSERVACIONES
	11AX		
8	P21-125-B	AISI 1035	
9	S11-20	AISI 1020	
10	S12-20		
11	S13-20	AISI 1020	
12	S14-20	AISI 1020	
13	S16-20	AISI 1020	
14	T11-125	AISI 1040	
15	V11-175	AISI 440C	HRC
16	V11-125	AISI 440C	52 HRC

3.25 Metodologia de trabajo seguida para el estudio del proyecto

Para poder re3alizar el presente proyecto, se tuvo que tomar y seguir una serie de caminos. Inicialmente por tratarse de producto importado, se requirio tener primero la bomba de subsuelo usada y nueva.

Luego se paso a la fase de identificacion de las piezas y partes de acuerdo a codigos y normas A.F.I.-11AX, como bosquejo general, ya que luego se requirio de

otras normas y catalogos.

A continuacion se realizo la metrologia de cada pieza en PETROPERU, la cual se llevo a cabo ayudado de las normas (las cuales daban una informacion incompleta de las medidas), de las piezas usadas y nuevas, las cuales se diferenciaban en algunas formas de las normas.

Tambien se realizaron pruebas de metrologia en el Laboratorio de Mecanica de la Universidad de Ingenieria, donde se tuvieron algunos inconvenientes para llegar a las medidas definitivas, sobre todo en las roscas que venian dados en el sistema metrico (milímetros), por lo que se tuvo que comparar y probar con las piezas fabricadas por otros fabricantes.

Las piezas usadas se tuvieron que cortar algunas, para poder determinar dimensiones interiores no especificadas en normas ni catalogos de fabricantes.

Se realizo luego un estudio del material de las piezas, que inicialmente se identifico que tipo de aceros utilizan los fabricantes extranjeros de acuerdo con los catalogos, despues se hicieron analisis de material en el Laboratorio de Mecanica de la Universidad de Ingenieria a traves de pruebas metalograficas, ensayos de dureza, ensayos de traccion, etc.

Seguidamente se vio alternativas de sustitucion de materiales con los que se encuentran en el mercado nacional, de acuerdo a las especificaciones encontradas, de acuerdo al tipo de trabajo a que es sometida cada una de las piezas.

Paralelamente tambien se inspeccionaron las piezas usadas para determinar que tipo de desgaste tienen, cual ha sido su origen para poder ver que problemas se podrian tener en el futuro.

Todo esto tuvo buenos resultados con la prueba final en el campo (pozos de petroleo de ONO), desde donde se reporto el tiempo de operacion de las piezas y a la vez no presentaban desgaste alguno (ver apendice C), por lo cual dieron su conformidad para ser considerado como alternativa de sustitucion de los repuestos importados.

Cabe senalar que la bomba de subsuelo importada tiene una vida util de 18 meses como promedio dependiendo de la frecuencia de trabajo, la bomba con piezas fabricadas aqui tiene a la fecha 20 meses de operacion y no presenta problemas.

Fues se debe considerar como resultado bueno, cuando la

sustitucion de producto importada alcance el 50% de vida util, dado que se realiza por vez primera con las limitaciones tecnicas y economicas en comparacion con el extranjero.

3.3 Identificacion y estudio de los materiales de fabricacion

De acuerdo al cuadro de las partes constitutivas, los materiales usados tienen las siguientes composiciones quimicas:

Cuadro No 3.13

AISI	LIMITES DE COMPOSICION QUIMICA			
	%			
No	C	Mn	Pmax	Smax
1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050
1020	0.19-0.23	0.30-0.60		0.050
1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050
1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050
1036	0.30-0.37	1.20-1.50	0.040	0.050
1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050

Ademas:

Cuadro No 3.14

Designacion	Aceros	Silicio
Standard		Limites
Hasta C1014		0.10 max
C1015 a C1025		0.10 max, 0.10-0.20 o 0.15-0.30
Sobre C1025		0.10-0.20 o 0.15-0.30

Cuadro No 3.15

AISI	COMPOSICION QUIMICA, RANGOS Y LIMITES (%)					
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni
4140	0.37-0.44	0.65-1.10	0.20-0.35	0.75-1.20	0.15-0.25	---
4340	0.37-0.44	0.55-0.90	0.20-0.35	0.65-0.95	0.20-0.30	2.00

Cuadro No 3.16

AISI No	COMPOSICION QUIMICA, LIMITES Y RANGOS (%)						
	C	Si<	Mn<	P<	S<	Cr	Mo<
440C	0.95-1.20	1.00	1.00	0.040	0.030	16-18	0.75

Para poder tener las alternativas de cambio de estos tipos de material con otros que tenemos en el mercado nacional, haremos un estudio de los diferentes componentes quimicos de los materiales.

Una amplia variedad de aceros se usa en estructuras de ingenieria. Para conocer los principios que rigen el exito de estos aceros, es necesario conocer su metalurgia basica.

Dos características basicas fundamentales de las aleaciones de Fe hacen posible un amplio rango de propiedades:

1.- Pequeños cambios en la composición química de las

aleaciones del hierro causaran grandes cambios en las propiedades de ingenieria.

2.- El Fe y la mayoria de los aceros soportan aleaciones alotropicas. En el calentamiento y enfriamiento la estructura de las aleaciones de Fe pueden ser transformadas. Esta "transformacion" es la razon de que el acero pueda ser tratado y obtenerse con una variedad de propiedades fisicas en un rango de composicion quimica dada.

Elementos quimicos del acero

A continuacion se resumen los materiales que pueden ser agregados para recomponer estos aceros aleados y los efectos de estos aditivos.

Carbono

El carbono es el mas importante elemento aleante del acero y es agrupado para incrementar la resistencia, dureza y susceptibilidad al tratamiento termico.

Sin embargo, a medida que el contenido de carbono aumenta, la resistencia a la corrosion, la ductilidad y

la resistencia al impacto tienden a decrecer, aunque la magnitud de estos efectos puede ser controlada de alguna manera mediante el tratamiento termico y aumenta la dureza y la resistencia a la traccion con el aumento del carbono.

Manganeso

Este elemento soluble en Fe, se agrega en cantidades hasta 1,50% para aumentar la templabilidad.

Los aceros contienen por lo menos 0,3% de manganeso a causa de que actua como un desoxidante ("limpiador") de azufre para reducir la formacion de oxidos de hierro los cuales tienden a debilitar la aleacion. Algunos elementos con contenidos de manganeso mayores a 1% tienen mayor resistencia que la que puede ser obtenida con algun contenido de carbon solamente.

Silicio

Por lo general esta presente en pequenas cantidades (0,20%) en los aceros laminados; al igual que el manganeso, es util como un desoxidante para refinar

aceros de alto grado. Sin embargo en los aceros fundidos esta presente entre 0,25 a 1,00%. El silicio se disuelve en el Fe y tiende a reforzarlo.

Molibdeno

Es uno de los mas poderosos agentes endurecedores entre los elementos aleantes, aunque no es tan efectivo como el carbon. Es un fuerte formador de carburos y por lo general esta presente en los aceros de aleacion en cantidades menores de 1,0%. Se agrega para aumentar la templabilidad y la resistencia a elevadas temperaturas.

Niquel

Hasta 3,5% se agrega a los aceros de baja aleacion para aumentar la tenacidad y templabilidad. Se usa en cantidades hasta 3,5% en los aceros de alta aleacion y aceros inoxidable. Es anadido para combatir condiciones corrosivas encontradas en pozos de petroleo resultantes del sulfuro de hidrogeno y otros gases corrosivos. El niquel al disolverse en ferrita es que tiene efectos endurecedores en los aceros.

Cromo

Forma un carburo estable y contribuye considerablemente al endurecimiento de los aceros. En los aceros de baja aleación se agrega en cantidades hasta 9% para aumentar la resistencia a la corrosión en el aire y otros ambientes (oxidación), templabilidad y resistencia a elevadas temperaturas. En cantidades sobre 12% eleva la resistencia a la oxidación a tal grado que la composición de los alto cromo forman el grupo de aceros inoxidable. Para aplicación en pozos de petróleo, el cromo resulta ser menos efectivo que el níquel en la resistencia a la corrosión por sulfuro de hidrógeno.

Aluminio

Este elemento se agrega al acero en pequeñas cantidades como desoxidante. Es también un refinador de grano para mejorar la tenacidad.

Vanadio

Incrementa la dureza del acero aun cuando esta presente solo en peqwuenas cantidades. Promueve una estructura de grano refinado y retarda el ablandamiento durante el templado.

Cobre

Es agregado generalmente para obtener resistencia al ambiente atmosferico y otras condiciones corrosivas. Los aceros con contenido superior a 0,6% de cobre tienen una tendencia pronunciada hacia un endurecimiento por precipitacion.

Boro

Es usado en aleaciones de acero para un proposito de incrementar la dureza. Es efectivo y solamente se agregan unos milésimos del 1% ordinariamente.

Azufre

Es una impureza indeseable en el acero en vez de un elemento aleante. Se hacen esfuerzos especiales para eliminarlo durante la fabricacion del acero. En cantidades que exceden a 0,05% tiende a causar fragilidad.

.

Fosforo

Tambien es una impureza que tiende a causar fragilidad cuando esta presente en exceso de 0,04%.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, para el siguiente proyecto teniendo en cuenta la composicion quimica de los aceros, asi como sus caracteristicas de dureza, resistencia a la traccion, etc, se muestra en el siguiente cuadro los materiales usados por fabricantes extranjeros y su alternativa en el mercado nacional.

Cabe anotar que tambien se toma en cuenta, aparte de las caracteristicas tecnicas, el costo de material.

Cuadro No 3.17

MATERIAL UTILIZADO POR FABRICANTES EXTRANJEROS	MATERIAL ALTERNATIVO DENTRO DEL MERCADO NACIONAL	
AISI 1015	AISI 4140	AISI 4340
AISI 1020	AISI 4140	AISI 4340
AISI 1035	AISI 4140	AISI 4340
AISI 1036	AISI 4140	AISI 4340
AISI 1045	AISI 4140	AISI 4340
AISI 440C (52 HRc)	AISI 4140	(Templado y Reven.)
ALLOY 48L20	AISI 4140 - AISI 4340	

3.4 Análisis de esfuerzos en los elementos

En esta parte se hará un análisis comparativo de los parámetros de esfuerzos que exige la norma API para los elementos de esta bomba de subsuelo y los obtenidos en las pruebas realizadas en el laboratorio, antes es necesario recordar algunos aspectos básicos.

Resistencia

La resistencia de un material es la medida de su

capacidad para soportar sin fallar una carga aplicada, o deformarse significativamente. Cuanto mas grande sea la carga que un material pueda soportar, mayor es su resistencia. Las mediciones de resistencia pueden efectuarse como libras de carga por pulgada cuadrada de area de seccion transversal, esta relacion se denomina esfuerzo, tambien puede medirse en kilos por milímetros cuadrados, kilos por centímetros cuadrados y tambien en mega pascal. El criterio de resistencia mas frecuentemente determinado es la resistencia a la traccion aun cuando es deseable medir otras clases de resistencias como la de compresion o corte.

En una prueba de traccion se usa una probeta de forma geometrica definida. Una tipica probeta de prueba se muestra en la figura 3.1. La muestra es cargada (esforzada) en la direccion axial una maquina apropiada generalmente hidraulica; en la fig. 3.2 se muestra un aparato de este tipo. Inicialmente por cada aumento de carga aplicada la barra se alarga una cantidad proporcional. Esto se representa en la fig. 3.3 por la linea entre los puntos A y B. El comportamiento de un material de este tipo se llama elastico. Esto es, el material se estira algo parecido

a una banda de caucho. Conforme la carga se aplica el material se estira pero cuando la carga es liberada la muestra regresa a su tamaño original. De este modo, en la región elástica no hay cambio permanente en el tamaño de la muestra debido a la carga aplicada.

Durante la deformación elástica el espaciado entre los átomos individuales aumenta ligeramente en la dirección de la carga de tracción pero no hay movimiento relativo entre los átomos que podría causar el deslizamiento de uno a otro en una mayor distancia de manera que cuando la carga es retirada estos átomos se mueven de regreso a su posición original. En la región elástica la proporcionalidad entre el esfuerzo aplicado y el alargamiento resultante o deformación se llama "módulo de Young" (E)

$$E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{deformación}}$$

Cuando la carga sobre la probeta de prueba aumenta más allá del punto B en la figura 3.3 ya no existe la proporcionalidad entre esfuerzo y deformación; es decir

que cada aumento de carga produce un incremento mas grande de deformacion que en la region elastica. El punto B es llamado el "limite elastico" del material al puesto que mas alla de este punto, el material comienza a comportarse plasticamente. La deformacion plastica es permanente. Cuando la carga es retirada de la muestra, esta no regresa a su tamaño original. En la escala atomica cuando se ha excedido el limite elastico los atomos se mueven dentro del material y no regresan a sus lugares originales cuando se retira la carga

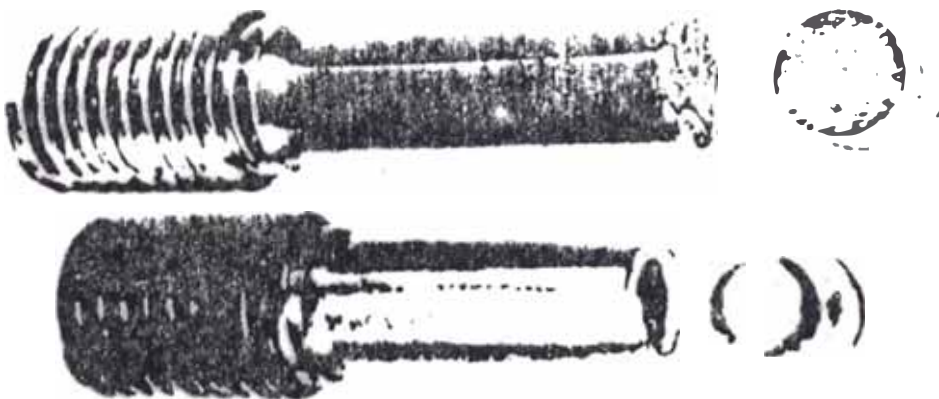


Figura 3.1 Textura de la superficie de fracturas en las pruebas de traccion. Fractura de clavaje fragil (parte superior de la fotografia), fractura ductil o de tipo de taza y cono (parte inferior de la fotografia). Note que estas son mitades de las dos probetas rotas.

Desde un punto de vista práctico el límite elástico es difícil de determinar con precisión. Para la mayoría de los trabajos de ingeniería, una medición más práctica del límite superior del comportamiento elástico es la resistencia de fluencia. La "Resistencia de Fluencia" es el esfuerzo requerido para producir una pequeña y arbitrariamente fijada cantidad de deformación permanente si la carga fuera retirada en aquel punto. Las cantidades más comunes de deformación permanente usadas para designar la resistencia de fluencia son 0,02% y 0,2%. La resistencia de fluencia de 0,02% se ilustra como el punto C en la figura 3.3.

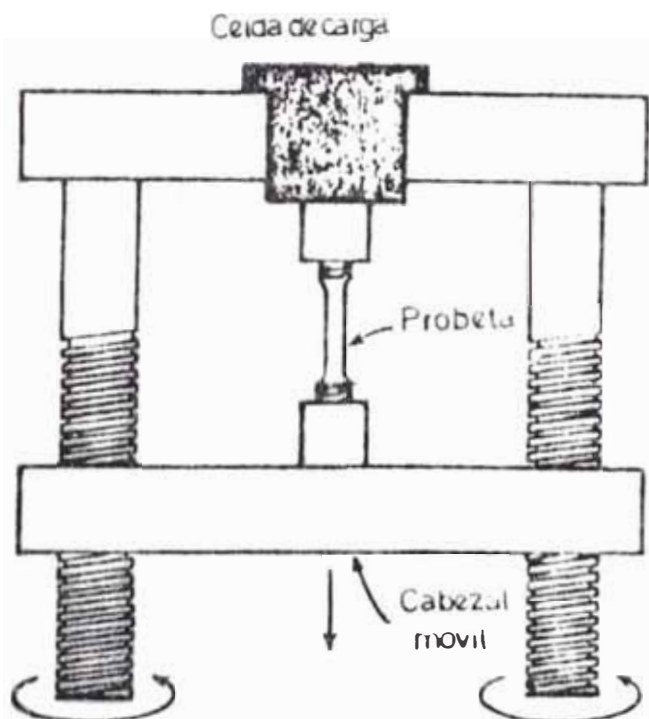


Figura 3.2 Dibujo esquemático de un aparato de prueba de tracción.

Sera tambien notado que para algunos materiales la resistencia de fluencia esta caracterizado por una clase particular de fluencia en vez de una cantidad arbitrariamente definida de deformacion permanente. En los aceros al carbono (de bajo porcentaje de carbono), cuando el limite elastico es excedido se produce una abrupta y sustancial cantidad de deformacion o alargamiento. Esta forma de fluencia abrupta se muestra esquematicamente tambien en la figura 3.4. El comportamiento en esta forma es descrito como el "punto de fluencia".

Cuando la carga es aumentada mas alla del punto de fluencia o de la resistencia de fluencia ocurre mayor cantidad de deformacion plastica. El punto D en la fig. 3.4 indica la maxima carga que la muestra soportara. El esfuerzo asociado con esta carga es la "Maxima Resistencia a la Traccion". Mientras la carga aumenta hasta este punto la muestra de prueba no solamente se alarga sino tambien soporta una reduccion uniforme en diametro. En el punto D. ocurre una inestabilidad en la muestra y el diametro comienza a disminuir mas rapidamente en una region que en las otras partes de la probeta. Este comportamiento se

llama "entallado". Puesto que el area de la muestra disminuye rapidamente la carga requerida para continuar alargando la muestra tambien se reduce hasta que

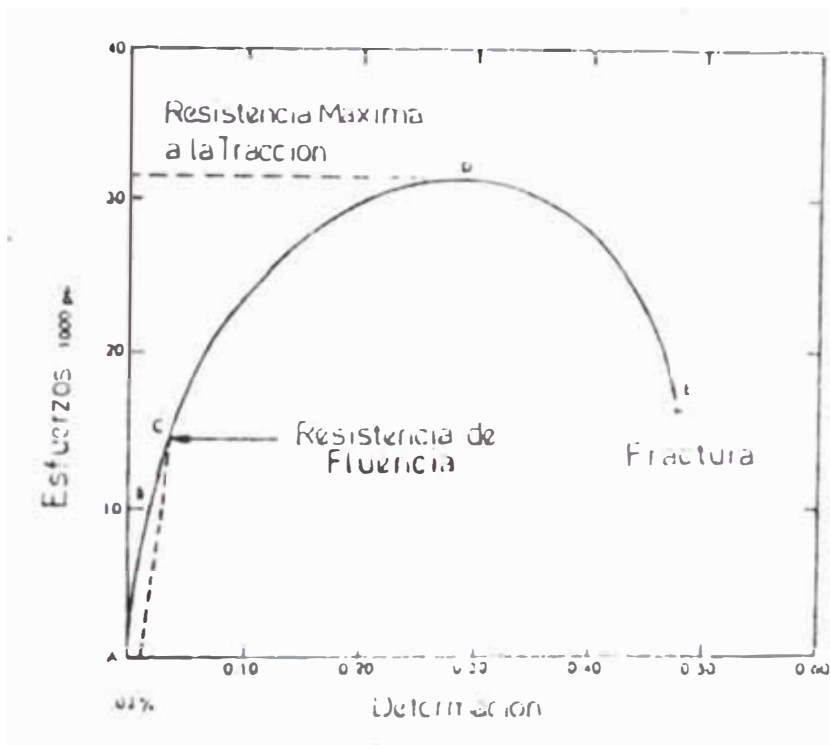


Figura 3.3 Diagrama de Ingenieria esfuerzo-deformacion del cobre policristalino.

finalmente la muestra se rompe en el puntoE. Si el "esfuerzo de fractura" que es la resistencia a la fractura (o carga) dividida por el area de la seccion transversal de la muestra en el lugar de fractura, fuera determinada seria mayor que el esfuerzo maximo a la

traccion. Como un valor de ingenieria la resistencia maxima a la traccion es considerablemente mas util que los esfuerzos de fractura.

La resistencia a la traccion determina la resistencia de un material y su ductibilidad. La "ductibilidad" de un material es basicamente su capacidad a deformarse plasticamente sin fallar. Dos mediciones de ductibilidad se obtiene de la prueba de traccion: El "porcentaje de alargamiento" el "porcentaje de la reduccion de area". La forma en la cual las propiedades determinan, se muestran por la ecuacion que se indican:

$$\% \text{ de Alargamiento} = \frac{\text{longitud final} - \text{longitud original}}{\text{longitud original}} \times 100$$

$$\% \text{ de reduccion de area} = \frac{\text{area original} - \text{area final}}{\text{area original}} \times 100$$

Mientras la resistencia de fluencia y el esfuerzo de traccion son mediciones que se usan en diseno, la ductibilidad de un material no lo es. La ductibilidad es una propiedad importante y generalmente el metal ductil es el mejor. Los minimos niveles de ductibilidad son

determinados y especificados por experiencias y reglas empíricas.

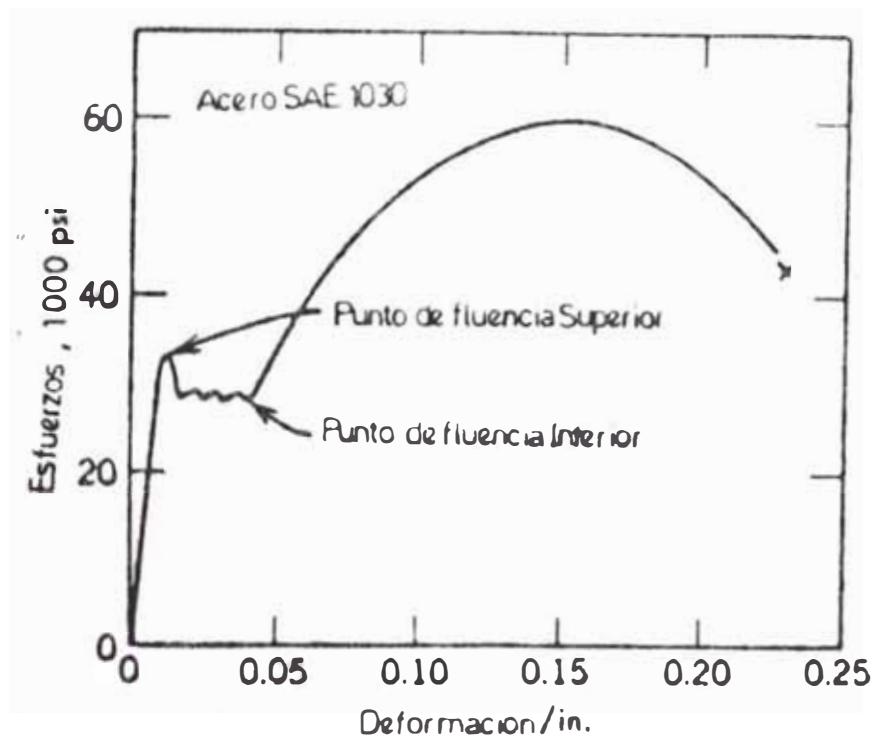


Figura 3.4 Fluencia abrupta o punto de fluencia en un acero al carbono (mediano C).

La resistencia a la tracción de un material es más frecuente determinado a temperatura ambiente, pero puede ser determinado a cualquier otra temperatura. En general, conforme la temperatura de prueba aumenta la resistencia a la tracción y la resistencia de fluencia disminuye mientras la ductilidad aumenta.

Lo opuesto a la ductilidad es la "fragilidad" un termino familiar pero a menudo confuso. comportamiento fragil es la fracture sin mucha ductilidad o deformacion previa. El cobre es ductil debido a que se deforma una gran cantidad antes de romperse; el vidrio fragil debido a que se rompe asi inmediatamente sin deformarse. Ambos son materiales fuertes. La ductilidad no es una medida directa de la resistencia, pero, para ser util un material debe normalmente ser tanto ductil como fuerte. Un metal que es ductil y fuerte se dice que es un "material tenaz".

Resistencia a la Fatiga

Si se aplica a un material un esfuerzo menor que su resistencia a la traccion, no se rompera; si la misma carga es retirada y aplicada varias veces puede eventualmente romperse. La falla por doblamiento repetido de un clip de papel, es un ejemplo de un tipo de fatiga. La resistencia de un material para soportar la aplicacion de cargas repetidas se llama "resistencia a la fatiga". La resistencia a la fatiga esta

generalmente relacionada al numero de ciclos requeridos para alcanzar el punto de falla. La resistencia a la fatiga es comunmente determinada, aplicando primero un esfuerzo de traccion y luego al mismo nivel un esfuerzo de compresion. Este es el maximo esfuerzo limitante que es ciclado sobre y debajo del nivel cero de esfuerzos en la fig. 3.5.

Cuanto mas cercano el esfuerzo maximo a la resistencia de traccion menores son las aplicaciones del ciclo de carga que se requiere antes de que ocurra la fractura. Cuando el nivel de esfuerzo se reduce se necesita un mayor numero de ciclos antes de que ocurra la fractura.

Resistencia de Fluencia

Si a temperatura ambiente se aplica a un material una carga debajo de su resistencia de traccion, el material se alargara conforme se vaya aplicando la carga, produciendose una deformacion que aunque es medible, es muy pequena; sin embargo, si la misma carga se aplica a elevada temperatura el material continuara alargandose mientras la carga se mantenga, este comportamiento se

llama "fluencia"; si se mantiene la carga el tiempo suficiente se producira la rotura del material.

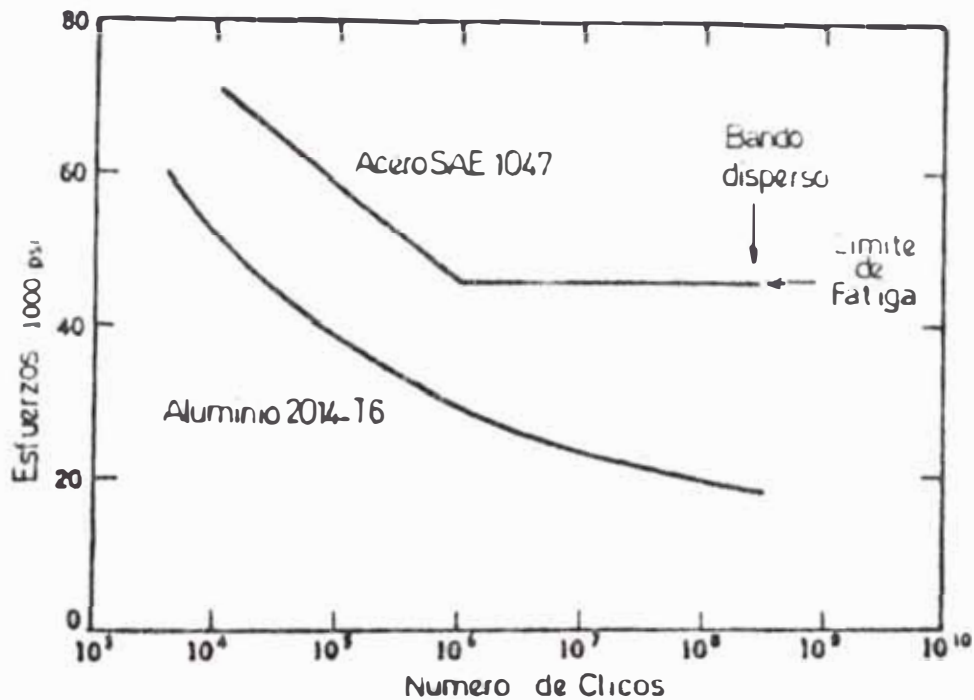


Figura 3.5 Curvas S-N de falla de fatiga de aluminio y acero al carbono (bajo % c).

Para describir la fluencia de un material o su resistencia a la rotura se necesita además del esfuerzo, de dos factores importantes que son: el tiempo y la temperatura. Cuanto mas alta es la temperatura mas corto es el tiempo necesario para producir una cantidad dada de fluencia, o la falla por rotura a una carga dada. A una temperatura dada la

carga mas alta origina que la fluencia y la rotura se produzcan mas pronto. La "resistencia de fluencia" se define como el esfuerzo requerido para producir una cantidad de deformacion de fluencia en un periodo de tiempo dado y a una temperatura dada, por ejemplo 0,1% de deformacion de fluencia en 100,000 horas a 538 C (1000 F). La "Resistencia de Rotura" es el esfuerzo para producir la falla despues de un periodo dado de tiempo y a una temperatura dada. La relacion general entre esfuerzo, tiempo y temperatura en el caso de rotura, se muestra en la fig. 3.6. Se podrian trazar curvas similares para la deformacion de fluencia.

Tenacidad a la Fractura

Un material con resistencia y ductilidad normal puede comportarse en forma muy diferente si es sometido a cargas bajo ciertas condiciones como por ejemplo, cuando tiene una ranura o entalla, tambien cuando se aplica la carga a bajas temperaturas o en el caso que la carga se aplica en forma violenta. La combinacion de los factores mencionados puede originar que el metal se fracture en forma fragil y a una resistencia mucho mas baja que su valor normal. Este comportamiento de un

material se llama "sensibilidad a la entalla" o "fractura fragil", y viene a constituir lo opuesto a la tenacidad de entalla. Los materiales tenaces a la entalla son aquellos que son relativamente insensibles a las entallas, al frio y a las cargas de impacto. Por lo general estos materiales fallan de una manera razonablemente ductil a pesar de estar sometido a las condiciones de prueba "fragilizantes" que se ha mencionado.

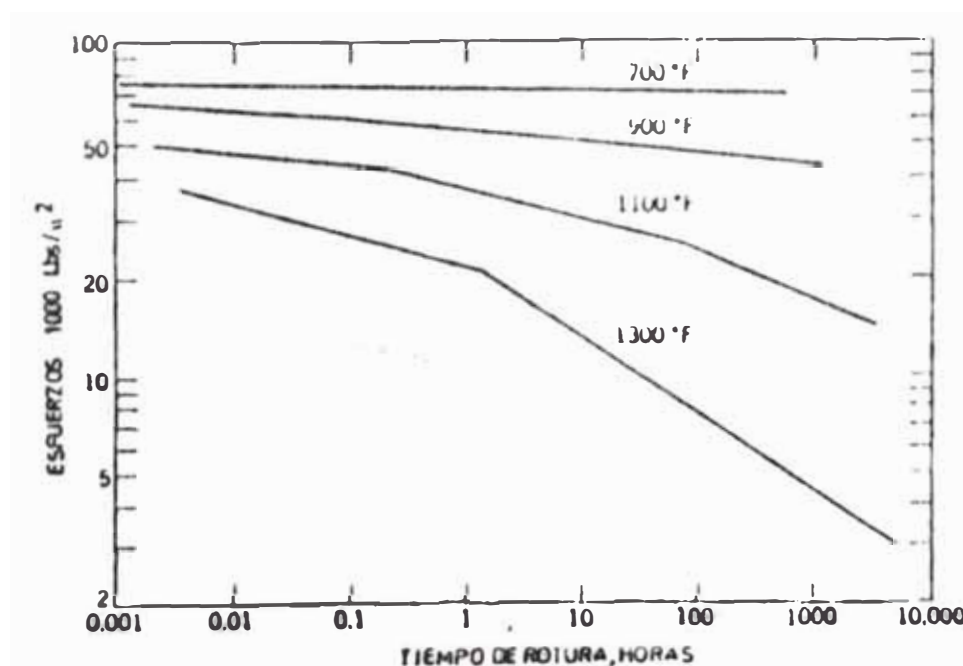


Figura 3.6 Esfuerzo vs. tiempo de rotura para el monel recocido, con pruebas en un rango de temperatura.

Una prueba común para medir la tenacidad a la fractura es la prueba de impacto Charpy con entalla. La probeta se muestra en la fig. 3.7. En esta prueba la energía necesaria para romper la probeta de prueba en un rango de temperaturas es la que determina la tenacidad a la fractura con entalla. En esta prueba, un martillo pendular golpea la probeta de prueba desde una altura conocida. Conforme se muestra en la fig. 3.7 es normal que el material tenga más baja absorción de energía cuanto más baja es la temperatura de prueba. En las pruebas de un material en un rango de temperaturas la forma de falla se desvía algunas veces en forma abrupta, desde tenaz a altas temperaturas, hasta frágil a bajas temperaturas, constituyendo la llamada "temperatura de transición". La tenacidad o fragilidad son características importantes en las estructuras soldadas. Muchos factores afectan la tenacidad a la fractura y no todos los materiales son igualmente tenaces. Los materiales más tenaces tienen bajas temperaturas de transición y su fractura en todas las temperaturas requiere por lo general energías más altas.

Resistencia a la Oxidacion

La mayoría de los metales cuando están expuestos al aire a elevadas temperaturas tienen la tendencia a que el oxígeno del aire se combine con el metal y forme un óxido. La capacidad de un material a resistir la formación de óxido o a resistir una continuada y rápida oxidación se llama su "resistencia a la oxidación".

Los metales tales como el oro, plata y platino son muy resistentes a la oxidación. El **hierro** y el cobre se oxidan rápidamente. Esto es generalmente indeseable, particularmente en el caso del **hierro** y acero, pues muchos óxidos una vez formados no se adhieren al metal.

Si la exposición es continuada, el material se deteriora gradualmente. Los metales Al y Cr, también forman óxidos fácilmente cuando se exponen al aire.

Sin embargo, en el caso de estos metales el óxido se adhiere muy fuertemente al metal y efectivamente lo sella evitando su posterior oxidación. El cromo que está presente en los aceros inoxidable también efectúa esta misma función. La resistencia a la oxidación disminuye conforme aumenta la temperatura de

exposición.

Resistencia a la Corrosion

La resistencia a la corrosion de un material es una propiedad mas amplia que la resistencia a la oxidacion puesto que considera la resistencia de un metal a cualquier clase de ataque quimico o electroquimico, incluyendo la oxidacion. La presencia de agua o soluciones de agua aumenta generalmente la accion corrosiva. La resistencia a la corrosion es mejorada por la formacion de un recubrimiento de oxido que se adhiere fuertemente como en el caso de la oxidacion.

3.4.5. Ensayo realizado en la bomba de subsuelo

En la bomba de subsuelo RWTC, uno de los elementos mas criticos expuestos a esfuerzos de traccion es la Jaula Superior (API 11AX-C11-20), pues es la que va unida a la varilla de accionamiento en el Sucker Rod.

Se ha realizado un ensayo en el laboratorio No 4, de la Facultad de Ingenieria Mecanica de la Universidad Nacional de Ingenieria (ver apendice A), en la Jaula Superior, de la cual se extrajo una muestra a partir de la cual se fabrico una probeta que se sometio al ensayo de traccion en una maquina AMSLER de 5.0 Ton. de

capacidad obteniendose los siguientes resultados:

Longitud inicial entre marcas : 25 mm.

Carga de rotura : 916 kgs.

Esfuerzo de rotura : 78.29 kg/mm²

Longitud final entre marcas : 28 mm.

Area de la seccion de ensayo : 11.7 mm²

Alargamiento : 3 mm.
(3 x 100 12%)

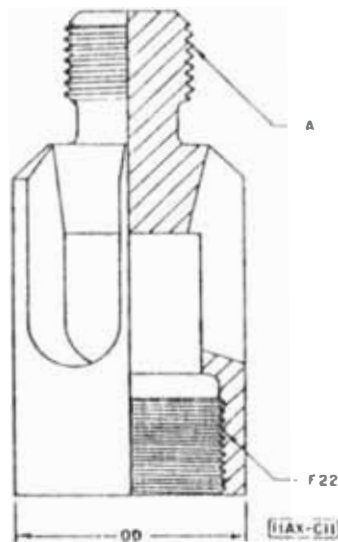


figura No 3.8

Segun la norma API Spec 11B (SUCKER RODS), nos da las siguientes propiedades quimicas y mecanicas:

GRADO	COMPOSICION	ESFUERZO (FSI)	
	QUIMICA	MIN	MAX
K	AISI46XX	85,000	115,000
C	AISI1036	90,000	115,000
D	CARBON DR ALLOY	115,000	140,000

Entonces podemos ver que el esfuerzo de rotura ensayado nos da un valor de 78.29 kg/mm².

En este tipo de bomba ensayado el grado de sucker rod es C para un acero AISI 1036, entonces los limites del esfuerzo de rotura, segun tabla son:

minimo : 90,000 psi - 63.40 kg/mm²

maximo : 115,000 psi - 81.02 kg/mm²

Con lo cual concluimos que esfuerzo de rotura ensayado en la Jaula Superior se encuentra dentro de los limites

permisibles, por lo cual el material usado es el adecuado.

3.5. Condiciones de Desgaste

3.5.1. Importancia del desgaste en el diseño

El desgaste es muy importante en la práctica de la ingeniería; en muchos casos constituye el principal factor que limita la vida y el rendimiento de los componentes de máquinas.

El objetivo en el diseño mecánico es determinar formas, dimensiones de las piezas y seleccionar el material adecuado para que las mismas no fallen, como se ha realizado en el presente proyecto.

El desgaste puede definirse como el deterioro de la superficie debido al uso. El conocimiento de la naturaleza del desgaste, así como de las teorías interpretativas de este fenómeno son de primera importancia para el diseño mecánico de piezas, en complementación a los criterios de resistencia mecánica. De esta manera la confiabilidad de las piezas y de las máquinas será mayor.

En el diseño mecánico, mayormente son utilizados los criterios de resistencia mecánica o solidez mediante los cuales se relacionan las fallas probables debidas a cargas estáticas o dinámicas con:

- Los esfuerzos máximos esperados
- Las deformaciones máximas esperadas

Sin embargo, muchas figuras proyectadas adecuadamente, por criterios de solidez, después de un determinado número de ciclos de trabajo presentan deterioros en la superficie, que al ir en aumento originan crecientes pérdidas de potencia por rozamiento, lo que causa, que las máquinas de las que forman parte, se aparten de su servicio normal. El deterioro superficial también causa disminución de las secciones (áreas) de trabajo lo que puede originar una fractura prematura.

3.5.2. Tipos de Desgaste

A continuación se presenta una clasificación de los diferentes tipos de desgaste de acuerdo a diferentes criterios:

- A) Según la naturaleza de las superficies en contacto:
- desgaste de metal con metal

desgaste de metal con no metal

desgaste de metal en contacto con fluido

B) Segun la dureza relativa de los materiales en contacto:

desgaste de metales de la misma naturaleza

desgaste de material suave sobre otro duro

desgaste de material duro sobre otro suave

C) Segun la condicion de lubricacion:

desgaste de superficies lubricadas

desgaste de superficies no lubricadas

D) Segun el tipo de friccion:

desgaste por deslizamiento

desgaste por rodadura

E) Segun la naturaleza del proceso destructivo:

Adhesion: Esta causado por la accion cortante de microsoldaduras formadas entre las asperezas de la superficie que realmente lleva la carga entre dos superficies correspondientes. Este tipo de desgaste se presenta por la falla de la pelicula que normalmente separa a las dos

superficies. A su vez, la falla de la película esta ocasionada por altas temperaturas, presiones y velocidades de deslizamiento.

Abrasion: El desgaste abrasivo o de tipo cortante tiene lugar siempre que estan presentes particulas extranas duras, tales como areniscas de metal, oxidos metalicos y polvo y areniscas del medio, entre las superficies en contacto.

Estas particulas primero penetran en el metal y despues rayan o desgarran particulas metalicas. Segun su intensidad, el desgaste abrasivo puede ser en forma de socavadura o de rayado. El desgaste abrasivo es uno de los tipos mas comunes encontrados en la practica de la ingenieria, y es probablemente la mayor causa aislada de desgaste en muchas aplicaciones de maquinas.

Socavaduras: Las socavaduras, la corrosion por socavadura, el astillamiento, las grietas y las picaduras constituyen fenomenos del mismo tipo, pero

el astillamiento es probablemente el mas comun. Por lo general se atribuyen a la repeticion ciclica de los esfuerzos de contacto **entre** dos superficies correspondientes. La intensidad del esfuerzo causa una grieta que separa una particula del cuerpo principal del material. La cavidad asi formada es una socavadura, de la cual suele dispersarse parte del material hacia afuera, por astillamiento.

Debera distinguirse entre las socavaduras incipientes, que pueden ser borradas por subsecuentes acciones de desgaste, y las socavaduras destructivas que conducen a fallas por fatiga.

Erosion por cavitacion: La erosion es un proceso de dano superficial y desprendimiento de material, causado por un liquido o un gas en ausencia de una segunda superficie.

La erosion por cavitacion esta ocasionada por movimientos relativos intensos, entre el metal y el liquido. En tales movimientos se reduce la presion local sobre el liquido, la temperatura de este alcanza el punto de ebullicion, y se forman pequenas cavidades de vapor. Al volver la presion, a su valor

normal, ocurre una implosion y las cavidades se desploman. Esto produce fuerzas de impacto con intensidad sobre el metal, causando endurecimiento, fatiga y formacion de socavaduras por cavitacion.

Corrosion galvanica: La corrosion galvanica es un complejo fenomeno que produce dano a una superficie, causado por un flujo de corriente en un liquido, de una superficie metalica a otra.

Estrictamente hablando los dos metales deben ser diferentes. En un sentido mas amplio, estas celdas galvanicas pueden operar ya sea en la superficie del metal, entre metales diferentes en un contacto electrico, o entre zonas de diferente concentracion electrolitica.

Corrosion por rozamiento: Tambien conocida como falsa brinelizacion, desgaste por oxidacion, oxidacion por friccion y fatiga por frotamiento, se caracteriza por movimientos reciprocos entre las superficies de desgaste, limitados por una fuerza normal. El dano puede variar desde la simple alteracion de las superficies de contacto, hasta el desgaste de 1/16" (1.59 mm) del material.

normal, ocurre una implosión y las cavidades se desploman. Esto produce fuerzas de impacto con intensidad sobre el metal, causando endurecimiento, fatiga y formación de socavaduras por cavitación.

Corrosión galvánica: La corrosión galvánica es un complejo fenómeno que produce daño a una superficie, causado por un flujo de corriente en un líquido, de una superficie metálica a otra.

Estrictamente hablando los dos metales deben ser diferentes. En un sentido más amplio, estas celdas galvánicas pueden operar ya sea en la superficie del metal, entre metales diferentes en un contacto eléctrico, o entre zonas de diferente concentración electrolítica.

Corrosión por rozamiento: También conocida como falsa brunelización, desgaste por oxidación, oxidación por fricción y fatiga por frotamiento, se caracteriza por movimientos recíprocos entre las superficies de desgaste, limitados por una fuerza normal. El daño puede variar desde la simple alteración de las superficies de contacto, hasta el desgaste de 1/16" (1.59 mm) del material.

Una teoria provisional considera que el movimiento oscilatorio rompe cualquier pelicula de naturaleza protectora que lleve la superficie, haciendo que el metal se adhiera y se desprenda en cada oscilacion.

Los restos pueden entonces convertirse en un oxido abrasivo que causa el grave dano.

Intrusiones: Aqui existe un arrancamiento de las asperezas debiles.

3.5.3. Factores que Intervienen en el Desgaste

La complejidad del desgaste se acentua al considerar el numero de factores necesarios para describirlo. Los principales factores que intervienen en el desgaste pueden enumerarse en la forma siguiente:

3.5.3.1 VARIABLES RELACIONADAS CON LA METALURGIA

- Dureza: Por lo general, la tasa de desgaste conforme aumenta la dureza. A mayor dureza, mayor sera la resistencia al desgaste, a la erosion y a la deformacion plastica.

A fin de aumentar la resistencia al desgaste, debe incrementarse la dureza mediante aleación o tratamiento térmico. El templeado o trabajo de endurecimiento no aumenta la resistencia de los materiales al desgaste.

- Tenacidad: La tenacidad es la capacidad del material de absorber energía en la zona plástica. Se consigue con aleantes (acero al manganeso) A mayor tenacidad mayor resistencia al desgaste.

- Constitución y Estructura: Los componentes estructurales de los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas.

Así tenemos en los materiales ferrosos:

Ferrita : plástica y blanda

Cementita : es frágil y dura con pobre resistencia
mecánica

Ferrita : buena resistencia mecánica

Martensita : tiene dureza y fragilidad

Austenita : tiene buena tenacidad

- Composición Química: Los elementos metálicos tienen diferentes comportamientos:

- . Para formar películas de óxido
- . Reaccionar con el nitrógeno y formar nitruros
- . Para formar amarres o enlaces (iónico o covalente)

Es recomendable que uno de los metales en contacto sea del grupo 8 de la tabla periódica (Fe, Pb, Ni, Cr, Mn, etc.)

3.5.3.2 Variables Relacionadas Con el Servicio

- Materiales en Contacto.- La combinación de los materiales en contacto influye en el desgaste. Tienen diferente comportamiento: materiales similares, material suave sobre material duro, material duro sobre material suave.
- Presión.- A mayor presión de contacto mayor desgaste, sin embargo con el calor de fricción disminuye.
- Velocidad.- El decremento de la fricción y el desgaste al elevarse la velocidad de deslizamiento, se debe a la mayor inclinación del gradiente de temperatura, ya que como el área efectiva de contacto puede reducirse, queda menos tiempo disponible para ceder bajo la carga aplicada.

- **Temperatura.**- La tasa de desgaste se incrementa con la temperatura debido a:

- Un decremento de la dureza
- . Un incremento de los riesgos de soldadura
- . Deformaciones plasticas
- . Corrosion por oxidacion

Acabado Superficial.- En terminos generales, mientras mas aspera sea la superficie, mas alta sera la tasa de desgaste y mayor sera la facilidad de acumular lubricantes. Sin embargo, las superficies sumamente lisas y uniformes manifiestan altas fuerzas de interaccion molecular, pierden la capacidad de acumular contaminantes debido a la ausencia de los "valles" que de otra manera se localizan entre las asperezas relativamente grandes de una superficie rugosa.

Contaminantes.- Los contaminantes pueden ser beneficos o perjudiciales.

Son contaminantes beneficos los lubricantes o peliculas en la superficie.

Son contaminantes perjudiciales las partículas abrasivas.

3.5.4 Desgaste en la Bomba

Aquí veremos posibilidades y que tipos de desgaste se puede presentar en la bomba de subsuelo, de acuerdo a las clasificaciones anteriormente citadas.

Podría presentarse un desgaste de metal en contacto con fluido de acuerdo a la naturaleza de las superficies en contacto, pues, el fluido (petróleo) está en contacto con la bomba, también se podría dar, desgaste de material duro sobre otro suave (bola en contacto con la jaula), además puede ocurrir un desgaste abrasivo por estar en pozo expuesto a partículas como polvo, barro, areniscas que se encuentran entre las superficies en contacto.

De acuerdo al informe del laboratorio No 4 de la Universidad Nacional de Ingeniería (ver anexo A), para el barril no existe desgaste, es más, se notan todavía las huellas del rectificado, que ha sido en los dos sentidos en este caso.

En las otras piezas, tampoco se nota desgaste, pues han

sido algunas analizadas.

En conclusion, el problema del desgaste en el material en la bomba de subsuelo, aun no es de cuidado.

En el caso de la bomba se podria dar el desgaste abrasivo, que puede presentarse como desgaste por abrasion penetrante, de alto esfuerzo o abrasion pulverizante y abrasion ligera, de bajo esfuerzo por rayado o por erosion.

A continuacion presento dos cuadros que nos permitira tener una idea de las velocidades tipicas de desgaste en varios tipos de abrasion y las aleaciones resistentes a la abrasion.

De acuerdo a la tabla No 1 y la clasificacion sacada de la observacion metalografica de la jaula (tiene estructura perlitica en matriz ferritica), vemos que la tasa de desgaste en milésimas por hora esta entre 50 y 250; y de acuerdo a la tabla No 2 sus características son bajo costo, clara resistencia a la abrasion y al impacto.

CAPITULO 4 INGENIERIA DEL PROCESO

4.1 Consideraciones Constructivas

En el presente proyecto de fabricacion nacional de bomba de subsuelo para extraccion de petroleo RWT 20 125, se especificara mas adelante cada una de sus partes en detalle dentro de un proceso de fabricacion (al final se muestran los planos de diseno de cada pieza), en una Hoja de Ruta tipica, para obtener una buena calidad de fabricacion en un tiempo corto.

Es importante resaltar que dentro de un plan de trabajo uno de los documentos mas importantes es la hoja de ruta por cada clase de pieza que se va a construir.

Esta hoja de ruta, ademas de las indicaciones generales sobre pieza, pedido, material, contiene todos los procesos que han de efectuarse para la construccion completa de la pieza, indicando las secciones o talleres y las maquinas que deben realizarla.

Puede anadirse una columna de observaciones donde van las firmas de los verificadores y las fechas de comprobacion anotandose ademas en el caso de piezas defectuosas (devoluciones) o rechazadas (inutiles). Toda pieza rechazada dara lugar a una ficha de reposicion, para que no quede incompleta la serie de piezas.

La hoja de ruta va pasando por todas las secciones que intervienen en la confeccion de la pieza (po ejemplo corte, torneado, fresado, montaje, etc.) y de ahí procede su nombre.

De las hojas de ruta pueden sacarse otros documentos destinados a facilitar datos a las oficinas de planeamiento y estadística.

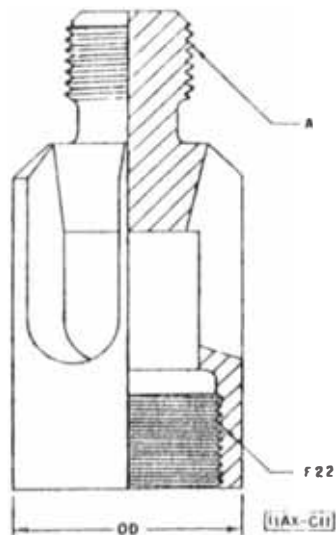
Para poder realizar un control de la producción en los talleres o para el desarrollo temporal del proceso de fabricación de una pieza, se utiliza en general una Hoja de Ruta con una columna dispuesta para marcar los tiempos, como lo veremos en el presente capítulo.

A continuación se muestra el modelo de la HOJA DE RUTA confeccionada para este proyecto y luego cada pieza dentro de una hoja de ruta.

DENOMINACION: JAULA SUPERIOR
 PIEZA No : C11 - 20

HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		6'	
2	CENTRO	BROCA DE CENTRAR	03	1'	TORNO REVOLVER
3	PERFORADO	"	01/2"	2'	"
	"	"	01"	2'	"
	"	"	029	2'	"
4	CILINDRADO INTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	033.38	2'	
5	ROSCADO	MACHO 037.35-14		5'	"
	CORTE Y MANIPULEO	SIERRA		1'	



DENOMINACION: JAULA SUPERIOR
 PIEZA No C11 - 20

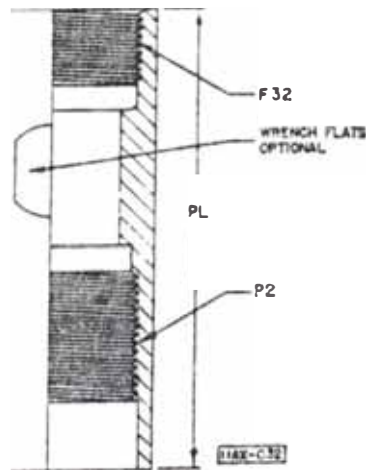
HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
6	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	040	2'	TORNO REVOLVER
	"	"	034	2'	"
	"	"	028	2'	"
7	CILINDRADO CUELLO	"	023.5	1'	"
8	ROSCADO	PEINE 10 HILOS	03/4	2'	"
	MANIPULEO			1'	
9	FRESADO	FRESA ESPIGA 1"	011/16"	10'	FRESA
10	ACABADO		ZINCADO TROPICAL.	0.5	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: CUPLA SUPERIOR TUBO DE TRACCION
 PIEZA No C32 - 125

HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		4'	
2	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	030.16	3'	TORNO REVOLVER
3	CENTRO	BROCA DE CENTRAR	03	1'	"
4	PERFORADO	BROCA	03/8"	2'	
	"	"	05/8"	2'	"
5	CILINDRADO INTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	015/16"		
	ROSCAL	M3.4 025.4 14	025.4 14		"
7	CORTE Y MANIPULEO	SIERRA VAIVEN		1'	



DENOMINACION: CUPLA SUPERIOR TUBO DE TRACCION
 PIEZA No . C32 - 125

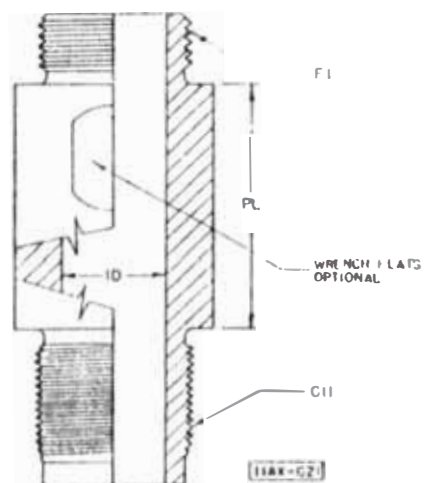
HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
8	CILINDRADO INTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	07/8"	3'	TORNO REVOLVER
	"	"	015/16"	3'	"
9	ROSCADO	MACHO 023.81-16	023.81-16	5'	"
10	MANIPULEO			1'	
11	DESCARGUE CILINDRICO	CUCHILLA 1/2"x1/2"	01"	1	TORNO PARALELO
12	MANIPULEO			1'	
13	DESCARGUE CILINDRICO	CUCHILLA 1/2"x1/2"	01"	1'	TORNO PARALELO
14	ACABADO		ZINCADO TROPICAL.	0.5	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: CONECTOR SUPERIOR BARBIL
 PIEZA No C21 - 20 - 125

HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		5'	
2	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	042	2'	TORNO REVOLVER
3	"	"	037.34	2'	"
4	CENTRO	BROCA	03	1'	"
5	PERFORADO	"	01/2"	2'	"
	"	"	07/8"	2'	"
	"	"	01"	2'	"
6	CORTE Y MANIPULEO	SIERRA VAIVEN		1'	



DENOMINACION: CONECTOR SUPERIOR BARRIL
 PIEZA No C21 - 20 - 125

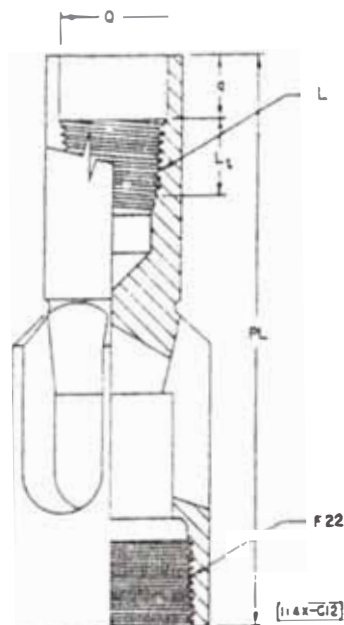
HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
7	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	031.65	2'	TORNO REVOLVER
8	CILINDRADO DE CUELLO	"		0.5	"
9	MANIPULEO			1'	
10	ROSCADO	PEINE 14 HILOS	037.34-14	5'	TORNO PARALELO
	"	PEINE 16 HILOS	033.85-16	5'	"
11	FRESADO EXTERIOR	FRESA ESPIGA 1"	01"	2'	FRESA
12	ACABADO		ZINCADO TROPICAL.	0.5'	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: JAULA SUPERIOR PISTON
 PIEZA No C12 - 125

HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		3'	
2	CILINDRADO EXYERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	022.3	5'	TORNO REVOLVER
	"	"	030	2'	"
3	CENTRO	BROCA DE CENTRAR	03	1'	"
4	PERFORADO	BROCA	01/2"	3'	"
5	CILINDRADO INTERIOR	BROCA	05/8"	3'	"
6	ROSCADO	MACHOCON. NPT-1/2"	01/2"	5'	"
7	CORTE Y MANIPULEO			1'	



DENOMINACION: JAULA SUPERIOR PISTON
 PIEZA N° C12 - 125

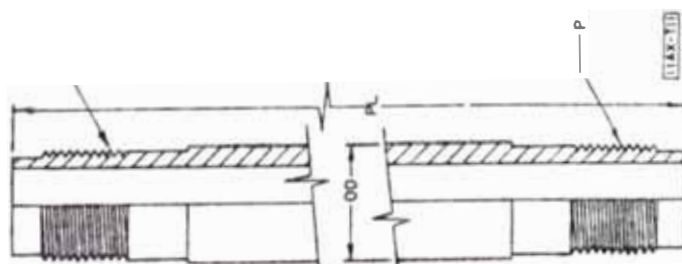
HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
8	CENTRO	BROCA DE CENTRAR	03	1'	TORNO REVOLVER
9	PERFORADO	BROCA	01/2"	3'	
	"	"	020	3'	"
10	CILINDRADO INTERIOR	"	015/16"	2'	"
11	ROSCADO	MACHO 025.4-14		5'	"
12	FRESADO	FRESA ESPIGA 1"	08	10	FRESADORA
13	ACABADO		ZINCADO TROPICAL.	0.5'	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: TUBO DE TRACCION
 PIEZA No T11 - 125

HOJA DE RUTA

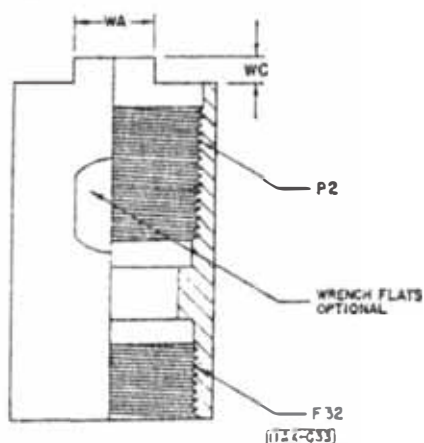
OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		4'	
2	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	021.62	3'	TORNO REVOLVER
3	CILINDRADO CUELLO	"	021.62	5'	"
4	ROSCADO	PEINE 16 HILOS	023.81-16	1'	"
5	MANIPULEO				
6	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	021.62	3'	TORNO REVOLVER
7	CILINDRADO CUELLO	"	021.62	5'	"
8	ROSCADO	PEINE 16 HILOS	023.81-16	1'	"



DENOMINACION: CUPLA INFERIOR - TUBO DE TRACCION
 PIEZA No C33 - 125

HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		5'	
2	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	044	1'	TORNO PARALELO
3	CENTRO	BROCA DE CENTRO	04	2'	"
4	PERFORADO	BROCA	011/16"	2'	"
5	CILINDRADO INTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	023.85	5'	
6	ROSCADO	MACHO 023.81-16	023.81-16	5'	"
7	MANIPULEO			1'	
8	PERFORADO	BROCA	01 3/8"	2'	TORNO PARALELO



DENOMINACION: CUPLA INFERIOR - TUBO DE TRACCION
 PIEZA No C33 - 125

HOJA DE RUTA

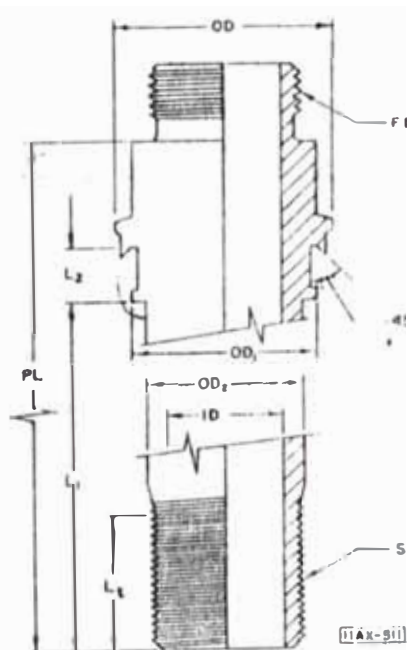
OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
9	CILINDRADO INFERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	038	2'	"
10	ROSCADO	"	037.35- 14h	5'	
11	MANIPULEO			1'	
	FRESADO LATERAL	FRESA ESPIGA 1"	038	2'	
	FRESADO	"	017	2'	
	ACABADO		ZINCADO TROPICAL.	0.5'	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: MANDRIL DE ANCLAJE

PIEZA No S11 - 20

HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		5'	
2	CILINDRADO	HIDRO COPIADOR		5'	TORNO PARALELO
3	CENTRO	BROCA DE CENTRAR	03	1'	"
4	PERFORADO	BROCA EX- TRA LARGA	03/8"	5'	
	"	BROCA	01/2"	5'	"
	"	"	07/8"	5'	"
5	MANIPULEO			1'	
6	ROSCADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	030.15-14	5'	TORNO PARALELO



DENOMINACION: MANDRIL DE ANCLAJE
 PIEZA No S11 - 20

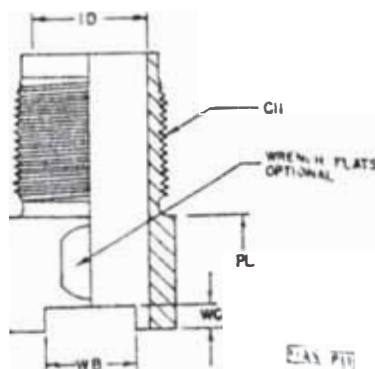
HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
7	MANIPULEO			1'	
8	ROSCADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	037.34-14	4'	TORNO PARALELO
9	ACABADO		ZINCADO TROPICAL.	0.5'	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: TAPON DE TRACCION
 PIEZA No P11 - 125 - 15

HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		5'	
2	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	033.7	3'	TORNO REVOLVER
	"	"	031.9	3'	"
3	CENTRO	BROCA DE CENTRAR	03	1'	"
4	PERFORADO	BROCA	01/2"	2'	"
	"	"	013/16"	2'	"
	"	"	01"	2'	"
5	ROSCADO	PEINE 16 HILOS	033.7	5'	"



DENOMINACION: TAPON DE TRACCION
 PIEZA No P11 - 125 - 15

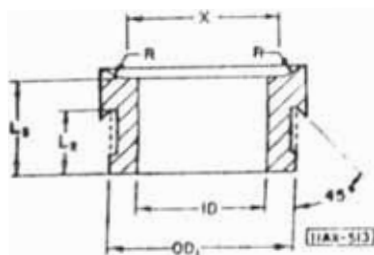
HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
6	CORTE Y MANIPULEO	SIERRA VAIVEN		1	
7	CILINDRADO DE CUELLO	CUCHILLA 1/2"x1/2"	031.9	0.5'	TORNO REVOLVER
8	FRESADO CA- NAL INTERIOR	FRESA ESPIGA 1"	013/16"	2'	FRESA
	FRESADO EXTERIOR	"	01"	2'	FRESA
9	ACABADO		ZINCADO TROPICAL.	0.5'	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: ANILLO SEPARADOR
 PIEZA No S13 - 20

HOJA DE RUTA

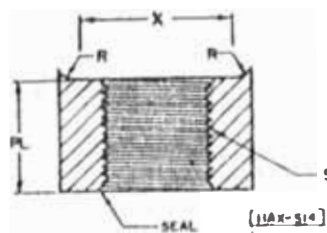
OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		5'	
2	CENTRO	BROCA DE CENTRAR	03	1'	TORNO REVOLVER
3	PERFORADO	BROCA	01/2"	2'	"
	"	"	01"	2'	"
4	CILINDRADO INTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	030.3	2'	
5	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"		1'	
6	CORTE Y MANIPULEO	SIERRA VAIVEN		1'	
7	MAQUINADO DE RADIO	CUCHILLA 1/2"x1/2"		1'	TORNO REVOLVER



DENOMINACION: CONTRATUERCA
 PIEZA No : S14 - 20

HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		5'	
2	CENTRO	BROCA DE CENTRO	03	1'	TORNO REVOLVER
3	PERFORADO	CUCHILLA 162"x1/2"	01/2"	2'	"
	"	"	01"	2'	"
	"	"	01 1/8"		"
4	CILINDRADO INTERIOR	"	030	3'	"
5	ROSCADO	MACHO 030-16	030-16	5'	"
6	CORTE Y MANIPULEO	SIERRA VAIVEN		1'	



DENOMINACION: CONTRATUERCA
 PIEZA No S14 - 20

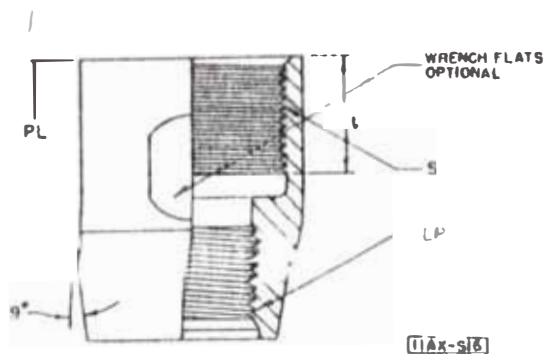
HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
7	MAQUINADO DE RADIO	CUCHILLA 1/2"x1/2"		1'	TORNO REVOLVER
8	FRESADO EXTERIOR	FRESA ESPIGA 1"	01"	2'	FRESA
9	ACABADO		ZINCADO TROPICAL	0.5'	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: CONECTOR INFERIOR
 PIEZA No S 16 - 20

HOJA DE RUTA

OPERACION; NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		5'	
2	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	049	1'	TORNO REVOLVER
3	CILINDRADO CONICO	CUCHILLA 1/2"x1/2"	<9	0.5'	"
4	CENTRO	BROCA DE CENTRAR	04	0.5'	"
5	PERFORADO	BROCA	01/2"	2'	"
	"	"	03/4"	2'	"
	"	"	027	2'	"
6	CILINDRADO INTERIOR	CUCHILLA 1/2"x1/2"	033	4'	"



DENOMINACION CONECTOR INFERIOR
 PIEZA No S - 16 - 20

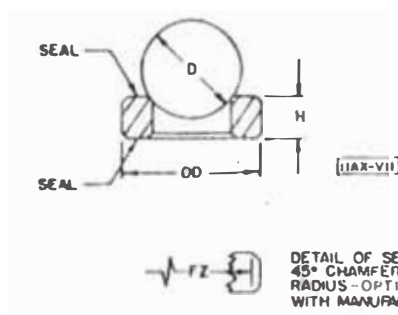
HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
7	ROSCADO	"	030.21-14		"
8	MANIPULEO			1'	
9	CILINDRADO INTERIOR		035	0.5'	TORNO REVOLVER
10	MANIPULEO			1'	
11	FRESADO	FRESA ESPIGA 1"		2'	FRESA
12	ACABADO		ZINCADO TROPICAL.	0.5'	TINA DE ZINCADO

DENOMINACION: ASIENTO
 PIEZA No V11 - 125

HOJA DE RUTA

OPERACION NUMERO	DENOMINA- CION	CLASE HERRAM.	INSTRUC CIONES	TIEM PO	MAQUINA EQUIPO
1	CORTE	SIERRA VAIVEN		5'	
2	CILINDRADO EXTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"		1	TORNO REVOLVER
3	CENTRO	BROCA DE CENTRO	03	1'	"
4	PERFORADO	BROCA	01/2"	1'	"
5	CILINDRADO INTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	014.55	1'	"
6	CHAFLAN EXTERIOR	CUCHILLA 1/2" x 1/2"	<30	0.5'	"
7	AVELLANADO	CUCHILLA 1/2" x 1/2"		0.5'	"
8	TEMPLE Y REVENIDO			0.5'	"



4.2 Especificaciones de Equipos, máquinas necesarios

De acuerdo a los requerimientos de la fabricación de la bomba de subsuelo RWT - 20 - 125, se tendrá que contar con algunos equipos básicos:

Fresadora - Peckel

Procedencia	alemana
Dimensiones de mesa	440 mm x 100 mm.
Motor de accionamiento del husillo	3000 rpm / 1735 rpm. : 2 - 4 kw.
Motor de avances	: 3000 rpm , 1.5 kw.
Gama de velocidades	15 - 3000 rpm.

Equipado con mesa divisora giratoria, morsa de cierre hidráulico, cabezal vertical, cabezal amortajador, visualizador digital de la posición de la herramienta en las tres coordenadas.

Fresadora Darje

Proceden - argentina
cia

Dimensiones
de mesa 1280 mmx 280 mm.

Motor de
accionamien-
to del husi-
llo . 4kw.

Motor de
avances : 1.5 kw.

Motor de
refrigerac. . 0.15 kw.

Gama de
velocidades
del husillo 27 - 1600 rpm.

Diámetro del
árbol porta-
fresa : 27 mm.

Avance longitudinal : 9 - 500 mm/min.

Avance transversal 9 - 500 mm/min.

Avance vertical 2.25 - 125 mm/min.

Equipado con mesa divisora giratoria, cabezal amortajador,
cabezal vertical, morsa giratoria.

Torno Automático Danova

Procedencia España

Diámetro máx.
de barra 50 mm.

Accionamiento de la torreta Revolver, carro transador y carros transversales por medio de contrles electroneumático.

Motor accio-
namiento del
husillo : 4 kw.

Motor bomba
de refrig. 0.2 kw.

Recorrido total de la torreta 210 mm.

Recorrido total de los carros
transversale 85 mm.

Recorrido total del carro : 70mm
frnzador

Torno Revólver Augustus

Procedencia : Italia

Diámetro husillo 51 mmm.

Diámetro máximo de barra con pinza · 40 mm.
Velocidades del huillo : 70 - 100

Diámetro de agujeros de la torreta : 32 mm.

Potencia motor alta velocidad	3.8
Potencia motor baja velocidad	2 CV.
Potencia motor refrigeración	0.2

Debido a los consumos anuales, en éste proyecto para la fabricación no serán necesarios algún tipo de utilajes especial, salvo la de accesorios para producción en serie de 5 o 6 piezas.

4.3 Identificación y Selección de Talleres

Es importante dentro de los proyectos de factibilidad, considerar la selección y evaluación de talleres, pues a través de éste proceso tendremos a la mano una información necesaria de las diferentes fabricas o talleres, que nos posibilitará determinar más exhaustivamente el lugar para la posible realización de un trabajo de gran calidad.

Además a través de la selección y evaluación de talleres, se puede conocer más de cerca la real capacidad de materia prima,

maquinarias y equipos, herramientas, capacidad técnica, control de calidad, organización industrial con que cuentan los talleres.43

Para la calificación de cada taller, PETROPERU cuenta con una ficha de evaluación industrial, donde se toma en cuenta la materia prima, cuya evaluación se refiere a la inspección al recibirlas, control de especificaciones, sistema de almacenamiento (si es bodega o cielo abierto), stock disponible, etc; también se anotan las maquinarias y herramientas, pues es necesario saber conocer los pormenores si tienen.

Además se tiene en cuenta la capacidad técnica, calificación y supervisión del personal, planeamiento del trabajo, sus procesos de producción, investigación y desarrollo su experiencia.

También se anotan que tipo de control de calidad es con el que cuentan, si realizan inspección durante la manufactura y del producto acabado, además si cuentan con laboratorio de pruebas.

Algo que es importante tener en cuenta es la organización industrial que también se evalúa dentro de ésta ficha, pues es necesario conocer como es su control de costos, distribución de planta (lay out), como realizan el embalaje y despacho de los productos, además con que posibilidades de ampliación cuentan, algo que es importante dentro de éste proyecto, pues será necesario tener acceso a otros ambientes nuevos para embalajes, control de calidad, etc.

A continuación se muestra el formato de la ficha de evaluación industrial empleada por PETROPERU.

Dentro de la realización del siguiente proyecto, se efectuaron visitas a diversos talleres pre-establecidos por el tipo de trabajo que iban a realizar, con el fin de evaluarlos, los cuales fueron METALOTECNIA S.A., INDUSTRIAL MECANICA, INDUSTRIAS MARBOT, a quienes a través de la ficha de evaluación, se les otorgó un puntaje (ver apéndice B).

Hecha la evaluación y calificación respectiva, se llegó finalmente a seleccionar a la firma METALOTECNIA S.A., la cual reunía los requisitos para poder realizar la fabricación de la bomba de subsuelo.

4.4 Infraestructura especial necesaria

Los componentes de una bomba de subsuelo, desde el punto de vista de su fabricación se podría dividir en tres grupos:

- BOLAS Y ASIENTOS

Estas partes, como grupo requieren para su fabricación una elevada tecnología y su consumo promedio es regular. En éste proyecto se fabricaron los asientos.

- BARRIL, PISTON Y JAULAS

Estas partes como grupo, requieren de una tecnología media, máquinas especializadas y mano de obra calificada y experimentada. Aquí se pueden fabricar las jaulas.

- LAS DEMAS PARTES Y ACCESORIOS DE LA BOMBA DE SUBSUELO

Las piezas restantes están sometidas a bajos esfuerzos durante su trabajo y su mecanizado no tiene operaciones especiales.

Ante todo éste panorama, existen las posibilidades de la fabricación del asiento, jaulas y demás accesorios, por lo que la calidad e infraestructura de un fabricante está dada por sus posibilidades de fabricar.

Entonces se necesita de una industria de capacidad media, con un terreno para poder tener dentro:

- Maquinas:

1 Fresadora Universal

2 Tornos Convencional

1 Equipo de Temple y Revenido.

- Ambientes:

Máquinas

Almacen

Manipuleo y accionamiento

Administrativo

Ensamblaje

Control de calidad

Otros

Además es necesario contar con una capacidad técnica para poder desarrollar éste tipo de fabricación, para lo cual se hace una selección de talleres como se pudo ver en el punto anterior.

CAPITULO 5
EVALUACION ECONOMICA

5.1 Cálculos de Inversiones

Consideraciones iniciales

- 1.- Se tratará sobre una Empresa ya constituida que tiene maquinarias, equipos necesarios para la fabricación.
- 2.- Capital de trabajo sobre la base de dos meses:
 - a).- Materiales (1 MES)

PIEZA	NUMERO PIEZAS	PESO KG./PIEZA	TOTAL
=====			
C11-20	18	1.52	27.36
C12-125	20	0.75	15.00
C21-20-125	17	1.46	24.82
C32-125	13	0.70	9.10
C33-125	18	1.04	18.72
P11-125-15	18	0.675	12.15
S11-20	15	3.70	55.50
S13-20	20	0.56	11.20
S14-20	12	0.56	6.72
S16-20	15	0.73	10.95
V11-125	30	0.18	5.40
=====			
TOTAL	196		196.92

Costo Material: US \$ 2.5/kg.

Total Material: US \$ 492.3/mes.

b).- Mano de Obra:

Costo Mano Obra: US \$ 0.036/min. (US \$ 2.16/hora)
 Horas/día: 8.5
 1 Mes : 26 días laborables.
 Total Mano de Obra: US \$ 477.36/mes.

c).- Maquinarias:

1 Torno : US \$ 224.95/mes
 1 Fresadora : US \$ 17.27/mes
 Total Máquinas: US \$ 242.22/mes.

d).- Herramientas:

Brocas

0 3	US \$	0.94
0 4		1.20
0 14.55		23.94
0 20		36.50
0 27		61.44
0 29		75.79
0 1/2"		9.35
0 5/8"		24.92
0 11/16"		29.20
0 3/4"		33.79
0 13/16"		38.86
0 7/8"		44.67
0 15/16		51.12
0 1"		72.20
0 1 3/8"		113.82
0 3/8"		20.22
0 5/16"		18.20

Cuchilla 1/2"x1/2"x4"	US \$	11.76
Peine 10 hilos		40.00
Peine 14 hilos		55.00
Peine 16 hilos		65.00
Machos		
NPT 0 1/2"		39.22
0 23.81 - 16		202.42
0 25.4 - 14		221.76
0 30 - 16		299.38
0 37.35 - 14		376.99
Fresa Espiga 1"		32.74
Sierra Vaiven		10.00
Total Herramientas		1985.45

Para 500 piezas

En nuestro caso es 196 piezas

Total Herramientas	US \$	778.29
--------------------	-------	--------

e).- Alquiler:

Area 300 m2

Area US \$ 280/mes

f).- Electricidad

Torno 5.4 Kw/hora

Fresadora 21.20 Kw/hora

Precio electricidad : US \$ 0.015/Kw-hora

1 mes 26 x 8 = 208 horas

Torno 5.4 x 208 x 0.015 = US \$ 16.84

Fresadora 21.2 x 208 x 0.015 = US \$ 66.14

Total Electricidad = US \$ 82.98

1 mes tenemos:

Material US \$ 492.30

Mano Obra : US \$ 477.36

Maquinaria : US \$ 242.22

Herramienta US \$ 778.29

Alquiler US \$ 280.00

Electricidad US \$ 82.98

US \$ 2353.15

Si tenemos en consideración que si al mes se entrega el producto terminado, luego al mes siguiente se está recibiendo el cheque, entonces han transcurrido 2 meses.

Por lo tanto se tendría que contar con un capital de trabajo de US \$ 2353.15, que al interés financiero de 6.5% mensual resultaría ser

Capital de trabajo	US \$	2353.15
	Interes	305.10

	US \$	2658.25

5.2 Costos de Producción

En los cálculos de costos de producción, no se han tomado los tiempos muertos, sino solamente los tiempos exactos de proceso; habría que tenerlo presente.

Además, he asumido como gastos de operación el 50% del costo total, que es el promedio en el mercado.

A continuación están los costos de producción de cada pieza

5.3 Evaluaciòn Econòmica

De los cuadros anteriores se puede observar que si comparamos los costos con los beneficios, entonces el proyecto se presenta rentable.

Es mas, tècnicamente tambièn es bueno, puesto que por lo visto anteriormente, resulta ser una fabricaciòn con una vida ùtil mayor que la del producto importado.

CONCLUSIONES

- 1.- La sustitución del producto importado se presenta como buena alternativa, a través de un trabajo planeado y coordinado con la industria nacional.
- 2.- Es necesario que la industria nacional se desarrolle a través de transferencia tecnológica, especificaciones, planos, visitas, etc.
- 3.- Esta buena alternativa de sustitución puede permitir programar adquisiciones con lotes mas económicos de precios.
- 4.- Para el país representa en la actual situación reducir el egreso de divisas y contribuir al desarrollo de la industria a través de una tecnología propia.

- 5.- Recomendar para la fabricación, la implementación de un sistema de control de calidad acorde con las exigencias y conceptos actuales, cubriendo el proceso desde la adquisición de materia prima hasta el servicio de post-venta.
- 6.- Es necesario por parte del fabricante que realice el proceso de inspección a través de
- Prueba de vacío, cuyo equipo si lo tiene PetroPeru, para la válvula (bola y asiento).
 - Chequeo de roscas por medio de patrones.

BIBLIOGRAFIA

LJBRÓS

- 1.- Situación, Logros y Perspectivas del Sector Energía y Minas 1985-1990 - Ministerio de Energía y Minas.
- 2.- Memoria Anual de Petróleos del Perú S.A. - 1988.
- 3.- Programa de Capacitación Integral Prrogresiva en Ingeniería de Petróleo-FASE I-Investigación y Desarrollo.Centro de Capacitación de Petróleos del Perú -1976.
- 4.- Información interna sobre petróleo - Petróleos del Perú S.A.
- 5.- Recursos Energéticos: Petróleo y Gas Instituto Nacional de Planificación (INP).
- 6.- The Tecnology of Artificial Lift Methods
Kermit E. Brown - H. Dale Beggs.
- 7.- Importancia del Desgaste en el Diseño
Charles Lipson.
- 8.- Introducción a la Metalurgia de los Aceros
Curso de Extensión a nivel de Post-grado - U.N.M.S.M.
- 9.- Proyectos de Inversión
Simón Andrade.
- 10.- Teorá Económica
Folke Kafka - Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico.