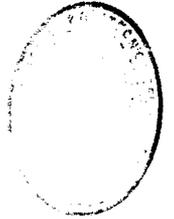




D-10035



BIBLIOTECA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica



**"ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA IMPLANTAR
UN PROCESO DE CORTE DE PLANCHAS EN UN BUQUE"**

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Julio Camacho V.

Guayaquil - Ecuador

1989

DECLARACION EXPRESA

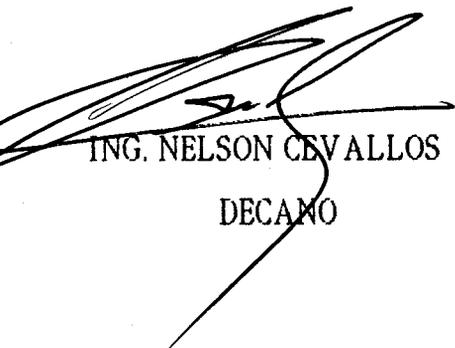
DECLARO QUE:

"Este Informe Técnico corresponde a la Resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica".

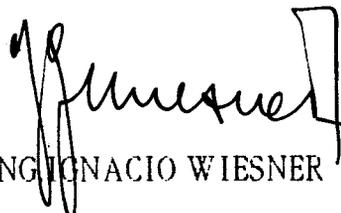
(Reglamento de Graduación mediante la elaboración de Informes Técnicos)



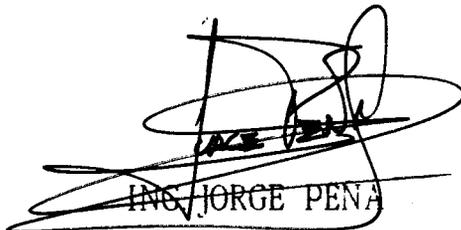
JULIO CAMACHO VILLACRES



ING. NELSON CEVALLOS
DECANO



ING. IGNACIO WIESNER
DIRECTOR INFORME



ING. JORGE PENA
MIEMBRO TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A LOS INGENIEROS IGNACIO
WIESNER F. Y JORGE PEÑA E.
POR LA AYUDA BRINDADA
PARA LA RELIZACION DE
ESTE TRABAJO.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

RESUMEN

Como Planificador de Astilleros Navales Eucatorianos (ASTINAVE) se me encargó realizar un estudio tecnico y economico para sustituir el proceso oxiacetileno en los trabajos de corte de plachas en la repacion y construccion de buques por resultar demasiado oneroso.

Comienzo el estudio proyectando las demandas de corte de planchas en ASTINAVE para los próximos cuatro años. demanda con la que calculo posteriormente el costo por metro de corte de los procesos aplicables. con lo que compruebo la conveniencia de implantar el método oxipropano .

Analiso las formas de implantar el proceso llegando a determinar tres alternativas; la primera de ellas comprende la construccion de equipos portátiles y las dos restantes la centralización del suministro de gases con tanques de almacenamiento y plantas generadoras de oxigeno respectivamente. Porteriormente coordine la construcción del equipo piloto portatil propuesto en la Alternativa 1 a fin de realizar pruebas para determinar los parametros y estándares de producción de este proceso.

Con el resultado de estas pruebas y despues del estudio realizado concluyo en la necesidad de implantar el proceso, como solución inmediata con la construcción de bancos portátiles tipo piloto, y como solución futura con la centralización del proceso cuando se concreten los proyectos de construcción considerados en la proyección de la demanda antes mencionada.

I N D I C E G E N E R A L
'ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA IMPLANTAR
UN PROCESO DE CORTE DE PLANCHAS EN UN BUQUE''

RESUMEN

INDICE GENERAL

SIMBOLOGIA

ANTECEDENTES:

CAP. # 1 DEFINICION DEL PROBLEMA

- 1.1.- Planes de Desarrollo de ASTINAVE
- 1.2.- Trabajos que se realizan en Astilleros.
- 1.3.- Proyección de la Demanda de Corte de Planchas en
 ASTINAVE.
- 1.4.- Empleo del Acetileno.

CAP. #2 ALTERNATIVAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

- 2.1.-Procesos disponibles para corte de Planchas
- 2.2.-Procesos aplicables para la Reparación y Construcción de
 Buques.
- 2.3.- Procesos aplicables de acuerdo a la Capacidad de
 producción.
- 2.4.- Alternativas de Implantación del Proceso Oxipropano.

CAP. #3 EJECUCION DE PROYECTO PILOTO

- 3.1.- Construcción de Baterías de Oxipropano
- 3.2.- Pruebas y Rendimientos con el Empleo del Equipo Piloto.
- 3.3.- Comparación de Costos con el Proceso Oxipropano.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

S I M B O L O G I A

A	Margen que se añade por corrosión. (3) en milímetros.
ASTM	American Society for Testing Materials
C	Costo de un kilowatt hora industrial.
CED	Cédula del tubo
CM	Centímetros
d	Diámetro interior del tubo en milímetros
de	Diámetro interior del tubo en metros
f	Factor de fricción
fp	Factor de potencia
G	Grado
H	Hora
J	Volumen específico del fluido en metros cúbicos por kilogramos.
Kcal	Kilocalorias
KG	Kilogramo
KVA	Potencia aparente en kilowatt
KW	Kilowatt
L	Longitud de tuberías en metros
M	Metro
MM	Milímetro
N	Newtons
NGO	Hilos por pulgadas, rosca cónica.
NPT	Hilos por pulgadas, rosca de tubo

p	Presion interna maxima de servicio en kilogramos por centimetros cuadrados absolutos.
P	Presión de entrada en Newtons por metro cuadrado absoluto.
P	Presión de salida en Newtons por metro cuadrado absoluto
PLG	Pulgada
Q	Caudal en kilogramos por segundo
Re	Número de Reynold
S	Segundo
SE	Esfuerzo máximo admisible en el material debido a la presión interna en kilogramos por centimetro cuadrado (3)
tm	Espesor mínimo admisible en la pared del tubo en milímetros
u	Viscosidad en Centipoises
V	Volumen e metros cúbicos
y	Coefficiente de la referencia (3)

A N T E C E N T E S

Un gran porcentaje de los trabajos de los Talleres Mecánicos es el que involucra la construcción o reparación de estructuras metálicas de cualquier índole.

Esta clase de trabajos hace necesaria la implementación de técnicas eficientes y económicas de suelda y corte de planchas especialmente.

Los Astilleros no escapan a ello debido a que en sus actividades diarias emplean mucho el corte y la preparación de juntas a soldarse en la construcción o reparación de buques metálicos.

Entre los trabajos de reparación de los Astilleros se encuentra el de "cambio de planchaje" que se refiere a la renovación de planchas (o tramos de planchas) y estructurales ya sea en el casco, tanques, cubiertas o mamparos de los buques de acero.

Existen varias herramientas o equipos para cortar planchas entre las que podemos enunciar; tijeras, troqueles, cizallas, cortadoras hidráulicas, disco abrasivo, arco-aire, plasma, oxiacetileno, oxipropano y arco eléctrico entre otros. Pero cuando se trata de cortar planchas o estructurales en o para un buque, los métodos de corte quedan reducidos generalmente por efectos que se mencionaran más adelante, al empleo de oxiacetileno u oxipropano.

Casi todos los Astilleros del mundo han reemplazado el acetileno por el propano en el corte de planchaje por soplete debido a grandes ventajas técnicas y económicas que presenta este gas.

Tomando en consideración estos puntos y pensando en grandes Proyectos de construcción a ejecutarse inmediatamente la Administración de Astilleros

Navales Ecuatorianos (ASTINAVE), hace poco tiempo, ordenó realizar un estudio económico y técnico sobre la factibilidad del reemplazo del proceso oxiacetileno por el oxipropano, para lo cual se desarrolló el trabajo que se expone en este Informe Técnico.

CA P I T U L O No.1

DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1.- PLANES DE DESARROLLO DE ASTINAVE

ASTINAVE se enfrenta a la realidad de incrementar sus actividades en forma sustancial en los próximos años debido, por una parte, a la creciente demanda del sector pesquero para reemplazar o remodelar sus buques obsoletos por unidades mas eficientes y con mejor capacidad a un menor costo de operación, y por otro lado, a la ejecución de Proyectos de construcción, tales como: 8 lanchas fluviales, un tanquero logístico, una barcaza farera, 20 lanchas para el Ejército, 25 Km. de tubería de 1.80 M. de diámetro, entre otros.

Los Proyectos mencionados representan una oportunidad de crecimiento para ASTINAVE, y no podrán ejecutarse a menos que la infraestructura de la Empresa sea mejorada y se hagan inversiones para aumentar la capacidad de producción de los equipos instalados. Las instalaciones de la Empresa han sido edificadas en los siguientes lugares de la ciudad de Guayaquil:

Los Talleres y el Varadero de 350 toneladas de capacidad estan ubicados en Cañar y Viveros; en el extremo de la Base Naval Sur (a 15 Km. de los talleres) se encuentran operando dos Diques Flotantes de 3500 Toneladas de Capacidad cada uno.

Esta dislocación de las instalaciones dificulta la administración, exige un incremento de personal así como de su supervisión y obliga a crear ajustes operativos que de otra manera serian innecesarias y todo esto

se traduce en pérdida de tiempo y encarecimiento de los costos de producción, por lo que se ha proyectado la reubicación de las instalaciones de ASTINAVE en una extensión de 180000 M2 en la Isla del Muerto, junto con la adquisición de un Dique Flotante de 20000 Toneladas de capacidad.

Como esta reubicación será posterior a la ejecución de los Proyectos antes mencionados, se están implementando los talleres con herramientas y equipos modernos para cumplir al menos la demanda de reparación y construcción por unos cuatro años más.

1.2. TRABAJOS QUE SE REALIZAN EN ASTILLEROS

Tomando en consideración las características del trabajo, los Astilleros se clasifican en: Reparadores, Constructores y Reparadores-Constructores.

Aunque ASTINAVE tiene como principal objetivo el mantenimiento de la Flota Naval de la Armada del Ecuador, es un Astillero Reparador-Constructor que cuenta con talleres de: Fundición, Calderería, Soldadura, Máquinas Herramientas, Gasfitería, Electricidad, Electrónica, Mecánica, Albañilería, Fibra de Vidrio, Carpintería, Control de Calidad, Refrigeración y Maniobras, capaces de realizar cualquier tipo de trabajos de reparación o construcción.

1.2.1.-TRABAJOS DE MANTENIMIENTO Y/O REPARACION

ASTINAVE realiza trabajos de reparación y/o mantenimiento tanto para los buques de la Flota Naval como para los de la Empresa Privada.

Generalmente consisten de:

- Carenamiento.
- Reparación o renovación de camarotes o compartimentos.
- Mantenimiento, reparación o renovación de las tuberías y sus accesorios de los circuitos de achique, sanitario, de agua de bebida, de agua de enfriamiento de máquinas y equipos, de refrigeración y aire acondicionado y del sistema contra-incendio.
- Mantenimiento o reparación de maquinarias y equipos, entre ellos: máquinas de propulsión, motogeneradores, bombas, compresores de refrigeración y de aire, calderas, ventiladores, extractores, desalinizadores, servomotores hidráulicos, etc.
- Trabajos de tipo eléctrico y electrónico.

Carenamiento es un término naval que significa "reparar en seco" e involucra trabajos como: limpieza y pintado del casco, cambio de la protección catódica, mantenimiento de las válvulas de fondo y tomas de mar, chequeo y cambio de los bocines de los sistemas de propulsión y de gobierno, cambio de planchaje, reparación de hélices, etc.

El cambio de planchaje es un trabajo que consiste de los siguientes pasos:

- 1.-Limpieza del planchaje empleando chorro de arena, cepillo eléctrico o hidráulico o manual, picasal y otros.
- 2.- Toma de los espesores de las planchas del casco y tanques para determinar las zonas que presentan una disminución mayor al 25% del espesor original de la plancha, empleando un instrumento electrónico denominado "audio-gage".
Las planchas de las cubiertas y mamparos suelen ser inspeccionadas solo visualmente.
- 3.-Limpieza de sentinas y desgasificación de tanques de combustible si es que el cambio de planchaje compromete estos sectores.
- 4.-Corte de la plancha empleando generalmente métodos térmicos.
- 5.-Preparación de las planchas a cambiarse que involucra el corte de la plancha nueva y el biselado de las juntas a soldarse, empleando también, métodos térmicos.
6. Suelda de la nueva plancha con electrodo de arco eléctrico.
- 7.-Protección de la plancha renovada con la aplicación de pintura anticorrosiva.
- 8.-Puebas de calidad del cordón de soldadura empleando tintas penetrantes y/o chorro de agua o aire a presión.
9. Pintado de las planchas renovadas.



1.2.2.- TRABAJOS DE CONSTRUCCION

Sin duda alguna, los trabajos que necesitan de mayor tecnología y que arrojan mayores utilidades en los Astilleros son los de construcción.

Estos trabajos se inician con el diseño del buque según los requerimientos del cliente y culminan con las pruebas de navegación del mismo.

En ASTINAVE no solamente se construyen buques, pesqueros, lanchas o barcas; si no también una gran variedad de piezas o equipos tales como; tubos, bridas, tapas de alcantarillas, estructuras de acero o aluminio, bocines de bronce, etc, para la Empresa Privada.

1.3.- PROYECCION DE LA DEMANDA DE CORTE DE PLANCHAS EN ASTINAVE.

Los trabajos de corte de planchas no solo son efectuados en buques carenados, si no también en buques a flote. en trabajos de calderería diversos y aun; en trabajos no relacionados con buques, por ello se los ha dividido en tres grupos; cambio de planchaje, construcción naval y en trabajos varios.

1.3.1.- DEMANDA DE CAMBIO DE PLANCHAJE

A partir del año 1988 la demanda de carenamiento de buques experimentó un notable crecimiento debido a nuevas políticas de venta de este servicio por parte de la Empresa, obteniéndose

un promedio anual de 40 buques carenados en el Varadero y 40 mas en los Diques Flotantes (20 en cada uno).

En las Tablas I, II y III se encuentran los listados de los cambios de planchajes efectuados en buques carenados entre Julio de 1988 y Junio de 1989.

Sumando los promedios semestrales de cambio de planchaje efectuados en el Varadero y en los dos Diques encontramos que el promedio semestral total de cambio de planchaje en ASTINAVE es de 54198 KG es decir un promedio anual aproximado de 110000 KG.

Por otra parte, sabiendo que el cambio de planchaje es realizado en aproximadamente un 20% de los buques carenados y que los Diques y el Varadero no estan en condiciones de suplir una demanda de carenamiento superior a la que actualmente estan abasteciendo podremos considerar la demanda de cambio de planchaje encontrada como un valor constante.

1.3.2.- DEMANDA DE CONSTRUCCION NAVAL

No existe una demanda anual fija de trabajos de construccion naval pero se conocen los Proyectos de construccion que se ejecutarian a partir de Enero de 1990.

En la Tabla IV se ha realizado un cronograma de la ejecucion de estos Proyectos para determinar la cantidad pico anual de planchas a cortarse que ha sido graficada en el Diagrama de Barras de la Figura No.1 en donde se puede observar una

TABLA I

**CAMBIO DE PLANCHAJE EN BUQUES CARENADOS EN EL VARADERO
DE ASTINAVE DESDE JULIO DEL 88 HASTA JUNIO DEL 89.**

NOMBRE DEL BUQUE	FECHA DE ENTRADA	FECHA DE SALIDA	CAMBIO DE PLANCHAS(KG)
Lancha Tepre II	30MAY88	29JUN88	955
Pesquero Don César	13JUN88	24JUN88	647
Draga Rio Pastaza	26JUN88	29AGO88	6032
Pesquero San Antonio	30AGO88	20SEP88	705
Pesquero Polar IV	26OCT88	14NOV88	403
Draga Rio Coca	28Dic88	30MAR89	2854
Pesquero Bufeo	14FEB89	24FEB89	1350
Pesquero Maverick	10MAR89	04MAY89	1790
Remolcador Big-Sol	18ABR89	27ABR89	1173
Pesquero Neptuno	23MAY89	13JUN89	1260
TOTAL PRIMER SEMESTRE	-	8742 KG.	
TOTAL SEGUNDO SEMESTRE	=	8427 KG.	
TOTAL SEMESTRAL PROMEDIO	=	8585 KG.	

TABLA II

**CAMBIO DE PLANHAJE EN BUQUES CARENADOS EN EL DIQUE
AMAZONAS DE ASTINAVE DESDE JULIO DEL 88 HASTA JUNIO DEL**

89

NOMBRE DEL BUQUE	FECHA DE ENTRADA	FECHA DE SALIDA	CAMBIO DE PLANHAJE(KG)
Pesquero Priscila	27JUN88	29JUL88	10718
Pesquero Alexandra	27JUN88	29JUL88	10242
Pesquero Indico	23SEP88	30SEP88	175
Pesquero Adriatic	23SEP88	30SEP88	551
Pesquero Yole	23SEp88	30SEP88	223
Pesquero Chiquita	24OCT88	11NOV88	1983
Tanquero Esmeraldas	26DIC88	19FEB89	5522
MotoNave Pinzón	29MAR89	08MAY89	9077
Pesquero Pedro F	01JUN89	15JUN89	6540
TOTAL PRIMER SEMESTRE	=		23892 KG.
TOTAL SEGUNDO SEMESTRE	=		21139 KG.
TOTAL SEMESTRAL PROMEDIO	=		22516 KG.

TABLA III

**CAMBIO DE PLANCHAJE EN BUQUES CARENADOS EN EL DIQUE NAPO
DE ASTINAVE DESDE JULIO DEL 88 HASTA JUNIO DEL 89**

NOMBRE DEL BUQUE	FECHA DE ENTRADA	FECHA DE SALIDA	CAMBIO DE PLANCHAJE(KG)
Tanquero Rio Java	27JUN88	22JUL88	11897
Barcaza Iquitos	27JUL88	11AGO88	4437
Tanquero Don Ernesto	15AGO88	06SEO88	2828
Tanquero Ana Maria	27OCT88	21NOV88	5762
Moto Nave Paquito	11-ENE89	03FEB89	1078
Tanquero Quito	16MAR89	11MAY89	12004
Tanquero Tatiana	11MAY89	05JUN89	2108
Tanquero Júpiter	08JUN89	20JUN89	3214
Pesquero North Queen	20JUN89	01JUL89	2865
TOTAL PRIMER SEMESTRE	-		24924 KG.
TOTAL SEGUNDO SEMESTRE	-		21269 KG.
TOTAL PROMEDIO SEMESTRAL	-		23097 KG.

TABLA IV
CRONOGRAMA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS
NAVALES

PROYECTO	CANTIDAD PLANCHAJE (KG)	A N O S			
		1990	1991	1992	1993
(08) LANCHAS FLUVIALES	376000	—————			
(02) PESQUEROS DE 500 TON.	400000	—————			
(01) TANQUERO DE 1200 TON.	400000	—————			

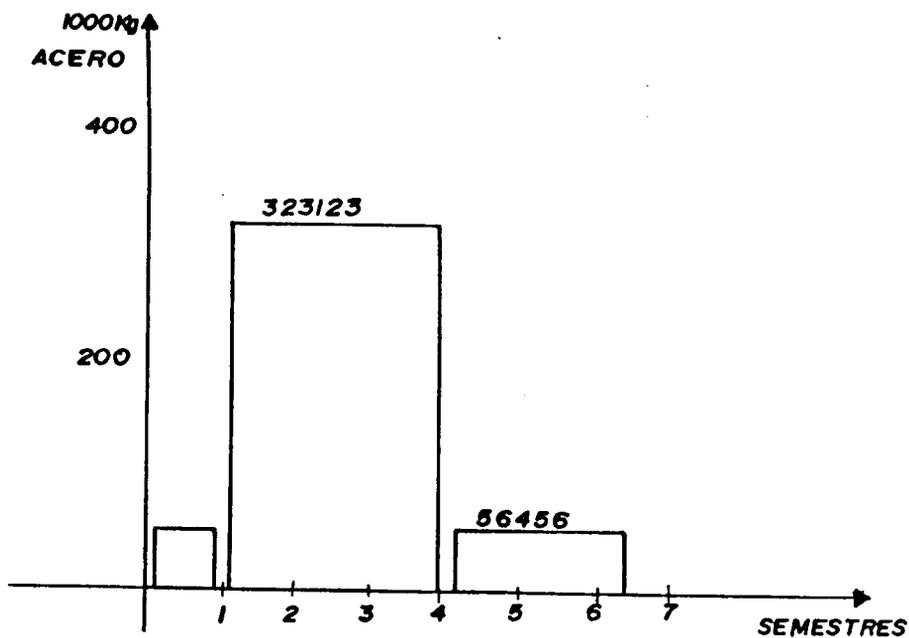


DIAGRAMA DE BARRAS DE LA DEMANDA DE CORTE DE PLANCHAS EN CONSTRUCCION NAVAL

Fig N° 1

demanda pico semestral de 323123 KG que equivale a una demanda anual de corte de planchas de 650000 KG aproximadamente.

1.3.3.-DEMANDA DE TRABAJOS VARIOS

En ASTINAVE se realizan un sin número de trabajos en los que se aplica el corte de planchas, pero es muy difícil encontrar un promedio de corte de planchas debido a que estos trabajos generalmente son reportados sin mencionar la cantidad de acero cortado.

Para resolver este problema es necesario acudir a la cantidad de acetileno comprado en el segundo semestre de 1988, mostrado en la Tabla V, que es de 6558 KG y teniendo en ASTINAVE un consumo promediado de acetileno por peso de plancha de 0.04 KG de acetileno por KG de acero se puede obtener el peso total de planchas cortadas en ese semestre, dividiendo:

$$\begin{array}{r} \text{KG de acetileno comprado en el} \\ \text{segundo semestre de 1988} \end{array} \quad - \quad \underline{6558 \text{ KG}} \\ \hline 0.04 \text{ KG de acetileno/KG de } \textit{acevo} \quad \quad \quad 0.04$$

= 163950 KG de planchas semestral.

Por otra parte; sabiendo que las cantidades de planchaje en buques carenados en ese semestre mostrados en las Tablas I,II y III es de 57558 KG y que en ese periodo se ejecutò el 80% de

la construcción de un Remolcador de 60000 KG de acero, es decir de 48000 KG de planchas, se obtiene por diferencia:

KG de planchas cortadas en el segundo semestre de 1988 =
163950

KG de cambio de planchaje en el segundo semestre de 1988=
57558

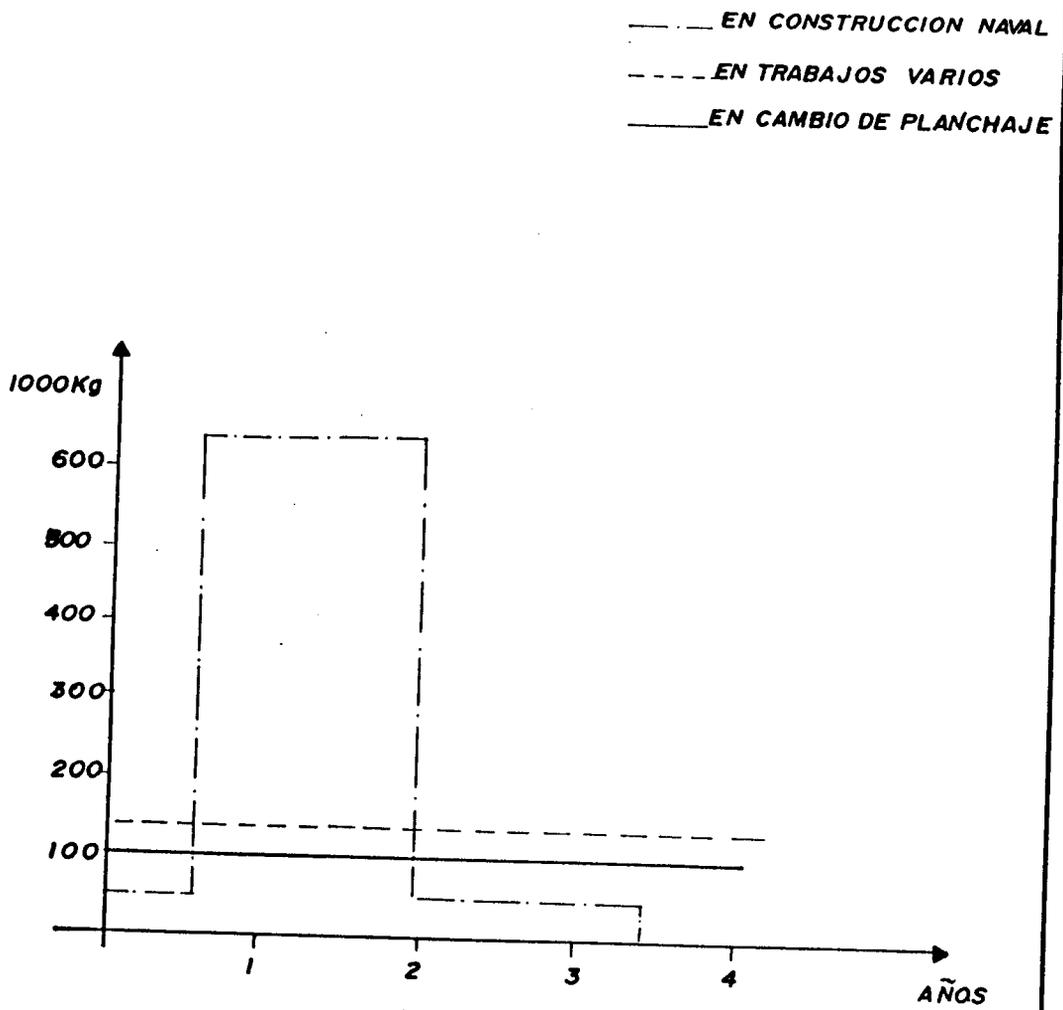
KG de construcción naval en el segundo semestre de 1988=
48000

Demanda de corte de planchas semestral en trabajos varios-
58392 KG.

Por lo que la demanda de corte de planchas anual en trabajos varios es de 117000 KG aproximadamente.

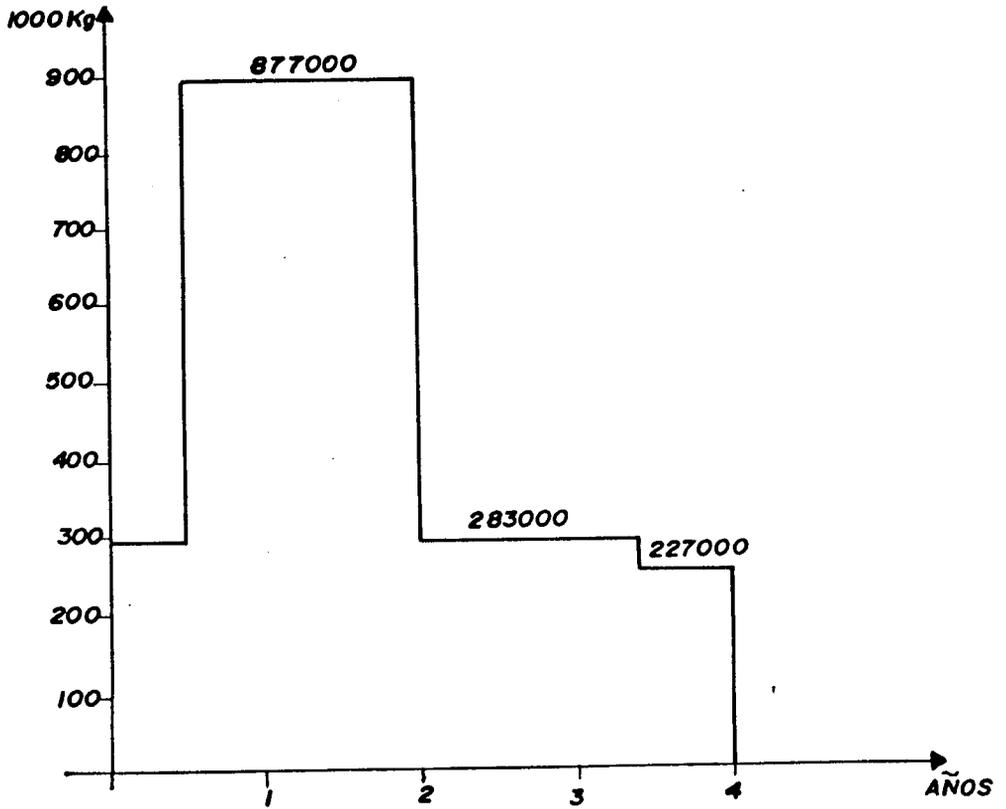
1.3.4.-DEMANDA TOTAL DE CORTE DE PLANCHAS

Con las demandas de corte de planchas por cambio de planchaje por construcción naval y por trabajos varios, se ha realizado una proyección de estos trabajos para los cuatro próximos años (mostrado en las Figuras No. 2 y 3) en los que se puede determinar una demanda pico anual de corte de planchas de alrededor de 877000 KG.



DEMANDA DE CORTE DE PLANCHAS EN ASTINAVE

Fig N°2



**PROYECCION DE LA DEMANDA DE CORTE DE
PLANCHAS EN ASTINAVE**

Fig. Nº 3

1.4.- EMPLEO DE ACETILENO

A pesar de que ASTINAVE cuenta con una gran variedad de procesos para cortar planchas y estructuras de acero es el de oxiacetileno el más comúnmente usado debido a que otros procesos de corte con características afines no han sido implementados adecuadamente. El acetileno es básicamente empleado en tres clases de trabajos; en corte, en procesos de suelda y en calentamiento de piezas:

Como proceso de corte de planchas es utilizado en el cambio de planchaje de los buques carenados, en la preparación (corte y biselado) de planchas para la construcción naval y en casi todos los trabajos de calderería.

Se lo usa como proceso de soldadura autógena para soldar piezas de bronce y para rellenar hélices o cualquier tipo de piezas de bronce.

Se lo emplea como proceso de calentamiento para enderezar ejes y para montar piezas con ajustes con interferencia.

Hasta el primer semestre de 1988 los trabajos de cambio de planchaje y una buena cantidad de las de calderería eran realizados por contratistas. A partir del mes de Julio de ese año, ASTINAVE decide ejecutar con sus obreros esta clase de trabajos con lo que la cantidad demandada de acetileno se incrementa en un alto porcentaje como puede observarse en la Tabla V que es una estadística de la cantidad de 1988. De estos 7286KG de acetileno usados en ese semestre se asume que un 10% (728 KG) es empleado en trabajos de calentamiento de piezas y de soldadura autógena, por lo que en

ASTINAVE se puede considerar una demanda semestral de acetileno, para corte de planchas, de 6558 KG.

Los 13116 KG de acetileno que consume ASTINAVE anualmente representan unos S/.40'000000,00 *, cantidad que con los procesos antes mencionados se elevaria a los S/.104'000000,00 anuales. Este fuerte desembolso monetario justifica ampliamente la iniciativa de realizar un análisis económico - técnico para reemplazar el proceso de corte oxiacetilénico por uno más barato.

* El costo del acetileno al 01SEP89 es S/.2973,00 el KG.

TABLA V
CONSUMO DE GASES EN EL SEGUNDO SEMESTRE DE 1988

MES	CANTIDAD DE ACETILENO (KG)	CANTIDAD DE OXIGENO (M3)
JUNIO	249	354
JULIO	1243	1956
AGOSTO	1209	1572
SEPTIEMBRE	1019	1320
OCTUBRE	914	1158
NOVIEMBRE	1643	2082
DICIEMBRE	1258	16689
TOTAL (SIN JUNIO)	= 7286 KG	9756 M3.
PROMEDIO MENSUAL	= 1214 KG	1626 M3.

C A P I T U L O No. II

ALTERNATIVAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

2.1.- PROCESOS DISPONIBLES PARA CORTE DE PLANCHAS

Los procesos de corte de planchas de acero pueden ser divididos en dos grandes grupos; los que se realizan en frio y los que emplean calor.

2.1.1.-CORTE EN FRIO

Entre los procesos de corte en frio podemos enumerar los que emplean tijeras, troqueles, cizallas, cortadoras hidraulicas y discos abrasivos, que se basan en la separación de las moleculas al emplearse fuerzas mecanicas. Estos procesos aunque generalmente rápidos presentan dos limitantes: el espesor de corte y la poca versatilidad de ellos en trabajos de campo.

2.1.2.-CORTE EN CALIENTE

Se basa en la separacion molecular por el empleo del calor.

Entre los procesos mas comunmente usados tenemos:

Oxiacetileno, oxipropano, arco-aire, plasma y arco electrico.

Los procesos de corte por oxiacetileno u oxipropano que son denominados corte por soplete u oxicorte, se basan en la propiedad que tiene el acero de oxidarse muy rápidamente en oxigeno puro cuando alcanza altas temperaturas.

La reacción quimica de oxidacion del acero es:



Los óxidos férricos (Fe_2O_3) y ferroso (FeO) funden a los 1200°C mientras que el acero funde a los 1500°C . esta diferencia entre las temperaturas de fusión del acero y sus óxidos permite el corte con el soplete de los aceros ordinarios, mientras que el acero inoxidable y el hierro fundido tienen temperatura de fundición mas baja que las de estos óxidos razón por la que no pueden ser cortados con este metodo.

En el oxicorte se calienta el acero con la llama del soplete formada por la combustión del oxígeno y el acetileno o el propano, según sea el caso, hasta que alcance la temperatura de calentamiento al rojo momento en el que se abre más la llave de oxígeno puro a presión con lo cual se oxida el acero.

La oxidación se produce con gran rapidez pero unicamente allí donde el chorro de oxígeno incide sobre la pieza.

Simultaneamente el óxido producido, que es de gran fluidez, es eliminado por la fuerza del chorro de oxígeno lo que produce un corte de superficies lisas.

Con este proceso se pueden cortar espesores de hasta 2000 MM. de material con una gran precisión.

El procedimiento arco-aire es totalmente contrario al oxicorte: el metal es fundido por la acción de un arco eléctrico que salta desde un electrodo de tungsteno o grafito al metal base. Una vez fundido, es eliminado por la acción de un chorro de aire comprimido, que barre el metal fundido. Con este procedimiento

pueden cortarse también metales como la fundición de hierro, aceros de alta aleación y metales no ferrosos. La calidad obtenida con este sistema no es la de un oxicorte, pero para muchas operaciones es suficiente. Existe una mejora en la calidad del corte si se emplea oxígeno en lugar de aire con lo cual se logra una mejor penetración y un aumento en la velocidad de corte.

En el corte por plasma, que se llama también corte por fusión se emplea el mismo principio del procedimiento arco-aire descrito anteriormente con la diferencia de que en lugar de emplear aire se usan oxígeno, argón, hidrógeno o nitrógeno. Mezclas de nitrógeno e hidrógeno o de argón e hidrógeno u oxígeno puro se emplean para cortar metales no ferrosos tales como: aluminio, cobre y sus aleaciones, níquel y aceros inoxidable.

El corte de los metales mediante el arco eléctrico, emplea el mismo procedimiento de la soldadura por arco, pero eleva considerablemente la corriente. Aunque con este método se pueden cortar metales ferrosos y no ferrosos hay que reconocer que este procedimiento está bien lejos de tener la importancia del oxicorte, tanto desde el punto de vista de la calidad como desde el de la economía.

2.2.- PROCESOS APLICABLES PARA LA REPARACION Y CONSTRUCCION DE BUQUES

Aunque en ASTINAVE se usan todos los procedimientos de corte descritos en la sección anterior, repasaremos los procesos aplicables a la reparación y construcción de buques.

2.2.1.- EN LA REPARACION DE BUQUES

En el corte de planchas para la reparacion de buques se pueden usar los procesos de: disco abrasivo, oxicorte, arco-aire, plasma y arco eléctrico.

2.2.2.- EN LA CONSTRUCCION DE BUQUES

En la construcción de buques el corte se emplea para preparar el material a soldar, esto es: cortar y biselar.

Los cortes rectos pueden ser efectuados en cizallas hidraulicas y los biselados rectos en cortadoras electricas de muelas, pero debido a la configuración dinamica de la estructura de los buques las planchas y estructurales, en su mayoria, no son cortados en linea recta razon por la cual debe recurrirse a los procesos de oxicorte, arco-aire o de plasma.

2.3.- PROCESOS APLICABLES DE ACUERDO A LA CAPACIDAD DE PRODUCCION

En la sección anterior (2.2.) describimos los procesos aplicables a la reparación y construcción de buques, de ellos no merecen un análisis mas profundo los procesos de disco abrasivo y de arco-eléctrico debido sobretodo a la lentitud y peligrosidad del primero y al pésimo acabado de las superficies cortadas que presenta el segundo, por lo que solamente estudiaremos los procesos de oxipropano, arco-aire y plasma.

2.3.1.-ANALISIS ECONOMICO DEL PROCESO OXIPROPANO

En esta sección calcularemos el costo del corte de planchas empleando el proceso oxipropano.

Los trabajos de reparación y construcción de buques son realizados en planchas de 6MM. de espesor promedio.

COSTO DEL MATERIAL CONSUMIBLE:

Empleando los consumos de oxigeno y propano para planchas de 6 MM de la Tabla VI (1).

Consumo oxigeno = 0.067 M3/M.

Consumo propano = 0.009 KG/M.

Sabiendo que:

Costo del M3. de oxigeno = S/.776,00

Costo del KG de propano = S/.144,50

Entonces:

Costo del Material Consumible:

$$\underline{0.067 \text{ M3} \times \text{S}/.776,00 + 0.009 \text{ KG} \times \text{S}/.144,50}$$

M M3. M. KG

- S/.53,29 EL METRO DE CORTE.

COSTO POR DEPRECIACION DEL EQUIPO:

El costo de un equipo de oxipropano es de S/.700000,00 (incluidas las botellas).

Considerando 5 años de vida promedio util de este equipo, suponiendo además que opere 5 horas diarias, y tomando la velocidad de corte de la Tabla VI, tenemos que el costo por depreciación es:

$$\frac{\$7.700000,00 \times 1 \text{ AÑO} \times 1 \text{ DIA} \times 1 \text{ HORA} \times 1 \text{ MIN}}{5 \text{ ANOS} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.45 \text{ M}}$$

= S/.4,32 EL METRO DE CORTE

COSTO POR MANTENIMIENTO DEL EQUIPO:

El costo anual por mantenimiento del equipo (cambio de boquillas, mantenimiento de botellas reparacion de manómetros, etc) es del 10% del costo total del mismo, es decir:

$$\frac{0.1 \times \$7.700000,00 \times 1 \text{ AÑO} \times 1 \text{ DIA} \times 1 \text{ HORA} \times 1 \text{ MIN}}{1 \text{ AÑO} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.45 \text{ M.}}$$

= S/. 2.16 EL METRO DE CORTE

COSTO POR MANO DE OBRA:

El costo por la hora de un soldador en ASTINAVE es de S/.436,34 que equivale a S/.7.27 el minuto. conociendo la velocidad de corte obtenemos que el costo por el empleo de mano de obra es:

$$\frac{\$7.27 \times 1 \text{ MIN}}{\text{MIN} \quad 0.45 \text{ M}} = \$16.15 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Por lo que:

COSTO TOTAL DEL METRO DE CORTE OXIPROPANO =

$$53,29 + 4,32 + 2,16 + 16,15 = \$75,92$$

TABLA VI

CARACTERISTICAS PARA LOS CORTES OXIPROPANOS

ESPEJOR PL. MM.	DIAM. BOQ. MM.	PRESION OXIGENO KG/CM2	PRESION PROPANO KG/CM2	CONSUMO OXIGENO M3/M	CONSUMO PROPANO KG/M	VELOC. DE CORTE M/MIN
3	0.8	1.8	0.21	0.035	0.0050	0.51
5	0.8	1.8	0.21	0.055	0.0077	0.48
6	0.8	1.8	0.21	0.067	0.0090	0.45
8	0.8	2.0	0.21	0.085	0.0115	0.43
10	1.2	2.8	0.21	0.093	0.0139	0.42
12	1.2	2.8	0.21	0.115	0.0172	0.41
25	1.6	3.2	0.21	0.212	0.0360	0.36
50	1.6	3.5	0.21	0.678	0.0789	0.28

NOTA: Estas cifras son las que se obtienen corrientemente al cortar las planchas limpias del comercio. Los consumos indicados para el oxigeno y el propano pueden aumentar considerablemente si se cortan planchas oxidadas, alquitranadas o pintadas.

TABLA VII**CARACTERISTICAS PARA LOS CORTES OXIACETILENO**

ESPEJOR PL. MM.	DIAM. BOQ. MM.	PRESION OXIGENO KG/CM2	PRESION ACETILN KG/CM2	CONSUMO OXIGENO M3/M	CONSUMO ACETILN KG/M	VELOC. DE CORTE M/MIN
3	0.6	1.00	0.24	0.036	0.0181	0.51
5	0.6	1.00	0.24	0.060	0.0200	0.48
6	0.6	1.50	0.24	0.072	0.0208	0.45
8	0.8	1.50	0.24	0.096	0.0230	0.43
10	1.0	1.50	0.24	0.120	0.0285	0.42
12	1.0	1.75	0.24	0.145	0.0340	0.41
25	1.5	2.50	0.24	0.325	0.0510	0.36
50	2.0	3.50	0.24	0.750	0.1133	0.28

NOTA: Estas cifras han sido obtenidas en los Talleres de ASTINAVE al cortar planchas limpias.

2.3.2.-ANALISIS ECONOMICO DEL PROCESO ARCO-AIRE

El proceso de corte de planchas por arco-aire consta de dos máquinas: la cortadora y el compresor.

En ASTINAVE se emplea: la cortadora portátil THERMAL ARC PAC 5XR de 220V, 15 KVA, 42 AMP, 60Hz monofásico; y el compresor eléctrico portátil INGERSOLL-RAND de 2HP (1,5KW), 8CFM, con tanque de 20 glns. de capacidad.

COSTO DEL MATERIAL CONSUMIBLE:

Los materiales consumibles empleando este proceso de corte son la boquilla y el electrodo de tungsteno que cuestan unos S/12000,00 y que tienen una duración útil de aproximadamente 2 días en trabajos manuales de corte y de un mes (20 días) en trabajos de corte automático.

Considerando que la velocidad de corte promedio para planchas de 6MM es de 0.50 M/MIN, tenemos:

$$\frac{S/.12000,00 \times 1DIA \times 1HORA \times 1MIN}{2 DIAS \quad 5HORAS \quad 60MIN \quad 0.50M.}$$

$$= S/.40,00 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Suponiendo que la cortadora trabaje 5 horas diarias y el compresor unas 3 horas, sabiendo que el costo por KW/Hora industrial es de S/.25,00, entonces:

Consumo de energía eléctrica de la cortadora

$$= f_p \times KVA \times C$$

$$= 0.8 \times 15 \times 25$$

$$= S/.300/\text{Hora}$$

Consumo de energia electrica del compresor

$$= \text{KW} \times \text{C}$$

$$= 1.5 \times 25$$

$$= S/.37,5/\text{Hora}$$

Por lo que el consumo de energia electrica del equipo es de:

$$\underline{S/.37,5 \times 1\text{HORA} \times 1\text{MIN}}$$

$$\text{HORA} \quad 60\text{MIN} \quad 0.50 \text{ M}$$

$$= S/.11,25 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Entonces, el costo total del material consumible es de S/.51.25 el metro de corte:

COSTO POR DEPRECIACION DEL EQUIPO:

El costo de este equipo es de S/.2'900000.00 en donde: S/2'200000,00 cuesta la cortadora y S/.700000,00 el compresor.

Estos aparatos tienen un tiempo de vida util promedio de 4 años, por lo que el costo por depreciacion del equipo es:

$$\underline{S/.2'900000,00 \times 1\text{ANO} \times 1\text{DIA} \times 1\text{HORA} \times 1\text{MIN}}$$

$$4\text{ANOS} \quad 240\text{DIAS} \quad 5\text{HORAS} \quad 60\text{MIN} \quad 0.50\text{M}$$

$$= S/. 20.14 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

COSTO POR MANTENIMIENTO DEL EQUIPO:

Se estima en un 15% del costo total, el costo anual por mantenimiento de este equipo, esto es:

$$\underline{0.15 \times S/.2'900000,00 \times 1\text{ANO} \times 1\text{DIA} \times 1\text{HORA} \times 1\text{MIN}}$$

$$1\text{ANO} \quad 240\text{DIAS} \quad 5\text{HORAS} \quad 60\text{MIN} \quad 0.5\text{M}$$

$$= S/. 12,08 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

COSTO POR MANO DE OBRA:

El costo por el empleo de mano de obra es:

$$\frac{\$/.7.27 \times 1\text{MIN}}{\text{MIN} \quad 0.5 \text{ M}} = \$/.14.54 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Por lo que:

COSTO TOTAL DEL METRO DE CORTE ARCO-AIRE=

$$51,25 + 20.14 + 12.08 + 14,54 = \$/.98.01$$

2.3.3.-ANALISIS ECONOMICO DEL PROCESO DE PLASMA

El proceso de plasma opera con el mismo equipo del proceso arco-aire con la diferencia de que obvia el empleo del compresor al usar gases como el oxigeno o el argon. Siendo el oxigeno el mas economico de estos gases, solo estudiaremos este proceso empleando dicho gas.

COSTO DEL MATERIAL CONSUMIBLE:

Se emplea un poco menos de oxigeno que en el proceso oxipropano puesto que este actua unicamente barriendo el metal fundido.

Se estima que para cortar planchas de 6MM. de espesor se requieren 0.060 M3/M a una velocidad de corte de 0.55M/MIN, por lo que:

$$\text{Consumo de oxigeno} = \frac{0.060 \text{ M3}}{\text{M}} \times \frac{\$/. 776.00}{\text{M3}}$$

$$\text{M} \qquad \text{M3}$$

$$= \$/.46,56 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Consumo de energía eléctrica de la cortadora

$$= \frac{S/.300 \times 1 \text{ HORA} \times 1 \text{ MIN}}{\text{HORA} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.55 \text{ M}}$$

$$\text{HORA} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.55 \text{ M}$$

$$= S/.9,10 \text{ EL METRO}$$

Consumo de boquillas

$$= \frac{S/.12000,00 \times 1 \text{ DIA} \times 1 \text{ HORA} \times 1 \text{ MIN}}{2 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.55 \text{ M}}$$

$$2 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.55 \text{ M}$$

$$= S/. 36,36 \text{ POR METRO DE CORTE}$$

Entonces el costo de los materiales consumibles es

$$- S/.92,02 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

COSTOS POR DEPRECIACION DEL EQUIPO:

El costo por depreciación es:

$$\frac{S/.2'200000,00 \times 1 \text{ AÑO} \times 1 \text{ DIA} \times 1 \text{ HORA} \times 1 \text{ MIN}}{4 \text{ AÑOS} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.55 \text{ M}}$$

$$4 \text{ AÑOS} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.55 \text{ M}$$

$$= S/. 13,89 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

COSTO POR MANTENIMIENTO DEL EQUIPO:

$$\frac{0.15 \times 2'200.000,00 \times 1 \text{ AÑO} \times 1 \text{ DIA} \times 1 \text{ HORA} \times 1 \text{ MIN}}{1 \text{ AÑO} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.55 \text{ M}}$$

$$1 \text{ AÑO} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.55 \text{ M}$$

$$= S/. 8,33 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

COSTO POR MANO DE OBRA:

$$\frac{S/.7,27 \times 1 \text{ MIN}}{\text{MIN} \quad 0,55 \text{ M}} = S/.13,22 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

$$\text{MIN} \quad 0,55 \text{ M}$$

Por lo que:

COSTO TOTAL DEL METRO DE CORTE POR PLASMA:

$$= 92,02 + 13,89 + 8,33 + 13,22 = S/.114,24$$

2.3.4.- ANALISIS TECNICO DEL PROCESO OXIPROPANO

El propano (CH₃ - CH₂ - CH₃) es uno de los gases que se obtiene en la destilación fraccionada del petróleo. No se lo utiliza químicamente puro sino que es una versión comercial del gas licuado del petróleo (GLP) formado por los siguientes gases(*).

Etano	0.4%
Propano	55.6%
Isobutano	0.5%
Butano	43.5%
Mercaptanos	0.0015 G/M ³ .

Este gas al combustionarse con el oxígeno (4 volúmenes de oxígeno por 1 de propano) (1) produce una llama de alta temperatura con un poder calorífico de 11.070 KG CAL/KG capaz de fundir el acero.

La reacción química de la llama oxiproano es:



que es una llama menos reductora que la de oxiacetileno (C₂H₂ + O₂ → 2CO + H₂) debido a la presencia de vapor de agua que es un gas oxidante. Pero, por el contrario, debido a que la temperatura de su llama (2900°C) es menor que

(*) Datos facilitados por la Empresa CONGAS.

la del oxiacetileno (3500^o C) su aplicación en oxicorte proporciona bordes de cortes muy limpios, gracias al menor reblandecimiento que sufre el acero.

Este proceso posee las mismas características de maniobrabilidad que el proceso oxiacetileno, lo que lo torna inmejorable para trabajos de campo. Puede tolerar variaciones de distancia entre el soplete y el metal base de hasta 6MM y tiene la misma velocidad de corte que el proceso oxiacetileno. La velocidad de propagación de la llama es reducida (100 cm/seg) (*) lo cual impide peligrosos retrocesos de llama. Con la adaptación de este proceso a un sistema automático se han logrado cortar espesores de hasta 2000 MM de plancha.

2.3.5.-ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROCESO ARCO-AIRE

Este proceso se basa en el empleo del arco eléctrico transferido entre el electrodo (-) y el material a cortarse (+) al aplicarse una corriente continua de alta frecuencia. La temperatura de ese arco, se dice, alcanza los 20000^oC capaz de fundir cualquier metal. El proceso emplea un chorro de alrededor de 5M³/MIN de aire comprimido a 3 KG/CM³ para hacer fluir el metal fundido.

(2) En comparación a la velocidad de propagación de la llama oxiacetileno que es de 700 cm/seg.

Este proceso no es muy manuable debido a que pequeñas variaciones de la distancia entre electrodo y la plancha base ocasiona grandes variaciones en la corriente del arco electrico y por consiguiente en la temperatura de fundicion del metal, lo que ocasiona frecuentes paros y daños (especialmente, en la boquilla y el electrodo) y unos bordes de corte no muy limpios. Pero, por el contrario, en procesos automaticos en donde la distancia electrodo - metal permanece constante en los 3 MM, proporciona un corte de gran precision y fino acabado en planchas de hasta 150 MM. de espesor.

Con este proceso se pueden cortar tambien materiales no ferrosos que no pueden ser cortados con oxicorte.

La naturaleza de su funcionamiento lo hace peligroso para trabajos manuales de campo debido a la exposicion a la radiacion ultravioleta del arco a la que esta sometido el operador y al choque termico de este en ambientes humedos.

2.3.6. ANALISIS TECNICO DEL PROCESO DE PLASMA

Emplea el mismo principio de corte que el del proceso arco-aire, con la diferencia que reemplaza el compresor de aire por oxigeno a presion que le da ventaja sobre este, el incremento de la velocidad de corte.

2.4.-ALTERNATIVAS DE IMPLANTACION DEL PROCESO OXIPROPANO

Del análisis económico y técnico efectuado a los procesos de corte aplicables al Astillero se determina como el más conveniente desde todo punto de vista, al de oxipropano. Ahora, surge la necesidad de estudiar las alternativas de implantación de este proceso en ASTINAVE para ejecutar la más idónea.

Distinguiremos dos tipos de equipos: en primer lugar los que utilizan una botella para cada puesto de trabajo y en segundo lugar las instalaciones que utilizan propano con suministro centralizado, ya sea por una batería de botellas o por un tanque.

2.4.1.- EQUIPO CON UNA BOTELLA

El equipo que utiliza el proceso oxicorte es similar al de oxiacetileno constando de los siguientes elementos:

- Una botella de propano.
- Un manorreductor para propano.
- Una botella de oxígeno con su manorreductor.
- Un soplete
- Dispositivos de seguridad.

El equipo correspondiente al oxígeno es idéntico al del oxiacetileno, en cambio el resto presenta las siguientes particularidades:

Las botellas de propano están construidas con planchas de acero soldada. Se las comercializa (industrialmente) en tamaños de 15 y 45 KG de capacidad. En su parte superior llevan acoplada una

válvula de manguito que al acoplar el manorreductor es accionado hacia abajo dejando escapar el gas.

El manorreductor es de funcionamiento idéntico al del oxígeno o al del acetileno, así mismo el soplete, que está simplemente dimensionado de acuerdo con los caudales que se manejan al utilizar propano.

Este equipo debe ser implementado en cada puesto de trabajo, por lo que haremos un estudio de la demanda del propano por sectores de trabajo:

En la sección 1.3.4 se determina la demanda total de corte de planchas en ASTINAVE en 887000 KG anual (3654 KG diarios) distribuidos como sigue:

Varadero	2%
Dique Napo	5%
Dique Amazonas	5%
Construcciones	74%
Trabajos Varios	14%

Así mismo en la sección 1.3.5 se empleó un estándar de consumo de acetileno por peso de plancha de 0.04 KG de acetileno por KG de acero, para expresar este estándar en términos de KG de propano nos valdremos de los rendimientos de gases en los cortes oxipropano y oxiacetileno, mostrados en las Tablas VI y VII respectivamente. De ellas hemos extraído los siguientes datos:

TABLA VIII

PLANCHA MM.	CONSUMO PROPANO KG/M	CONSUMO ACETILENO KG/M	DIFERENCIA %
3	0.0050	0.0179	7.93
5	0.0077	0.0198	38.89
6	0.0090	0.0208	43.27
8	0.0115	0.0227	50.66
10	0.0139	0.0283	49.12
12	0.0172	0.0340	50.59
25	0.0360	0.0510	70.59
50	0.0789	0.1133	69.64

El promedio de la diferencia del consumo de estos gases es de 50% menos en el proceso oxipropano que en el de oxiacetileno, por lo que el estandar buscado seria:

0.04 KG de acetileno X 0.5 KG de propano

KG de acero 1 KG de acetileno

= 0.02 KG de propano

KG de acero

Asi los consumos diarios de ASTINAVE por sectores son:

Varadero:

$$\begin{array}{rcl} 3654 \text{ KG acero} & \times & 0.02 \times 0.02 \text{ KG propano} = 1.46 \text{ KG propano} \\ \text{dia} & & \text{KG acero} \qquad \qquad \text{Dia} \end{array}$$

Dique Napo, Dique Amazonas:

$$3654 \times 0.05 \times 0.02 = 3.65 \text{ KG propano}$$

Dia

Construcción:

$$3654 \times 0.74 \times 0.02 = 54.08 \text{ KG propano}$$

Dia

Trabajos Varios:

$$3654 \times 0.14 \times 0.02 = 10.23 \text{ KG propano}$$

Dia

Como se puede apreciar los consumos diarios podrian ser abastecidos fácilmente con 2 botellas de propano de 45 KG. pero hay que tomar en consideracion el hecho de que estos sectores de trabajo no estan ubicados en la misma área geometrica, y mas aún: en cada uno de estos sectores existen varios frentes de trabajo.

Tomando en consideracion esta realidad se cree conveniente proveer los equipos como sigue:

Varadero. 2 equipos.

Diques: 2 equipos en cada uno

Construcción: 4 equipos

Trabajos Varios: 10 equipos

El costo que se invertiría en la adquisición de estos 20 equipos es de S/. 11'500000,00 aproximadamente (S/. 575000,00 cada uno), no se incluye el costo de la botella de oxígeno.

2.4.2.- EQUIPO CON SUMINISTRO CENTRALIZADO

La diferencia con el anterior radica en la existencia de una fuente central de propano y oxígeno que puede consistir tanto en una batería de botellas como en tanques de almacenamiento.

BATERIAS DE BOTELLAS:

Una instalación de botellas de oxígeno y propano comprende los siguientes elementos:

- Las botellas
- El colector y los tubos flexibles de acoplamiento
- Válvulas de paso
- Manorreductores
- La canalización
- Dispositivos de seguridad.
- Soplete

Se utiliza el doble de botellas de las necesarias: una mitad suministra el gas, y la otra mitad esta en condición de reserva, permitiendo la substitución sin interrumpir el suministro de gas.

En la Sección 2.4.1. calculamos los consumos de propano por sector de trabajo pero no hemos determinado aun el del oxigeno, para ello nos valdremos de la relacion conocida de que en el oxicorte se emplean 4 volúmenes de oxigeno por uno de propano (sección 3.4).

Además, de la Tabla del Apendice I se obtiene el volumen específico del propano a 20°C y 1 ATM de presión que es 0.5315 M³/KG.

Entonces el volumen de una botella de propano de 45 KG es:

$$45\text{KG} \times 0.5315 \frac{\text{M}^3}{\text{KG}} = 23.92 \text{ M}^3.$$

$$V \text{ oxigeno} = 4 V \text{ propano}; 4 \times 23.92 \text{ M}^3 = 95.68 \text{ M}^3.$$

$$\text{Botellas de oxigeno} = \frac{95.68 \text{ M}^3}{6 \text{ M}^3} = 15.95 \text{ unds.}$$

Es decir que para un cilindro de propano de 45 Kg. se emplean 16 botellas de oxigeno de 6 M³.

Con esta relación se ha elaborado la Tabla IX.

TABLA IX

CONSUMOS DE OXIPROPANO POR SECTORES DE TRABAJO

SECTOR DE TRABAJO	BOTELLA DE OXIGENO 6M3.			BOTELLA DE PROPANO 45 KG.		
	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL
YARADERO	0.48	2.40	9.60	0.03	0.15	0.60
DIQUE NAPO	1.28	6.40	25.60	0.08	0.40	1.60
DIQUE AMAZONAS	1.28	6.40	25.60	0.08	0.40	1.60
CONSTRUCCION	19.20	96.00	384.00	1.20	6.00	24.00
TRABAJOS VARIOS	3.68	18.40	73.60	0.23	1.15	4.60
TOTAL	25.92	129.60	518.40	1.62	8.10	32.40

Analizando los datos de esta tabla podemos manifestar que:

- 1.- El varadero no necesita de baterías de oxígeno o propano.
- 2.- Los Diques podrían ser abastecidos por una red centralizada de oxígeno solamente ya que el consumo de propano no justifica la centralización de este gas. Pero la canalización del oxígeno en los Diques presenta el inconveniente de que los ramales de cañerías atravesarían irremediablemente los sectores de libre inundación de estas embarcaciones por lo que la corrosión de estos tubos sería acelerada por la presencia del agua salada y por consiguiente el riesgo de accidentes sería elevado.

Esta observación imposibilita la distribución del oxígeno desde una central cualquiera, a no ser que se diseñe una batería portátil de suministro de estos gases.

- 3.- El sector de construcción naval sí justifica la centralización del suministro de estos dos gases.

Hablar de una batería de botellas de oxígeno, en esta área es acoplar y desacoplar 96 botellas semanales, lo cual no es nada conveniente desde el punto de vista de la eficiencia que es lo que se trata de optimizar centralizando el suministro.

El propano, en cambio, podría ser suministrado por una batería de botellas de propano para una provisión semanal, pero para más tiempo sería aconsejable la construcción de tanques de almacenamiento.

4.-El sector de trabajos varios, aunque involucre ciertos trabajos que no son efectuados en el area propiamente dicha, justifica la centralización del oxigeno y del propano con la implantacion de tanques de almacenamiento del primero y de tanques o baterias de botellas para el segundo.

SUMINISTRO PARA EL SECTOR DE CONSTRUCCION NAVAL:

Las botellas de oxigeno de 6M3. de capacidad (a 150 KG/CM2) tienen un volumen de 0.06 M3. por lo que para almacenar 2304 M3. de oxigeno (384 botellas de 6M3) se necesitaria un tanque de 23 M3. de capacidad.

Las botellas de propano de 45 KG (20 KG/CM2) tienen un volumen de 0.135 M3, para almacenar 1080 KG mensualmente (24 botellas de 45 KG) necesitaríamos de un tanque de aproximadamente 4M3. de capacidad.

En la Figura No. 4 que es el plano de las instalaciones de ASTINAVE se señala la alternativa de implantacion de la canalizacion de estos gases para este sector.

Para calcular el diametro de estas tuberias empleamos la Formula de Darcy para tuberias de gas (2)

$$D = \sqrt[5]{\frac{1.621Q^2 f L P_1 V}{P_1^2 - P_2^2}}$$



BIBLIOTECA

Suponiendo que en cada una de las tomas o puestos de trabajo se corten planchas de 12 MM de espesor, entonces, de la Tabla VI:

$$\text{Consumo de oxigeno} = 0.115 \text{ M}^3/\text{M.}$$

$$\text{Consumo de propano} = 0.0172 \text{ KG/M.}$$

$$\text{Velocidad de corte} = 0.41 \text{ M/MIN.}$$

Analizando el tramo 1-2 del circuito de oxigeno:

Consumo O2

$$= \frac{0.115 \text{ M}^3 \times 0.41 \text{ M} \times \text{MIN} \times \text{KG} \times 8 \text{ TOMAS}}{\text{M} \quad \text{MIN} \quad 60\text{SEG} \quad 0.7513\text{M}^3.}$$

$$= 8.36 \times 10 \text{ KG/SEG.}$$

$$\text{Suponiendo que } P = 7 \text{ KG/CM}^2 = 7.87 \times 10 \text{ N/M}^2. \text{ abs.}$$

$$\text{Y que } P = 6 \text{ KG/CM}^2 = 6.89 \times 10 \text{ N/M}^2 \text{ abs.}$$

$$\text{Adem\u00e1s } L = 20\text{M.}$$

Aplicando la formula de Darcy:

$$D = \sqrt[5]{\frac{1.621 \times (8.36 \times 10^{-3})^2 \times f \times 20 \times 7.87 \times 0.7513 \times 10^5}{[(7.87)^2 - (6.89)^2] \times 10^{10}}}$$

$$= \sqrt[5]{8.83 \times 10 \times f}$$

$$\text{Suponiendo } f = 0.015$$

$$D = 10.58 \times 10 \text{ M}$$

Para comprobar f nos valemos de la ecuacion de Reynold (2):

$$Re = 12,74 \times 10 \frac{Q^5}{du}$$

Para el oxígeno $u = 0.019$ (Apendice II)

Por lo que:

$$Re = 12.74 \times 10^5 \times \frac{8.16 \times 10^{-3}}{10.58 \times 0.019} = 51.715$$

Con este numero y con el diametro del tubo entramos al Diagrama de Moddy (Apendice III) en donde se obtiene $f = 0.03$
Volviendo a calcular D con este nuevo valor de f obtenemos

$$D = \sqrt[5]{8.83 \times 10^{-9} \times 0.03}$$

$$D = 12.15 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Del mismo modo, analizando el Tramo 1-2 del circuito de propano:

Consumo C 3 H 8 -

$$\frac{0.0172 \text{ KG} \times 0.41 \text{ M} \times \text{MIN} \times 8 \text{ TOMAS}}{\text{M} \quad \text{MIN} \quad 60 \text{ SEG}}$$

$$= 9.40 \times 10^{-4} \text{ KG/SEG}$$

Suponiendo que $P_1 = 7.87 \text{ N/M}^2$ abs.

Y que $P_2 = 6.89 \text{ N/M}^2$ abs.

Conociendo que $L_{1-2} = 40 \text{ M}$

Se aplica la Formula de Darcy:

$$D = \sqrt[5]{\frac{1.621 \times (9.4 \times 10^{-4})^2 \times f \times 40 \times 7.87 \times 0.5315 \times 10^5}{[(7.87)^2 - (6.89)^2] \times 10^{10}}}$$

$$D = \sqrt[5]{1.657 \times 10^{-10} f}$$

Suponiendo que $f = 0.015$

$$D = 4.78 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Por otro lado:

$$Re = 12,74 \times 10^5 \frac{9.4 \times 10^{-4}}{4.78 \times 0.012} = 20878$$

(μ del Propano = 0.012) (Apendice II)

Del Diagrama de Moddy se obtiene $f = 0.039$

Por lo que:

$$D = \sqrt[5]{1.657 \times 10^{-10} \times 0.039}$$

$$D = 5.78 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Con este procedimiento se han procedido a elaborar las Tablas X y XI en las que se ha incluido el diametro de la tubería comercial mas idonea a usar.

TABLA X
CANALIZACION DEL OXIGENO EN EL SECTOR DE CONSTRUCCION
NAVAL

TRAMO	LONGITUD M	FLUJO 10 KG/S	DIAMETRO CALCULADO MM.	DIAMETRO COMERCIAL PLGS.
1-2	20.0	8.36	12.15	1
2-3	20.0	4.18	7.56	3/4
3-4	20.0	3.14	7.19	1/2
4-5	20.0	2.09	4.46	1/2
5-6	20.0	1.04	2.56	1/2
2-7	22.0	4.18	8.20	3/4
7-8	22.5	2.09	4.88	1/2
8-9	22.5	1.04	4.75	1/2
7-10	42.5	2.09	7.10	1/2
1-11	22.5	1.04	4.75	1/2

SIBLI

TABLA XI
CANALIZACION DEL PROPANO EN EL SECTOR DE CONSTRUCCION
NAVAL

TRAMO	LONGITUD M	FLUJO 10 KG/S	DIAMETRO CALCULADO MM.	DIAMETRO COMERCIAL PLGS.
1-2	40.0	9.40	5.78	3/4
2-3	20.0	4.70	3.60	1/2
3-4	20.0	3.53	3.42	3/8
4-5	20.0	2.35	2.12	3/8
5-6	20.0	1.18	1.22	3/8
2-7	22.0	4.70	3.90	1/2
7-8	22.5	2.35	2.32	3/8
8-9	22.5	1.18	2.26	3/8
7-10	42.5	2.35	3.38	3/8
10-11	22.5	1.18	2.26	3/8

Para determinar la cédula de los tubos a emplearse usaremos la formula (3):

$$t_m = \frac{pde}{2(SE + py)} + A$$

Para el circuito de oxigeno:

El tubo a emplearse es de cobre tipo K, segun norma ASTM B-88 con las siguientes características:

SE - 599 KG/CM².

Y - 0.40

A - 0 MM.

Realizando el cálculo en el tubo de mayor diámetro del circuito, es decir de 1" (nòminal) cuyo diámetro exterior es 33,4 MM obtenemos:

$$t_m = \frac{151 \times 33.4}{2(599 + 151 \times 0.4)} + 0 = 3.82 \text{ MM}$$

En las Tablas 19 y 20 de la referencia 3 comprobamos que el espesor de este tubo es 3,7 mm.

Para el circuito de propano:

El tubo a emplearse es de acero estirado sin costura segun norma ASTM A 53 grado B con las siguientes características:

SE - 1057 KG/CM²

Y - 0.40

A = 1,27 MM

calcularemos la cédula para un tubo de 26.7 MM. de diámetro exterior (3/4" nominal)

Por lo que:

$$tm - \frac{21 \times 26.7}{2(1057 + 21 \times 0.4)} + 1.27 = 1.57 \text{ MM.}$$

Cuya cédula correspondiente es 40 (Apendice IV).

El costo que demandaria la implantacion de esta central es de S/. 24'000000,00 aproximadamente.

SUMINISTRO PARA EL SECTOR DE TRABAJOS VARIOS:

Para satisfacer una demanda mensual de 73.6 botellas de oxigeno de 6 M3. y de 4.6 botellas de propano de 45 KG se necesitan tanques de 5 M3 para el oxigeno y de 1 M3 para el propano.

En la Figura No.4 se senala el circuito propuesto para la canalización de estos gases en el sector de los talleres de caldereros y soldadores (Trabajos Varios) de ASTINAVE.

Empleando el mismo procedimiento para determinar el diámetro de los tubos de canalizacion del usado en el sector de Construcción Naval, obtenemos los datos mostrados en las Tablas XII y XIII.

Esta central costaría al rededor de S/. 18'000000,00

TABLA XII

CANALIZACION DEL OXIGENO EN EL SECTOR TRABAJOS VARIOS

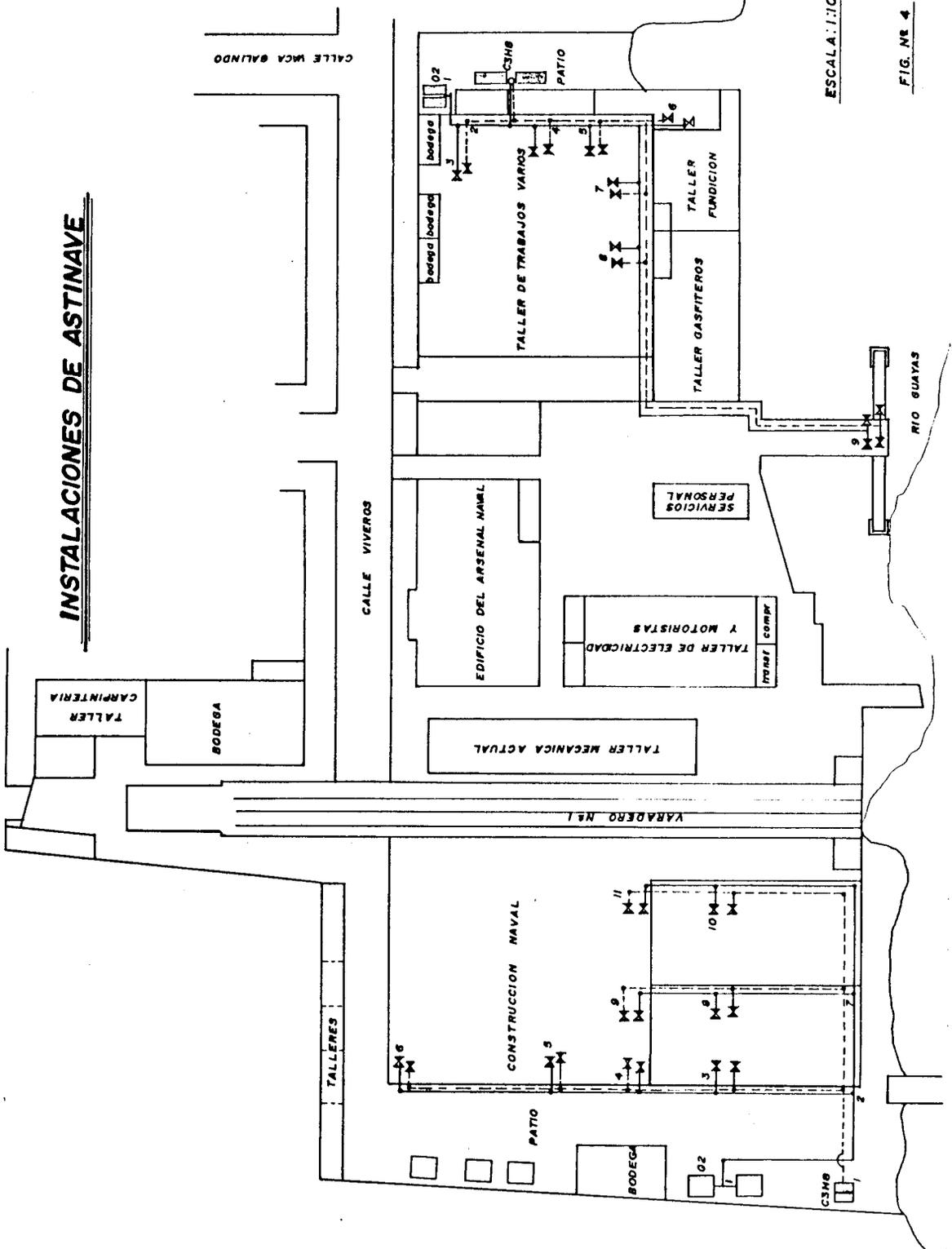
TRAMO	LONGITUD M	FLUJO 10 KG/S	DIAMETRO CALCULADO MM.	DIAMETRO COMERCIAL PLGS.	CEDULA
1-2	5.0	9.41	15.89	1-/14	80
2-3	10.0	2.10	4.50	1/2	80
2-4	15.0	7.32	17.61	1	80
4-5	15.0	6.28	16.26	1	80
5-6	15.0	5.23	9.55	1	80
6-7	15.0	4.18	8.74	3/4	80
7-8	15.0	3.14	7.81	3/4	80
8-9	80.0	2.10	9.31	3/4	80

TABLA XIII

CANALIZACION DEL PROPANO EN EL SECTOR TRABAJOS VARIOS

TRAMO	LONGITUD M	FLUJO 10 KG/S	DIAMETRO CALCULADO MM.	DIAMETRO COMERCIAL PLGS.	CEDULA
1-2	5.10	10.57	7.56	1	40
2-3	10.0	2.35	2.14	3/8	40
2-4	15.0	8.23	8.38	3/4	40
4-5	15.0	7.05	7.74	3/4	40
5-6	15.0	5.88	4.54	3/4	40
6-7	15.0	4.70	4.16	1/2	40
7-8	15.0	3.53	3.72	1/2	40
8-9	80.0	2.35	4.43	1/2	40

INSTALACIONES DE ASTINAVE



ESCALA: 1:1000

FIG. N° 4

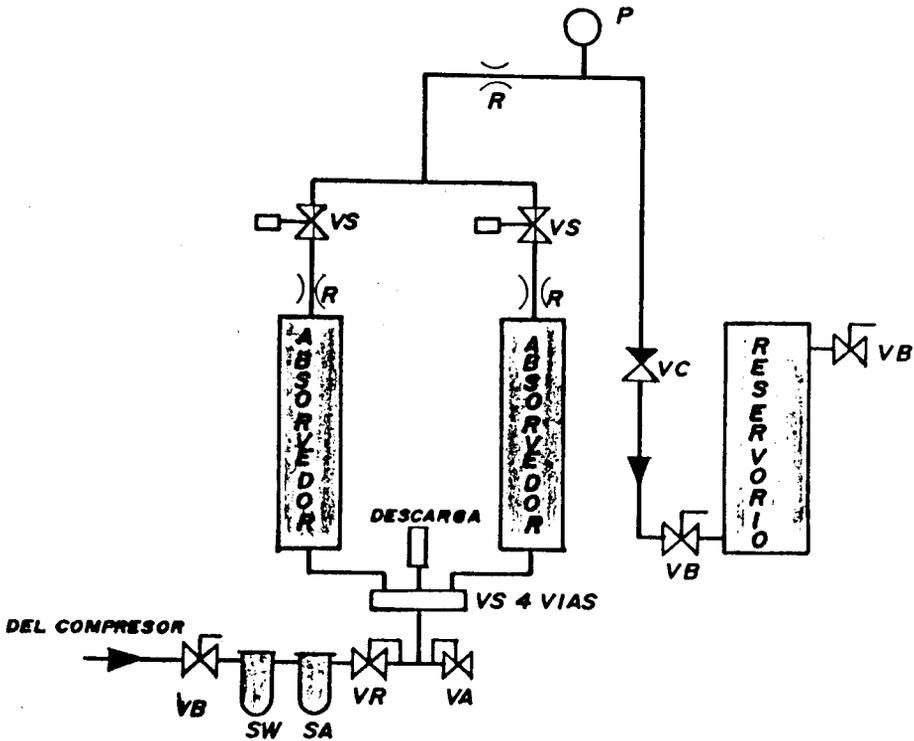
CENTRALIZACION CON GENERADOR DE OXIGENO

En algunos países del mundo se está reemplazando el uso de las botellas y tanques de oxígeno en los procesos de oxiacorte, por plantas generadoras de este gas. El principio en el que se basa la operación de estos equipos es el de la absorción del nitrógeno del aire del ambiente que generalmente contiene 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno, 0.9% de argón y 0.1% de otros gases, para dejar libre el oxígeno, mediante el siguiente procedimiento: Se pasa aire comprimido (de 7 a 9 KG/CM² ABS) por uno de dos recipientes - cedazos (Ver FIG. No. 5) que contienen un filtro molecular llamado zeolita. La estructura cristalina microscópica de la zeolita es tal que las moléculas de nitrógeno en el aire quedan atrapadas en los cristales, mientras que el oxígeno y los gases pasan libremente.

Una vez eliminado el nitrógeno el aire sale del material cedazo como oxígeno 90-95% puro a aproximadamente 3.5 KG/CM² ABS de presión.

Generalmente el material cedazo de zeolita se llega a saturar con nitrógeno casi en un minuto, pero antes de que ello suceda un sistema de válvulas neumáticas simples, controladas por un interruptor eléctrico de tiempo (timer) invierte automáticamente el ciclo y conecta la producción de oxígeno al segundo recipiente, mientras que se purga el primero.

El ciclo rítmico del flujo por los recipientes produce variaciones menores en la presión de oxígeno, la cual se nivela



SIMBOLOGIA

P PRESOSTATO

R REDUCTOR

VS VALVULA SOLENOIDE

VR VALVULA REGULADORA

SW SEPARADOR DE AGUA

VB VALVULA DE BOLA

VC VALVULA DE COMPUERTA

VA VALVULA DE ALVIO

SA SEPARADOR DE ACEITE

**DIAGRAMA DE FLUJO DE GENERADOR DE OXIGENO
(PROCESO AMOX)**

Fig N°5

efectivamente por medio de un tanque acumulador instalado inmediatamente despues del generador.

Los componentes internos del sistema estan protegidos de la humedad y contaminacion por medio de trampas de agua y de aceite, a la entrada del aire comprimido.

Para abastecer la demanda diaria de 19.68 botellas de oxigeno de los sectores de Construccion Naval y Varadero (Tabla IX), es decir 23,62 M³/H, se necesitaria de un equipo compuesto de:

- Un compresor de 400 M³/H a 7 KG/CM² ABS.
- Un generador de oxigeno AMOX Modelo 12-50L.
- Un tanque de 5M³ para almacenamiento de oxigeno cuyo costo estaria alrededor de los S/.71'000000.00.

Para el sector de Trabajos Varios cuya demanda diaria es de 2 botellas de oxigeno * (2.4 M /H) se necesitaria del siguiente equipo:

- Un compresor de 73 M³/H a 9 KG/CM² ABS.
- Una generador de oxigeno AMOX Modelo B-80.
- Un tanque de 0.8 M³ para almacenamiento de oxigeno.

Cuyo costo estaria alrededor de los S/.12'000000.00.

En el tendido de tuberias para la canalizacion de los gases segun lo muestra la FIG. No. 4 se invertiria aproximadamente S/.18'000000,00 en el sector de Construccion Naval y

* Se estima que las 1.68 botellas restantes son empleadas en trabajos fuera del área.

S/.11'5000000,00 en el sector de Trabajos Varios.

2.4.3.- COSTO DE LA IMPLANTACION DEL PROCESO

Del análisis efectuado en la seccion anterior podemos definir la implantación del proceso oxipropano en tres alternativas:

ALTERNATIVA 1

Implementando equipos simples, esto es, botellas, mangueras y soplete, a distribuirse como sigue:

- Varadero: 2 equipos
- Diques: 2 equipos en cada uno.
- Costruccion: 4 equipos
- Trabajos Varios: 10 equipos

El costo de estos 20 equipos es S/.11'500000.00.

ALTERNATIVA 2

Empleando equipos simples y la centralizacion en tanques como sigue:

Para los Diques:

4 equipos simples con un costo total de S/.2'300000.00

Para el sector de Trabajos Varios:

Una cental de oxipropano a un costo de S/.18'000000.00

y cuatro equipos simples a un costo de 2'300000.00

Para el Sector de Construccion Naval (incluido el Varadero)

Una central de oxipropano a un costo de S/. 24'000000.00

COSTO TOAL DE LA IMPLANTACION S/.46'800000.00

ALTERNATIVA 3

Empleando equipos simples y la centralización con generador de oxígeno como sigue:

Para los Diques:

4 equipos simples con un costo total de S/. 2'300'000,00

Para el Sector de Trabajos Varios:

Una central con generador de oxígeno a S/.89'000'000,00

y cuatro equipos simples a un costo de S/.2'300'000,00

Para el Sector de Construcción Naval

(incluido el Varadero):

Una central con generador de oxígeno a S/.23'500'000,00

COSTO TOTAL DE LA IMPLANTACION S/.117'100'000,00

DECISION

Se puso en consideración de la Administración de ASTINAVE este estudio para el reemplazo del proceso oxiacetileno, los que autorizaron la implantación de proceso oxipropano, en equipos simples, dejando las alternativas de centralización del proceso para el caso en que los Proyectos de Construcción (descritos en la sección 1.1.) se concreten.

Mientras tanto, se ordenó el diseño de un banco portátil "piloto" de oxipropano a fin de: mejorar la eficiencia del proceso, y de obtener los rendimientos reales de corte de planchas con el empleo de estos gases.

CAPITULO No. 3

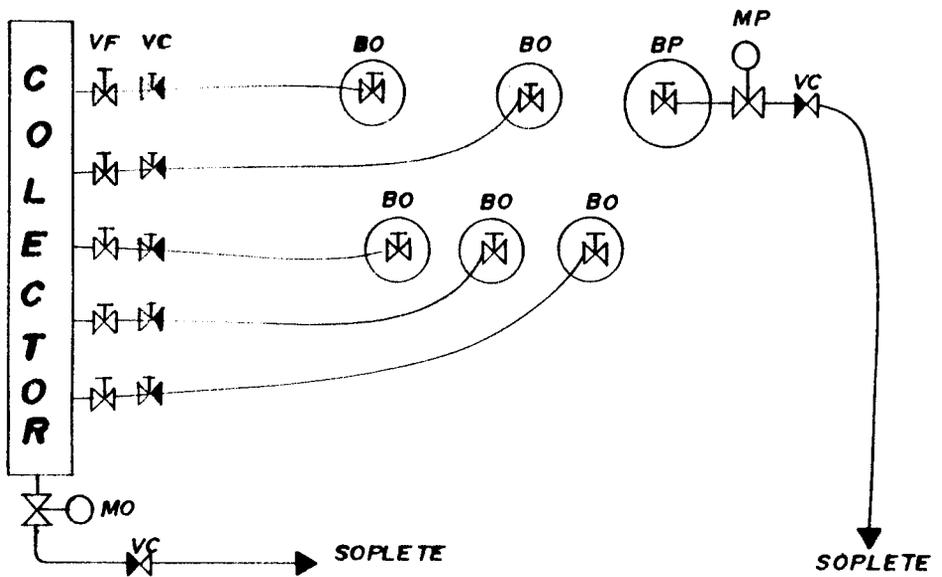
EJECUCION DEL PROYECTO PILOTO

3.1.- CONSTRUCCION DE BATERIAS DE OXIPROPANO

Se diseñó un equipo portatil para abastecer una demanda de gas para tres dias de corte en planchas de 8 MM. de espesor.

El equipo consta de los siguientes elementos (Ver figura 6):

- 5 botellas de oxigeno de 6 M3. de capacidad.
- 1 botella de propano de 45 KG de capacidad.
- 5 válvulas de bronce para corte de flujo de oxigeno, asiento de teflón, para 210 KG/CM² de presion. con rosca de entrada del gas de 3/4 NPT 14 Hilos/plg. y de salida rosca derecha 21.76 MM - 14 NGO.
- 5 válvulas para corte de flujo de oxigeno, de bronce, de 210 KG/CM², con rosca derecha 7/16" - 24NGO a la entrada y a la salida (Acopladas al colector).
- 5 tubos flexibles de teflón, cubierto de una trenza de alambre inoxidable exterior para una presion de trabajo de 200 KG/Cm² (presion mínima a reventar, 630 KG/CM²) y radio minimo a doblar 50,8 MM, con terminales de campana para 210 KG/CM² con tuercas 21.76 MM - NGO y 7/16" - 24 NGO.
- 1 colector de bronce para 400 KG/CM² con rosca para acoplar las 5 válvulas de paso de oxigeno 7/16"-24 NGO y una rosca 21.76-14NGO para acoplar el reductor de oxigeno.



SIMBOLOGIA

- BO** BOTELLA DE OXIGENO
- BP** BOTELLA DE PROPANO
- VF** VALVULA DE CORTE DE FLUJO
- VC** VALVULA CHECK
- MO** MONORREDUCTOR DE OXIGENO
- MP** MONORREDUCTOR DE PROPANO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL BANCO PILOTO DE OXIPROPANO

Fig N° 6

- 1 manorreductor de oxígeno, de bronce de 280 KG/CM² de presión máxima, con manómetro de alta para medir la presión de las botellas y de baja para medir la presión a la salida del reductor, con rosca derecha 21,76 - 14NGO a la entrada y 7/16 - 24 NGO a la salida, con una válvula de seguridad.
- 1 válvula bloqueadora de retroceso de llama, de bronce con rosca 7/16 - 24NGO en ambos lados.
- 30 M de manguera de caucho sintético de 6MM de diámetro interior, para oxígeno y propano, para 20 KG/CM².
- 1 manómetro de propano, de bronce de 25 KG/CM² de presión máxima con un manómetro a la salida del reductor y una válvula de seguridad, con un acople de 21MM de diámetro interior que embona a la válvula de la botella y con rosca 7/16 - 24 NGO izquierda a la salida del reductor.
- 1 válvula bloqueadora de retroceso de llama para propano de bronce, con rosca izquierda 7/16 - 24NGO en ambos lados.
- 1 cortadora integral con válvula de seguridad propia.
- 1 estructura metálica de plancha de acero ASTM A 36 de 1/4" y ángulos de 1/4" X 2" X 2", con calzo para el colector y cadenas para la sujeción de las botellas.

COSTO DEL EQUIPO:

Con la mano de obra empleada en la construcción del equipo este tiene un valor total de S/.960000,00.

3.1.1.- SECUENCIA DE OPERACION DEL EQUIPO PILOTO

Antes de la puesta en marcha del equipo, el operador deberá seguir la siguiente secuencia de operación:

1. Transporte el banco portatil con las botellas sujetadas a este por medio de las cadenas de fijación.
2. Debido a las fluctuaciones de presión que se producen con los cambios de temperatura, instalese el equipo en sectores alejados de toda fuente de calor.
3. Instale el colector de oxígeno sobre el calzo del banco.
4. Conecte las mangueras de acero a las válvulas del colector de oxígeno.
5. Abra ligeramente la válvula de cada cilindro para limpiar la salida de gas.
6. Conecte las mangueras de acero a la válvula de cada una de las 5 botellas de oxígeno.
7. Conecte el regulador de oxígeno al colector apretando fuertemente.
8. Conecte el regulador de propano a su botella.
9. Conecte las mangueras a los reguladores. La manguera roja pertenece al propano y la verde al oxígeno.
10. Suelte los tornillos de ajuste de cada regulador y luego abra la válvula del cilindro. Nunca abra las válvulas del cilindro antes de haber soltado el tornillo del regulador.
11. Abra las válvulas del colector.

12. Abra y cierre sucesivamente el tornillo de cada regulador para limpiar las mangueras.
13. Conecte el soplete a la manguera. Recuerde:
La conexión de oxígeno posee hilo derecho (exterior).
La conexión de propano posee hilo izquierdo (interior).
14. Ajuste al soplete la boquilla adecuada al trabajo que se realizará, según la tabla XIV.
15. Ajuste las presiones de propano y oxígeno, según la Tabla XIV.
16. Abra la válvula de propano del soplete y encienda con un chispero. Luego abra la válvula de oxígeno y ajuste hasta obtener la llama deseada.
17. Al terminar el corte, cierre primero la válvula de propano del soplete y luego la de oxígeno.
18. Cierre la válvula del cilindro de propano y luego las válvulas de los cilindros de oxígeno.
19. Abra la válvula de propano del soplete (con la válvula de oxígeno cerrada) para purgar la manguera. Suelte el tornillo de ajuste del regulador y cierre la válvula del soplete.
20. Repita la misma operación para la manguera de oxígeno.

3.1.2.- NORMAS DE SEGURIDAD PARA LA OPERACION DEL EQUIPO

Pueden originarse graves accidentes como consecuencia de la manipulación inadecuada del equipo de oxipropano, para evitar

ello es recomendable cumplir las siguientes normas de seguridad:

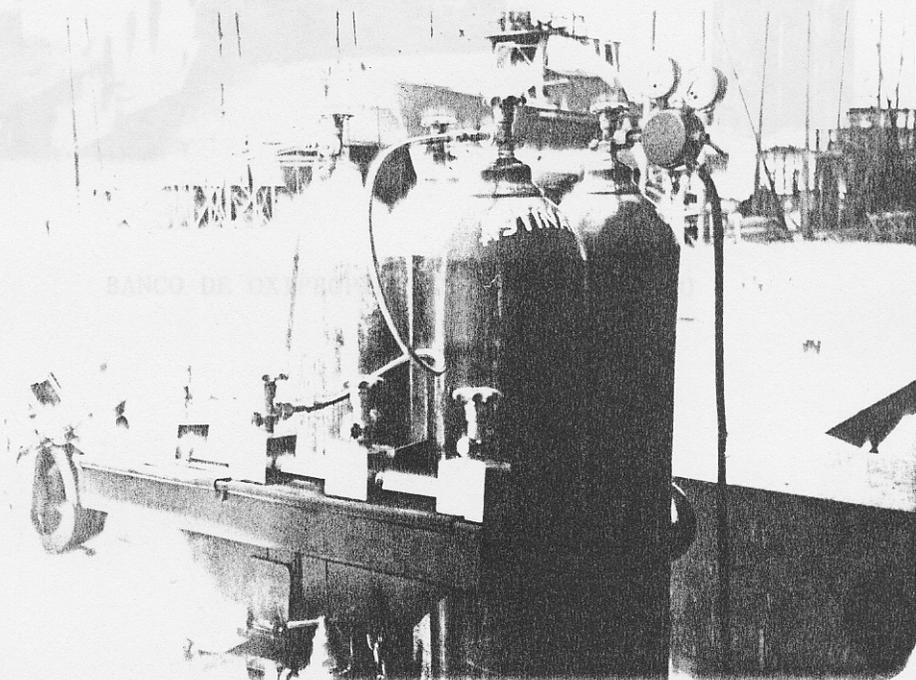
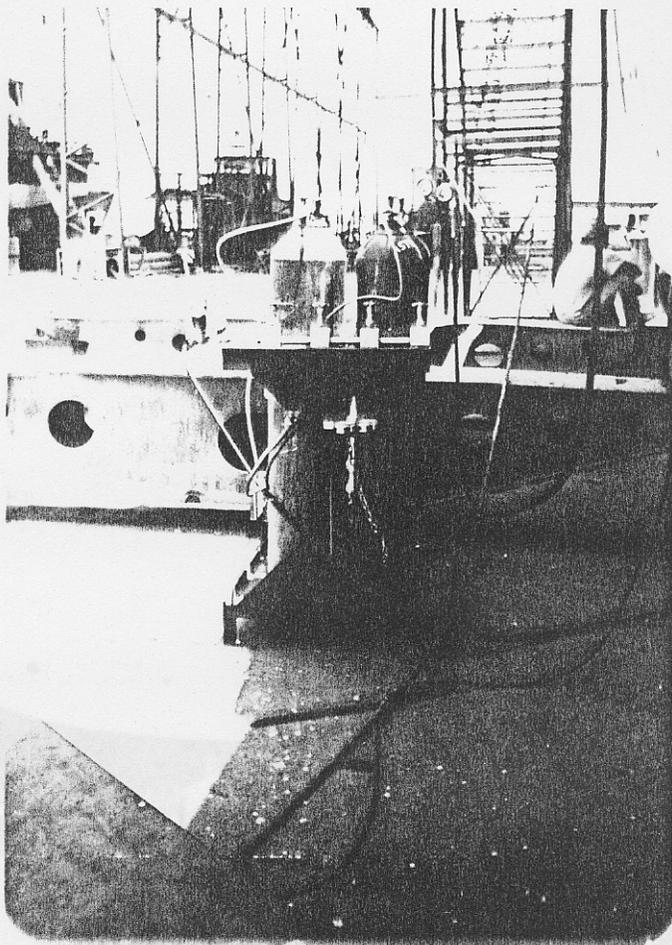
1. El operador deberá contar con un equipo de protección personal completo.
2. Disponer del equipo en buenas condiciones de operación.
3. Verifique que en el área de trabajo no existan líquidos inflamables, vapores o gases explosivos.
4. Revise que el equipo no presente fugas de gas.
5. No utilice aceite o grasa para lubricar los hilos de las válvulas, se genera reacción exotérmica (calor) y combustión o explosión la mezcla.
6. Si una válvula de una botella presenta escape, la botella deberá ser retirada y colocada en un sitio al aire libre, lejos de cualquier sustancia combustible. Haga una marca indicando su condición de escape.
7. No dejar caer las botellas ni que se golpeen unas con otras.
8. Las válvulas de los cilindros no deberán apretarse demasiado y deben mantenerse limpias.
9. No intente reparar o alterar roscas, reguladores o cualquier otro elemento del equipo.
10. Cuidado de no aplicar al soplete encendido sobre cualquier elemento del equipo.
11. No encienda el soplete con fósforo. Hagalo con chispero.
12. Nunca abra las válvulas del cilindro sin antes haber soltado el tornillo del regulador.

13. No encienda el soplete con las llaves de oxígeno abiertas en forma simultánea con el propano. Recuerde que son aproximadamente 3000°C los que pueden llegar a un dedo en forma instantánea, además existe el peligro de contrapresión.
14. Nunca vacíe completamente los cilindros de gases comprimidos, en el caso del oxígeno, puede generar vacío y el propano puede fluir inversamente hacia la manguera y regulador de oxígeno.
15. No usar el banco como circuito de tierra.
16. Las válvulas de oxígeno deben abrirse lentamente para que las mangueras de oxígeno no chicoteen. Nunca abra una válvula de oxígeno si su manguera metálica está suelta.
17. No transporte el banco portátil con los acoples y accesorios instalados.
18. No fume cerca del banco portátil.
19. Una vez terminado el trabajo, revise que no queden materiales en combustión en el área.

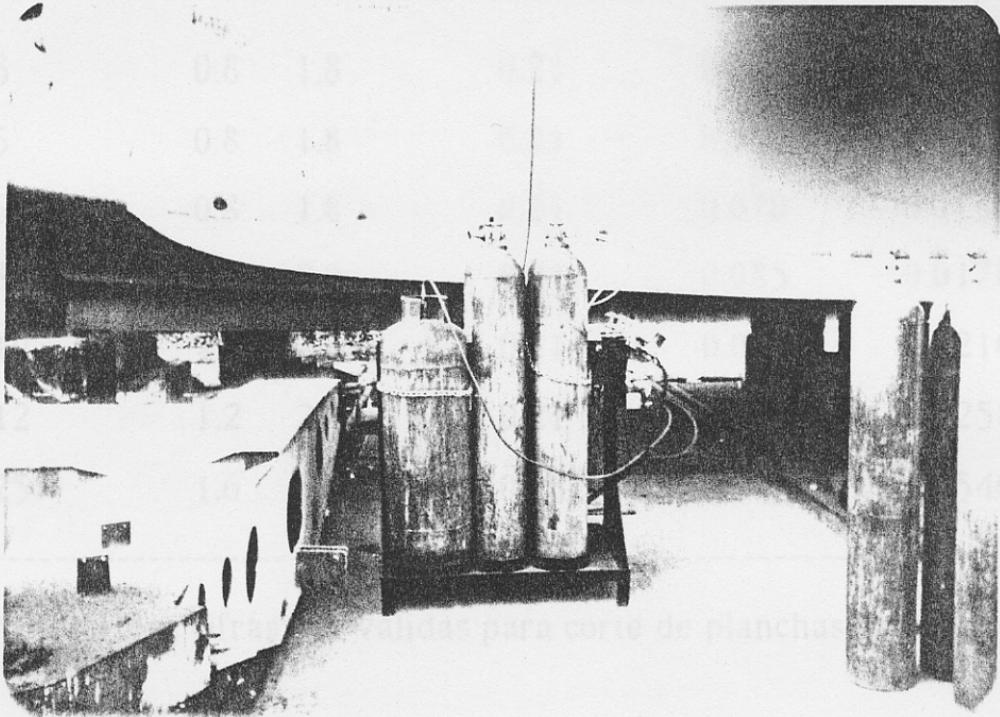
3.2.- PRUEBAS Y RENDIMIENTOS CON EL EMPLEO DEL EQUIPO PILOTO

Con este equipo piloto se realizaron, básicamente, 2 tipos de pruebas, unas dirigidas a obtener los consumos reales de oxígeno y propano en el corte, y las otras con la finalidad de comprobar el estándar del consumo de estos gases por peso de planchaje renovado, que fue usado en la sección 2.4.1. Las primeras pruebas fueron efectuadas en

talleres y arrojaron los resultados descritos en la Tabla XIV. En cuanto a las otras pruebas, dieron un estandar de 0.025 KG de propano y 0.048 M3. de oxigeno por kilogramo de acero renovado.



VISTAS DEL BANCO DE OXIPROPANO



BANCO DE OXIPROPANO EN FUNCIONAMIENTO

TABLA XIV**CARACTERISTICAS PARA LOS CORTES OXIPROPANOS EN ASTINAVE**

ESPESOR PL. MM.	DIAM. BOQ. MM.	PRESION OXIGENO KG/CM2	PRESION PROPANO KG/CM2	CONSUMO OXIGENO M3/M	CONSUMO PROPANO KG/M	VELOC. DE CORTE M/MIN
3	0.8	1.8	0.21	0.038	0.0075	0.55
5	0.8	1.8	0.21	0.055	0.0115	0.47
6	0.8	1.8	0.21	0.070	0.0135	0.46
8	0.8	2.0	0.21	0.085	0.0178	0.45
10	1.2	2.8	0.21	0.095	0.0210	0.44
12	1.2	2.8	0.21	0.115	0.0258	0.42
25	1.6	3.2	0.28	0.215	0.0540	0.36

NOTA: Estas cifras son válidas para corte de planchas limpias solamente.

3.3. COMPARACION DE COSTOS CON EL PROCESO OXIPROPANO

En la seccion 2.3.1. encontramos que el costo del metro de corte del proceso oxipropano era de S/.75.92 pero empleando consumos teóricos. Con los consumos reales descritos en la seccion anterior, el costo de producción es el siguiente:

Empleando los consumos de oxigeno y propano para planchas de 6MM de la Tabla XIV:

Consumo oxigeno = 0.070 M3/M.

Consumo propano = 0.0135 KG/M.

Velocidad de corte - 0.46 M/MIN.

Entonces:

Costo del material consumible

$$= \frac{0.070 \text{ M3} \times \text{S}/.766.0}{\text{M}} + \frac{0.0135 \text{ KG} \times \text{S}/.144.5}{\text{M3}}$$

$$\text{M} \quad \text{M3} \quad \text{M} \quad \text{M3}$$

$$= \text{S}/. 55.57 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

El costo por depreciacion del equipo:

$$\frac{\text{S}/.700000 \times 1 \text{ AÑO} \times 1 \text{ DIA} \times 1 \text{ HORA} \times 1 \text{ MIN}}{5 \text{ AÑOS} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.46 \text{ M}}$$

$$5 \text{ AÑOS} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.46 \text{ M}$$

$$= \text{S}/. 4.23 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

El costo por mantenimiento del equipo:

$$\frac{0.1 \times \text{S}/.700000 \times 1 \text{ AÑO} \times 1 \text{ DIA} \times 1 \text{ HORA} \times 1 \text{ MIN}}{1 \text{ AÑO} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.46 \text{ M}}$$

$$1 \text{ AÑO} \quad 240 \text{ DIAS} \quad 5 \text{ HORAS} \quad 60 \text{ MIN} \quad 0.46 \text{ M}$$

$$= \text{S}/. 2.11 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Y el costo por empleo de mano de obra:

$$\frac{S/. 7.27 \quad X \quad 1\text{MIN}}{\text{MIN} \quad 0.46\text{M}} = S/. 15,80 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Por lo que el costo total real del corte oxipropano es de S/. 77,71 el metro de corte.

Analisemos el costo del metro de corte del proceso oxiacetileno:

Empleando los consumos de oxigeno y acetileno para planchas de 6MM de la Tabla VII.

$$\text{Consumo de oxigeno} = 0.072 \text{ M}^3/\text{M}$$

$$\text{Consumo de acetileno} = 0.0208 \text{ KG}/\text{M}$$

$$\text{Velocidad de corte} = 0.45 \text{ M}/\text{MIN.}$$

Entonces costo del material consumible

$$= \frac{0.072 \text{ M}^3 \text{ X } S/.766.0 + 0.0208 \text{ KG X } S/.2973.0}{\text{M} \quad \text{M}^3 \quad \text{M} \quad \text{KG}}$$

$$= S/. 166,99 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Costo por depreciación del equipo:

$$= \frac{S/.700000 \text{ X } 1\text{ANO} \text{ X } 1\text{DIA} \text{ X } 1\text{HORA} \text{ X } 1\text{MIN}}{5\text{ANOS} \quad 240\text{DIAS} \quad 5\text{HORAS} \quad 60\text{MIN} \quad 0.45\text{M}}$$

$$= S/.4,32 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Costo por mantenimiento del equipo:

$$= \frac{0.1 \text{ X } S/.700000 \text{ X } 1\text{ANO} \text{ X } 1 \text{ DIA} \text{ X } 1\text{HORA} \text{ X } 1\text{MIN}}{1\text{ANO} \quad 240\text{DIAS} \quad 5\text{HORAS} \quad 60\text{MIN} \quad 0.45\text{M}}$$

$$= S/.2,16 \text{ EL METRO DE CORTE}$$

Costo por el empleo de mano de obra

Para el corte oxiacetileno se emplean 0.04 KG de acetileno y 0.066 M3. de oxigeno por KG de acero cortado (estandares de ASTINAVE).

Por lo que el costo de material a consumirse en un año es:

Oxigeno =

877000KG DE ACERO X 0.066 M3.DE OXIGENO X S/.766.00

1 AÑO

KG DE ACERO

1M3.OXIGENO

- S/. 44'337612,00

Acetileno -

877000KG DE ACERO X 0.04KG DE ACETILENO X S/.2973.00

1 AÑO

KG DE ACERO

1KG DE ACET.

= S/. 104'292840,00

Que representa un desembolso anual de S/.148'630452,00 en compra de oxigeno y acetileno.

Es decir que con el empleo del proceso oxipropano se tiene un ahorro de S/.109'857843,50 anuales en adquisicion de los gases combustible respecto al proceso oxiacetileno.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- a) Los resultados obtenidos con el empleo del equipo piloto han demostrado que la calidad del corte oxipropano es por lo menos igual al del oxiacetileno y que la velocidad de corte de estos dos procesos es casi la misma.
- b) El metro de corte oxipropano es el mas barato de todos los procesos de corte en caliente.
- c) Los estandares teoricos de consumo de gases en el proceso oxipropano (Tabla VI) no son iguales a los reales (Tabla XIV) debido a la diferente composición química del gas mal denominado "propano", cuando en realidad al menos en nuestro medio, es una mezcla casi homogenea entre propano y butano principalmente.
- d) Aunque ninguno de los proyecto de construccion se concreten las demandas del cambio de planchas en el Varadero, Diques, y Trabajos Varios (total 227000 KG/Año) es suficiente como para justificar la implantación del suministro centralizado del proceso oxipropano con cualquiera de las dos alternativas puesto que existiria un ahorro de aproximadamente S/110'000000,00 anual en la adquisicion de los gases de combustión, con lo que la inversion seria recuperada en 6 meses para el caso de la Alternativa 2 y de 1 año para el caso de la Alternativa 3.

- e) Con la finalidad del proceso centralizado con generador de oxígeno se obtendría un ahorro adicional de S/.35'000'000.00 anuales en la adquisición de oxígeno.
- f) Las pruebas realizadas con el equipo piloto han demostrado que existe un incremento de hasta un 25% en la eficiencia por el empleo de mano de obra, lo cual reduce aun más el costo de metro de corte de planchas encontrado en la sección 3.3 (S/.77.71).
Esta eficiencia podría incrementarse más con la centralización del proceso.
- g) El banco portátil piloto es el método más adecuado para implantar el proceso oxipropano en los Diques.
- h) El proceso oxipropano no debe ser usado en trabajos de soldadura autógena.
- i) En el corte se emplean realmente de 12 a 14 botellas de oxígeno de 6 M3 por una de propano de 45 KG.

RECOMENDACIONES:

- a) Como ha quedado demostrado la gran diferencia, por una parte el costo del metro del corte entre los procesos oxipropanos y oxiacetileno, y por otra en las ventajas técnicas, hacen que sea recomendable que de inmediato se adquieran los equipos y accesorios que van a permitir el uso del proceso oxipropano.
- b) Usar el proceso oxipropano para trabajos de calentamiento de piezas.
- c) Se puede adaptar fácilmente los equipos de acetileno al uso del propano por lo que se recomienda transformar al empleo de este gas unos 30 de los 40 equipos de acetileno que actualmente posee

ASTINAVE. Los 10 restantes deben ser usados unicamente en los trabajos que suelda autógena.

- d) Se debe instruir al personal sobre la forma de operar el banco portatil de oxipropano y sus peligros.
- e) Se recomienda el siguiente equipo para la implantacion del proceso oxipropano:
 - Un banco portatil para cada Dique.
 - La centralización del proceso para los sectores de Construccion Naval y Varadero.
 - Para el sector de Trabajos Varios, dos equipos simples, dos bancos portatiles y el suministro centralizado.
- f) En caso de que no se apruebe la implantacion centralizada del proceso es aconsejable que por lo menos se constuyan 8 equipos portatiles de oxipropano tipo piloto, distribuyendolos como sigue:
 - Varadero y Dique, un equipo para cada uno.
 - Sector de Trabajos Varios, dos equipos.
 - Sector de Construccion Naval, tres equipos.
- g) Puesto que la generacion de oxigeno por el metodo descrito en la seccion 2.4 (AMOX) no ha sido empleada aun en el Pais seria conveniente antes de tomar cualquier decision, solicitar de las casas vendedoras de estos equipos, pruebas de operatividad de estos en el corte oxipropano para determinar parametros como velocidad de corte y consumo de gases asi como la calidad del corte.

- h) El proceso arco - aire o en su defecto arco-oxigeno deben ser preferentemente empleados para el corte de materiales no ferrosos, aceros inoxidable y hierros fundidos, sea manual o automaticamente.
- i) En lo posible los cortes rectos deben ser realizados en la guillotina.
- j) Seria conveniente establecer algun proceso de control del espesor de las botellas de oxigeno y propano, asi como de sus valvulas, para minimizar los accidentes por explosiòn de estas botellas.
- k) Los estandares de cantidad de gases consumidos por pesos de acero cortado encontrados en la seccion 3.2. deben ser llevados estadisticamente para obtener un estandar promedio mas real.

A P E N D I C E S

A P E N D I C E I

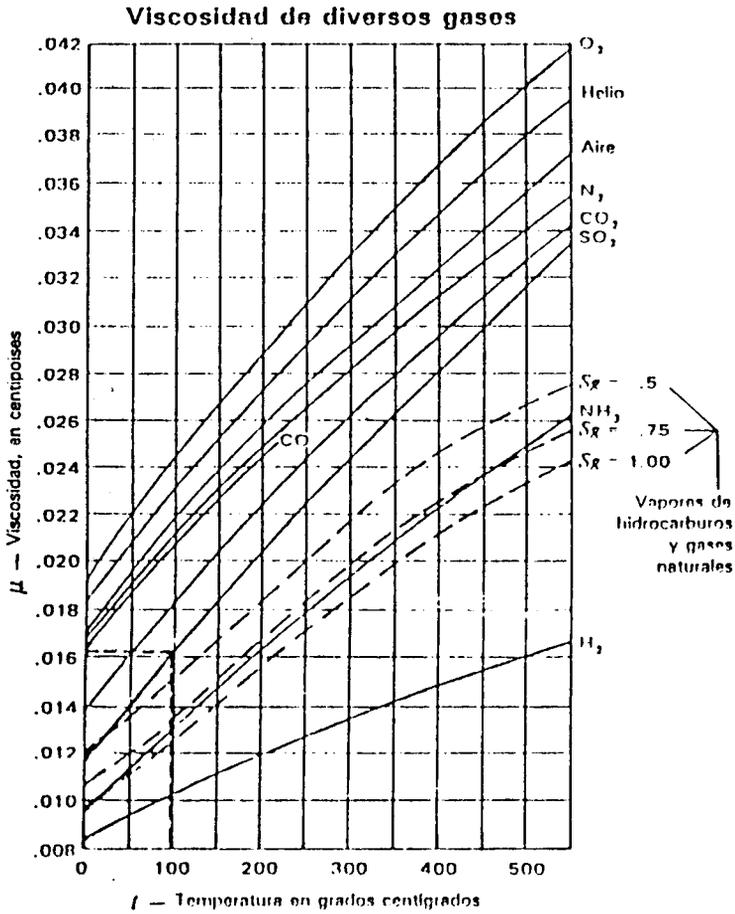
Propiedades físicas de algunos gases (Valores aproximados a 20°C y 1.01325 bar)

c_p = calor específico a presión constante

c_v = calor específico a volumen constante

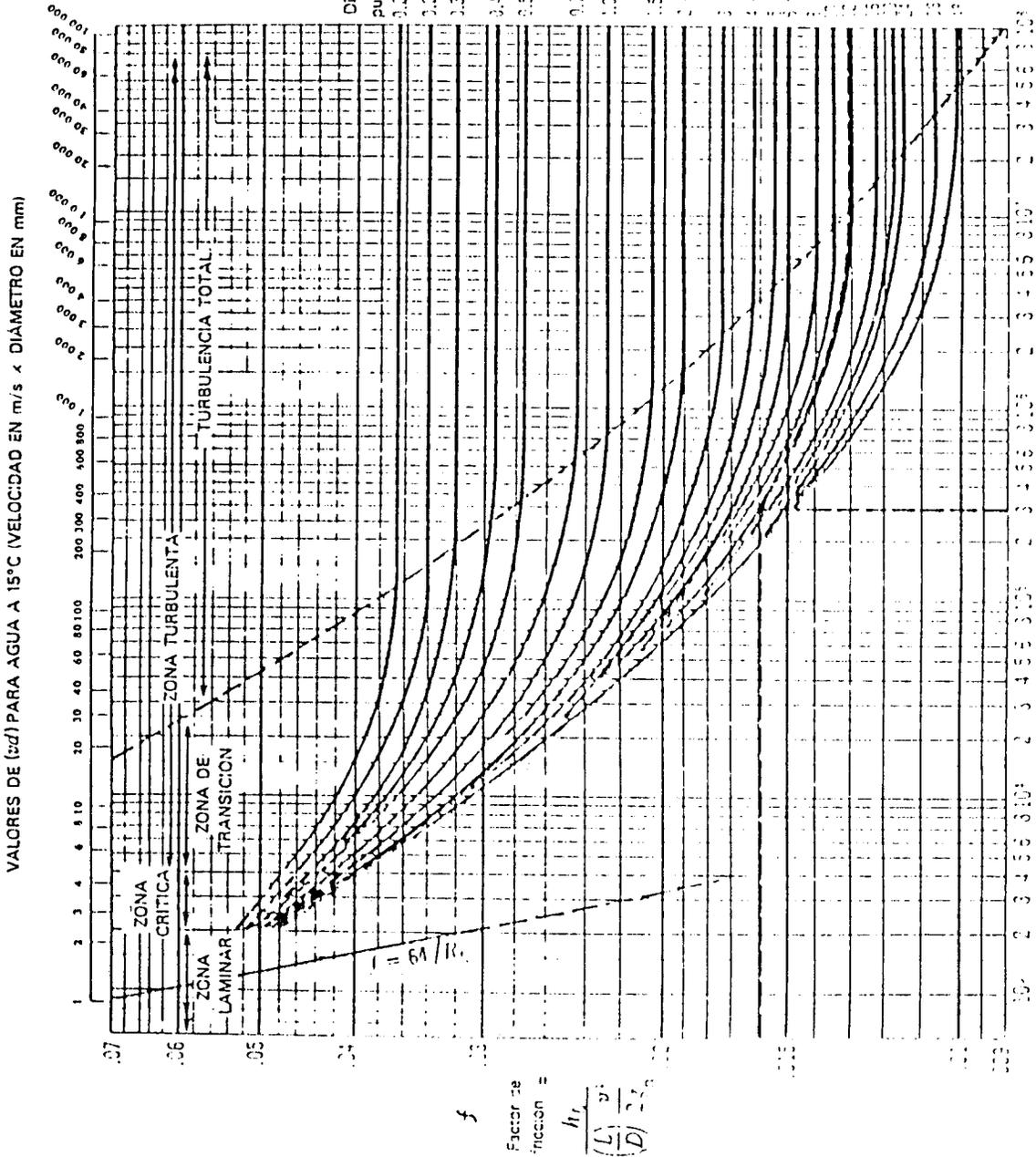
Nombre del gas	Fórmula química o símbolo	Peso molecular aproximado <i>M</i>	Densidad kg/m ³ <i>ρ</i>	Peso específico con relación al aire <i>S_R</i>	Constante individual del gas J/kg K <i>R</i>	Calor específico a temperatura ambiente J/kg K		Capacidad calorífica por metro cúbico J/m ³ K		γ igual a c_p/c_v
						c_p	c_v	c_p	c_v	
Acetileno (etino)	C ₂ H ₂	26.0	1.0925	0.907	320	1465	1127	1691	1231	1.30
Aire	—	29.0	1.2045	1.000	287	1009	721	1215	868	1.40
Amoníaco	NH ₃	17.0	0.7179	0.596	490	2190	1659	1572	1191	1.32
Argón	A	39.9	1.6610	1.379	208	519	311	862	517	1.67
n-Butano	C ₄ H ₁₀	58.1	2.4897	2.067	143	1654	1490	4118	3710	1.11
Dióxido de carbono	CO ₂	44.0	1.8417	1.529	189	858	660	1580	1216	1.30
Monóxido de carbono	CO	28.0	1.1648	0.967	297	1017	726	1185	846	1.40
Cloro	Cl ₂	70.9	2.9944	2.486	117	481	362	1440	1084	1.33
Etano	C ₂ H ₆	30.0	1.2635	1.019	277	1616	1325	2042	1674	1.22
Etileno	C ₂ H ₄	28.0	1.1744	0.975	296	1675	1373	1967	1612	1.22
Helio	He	4.0	0.1663	0.1381	2078	5234	3153	870	524	1.66
Ácido clorhídrico	HCl	36.5	1.5273	1.268	228	800	567	1222	866	1.41
Hidrógeno	H ₂	2.0	0.0837	0.0695	4126	14319	10155	1199	850	1.41
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	34.1	1.4334	1.190	213	1017	782	1458	1121	1.30
Metano	CH ₄	16.0	0.6673	0.554	519	2483	1881	1657	1255	1.32
Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	50.5	2.1500	1.785	165	1005	838	2161	1800	1.20
Gas natural ¹	—	19.5	0.8034	0.667	426	2345	1846	1884	1483	1.27
Oxido nítrico	NO	30.0	1.2191	1.037	277	967	691	1208	863	1.40
Nitrógeno	N ₂	28.0	1.1648	0.967	297	1034	733	1204	854	1.41
Oxido nitroso	N ₂ O	44.0	1.8429	1.530	189	925	706	1705	1301	1.31
Oxígeno	O ₂	32.0	1.3310	1.105	260	909	649	1210	864	1.40
Propano	C ₃ H ₈	44.1	1.8814	1.562	188	1645	1430	3095	2690	1.15
Propano propileno	C ₃ H ₆	42.1	1.7477	1.451	198	1499	1315	2620	2298	1.14
Dióxido de azufre	SO ₂	64.1	2.7270	2.264	129	645	512	1759	1396	1.26

A P E N D I C E II



A P E N D I C E III

Factores de fricción para tuberías comerciales de acero limpias



El diagrama superior se refiere a tuberías de acero según ANSI B6.19 y B6.20 e indica los diámetros nominales de estas tuberías para diferentes números de serie. Para otras tuberías de acero comerciales, hállese el diámetro interior y véase solo la gráfica principal.

$$Re = \frac{D \cdot v}{\nu} = \frac{D \cdot v}{\frac{\mu}{\rho}}$$

Espesor de la tubería según número de cédula

Medida nominal de la tubería		Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior	Medida nominal de la tubería		Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior
pulgadas		mm	mm	mm	pulgadas		mm	mm	mm
Cédula 10	14	355.6	6.35	342.9	Cédula 80 (continuación)	3½	101.6	8.08	85.4
	16	406.4	6.35	393.7		4	114.3	8.56	97.2
	18	457.2	6.35	444.5		5	141.3	9.52	122.3
	20	508.0	6.35	495.3		6	168.3	10.97	146.4
	24	609.6	6.35	596.9		8	219.1	12.70	193.7
	30	762.0	7.92	746.2		10	273.0	15.09	242.8
Cédula 20	8	219.1	6.35	206.4	12	323.9	17.47	289.0	
	10	273.0	6.35	260.3	14	355.6	19.05	317.5	
	12	323.9	6.35	311.2	16	406.4	21.44	363.5	
	14	355.6	7.92	339.8	18	457.2	23.82	409.6	
	16	406.4	7.92	390.6	20	508.0	26.19	455.6	
	18	457.2	7.92	441.4	24	609.6	30.96	547.7	
Cédula 30	20	508.0	9.52	489.0	Cédula 100	8	219.1	15.09	188.9
	24	609.6	9.52	590.6		10	273.0	18.26	236.5
	30	762.0	12.70	736.6		12	323.9	21.44	281.0
	8	219.1	7.04	205.0		14	355.6	23.82	308.0
	10	273.0	7.80	257.4		16	406.4	26.19	354.0
	12	323.9	8.38	307.1		18	457.2	29.36	398.5
Cédula 40	14	355.6	9.52	336.6	20	508.0	32.54	442.9	
	16	406.4	9.52	387.4	24	609.6	38.89	531.8	
	18	457.2	11.13	434.9	Cédula 120	4	114.3	11.13	92.0
	20	508.0	12.70	482.6		5	141.3	12.70	115.9
	24	609.6	14.27	581.1		6	168.3	14.27	139.8
	30	762.0	15.88	730.2		8	219.1	18.26	182.6
1/8	10.3	1.73	6.8	10		273.0	21.44	230.1	
1/4	13.7	2.21	9.2	12		323.9	25.40	273.1	
Cédula 60	3/8	17.1	2.31	12.5	14	355.6	27.79	300.0	
	1/2	21.3	2.77	15.8	16	406.4	30.96	344.5	
	3/4	26.7	2.87	21.0	18	457.2	34.92	387.4	
	1	33.4	3.38	26.6	20	508.0	38.10	431.8	
	1 1/4	42.2	3.56	35.1	24	609.6	46.02	517.6	
	1 1/2	48.3	3.68	40.9	Cédula 140	8	219.1	20.62	177.9
	2	60.3	3.91	52.5		10	273.0	25.40	222.2
	2 1/2	73.0	5.16	62.7		12	323.9	28.58	266.7
	3	88.9	5.49	77.9		14	355.6	31.75	292.1
	3 1/2	101.6	5.74	90.1		16	406.4	36.52	333.4
	4	114.3	6.02	102.3		18	457.2	39.69	377.8
	Cédula 80	5	141.3	6.55	128.2	20	508.0	41.45	419.1
		6	168.3	7.11	154.1	24	609.6	52.39	504.8
		8	219.1	8.18	202.7	Cédula 160	1/2	21.3	4.78
10		273.0	9.27	254.5	3/4		26.7	5.56	15.6
12		323.9	10.31	303.3	1		33.4	6.35	20.7
14		355.6	11.13	333.3	1 1/4		42.2	6.35	29.5
16		406.4	12.70	381.0	1 1/2		48.3	7.14	34.0
18		457.2	14.27	428.7	2		60.3	8.71	42.8
20		508.0	15.09	477.8	2 1/2	73.0	9.52	54.0	
Cédula 100		24	609.6	17.48	574.6	3	88.9	11.13	66.6
		8	219.1	10.31	198.5	4	114.3	13.49	87.3
		10	273.0	12.70	247.6	5	141.3	15.88	109.5
		12	323.9	14.27	295.4	6	168.3	18.26	131.8
		14	355.6	15.09	325.4	8	219.1	23.01	173.1
	16	406.4	16.64	373.1	10	273.0	28.58	215.8	
Cédula 120	18	457.2	19.05	419.1	12	323.9	33.31	257.2	
	20	508.0	20.62	466.8	14	355.6	35.71	284.2	
	24	609.6	24.61	560.4	16	406.4	40.49	325.4	
	1/8	10.3	2.41	5.5	18	457.2	45.24	366.7	
	1/4	13.7	3.02	7.7	20	508.0	50.01	408.0	
	3/8	17.1	3.20	10.7	24	609.6	59.54	490.5	
	1/2	21.3	3.73	13.8					
	3/4	26.7	3.91	18.9					
	1	33.4	4.55	24.3					
	1 1/4	42.2	4.85	32.5					
	1 1/2	48.3	5.08	38.1					
	2	60.3	5.51	49.2					
	2 1/2	73.0	7.01	59.0					
	3	88.9	7.62	73.7					

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

1. G. FRANCHE - D. SEFERIAN. Practica de la Soldadura Autógena (7ma. edición: G. Gili, México. 1988).
2. CRANE, Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías (1era. edición: Mc Graw - Hill, México. 1988).
3. Marks, Manual del Ingeniero Mecánico (8va. edición: Mc Graw - Hill, Colombia, 1982).
4. M. Asimow, Instrucción al Proyecto (2da. edición: AID, México, 1970).