



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de un Sistema Centralizado de Oxígeno – Acetileno para
el Muelle de una Empresa Pesquera”

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Carlos Alberto Ruiz Flores

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2014

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ernesto Martínez Director de Examen Complexivo por su valiosa orientación al desarrollo de este trabajo y a las demás personas que colaboraron para su presentación.

DEDICATORIA

A MIS PADRES,
A MI ESPOSA,
A MIS HIJOS,
A MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE EXAMEN
COMPLEXIVO

Ing. Jorge Duque R.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Carlos Alberto Ruiz Flores

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló el diseño de un sistema centralizado de oxígeno – acetileno para el muelle de una empresa pesquera, éste tuvo como objetivo reducir los riesgos de trabajo presentes en el lugar en mención, debido a la manipulación de cilindros de gases a alta presión y la realización de trabajos de corte y soldadura de planchas en embarcaciones pesqueras.

Se recopiló información acerca de los gases en estudio, además, de estándares y normativas nacionales e internacionales que regulan estos sistemas.

Se observaron las necesidades de los usuarios y se determinó la cantidad de puntos de consumo, datos que permitieron dimensionar las fuentes de almacenamiento y suministro de gases.

Se encontró que en los sistemas de gases se definen parámetros como velocidad y presión del fluido para un funcionamiento seguro, así como, materiales permitidos para el uso con cada gas. Con estos parámetros y la selección de materiales se realizó el dimensionado de tuberías.

Con los resultados obtenidos luego del dimensionado de tuberías, se elaboraron planos de implantación, de procesos y de detalles, además, se realizó un análisis de costos de la instalación y cronograma de montaje.

Este diseño propuso una alternativa al uso y manipulación de cilindros con gases industriales, de una manera más segura y óptima.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. El Oxígeno.....	3
1.1.1. Propiedades.....	4
1.1.2. Obtención Industrial.....	5
1.2. El Acetileno.....	10
1.2.1. Propiedades.....	10
1.2.2. Obtención Industrial.....	12
1.3. Tecnología de corte y Soldadura de Metales con llama Oxígeno – Combustible.....	13
1.3.1. Corte de Metales.....	14

1.3.2. Soldadura de Metales.....	16
1.4. Sistemas Centralizados de Gases.....	17

CAPÍTULO 2

2. ESTÁNDARES Y CÓDIGOS APLICABLES A SISTEMAS CENTRALIZADOS DE OXÍGENO – ACETILENO.....	20
2.1. Normativa Nacional	20
2.2. Estándares y Códigos Internacionales.....	21

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GASES.....	29
3.1. Descripción del Muelle.....	29
3.2. Requerimientos.....	31
3.3. Solución Propuesta.....	34
3.4. Diseño del Sistema de Oxígeno.....	41
3.4.1. Criterios Generales.....	41
3.4.2. Diseño y Ubicación de la Fuente de Suministro.....	42
3.4.3. Diseño y Selección de Tuberías, Válvulas, Equipos y Accesorios.....	54
3.4.4. Limpieza del Sistema.....	73
3.5. Diseño del Sistema de Acetileno.....	75
3.5.1. Criterios Generales.....	75

3.5.2. Diseño y Ubicación de la Fuente de Suministro.....	75
3.5.3. Diseño y Selección de Tuberías, Válvulas, Equipos y Accesorios.....	82
3.5.4. Limpieza del Sistema.....	101
3.6. Trazado Final del Sistema de Gases.....	102

CAPÍTULO 4

4. PROGRAMA Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA INSTALACIÓN.....	104
4.1. Programación del Montaje.....	104
4.2. Análisis de Costos.....	106
4.2.1. Cálculo del Volumen de Obra.....	106
4.2.2. Costos Directos.....	108
4.2.2.1. Materiales directos.....	109
4.2.2.2. Costos de montaje.....	110
4.2.2.3. Total costo directo.....	112
4.2.3. Costos Indirectos.....	113
4.2.3.1. Materiales Indirectos.....	113
4.2.3.2. Gastos Indirectos.....	113
4.2.3.3. Total Costo Indirecto.....	115
4.2.4. Costo Total del Proyecto.....	115

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1. Conclusiones.....	117
5.2. Recomendaciones.....	119

APÉNDICES**BIBLIOGRAFÍA**

ABREVIATURAS

abs	Absoluta
AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society for Testing Materials
ASME	American Society Mechanical Engineers
atm	atmosférico
C	Centígrado
CGA	Compressed Gas Association
EN	Comité Europeo de Normalización
EIGA	European Industrial Gases Association
GI	Gases Industriales
GCE	Gas Control Equipment
h	Hora
IGC	Industrial Gases Council
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	International Organization for Standardization
kg	Kilogramo
m	Metro
MEC	Mecánica
mm	Milímetro
NFPA	National Fire Protection Association
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
Pa	Pascal
psig	Libra por pulgada cuadrada manométrica
S	Estándar
TP	Tipo

SIMBOLOGÍA

A	Área
Ar	Argón
C ₂ H ₂	Acetileno
D	Diámetro
L	Longitud
N ₂	Nitrógeno
O ₂	Oxígeno
ΔP	Caída de presión
Q	Caudal o flujo
Re	Reynolds
T	Temperatura
V	Velocidad
°	Grado
λ	Factor de fricción de Darcy,
ρ :	Densidad del fluido
ε	Rugosidad
η	Viscosidad dinámica

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1	Diagrama esquemático de producción de oxígeno líquido (O ₂), nitrógeno (N) y argón (Ar).....	9
Figura. 1.2	Diagrama de proceso de producción para generación de acetileno por reacción del carburo de calcio con el agua.....	13
Figura. 1.3	Equipo de corte y soldadura oxi-acetilénica.....	17
Figura 1.4	Representación esquemática de un sistema centralizado de gases industriales.....	18
Figura 3.1	Implantación del muelle.....	31
Figura 3.2	Diagrama de flujo para sistema centralizado de oxígeno.....	35
Figura 3.3	Diagrama de flujo para sistema centralizado de acetileno.....	35
Figura 3.4	Flujo de gas en tuberías.....	36
Figura 3.5.	Factor de corrección para la eficiencia de operación nominal como una función de la temperatura ambiente.....	46
Figura 3.6.	Factor de potencia para la eficiencia de operación nominal como una función del tiempo de operación.....	47
Figura 3.7.	Vaporizador ambiental.....	48
Figura 3.8	Dimensiones de una central de oxígeno líquido.....	51
Figura 3.9	Distancias mínimas de seguridad para tanques criogénicos (metros).	52
Figura 3.10	Curva presión vs. Flujo, regulador REGO.....	56
Figura 3.11	Regulador de línea de alto flujo.....	57
Figura 3.12	Curva presión vs. Flujo, regulador GCE.....	58
Figura 3.13	Regulador puesto de trabajo GCE.....	58
Figura 3.14	Ruteo del sistema de distribución para oxígeno. Isométrico...	60
Figura 3.15	Accesorios en acero inoxidable AISI 316L.....	67
Figura 3.16	Válvula de bola soldable en acero inoxidable.....	68
Figura 3.17	Válvula check criogénica en acero inoxidable.....	69
Figura 3.18	Válvula criogénica para alivio de presión.....	70
Figura 3.19	Manómetro de tubo Bourdon.....	71
Figura 3.20	Bloqueador de retroceso de llama.....	72
Figura 3.21	Esquema de un sistema centralizado de acetileno.....	78
Figura 3.22	Manifold para acetileno GCE modelo MM400-2.....	84
Figura 3.23	Curva Presión vs. Flujo. Regulador GCE para acetileno.....	85
Figura 3.24	Rangos de trabajo del Acetileno.....	86

Figura 3.25	Ruteo del sistema de distribución para acetileno.....	93
Figura 4.1	Estructura de desglose de trabajo.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Flujo y presiones de gases requeridos para corte de planchas hasta 1 pulgada de espesor por cada equipo.....	32
Tabla 2	Cantidad de puestos de trabajo, factor de uso y flujos requeridos para corte de planchas hasta 1 pulgada de espesor.....	33
Tabla 3	Valores de rugosidad para tuberías nuevas.....	39
Tabla 4	Lista de tanques criogénicos marca CHART.....	43
Tabla 5	Datos para selección de vaporizador.....	45
Tabla 6	Factor de conversión para la eficiencia nominal de varios fluidos.....	46
Tabla 7	Tabla de distancias mínimas de seguridad para la instalación de fuentes de almacenamiento de oxígeno líquido.....	53
Tabla 8	Datos para selección de regulador primera etapa.....	56
Tabla 9	Datos para selección de regulador primera etapa.....	57
Tabla 10	Tabla de consumo por tramos. Red de distribución de oxígeno.....	62
Tabla 11	Tabla de resultados de cálculo de número Reynolds, factor de fricción, caída de presión y velocidad del fluido en el tramo más largo de sistema de tuberías.....	66
Tabla 12	Distancia de seguridad para fuentes de almacenamiento de acetileno.....	81
Tabla 13	Datos para selección de regulador primera etapa para acetileno.....	83
Tabla 14	Datos técnicos de manifold MM400-2.....	83
Tabla 15	Datos para selección de regulador segunda etapa para acetileno.....	84
Tabla 16	Tabla de consumo por tramos de la red de distribución de acetileno.....	94
Tabla 17	Tabla de resultados de cálculo de número Reynolds, factor de fricción, caída de presión y velocidad del fluido en el tramo más largo de sistema de tuberías.....	99
Tabla 18	Tabla espesores mínimos requeridos para la tuberías del sistema de acetileno, no considera carga externas ni cambios de temperatura.....	100
Tabla 19	Rubros para Sistemas de Oxígeno – Acetileno.....	106
Tabla 20	Volumen de obra del sistema de oxígeno.....	107

Tabla 21	Volumen de obra del sistema de acetileno.....	108
Tabla 22	Materiales directos del sistema de oxígeno.....	109
Tabla 23	Materiales directos del sistema de acetileno.....	110
Tabla 24	Personal de obra.....	111
Tabla 25	Equipos de trabajo.....	111
Tabla 26	Costo de montaje.....	112
Tabla 27	Total costo directo.....	112
Tabla 28	Gastos administrativos.....	114
Tabla 29	Costos Indirectos.....	115
Tabla 30	Costo total del proyecto.....	116

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO MEC-GI.001	Implantación del muelle.
PLANO MEC-GI.002	Diagrama de flujo del sistema de oxígeno.
PLANO MEC-GI.003	Diagrama de flujo del sistema de acetileno.
PLANO MEC-GI.004	Vista en planta del ruteo de las tuberías de oxígeno – acetileno.
PLANO MEC-GI.005	Isométrico del ruteo de las tuberías de oxígeno.
PLANO MEC-GI.006	Isométrico del ruteo de las tuberías de acetileno.
PLANO MEC-GI.007	Detalle de la central de oxígeno.
PLANO MEC-GI.008	Detalle de la central de acetileno.
PLANO MEC-GI.009	Detalle de Puestos de Trabajo.
PLANO MEC-GI.010-1	Planos de detalle del sistema de distribución de oxígeno.
PLANO MEC-GI.011-1	Planos de detalle del sistema de distribución de acetileno.

INTRODUCCIÓN

El trabajo que a continuación se presenta propone el “Diseño de un sistema centralizado de oxígeno – acetileno para el muelle de una empresa pesquera”, necesidad que se plantea a partir de la observación en la alta manipulación de equipos, y rotación de recipientes a presión que contienen gases comburentes y combustibles, usados durante el corte y reemplazo de planchas en embarcaciones pesqueras. El sistema de distribución de oxígeno – acetileno cubrirá un área de 2777 m^2 , área donde se distribuirán los puestos de trabajo acorde a las necesidades del personal de mantenimiento. Alrededor de 4 embarcaciones pesqueras se anclan a lo largo del muelle que tiene un área de $137,50 \times 13,50 \text{ m}^2$ con un acceso de $72,50 \times 12,70 \text{ m}^2$

Mediante el uso de normativas que regulan el diseño de estos sistemas y basado en los datos facilitados por los usuarios se logra dimensionar el sistema, proyectando un tanque criogénico para que cubra la demanda de oxígeno y una central para 2 jaulas con 12 acumuladores de acetileno cada una. Se dimensionan las redes de distribución de gases y se selecciona un material resistente a la corrosión. Además, se seleccionan reguladores con

capacidad para la demanda de gas para 33 puestos de trabajo distribuidos en toda la extensión del muelle.

Este trabajo se inicia con la recopilación de normativas internacionales que regulan el diseño de equipos para el uso de soldadura y corte con gases; y otras aplicables a la ubicación y selección de centrales de almacenamiento, redes de distribución, materiales, tuberías y puntos de consumo. Se continúa con el dimensionado y selección de las centrales de gases. Luego se realiza la selección de materiales, el dimensionado de tuberías y la selección de reguladores, válvulas y puestos de trabajo. Finalmente, se realiza un estudio de costos del montaje de estos sistemas y se describe las diferentes actividades que deberán realizarse desde el inicio del montaje hasta la puesta en marcha de estos sistemas.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

La aplicación y el uso de gases en procesos industriales son diversos, es así, que se presenta su utilización en algunos procesos de corte y soldadura de metales.

En este capítulo se presentará las propiedades y obtención de gases industriales, tales como, el oxígeno y acetileno, muy utilizados en la industria metalmeccánica. Se explicará el proceso de corte y soldadura de metales con el uso de gases industriales. Y finalmente, se presentará la finalidad y ventajas del uso de sistemas centralizados de gases.

1.1. El Oxígeno

El oxígeno es uno de los gases comburentes más utilizados en la industria metalmeccánica, a continuación, se presenta sus propiedades y su forma de obtención industrial.

1.1.1. Propiedades

El oxígeno en condiciones normales es un gas incoloro, inodoro e insípido. Este es aproximadamente 1.1 veces más pesado que el aire y es ligeramente soluble en agua y alcohol. A presión atmosférica y temperaturas debajo de -183°C , el oxígeno es un líquido azulado ligeramente más pesado que el agua. El oxígeno por sí mismo no es inflamable, pero soporta la combustión. Este es altamente oxidante y reacciona fuertemente con materiales combustibles, y puede causar fuego o explosión.

El oxígeno es parte de un pequeño grupo de gases literalmente paramagnéticos (es decir, es atraído por un campo magnético) y este es el más paramagnético de todos. El oxígeno es reactivo y formará óxidos con otros elementos excepto con el helio, argón y kriptón.

El aire que se respira tiene 20.94% (por volumen) de oxígeno. Cuando esta concentración cae por debajo del 16%, síntomas de deficiencia de oxígeno empiezan aparecer en el cuerpo. La deficiencia de oxígeno reduce el oxígeno contenido en la sangre y retarda los procesos de oxidación

del cerebro, conduciendo a perturbaciones en el sistema nervioso central.

Inhalaciones de hasta 100% de oxígeno gaseoso a presión atmosférica durante un máximo de 16 horas al día y durante varios días han demostrado no causar daños detectables. Inhalación continua prolongada de gas oxígeno puro, incluso a presión atmosférica puede ocasionar un edema pulmonar.

1.1.2. Obtención Industrial

Las plantas de producción de oxígeno pueden ser diseñadas en diferentes maneras, pero los pasos en el proceso son aproximadamente los mismos. A continuación, se describe los pasos de una planta que produce oxígeno del aire:

- El aire es tomado desde el exterior y filtrado para remover polvos e impurezas.
- Un compresor comprime el aire a aproximadamente 6 veces la presión atmosférica.
- El aire comprimido es enfriado a aproximadamente 5° C (18° F) en una unidad de refrigeración. La mayor parte del agua se condensa y se elimina.

- Luego el aire pasa a través de una batería con tamiz molecular que absorbe dióxido de carbono, hidrocarburos, agua y otras impurezas gaseosas.
- El aire purificado es enfriado por expansión a -170°C (-247°F) y entra en la parte inferior de la columna de rectificación.
- Los gases del aire en estado líquido son extraídos de la columna. Para que los gases se mantengan licuados deben ser enfriados continuamente. Para este propósito, el nitrógeno es extraído de la columna, se envía a través de un circuito enfriando y retornando a la columna. En el circuito de enfriamiento o lazo de recirculación el nitrógeno es comprimido y enfriado por refrigeración y permitido expandir en una turbina de expansión.

Columna de rectificación. Esta columna es el corazón de la planta. Esta se encuentra dividida en columna superior y columna inferior., las cuales operan a diferentes presiones. El nitrógeno líquido es extraído de la parte alta de la columna inferior, mientras que el oxígeno es extraído de la parte baja de la columna superior. Las columnas están divididas por un

número de bandejas perforadas que permiten pasar líquido y gas.

Columna inferior. Las bandejas de la columna inferior trabajan de la siguiente manera: en el fondo de la columna es aire líquido, del cual el gas hierve fuera. El nitrógeno hierve fuera primero, acompañado por algo de oxígeno y argón. El gas vaporizado asciende a través de la columna., burbujeando a través del gas condensado (licuado) en su camino hacia abajo. (Desde que el circuito de nitrógeno enfría la parte alta de la columna inferior, el gas que alcanza este punto de condensado). Como las burbujas de gas atraviesan el líquido que fluye hacia abajo, éste es purgado de oxígeno y argón. El nitrógeno puro de la parte superior es condensado, y algo es tomado fuera a un tanque de almacenamiento con nitrógeno líquido.

Columna superior. La columna superior es usada para extraer oxígeno y argón. Esta es alimentada con una mezcla de oxígeno, argón y nitrógeno desde el fondo de la columna inferior. La columna superior también tiene bandejas perforadas que separan el gas. En la parte alta de la

columna, nitrógeno gaseoso se libera a la atmosfera o a un usuario con tubería principal. Oxígeno líquido se recolecta en el fondo y se extrae a un tanque de almacenamiento.

En algún lugar en el medio de la columna, donde la concentración de argón es mayor, argón crudo es extraído a la columna de argón crudo. Este contiene solo aproximadamente el 10% de argón y adicionalmente debe ser purificado.

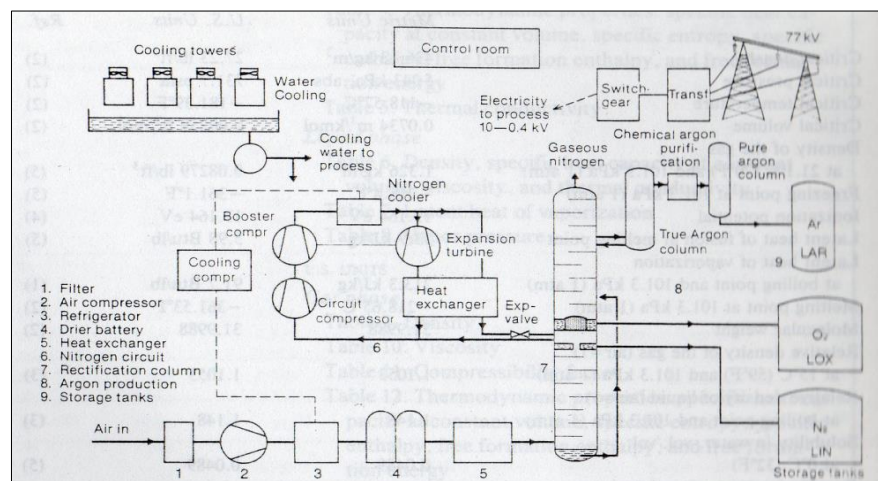
La mayor parte de oxígeno y nitrógeno ha sido removida del crudo de argón. Después de la columna de argón crudo, el argón pasa aun purificador que remueve los residuos de oxígeno por combinación del oxígeno con el hidrogeno para formar agua, el cual puede ser removido fácilmente.

Finalmente el argón es purificado otra vez en la columna de argón puro., y transferido al tanque de almacenamiento de argón puro.

Tanques de almacenamiento. Tanques de almacenamiento para los diferentes gases licuados están cerca de la planta. Estos tanques consisten en un tanque interno y un tanque

externo con un espesor de capa de material aislante entre sí. El tanque interno esta hecho de acero inoxidable, el cual puede resistir bajas temperaturas.

Desde los tanques de almacenamiento, los gases son retirados a estaciones de llenado y puestos en cilindros de gas y tanqueros para suministro a clientes.



Fuente: AGA Gas Handbook, Kersti Ahlberg, 1985, página 443.

FIGURA 1.1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO LÍQUIDO (O₂), NITRÓGENO (Ni) Y ARGÓN (Ar).

1.2. El acetileno

Uno de los combustibles gaseosos utilizado en la industria de corte y soldadura de metal, es el acetileno, a continuación, se presenta sus propiedades y formas de obtención a nivel industrial.

1.2.1. Propiedades

El acetileno está compuesto por los elementos Carbono e Hidrogeno, su fórmula química es C_2H_2 . A temperaturas y presiones atmosféricas es un gas incoloro, siendo ligeramente más liviano que el aire. El acetileno puro es inodoro, pero el acetileno comercial tiene un odorizante distintivo.

El acetileno quema en el aire con intensa luminosidad, calor y llama humeante. La temperatura de ignición del acetileno, mezclas de acetileno y aire, y mezclas de acetileno con oxígeno variarán de acuerdo a su composición, presión, contenido de vapor de agua y temperatura inicial. Los límites de inflamabilidad de mezclas de acetileno con aire y acetileno con oxígeno dependerán de la presión inicial, temperatura y contenido de vapor de agua. En aire a presión atmosférica, el límite más alto de inflamabilidad esta sobre

82% de acetileno. El límite más bajo de inflamabilidad es 2.3 % de acetileno.

El acetileno puede ser licuado y solidificado con relativa facilidad y ambas fases son inestables. Mezclas de acetileno gaseoso con aire u oxígeno en ciertas proporciones pueden explotar si se enciende. Gases acetileno bajo presión sin la presencia de aire u oxígeno puede descomponerse con fuerza explosiva. Esto también puede ocurrir a baja presión bajo ciertas condiciones.

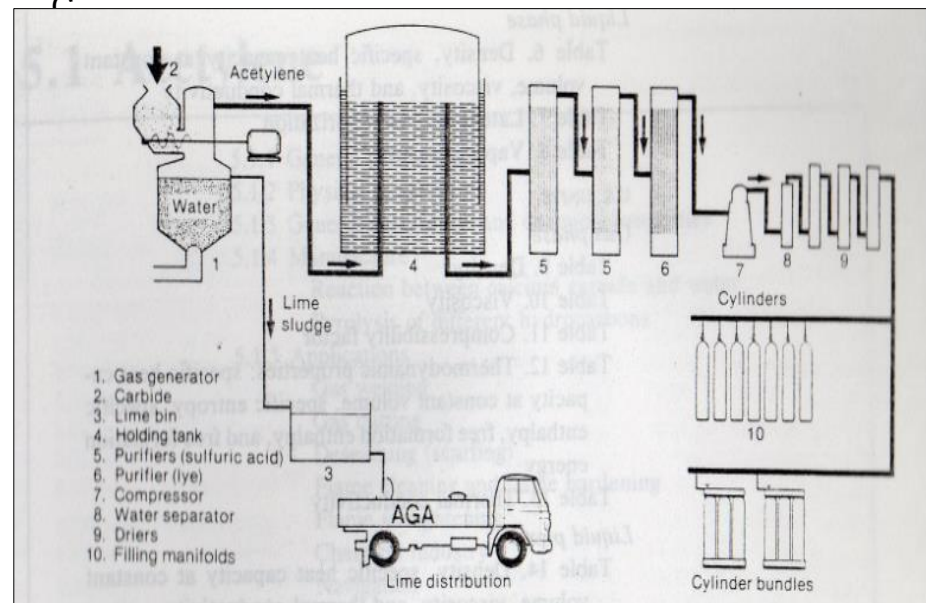
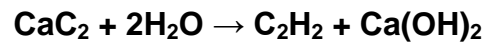
Propiedades Fisio-biológicas

El acetileno puro es clasificado como no tóxico pero es un gas asfixiante con leves propiedades anestésicas. El acetileno puro se ha demostrado en experimentos no tener efectos crónicos dañinos, incluso en altas concentraciones. Un acetileno purificado y generado desde el carburo de calcio contiene fosfina en concentraciones de 300 – 500 ppm, lo cual es tóxico. Una calidad pobre de carburo de calcio genera fosfina en concentraciones en exceso de 1000 ppm. Al igual que la mayoría de los otros gases, el acetileno es un sencillo asfixiante si se presenta en concentraciones

tan elevadas que los pulmones están privados de su alimentación de oxígeno. En tales casos, se dará la asfixia. Cabe señalar, sin embargo, que el límite más bajo de inflamabilidad del acetileno en el aire se alcanzará antes que ocurra la asfixia y el peligro de explosión es alcanzado antes que se presente algún otro peligro de salud.

1.2.2. Obtención industrial

La producción de acetileno normalmente se hace en plantas donde se pone en contacto carburo de calcio con agua, generándose así el gas acetileno, que se separa, por “evaporación” del subproducto hidróxido de calcio, luego se seca y se almacena en acumuladores de acetileno.



Fuente: AGA Gas Handbook, Kersti Ahlberg, 1985, página 91.

FIGURA. 1.2 DIAGRAMA DE PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA GENERACIÓN DE ACETILENO POR REACCIÓN DEL CARBURO DE CALCIO CON EL AGUA.

1.3. Tecnología de Corte y Soldadura con llama Oxígeno - Combustible

Revisado las propiedades de los gases oxígeno y acetileno, es necesario conocer como su mezcla con equipos propiamente diseñados para su uso, se puede realizar el corte y soldadura de algunos metales.

1.3.1. Corte de Metales

El oxicorte, es el proceso más usado para el corte térmico de piezas de aceros al carbono y de aceros de baja aleación.

El proceso de corte de los aceros mencionados se hace exclusivamente con el chorro de oxígeno, que se combina con el hierro y forma óxidos de hierro (escoria) y los expulsa del canal de corte. El combustible (acetileno o propano) sirve únicamente para ayudar a mantener el encendido y, eventualmente, una vez iniciado el corte, se podría eliminarlos y cortar solamente con oxígeno, pero la apariencia del borde cortado no es óptima sin mantener el flujo de combustible. Se debe recordar que la llama oxi-combustible es indispensable para el precalentamiento de la pieza a cortarse. El oxicorte es un proceso de combustión y no de fusión.

Para que un proceso de corte sea óptimo debe cumplirse las 5 condiciones siguientes [7]:

- La temperatura de ignición del metal debe ser inferior a la de su fusión, de lo contrario, el metal se fundirá antes que se inicie el proceso de corte.

- Los productos de la combustión (escoria) han de tener una temperatura de fusión inferior a la temperatura de fusión del metal base.
- Los productos de la combustión no deben ser gaseosos en proporción apreciable. Los productos gaseosos de la combustión diluyen el oxígeno del corte (el que debe tener una pureza del **99.5%** para que se realice un buen proceso de corte).
- La combustión del material debe generar suficiente calor para mantener la combustión.
- El metal debe tener una conductividad térmica relativamente baja.

Pocos metales cumplen las condiciones antes mencionadas, siendo los aceros al carbono y los aceros de baja aleación los más indicados.

Se puede cortar con oxicorte otros materiales con la ayuda de procedimientos especiales, tal es el caso, del acero inoxidable que se puede cortar con oxígeno más polvo de hierro.

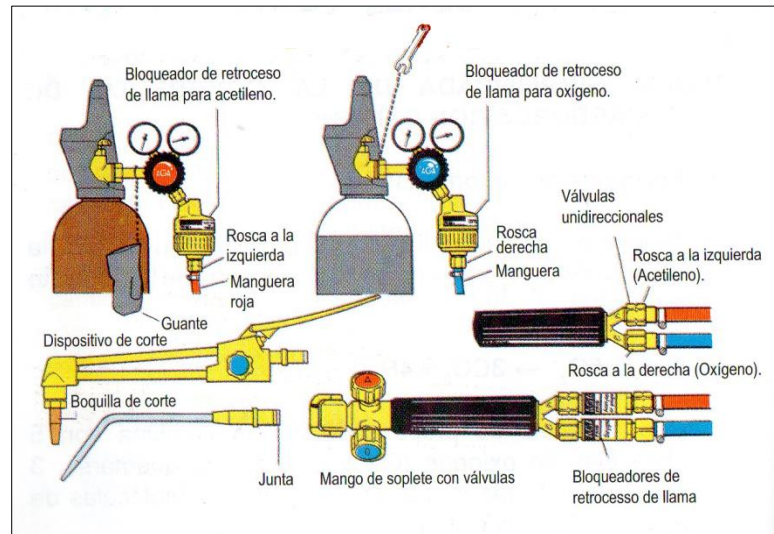
Es importante observar el hecho de que, para que se produzca la combustión, es necesario que existan simultáneamente tres componentes: el combustible, el comburente, normalmente oxígeno, y la chispa o energía inicial.

1.3.2. Soldadura de Metales

La soldadura de metales con llama oxígeno – acetilénica aprovecha el calor para fundir tanto el material que se desea soldar como el material de aporte.

Los equipos a utilizar durante la soldadura de metales son los mismos, que los utilizados para corte de metales:

- Fuente de suministro de oxígeno
- Fuente de suministro de acetileno
- Reguladores de presión
- Sopletes de corte de inyección y de mezcla
- Válvulas contra retorno de flujo o de flujo unidireccional
- Las mangueras
- Las válvulas contra el retroceso de llama



Fuente: Tecnologías del corte y de la soldadura de metales, Ing. Gilberto Reyes Moreno, edición 2011, pág. 54

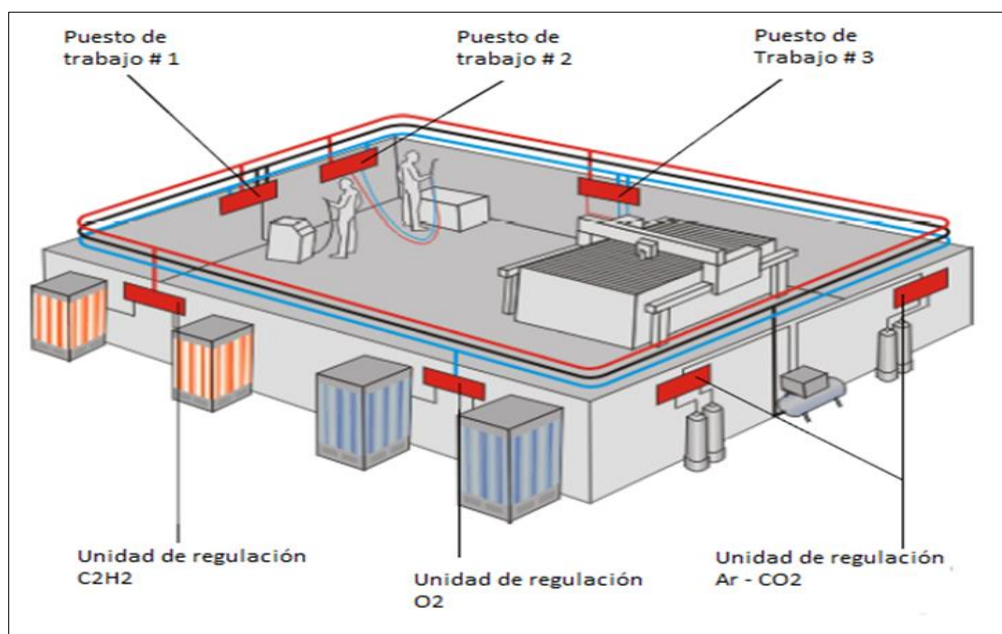
FIGURA. 1.3 EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA OXI-ACETILÉNICA

1.4. Sistemas Centralizados de Gases

Los sistemas centralizados para suministro de gas en general se basan en el suministro de un gran volumen de gas, almacenado en contenedores especiales y su distribución desde estos contenedores de alta capacidad hasta las aplicaciones finales. El gas puede suministrarse desde la planta de producción en forma licuada, principalmente usando sistemas criogénicos, o en forma gaseosa altamente comprimido.

Un sistema centralizado de gas se compone de lo siguiente:

- Sistemas de almacenamiento y fuente de suministro de gas
- Sistemas de regulación principal
- Sistema de tuberías para distribución de gas
- Puestos de trabajo



Fuente: GCE, Centrales para suministros de gases, Edición 2010, página 3.

FIGURA 1.4 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GASES INDUSTRIALES.

Una central de gas instalada en una planta industrial aumenta la eficiencia de trabajo, el equilibrio económico y los niveles de seguridad en relación con el incremento de consumo de gas. A

continuación, se presenta otras ventajas de mantener un sistema centralizado de gas:

- Sistema fiable de suministro
- Suministro continuo de gas, sin interrupciones en el flujo
- Ajuste más preciso de los parámetros del gas
- Niveles de seguridad más alto debido al almacenamiento exterior del gas y a la instalación exterior de la alta presión
- Más espacio en el lugar de trabajo
- Normalmente costos menores de gas debido al suministro en gran volumen

CAPÍTULO 2

2. ESTANDARES Y CÓDIGOS APLICABLES A SISTEMAS CENTRALIZADOS DE OXÍGENO – ACETILENO

En el presente capítulo se revisa algunas normas y estándares locales e internacionales que rigen en el diseño de sistemas de oxígeno – acetileno.

2.1. Normativa Nacional

NORMAS INEN. El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), es el organismo oficial de la República del Ecuador para la normalización, certificación y metrología a nivel nacional e internacional.

A continuación, se presentan algunas normas que refieren al manejo del oxígeno y acetileno:

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 441: 1984. Identificación de cilindros que contienen gases para uso industrial.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2049: 1995. Cilindros para gases de alta presión. Revisión.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266: 2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de productos Químicos Peligrosos. Requisitos.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2343: 2004. Oxígeno. Requisitos. Esta norma establece los requisitos que deben cumplir el oxígeno gaseoso o líquido.

2.2. Estándares y Códigos Internacionales.

NORMAS NFPA. La NFPA (National Fire Protection Association) es una organización creada en Estados Unidos, encargada de elaborar y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio, utilizados tanto por bomberos, como por el personal encargado de la seguridad. Sus estándares conocidos como National Fire Codes recomiendan las prácticas seguras

desarrolladas por personal experto en el control de incendios. A continuación, se menciona algunas normas relacionadas con el diseño de sistemas para servicio de oxígeno:

- Norma NFPA 13. Normativa para la instalación de sistemas de rociadores.
- Norma NFPA 15. Normativa para sistemas fijos de spray de agua, para protección contra incendios.
- Norma NFPA 50. Normativa sobre los sistemas de almacenamiento de oxígeno en plantas.
- Norma NFPA 51. Normativa sobre sistema de soldadura y corte con gas combustible con oxígeno.
- Norma NFPA 51B. Normativa sobre la prevención de incendios durante la soldadura, corte y otros trabajos en caliente.
- Norma NFPA 53. Prácticas recomendadas en materiales, equipos y sistemas usados en atmósferas enriquecidas de oxígeno.

NORMAS ASTM INTERNATIONAL. American Society for Testing Materials. Es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América. La ASTM ha elaborado algunos estándares para el diseño seguro de sistemas para servicio de oxígeno, tales como:

- ASTM G63 “Guía estándar para evaluación de materiales para el servicio de oxígeno.”
- ASTM G72 “Método de prueba estándar para temperatura de ignición autógena de líquidos y sólidos en ambientes enriquecidos de oxígeno a alta presión”.
- ASTM G74 “Método de prueba estándar de sensibilidad de ignición de materiales para fluidos gaseosos”
- ASTM G86 “Método de prueba estándar para determinar la sensibilidad de ignición de materiales por impacto mecánico en entornos presurizados con oxígeno”
- ASTM G88 “Guía estándar para el diseño de sistemas para servicio de oxígeno”
- ASTM G93 “Práctica estándar para métodos de limpieza para materiales y equipos usados en atmósferas enriquecidas con oxígeno”
- ASTM G94 “Guía estándar para evaluación de metales para servicio de oxígeno”
- ASTM G114 “Práctica estándar para envejecimiento de materiales para el servicio de oxígeno antes de la prueba de inflamabilidad”

- ASTM G122 “Método de prueba estándar para evaluar la efectividad de los productos de limpieza”
- ASTM G124 “Método de prueba para determinar el comportamiento de la combustión de materiales de ingeniería en atmósferas enriquecidas con oxígeno”
- ASTM G126 “Terminología estándar relacionada con la compatibilidad y sensibilidad de materiales en atmósferas enriquecidas con oxígeno”
- ASTM G127 “Guía estándar para la selección de productos de limpieza para sistemas de oxígeno”.
- ASTM G128 “Guía estándar para el control de peligros y riesgos en sistemas de oxígeno”.
- ASTM G145 “Guía para el estudio de casos de incendios en sistemas de oxígeno”

CÓDIGO ASME. American Society Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Es una asociación profesional, que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos, entre otros, calderas y recipientes a presión. Este código de aceptación mundial posee dos

normas aplicadas en el diseño de tubería para uso de gas, estas son:

- ASME B31.3 Tuberías de procesos.
- ASME B31.8 Sistemas de tuberías para transporte y distribución de gas.

NORMAS EIGA. European Industrial Gases Association. La Asociación Europea de Gases Industriales, es una organización de orientación de seguridad y técnica que representa a la mayoría de empresas europeas y no europeas dedicadas a la producción y distribución de gases industriales, médicos y de alimentos. A continuación, se menciona los códigos que hacen mención a sistemas para servicio de oxígeno.

- EIGA IGC 4/ 93: Peligro de incendio de oxígeno y atmósferas enriquecidas de oxígeno
- EIGA IGC 6/77: Seguridad de la maquinaria de corte con mezcla de combustible con oxígeno.
- EIGA IGC 8/76: Prevención de accidentes causados por enriquecimiento o empobrecimiento de oxígeno en la atmósfera.
- EIGA IGC 10/ 81: Compresores reciprocantes para servicio de oxígeno.

- EIGA IGC 13/02/E: Sistemas de tuberías para servicio de oxígeno.
- EIGA IGC 27/ 01: Compresores centrífugos para servicio de oxígeno.
- EIGA IGC 33/ 97: Limpieza de equipos para servicio de oxígeno.
- EIGA IGC 40/90: Sistemas de permisos de trabajo.

NORMAS CGA. Compressed Gas Association. La Asociación de Gas Comprimido desarrolla y publica información técnica, estándares y recomendaciones, para la práctica responsable de seguridad y medio ambiente, en lo que respecta a la manufactura, almacenamiento, transportación y distribución y uso seguro de gases industriales. Los estándares CGA se aplican para el uso de gases en forma líquida o comprimida, en áreas de la medicina, industrial y de gases especiales. Los siguientes estándares en mención refieren a aplicaciones para servicio de oxígeno:

- CGA/GAS G-4 Oxígeno.
- CGA/GAS G-4.1 Limpieza de equipos para servicio de oxígeno.
- CGA/GAS G-4.3 Especificaciones de los componentes básicos del oxígeno.

- CGA/GAS G-4.4 Sistemas de tuberías para servicio de oxígeno.
- CGA/GAS G-4.5 Componentes básicos de oxígeno producido por reacción química.
- CGA/GAS G-4.6 Guía de instalación y operación para compresores de oxígeno.
- CGA/GAS G-4.7 Guía de instalación para bombas estacionarias para oxígeno líquido con motor eléctrico
- CGA/GAS G-4.8 Uso seguro de embalaje estructurado de aluminio para destilación de oxígeno.
- CGA/GAS G-4.9 Uso seguro de aluminio en intercambiadores de calor para producir oxígeno a presión.
- CGA/GAS P-39. Atmósferas enriquecidas de oxígeno.

NORMAS ISO. La Organización Internacional de Normalización. Para el diseño de sistemas para gases industriales colabora con los siguientes estándares:

- ISO 2503. Equipos para soldadura con gas. Reguladores de presión para cilindros de gas usados en soldadura, corte y otros procesos hasta 300 bar.
- ISO 3821. Equipos de soldadura a gas. Mangueras para soldadura, corte y procesos afines.

- ISO 5171. Equipos para soldadura con gas. Manómetros de presión usados en soldadura, corte y procesos afines.
- ISO 5172. Equipos para soldadura con gas. Sopletes para soldadura con gas, de calentamiento y de corte. Especificaciones y ensayos.
- ISO 5175. Equipos usados en soldadura a gas, corte y procesos afines. Elementos de seguridad para gases combustibles y oxígeno ó aire comprimido. Especificaciones, requerimientos generales y pruebas
- ISO 7291. Equipos para soldadura con gas. Reguladores de presión para manifold usados en soldadura.
- ISO 14114. Equipos para soldadura con gas. Manifold de acetileno para soldadura, corte y otros procesos. Requerimientos generales.
- ISO 15615. Equipos para soldadura con gas. Manifod de acetileno para soldadura, corte y otros procesos; y requerimientos de seguridad en alta presión.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GASES

En este capítulo se presenta las necesidades del muelle de una empresa que realiza trabajos de corte y soldadura de metal en sus embarcaciones pesqueras y a la cual se proyecta un sistema centralizado de oxígeno – combustible. Además, se desarrolla el diseño de sistemas de gases oxígeno –acetileno.

3.1. Descripción del Muelle

En la ciudad de Manta existe una empresa que posee varios barcos pesqueros de gran eslora, esto genera una alta demanda de trabajos de mantenimiento y reparación en estas embarcaciones. Una de las actividades de mantenimiento y reparación más común, realizada en unos de sus muelles, es el de reemplazar las planchas

de las embarcaciones para lo cual requiere el corte con oxígeno combustible, lo que demanda un alto consumo de estos gases.

El muelle donde se realizan los trabajos de reemplazo de planchas, posee una longitud de 138 metros, lugar donde pueden anclarse hasta 4 embarcaciones y por cada una de estas existe la necesidad de 8 puntos de consumo de oxígeno-acetileno.

La existencia de gran cantidad de cilindros de oxígeno y acetileno en toda la extensión del muelle, aumenta el riesgo de incendios o explosiones, sabiendo que son cilindros de alta presión, altamente inflamables y cuya manipulación constituye un riesgo constante durante el traslado, y reemplazo de los reguladores que se conectan a cada cilindro.

Por tal motivo, se plantea el diseño de un sistema centralizado de oxígeno y acetileno con redes de distribución que cumplan estándares nacionales e internacionales con el objeto de minimizar los peligros y riesgos con el manejo de estos gases.



Elaborado por: autor de tesis de grado

FIGURA 3.1 IMPLANTACIÓN DEL MUELLE

3.2. Requerimientos

Se requiere proveer de gases oxígeno-acetileno para trabajos de corte de planchas en al menos 4 embarcaciones que se encuentran a lo largo de todo el muelle.

Se debe considerar el corte de planchas en acero al carbono hasta de 1 pulgada de espesor.

El material seleccionado para la tubería debe ser el adecuado para el gas a transportar así como también debe soportar la alta corrosión debido a la salinidad del ambiente.

Consumo de gases

La demanda de consumo de gases va en relación con los equipos y las cantidades de estos, a utilizar en toda la extensión de las redes de oxígeno y acetileno.

Los equipos que demandan de estos gases son: sopletes de corte y un equipo Jet-Stream. A continuación, se detalla las cantidades de puntos de consumo, presiones de trabajo y consumos totales de gases:

TABLA 1
FLUJO Y PRESIONES DE GASES REQUERIDOS PARA CORTE DE PLANCHAS HASTA 1PULGADA DE ESPESOR POR CADA EQUIPO.

Equipo	Cantidad	Flujo de oxígeno por equipo (Sm ³ /h)	Presión de trabajo en oxígeno (Bar)	Flujo de acetileno por equipo (Sm ³ /h)	Presión de trabajo en acetileno (Bar)
Soplete de corte	1	4.74	2.4	0.46	0.34
Jet stream	1	15	3.1	0.51	0.34

Fuente: Manual de instrucciones y operaciones de equipos a gas para corte y soldadura. LINDE, página 61

La tabla a continuación, presenta el consumo total por la cantidad de puntos requeridos:

TABLA 2
CANTIDAD DE PUESTOS DE TRABAJO, FACTOR DE USO Y FLUJOS
REQUERIDOS PARA CORTE DE PLANCHAS HASTA 1 PULGADA DE
ESPEJOR.

Equipo	Cantidad	Factor de uso	Flujo de oxígeno por equipo (Sm ³ /h)	Consumo Total de oxígeno (Sm ³ /h)	Flujo de acetileno por equipo (Sm ³ /h)	Consumo Total de acetileno (Sm ³ /h)
Soplete de corte	32	0.6	4.74	91.01	0.46	8.83
Jet stream	1	0.5	15	7.5	0.51	0.26

Elaborado por: autor de tesis de grado

Por lo tanto, para un promedio de 3 horas netas de trabajo diarias por cada equipo y con una simultaneidad del 60% de los sopletes de corte y un 50% del equipo Jet Stream, se tendrá la siguiente demanda mensual de gases:

$$\text{Consumo de oxígeno mensual} = (98,51 \text{ m}^3/\text{h} \times 3 \text{ h} \times 30\text{días})/\text{días}$$

$$\text{Consumo de oxígeno mensual} = 8866 \text{ m}^3$$

$$\text{Consumo de acetileno mensual} = (9,09 \text{ m}^3/\text{h} \times 3 \times 30 \text{ días})/\text{días}$$

$$\text{Consumo de acetileno mensual} = 818 \text{ m}^3$$

3.3. Solución Propuesta

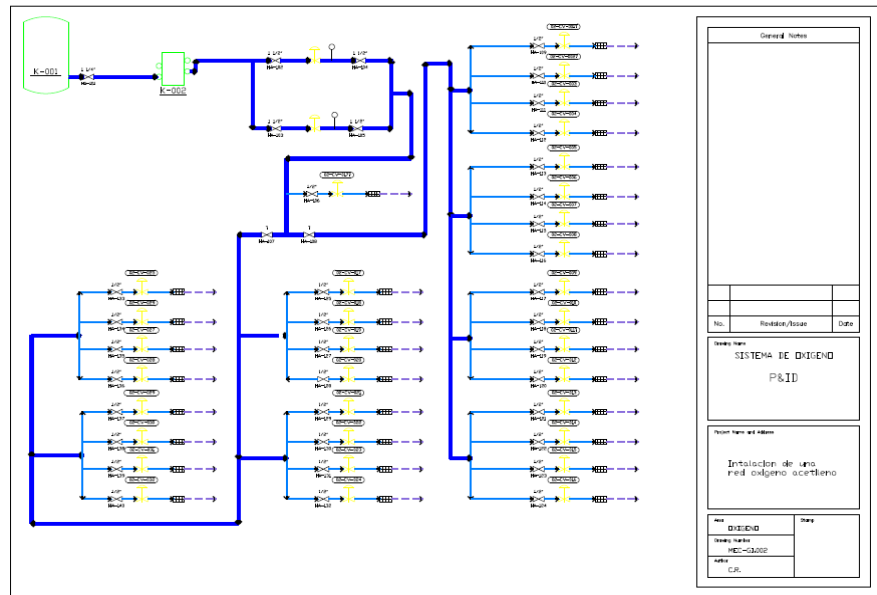
Para el centralizado de los gases industriales en mención se propone un sistema de almacenamiento con tanque criogénico de oxígeno y un sistema de almacenamiento de acetileno con acumuladores de 6 kg cada uno.

Existirán dos etapas de regulación, encontrando la primera regulación en la central de tanque criogénico y acumuladores. Y la segunda etapa de regulación estará en los puestos de trabajo.

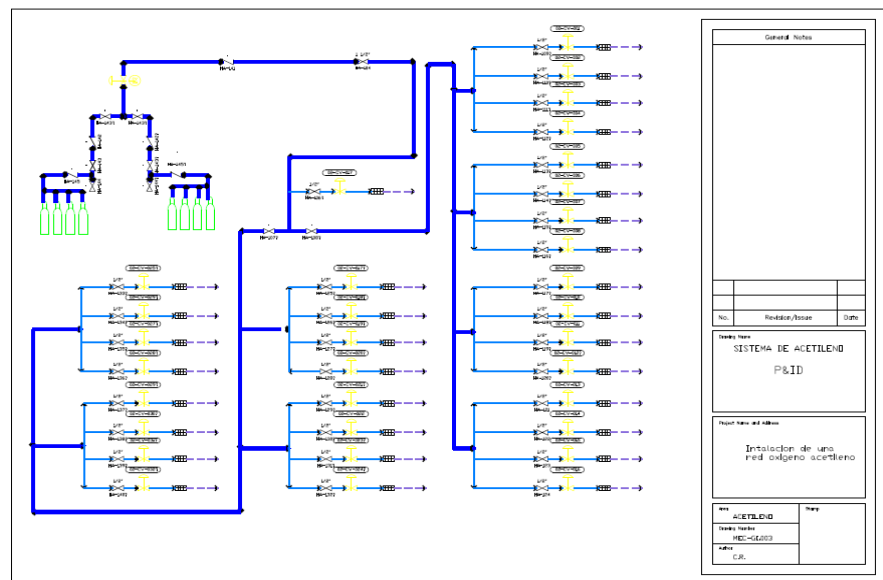
Las tuberías de gases serán en acero, se instalarán aéreas en toda su extensión y se realizará la protección superficial adecuada para el ambiente salino existente.

En los puntos de consumos existirán conexiones para 4 mangueras gemelas (oxígeno-acetileno), además poseerán reguladores de segunda etapa con retenedores de llama para cada uno de los gases.

En la figura 3.2 y 3.3 se presentan los diagramas de flujo para el sistema de oxígeno y para el sistema de acetileno respectivamente.



Elaborado por: autor de tesis de grado
FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA SISTEMA CENTRALIZADO DE OXÍGENO

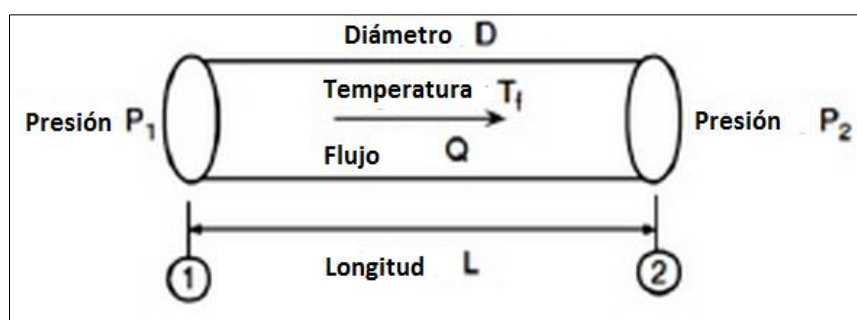


Elaborado por: autor de tesis de grado
FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO PARA SISTEMA CENTRALIZADO DE ACETILENO

Cabe indicar que debe proveerse de un sistema de extinción contra incendios, tanto en las fuentes de almacenamiento (cumplir con la norma NFPA 13) como en los puntos de consumo (cumplir con la norma NFPA 10 y NFPA 51).

Acerca del transporte de fluidos gaseosos a través de una tubería

El estudio de transporte de gases a través de una tubería considera al gas como un fluido incompresible, adiabático, ideal y de flujo estacionario.



Elaborado por: autor de tesis de grado

FIGURA 3.4 FLUJO DE GAS EN TUBERÍAS

Gas incompresible, para que este sea considerado como incompresible debe cumplirse cambios despreciables de densidad

(inferior al 5%) y un bajo número de Mach (velocidad del fluido respecto de la velocidad del sonido debe ser menor a 1).

Gas estacionario y adiabático, es considerado estacionario (o uniforme), cuando un punto del mismo no cambia respecto al tiempo. Y adiabático al considerar que la temperatura del fluido (15°C) es aproximadamente la misma en la pared de la tubería (20°C), por lo tanto, su gradiente de temperatura es despreciable.

El desarrollo de la ecuación de movimiento en un volumen de control con flujo estacionario, da como resultado

$$h_{Total} = \sum h_{Lmayor} + \sum h_{Lmenor}$$

$$h_{Total} = \sum h_{Ltubería} + \sum h_{Laccesorios}$$

Esto indica que la pérdida de energía a través de una tubería se debe en mayor grado al rozamiento existente entre el fluido y la pared interior de ésta y en menor grado a la pérdida de energía debido a la presencia de accesorios tales como, codos, reducciones, tees, válvulas, etc. Esto se evidencia en una pérdida de presión a través de todo lo largo de la tubería.

La ecuación de Darcy presenta la pérdida de presión en un tramo de tubería,

$$\Delta p = 8\lambda \frac{L}{\Pi D^5} \rho q^2,$$

Siendo:

λ : factor de fricción de Darcy,

ρ : densidad del fluido (kg/m^3) a presión y temperatura actual del fluido,

L : longitud de la tubería (m),

q : flujo de gas (m^3/s) a presión y temperatura actual del fluido,

D : diámetro interior de la tubería (m),

Δp : Caída de presión (kPa)

Para encontrar el factor de fricción de Darcy (λ) se debe conocer si se trata de un fluido laminar o turbulento. Para esto se calcula el número de Reynolds (Re)

$$\text{Re} = \frac{4q}{\Pi \nu D},$$

siendo ν la viscosidad cinemática (m^2/s)

Un patrón de flujo laminar dará un $\text{Re} < 2300$. En este caso, el coeficiente de fricción de tubería λ puede ser igual a $64/\text{Re}$. Esto se presenta a menudo en líquidos viscosos.

Para $2300 < Re < 3000$ se refiere a un flujo en etapa de transición de laminar a turbulento o viceversa.

Para $Re > 3000$ como se presenta en la mayoría de los fluidos gaseosos, el flujo es turbulento y se puede utilizar la siguiente fórmula de Haaland:

$$\lambda = \left[-1,8 \log \left(\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{e/D}{3,7} \right)^{1,1} \right) \right]^{-2}$$

Donde e corresponde a la rugosidad de la tubería dada en unidades métricas, y e/D es la rugosidad relativa.

TABLA 3

VALORES DE RUGOSIDAD PARA TUBERÍAS NUEVAS

MATERIAL	RUGOSIDAD (ϵ) (mm)
Hule aislado	0,0100
Tubería de cobre o latón	0,0015
Hierro fundido	0,2600
Hierro galvanizado	0,1500
Hierro forjado	0,0460
Acero inoxidable	0,0020
Acero comercial	0,0450

Fuente: Cengel Yunus, "Mecánica de fluidos", 4ta. Edición, pág.345.

Para la validez de estas ecuaciones en el transporte de gases considerados incompresible, adiabáticos y de flujo estacionario, se

recomienda que la pérdida de presión sea menor al 5% de la presión inicial en todo el sistema.

En el transporte de algunos gases es muy importante investigar las recomendaciones acerca de la velocidad límite del fluido. Estos límites de velocidades están dados por el tipo de gas y material de la tubería.

La velocidad del fluido ésta dada por la siguiente ecuación:

$$q = A.V$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$q(m^3 / s) = \frac{P_{abs}(est\acute{a}ndar)Q(15^{\circ}C,1atm)T_{abs}(actual)}{T_{abs}(est\acute{a}ndar)P_{abs}(actual)}$$

$$V(m/s) = \frac{4P_{abs}(est\acute{a}ndar)Q(15^{\circ}C,1atm)T_{abs}(actual)}{\pi D^2 T_{abs}(est\acute{a}ndar)P_{abs}(actual)}$$

Siendo:

V : velocidad del fluido (m/s),

P : presión del fluido (bar),

T : Temperatura del fluido ($^{\circ}K$),

q : flujo de gas (m^3/s) a presión y temperatura actual del fluido,

D : diámetro interior de la tubería (m),

A: Área de la sección transversal de la tubería (m²),

3.4. Diseño del Sistema de Oxígeno

3.4.1. Criterios Generales

El buen diseño de un sistema de oxígeno demanda de una alta seguridad en su operación, distribución y transmisión, por lo cual debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones, con el objeto de reducir los riesgos y peligros asociados con éste gas:

- Condiciones locales, zona sísmica, características del suelo.
- Códigos de tuberías aplicables para el diseño mecánico (incluyendo presión nominal y espesores de pared) e instalación.
- Condiciones de servicio con respecto a la composición del fluido, velocidad del gas, presión, temperatura y punto de rocío.
- Selección de materiales metálicos.
- Selección de materiales no metálicos.
- Consideraciones de velocidad en puntos de flujo de choque y no choque.

- Leyes nacionales y regulaciones las cuales se aplican a tuberías de distribución de gas generalmente y específicamente a sistemas de oxígeno.
- Estándares de limpieza para servicio de oxígeno.
- Códigos industriales de prácticas relacionadas a sistemas de oxígeno.

3.4.2. Diseño y Ubicación de la Fuente de Suministro.

Selección y autonomía de la fuente de suministro de oxígeno.

El uso de tanque criogénico permite almacenar grandes cantidades de producto en estado líquido, pero es muy importante conocer cuál es la autonomía de la fuente, con el objeto de tener presente en que tiempo se deberá cargar nuevamente el tanque.

La tabla de tanques presentadas por los fabricantes indican: la capacidad bruta y capacidad neta de almacenamiento, máxima presión permitida de trabajo, dimensiones del tanque y la capacidad de flujo. Con esta información se puede

obtener la autonomía de cada uno de estos y así seleccionar el tanque adecuado para su instalación.

Un tanque criogénico se fabrica bajo norma ASME (EN 13458-2)

TABLA 4
LISTA DE TANQUES CRIOGÉNICOS MARCA CHART

Model	Gross Capacity		Nominal Capacity		MAWP*		Diameter		Height		Weight**		NER %/day in O ₂	Flow Capacity***	
	Gal	Liters	Gal	Liters	psig	bar	in	mm	in	mm	lbs.	Kg		SCFH	mm ³ /hr
VS 525SC	570	2,158	510	1,931	250	17.2	66	1,676	105	2,667	3,300	1,497	.55	9,000	237
VS 900SC	940	3,558	850	3,218	250	17.2	66	1,676	136	2,354	4,400	1,996	.45	9,000	237
VS 1500SC	1,640	6,208	1,580	5,981	250	17.2	66	1,676	196	4,978	6,100	2,767	.35	9,000	237
VS 3000SC	3,150	11,924	3,030	11,470	175 250	12.1 17.2	86	2,184	228	5,791	10,900 12,600	4,944 5,715	.25	18,000	473
VS 6000SC	6,010	22,750	5,770	21,842	175 250	12.1 17.2	86	2,184	383	9,728	19,800 21,300	8,891 9,862	.15	18,000	473
VS 9000SC	9,360	35,431	8,990	34,031	175 250	12.1 17.2	114	2,896	348	8,840	29,100 32,000	13,200 14,515	.10	42,000	1,104
VS 11000SC	11,410	43,192	10,960	41,488	175 250	12.1 17.2	114	2,896	407	10,338	34,900 15,830	38,200 17,327	.10	42,000	1,104
VS 13000SC	13,470	50,989	13,060	49,437	175 250	12.1 17.2	114	2,896	466	11,837	41,300 18,733	45,200 20,502	.10	42,000	1,104
VS 15000SC	15,520	58,750	15,060	57,008	175 250	12.1 17.2	114	2,896	525	13,335	47,600 21,591	52,000 23,587	.10	42,000	1,104

* MAWP - Maximum Allowable Working Pressure. 400, 500 psig tanks are available upon request ** Weights are for ASME designs
*** Flow capacity rating down to a 20% contents level with a maximum fall of in tank operating pressure of 15 psig (bar). (NER) = Nominal Evaporation Rate

Fuente: www.chart-ind.com, Catalogo Chart Inc., 2009. Elaborado por: Chart Inc.

Para encontrar la autonomía del sistema de oxígeno se debe considerar un factor de seguridad del 20% de la capacidad total del tanque, capacidad que permite mantener el tanque con presión de trabajo estable.

Consumo de oxígeno = 8866 m³/mes

1kg O₂ líquido = 0,74 m³ O₂ gaseoso = 0,88 L O₂ Líquido

Consumo de oxígeno = 11978 kg/mes = 10543 L/mes

Por lo tanto, de la tabla del fabricante se escoge un tanque modelo VS 3000 SC, el cual tiene una capacidad neta de 11470 L y se determina que la autonomía de este tanque será:

Autonomía = $0,8 \cdot (\text{Capacidad del tanque en litros} / \text{Consumo promedio diario en litros})$

Autonomía = $0,8 \cdot 11470 \text{ L} / (351,45 \text{ L/día})$

Autonomía = 26 días

La autonomía del tanque criogénico seleccionado será de 26 días.

Vaporizador ambiental

Es un intercambiador de calor hecho de tubos de aluminio, que toma el calor del aire circundante y lo transfiere al fluido criogénico a través de las paredes de los tubos de aluminio.

Una vez seleccionado el tanque criogénico se debe escoger un vaporizador ambiental que cumpla con la norma EN (DIN) 97/23/EC, considerando los siguientes datos:

TABLA 5
DATOS PARA SELECCIÓN DE VAPORIZADOR

Datos	
Tipo de gas	Oxígeno
Caudal (Sm ³ /h)	199
Presión de entrada (Barg)	10
Temperatura ambiente (°C)	15

Elaborado por: autor de tesis de grado

Para la selección de éste tipo de vaporizador es necesario considerar los factores climáticos, por lo cual se debe usar factores de corrección dados por los fabricantes.

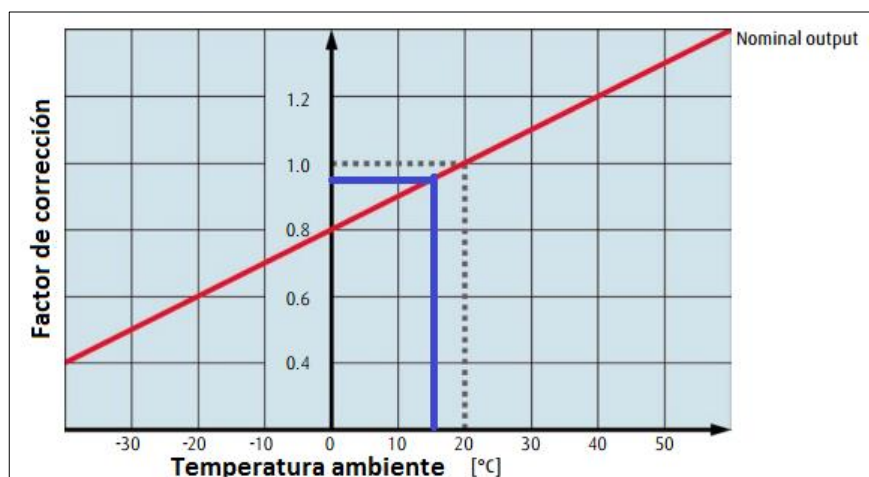
Para éste diseño se seleccionará un vaporizador marca LINDE, modelo L- 40 – 12 F4 – L, donde su eficiencia de evaporación nominal está basada en referencia a la temperatura ambiente 20 °C de Nitrógeno.

La tabla 6 presenta factores de conversión de acuerdo al gas a transportar a través del vaporizador.

TABLA 6
FACTOR DE CONVERSIÓN PARA LA EFICIENCIA
NOMINAL DE VARIOS FLUIDOS

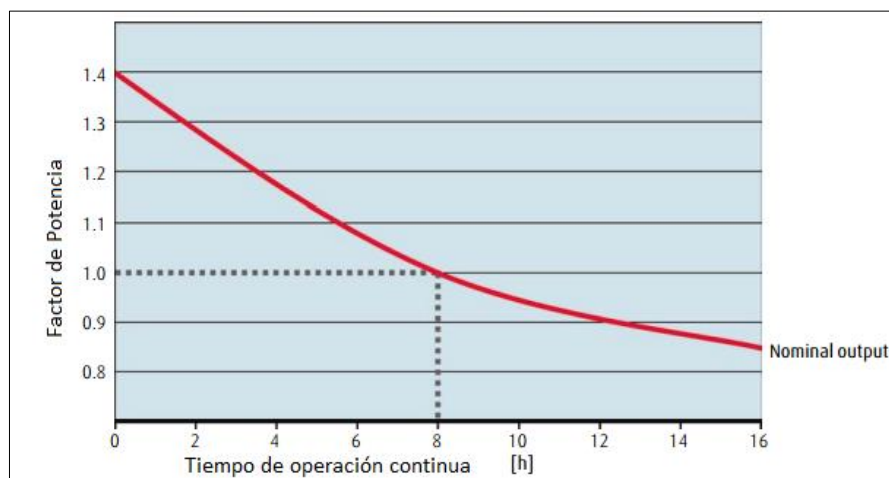
Fluido	Factor de Conversión
N ₂	1,00
Ar	1,15
H ₂	1,75
O ₂	0,92
CH ₄	0,76
CO ₂	0,33
He	3,10

Fuente: The Linde Group. Catálogo Air – heated vaporisers pág 16



Fuente: The Linde Group. Catálogo Air – heated vaporisers pág 17

FIGURA 3.5. FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LA
EFICIENCIA DE OPERACIÓN NOMINAL COMO UNA
FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE.



Fuente: The Linde Group. Catálogo Air – heated vaporisers pág 17

FIGURA 3.6. FACTOR DE POTENCIA PARA LA EFICIENCIA DE OPERACIÓN NOMINAL COMO UNA FUNCIÓN DEL TIEMPO DE OPERACIÓN

Considerando que éste vaporizador trabajará durante 8 horas diarias, se tiene lo siguiente:

$$\text{Salida nominal} = 100\% \times 0,92 \times 0,95 \times 1 = 87,4\%$$

$$\text{Salida actual} = 260 \text{Nm}^3/\text{h} \times 0,874$$

$$\text{Salida actual} = 227,24 \text{ Nm}^3/\text{h}$$



Fuente: The Linde Group. Catálogo Air – heated vaporisers

FIGURA 3.7. VAPORIZADOR AMBIENTAL

Requisitos para ubicación de la central de almacenamiento de líquido criogénico.

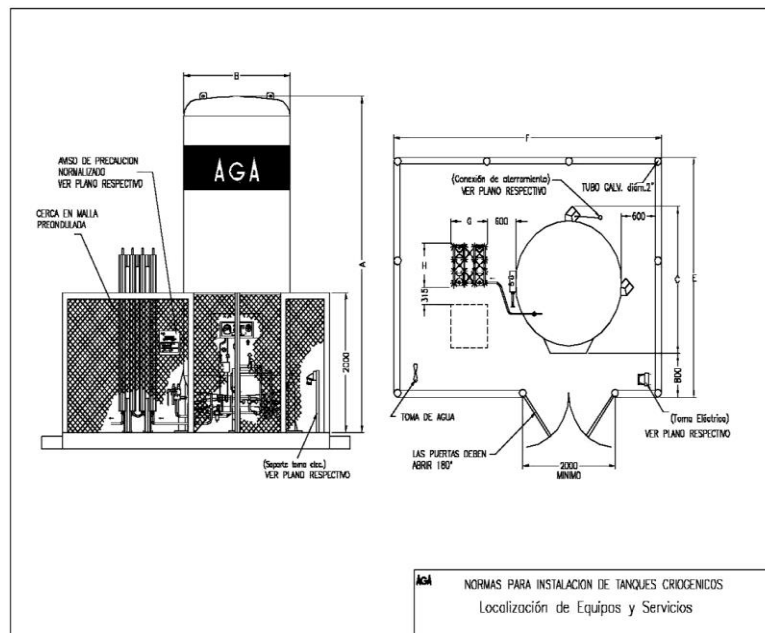
Para la ubicación de la fuente de suministro de oxígeno con tanque criogénico se deben verificar los siguientes puntos:

- Definir todos los equipos a instalar dentro del área de almacenamiento, tales como: el tanque criogénico, vaporizador ambiental, sistema de regulación principal, punto de iluminación, punto de agua y punto de energía eléctrica. Además, se debe considerar el espacio necesario para mantenimiento de estos equipos.
- Determinar las distancias de seguridad recomendadas por normativas internacionales.
- Evaluar el acceso y salidas del tanquero criogénico, hacia y desde la zona de almacenamiento.
- Evaluar la zona de maniobra para el tanquero durante la descarga de producto. Esto incluye niveles del terreno y espacios adicionales para movilización de operadores.
- Evaluar la proximidad de tableros eléctricos principales. Evaluar el acceso de grúas y plataforma para maniobras de montaje de los equipos.
- Evaluar que exista ventilación adecuada en caso de activación de válvulas de seguridad.
- Evaluar la incidencia de radiación solar hacia vaporizadores ambientales.
- Evaluar si los procesos de producción alteran el entorno de la central de almacenamiento criogénico.

En la central de tanque criogénico se encuentran los siguientes equipos y elementos:

- Tanque criogénico,
- Vaporizador ambiental
- Regulación principal,
- Conexiones de tuberías
- Punto de agua,
- Punto de iluminación,
- Punto de energía eléctrica

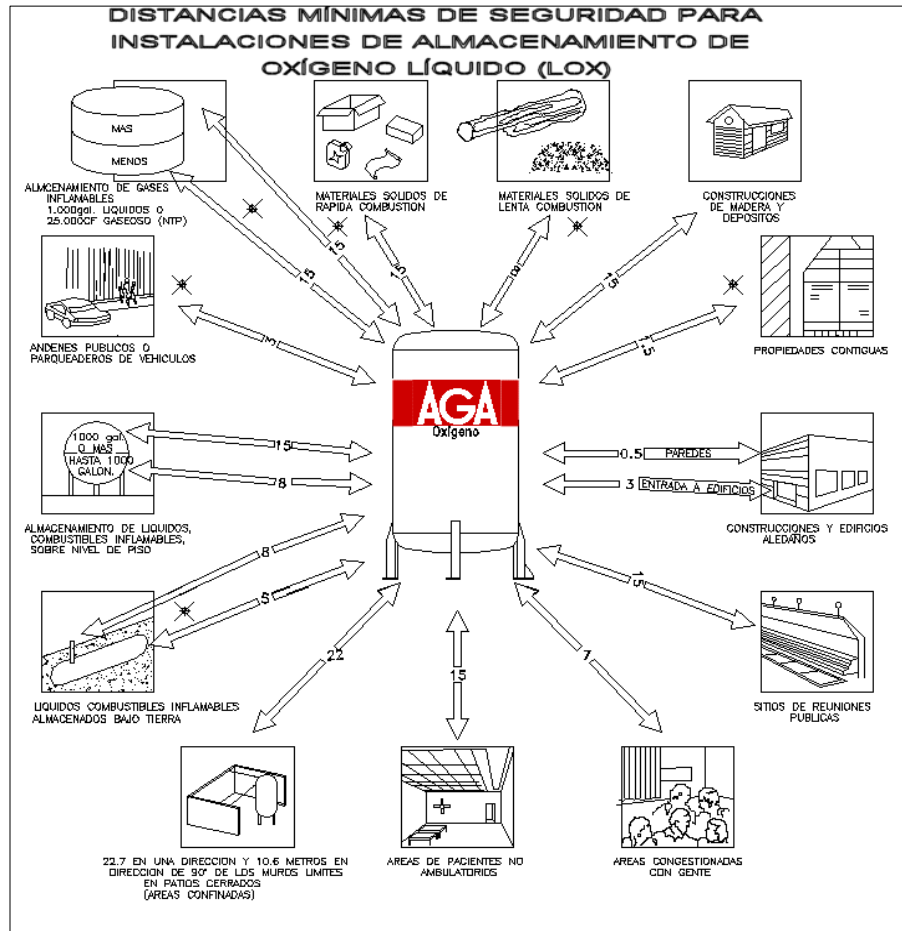
En la figura 3.8 se detalla los equipos que se instalarán dentro de la central de oxígeno.



Fuente: AGA CRYO

FIGURA 3.8 DIMENSIONES DE UNA CENTRAL DE OXÍGENO LÍQUIDO

La figura 3.9 se indica las distancias mínimas de seguridad requeridas para la instalación de tanques criogénicos basadas en la norma NFPA 50.



Fuente: AGA S.A.

**FIGURA 3.9 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD PARA
TANQUES CRIOGÉNICOS. LAS MEDIDAS ESTÁN DADAS
EN METROS.**

Tabla 7

**TABLA DE DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD PARA LA
INSTALACIÓN DE FUENTES DE ALMACENAMIENTO DE
OXÍGENO LÍQUIDO.**

Lugar	Distancia mínima de separación de tanque criogénico (m)
Áreas congestionadas con gente	7,0
Sitios de reuniones públicas	15,0
Entrada a construcciones y edificios aledaños	3,0
Paredes a edificios o construcciones	0,5
Propiedades contiguas	1,5
Construcciones de madera y depósitos	15,0
Materiales sólidos de lenta combustión	8,0
Materiales sólidos de rápida combustión	15,0
Almacenamiento de gases inflamables 1000 Galones líquidos o 25000 pies cúbicos gaseoso	15,0
Andenes públicos o parqueaderos de vehículos	3,0
Almacenamiento de líquidos, combustibles inflamables, sobre nivel del piso > 1000 galones	15,0
Almacenamiento de líquidos, combustibles inflamables, sobre nivel del piso < 1000 galones	8,0
Líquidos combustibles inflamables almacenados bajo tierra, con desfogadero	8,0
Líquidos combustibles inflamables almacenados bajo tierra, sin desfogadero	5,0

Fuente: AGA S.A.

3.4.3. Diseño y Selección de Tuberías, Válvulas, Equipos y Accesorios

Selección de materiales

Los materiales utilizados en sistemas de oxígeno deben ser seleccionados con mucha atención, por lo cual se tendrá siempre presente, presiones de trabajo, temperatura, velocidad de flujo y presencia de sustancias combustibles (la proporción de estas sustancias no puede exceder un 0.4% por peso).

Tuberías fabricadas en cobre, aleaciones de cobre, acero al carbono y acero inoxidable satisfacen los requerimientos indicados y son aprobados para transporte de oxígeno.

Para el diseño del sistema de oxígeno requerido en el astillero donde existe un ambiente salino, se considera el uso de tuberías y accesorios en acero inoxidable fabricadas bajo la norma AISI 312 TP 316L Seamless /B36.19 (ó DIN 1.404).

Etapas de regulación del sistema

Regulación de primera etapa

El oxígeno en estado líquido almacenado en el tanque criogénico es entregado a la línea a una presión mínima de 200 PSIG (aproximadamente 14 bar) y llevado a fase gaseosa por medio del vaporizador atmosférico.

Este gas es regulado en una primera etapa por medio de un regulador de línea de alto flujo.

Para la selección de éste regulador se requiere los siguientes datos:

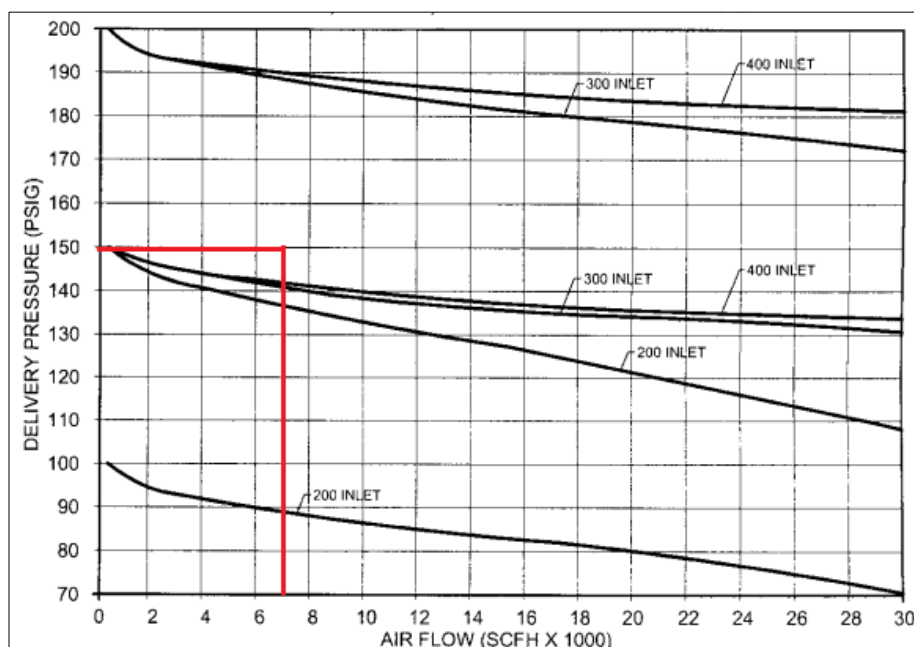
- Tipo de gas utilizar
- Caudal máximo requerido por el sistema, en condiciones estándar (1 atm, 15°C)
- Presión de entrada al regulador (barg)
- Presión de salida del regulador (barg)

Para éste diseño se tiene los siguientes datos:

TABLA 8
DATOS PARA SELECCIÓN DE REGULADOR
PRIMERA ETAPA

Datos para selección	
Tipo de gas	Oxígeno
Caudal (Sm ³ /h)	199
Presión de entrada (Psig)	200
Presión de Trabajo (Psig)	150

Elaborado por: autor de tesis de grado



Fuente: Catálogo REGO, Industrial Gas & Cryogenic Equipment.

FIGURA 3.10 CURVA PRESIÓN VS. FLUJO, REGULADOR
REGO

Para esta etapa se selecciona un regulador de línea de alto flujo, marca REGO modelo 1788C con rango de salida de 100 – 200 psig.



Fuente: Catálogo REGO, Industrial Gas & Cryogenic Equipment.

FIGURA 3.11 REGULADOR DE LÍNEA DE ALTO FLUJO

Los reguladores de presión son fabricados bajo la norma ISO 2503 (EN 5172).

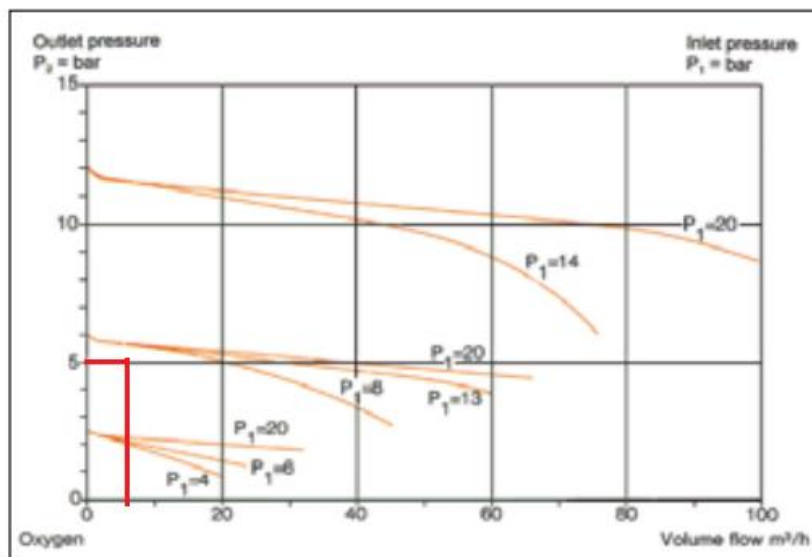
Regulación de segunda etapa

La regulación etapa debe proveer el gas suficiente para cumplir con el objetivo de realizar corte de planchas hasta de 1" de espesor por lo cual, se lo selecciona con los siguientes datos:

TABLA 9
DATOS PARA SELECCIÓN DE REGULADOR SEGUNDA ETAPA

Datos para selección	
Tipo de gas	Oxígeno
Caudal (Sm ³ /h)	4,7
Presión de entrada (Psig)	150
Presión de Trabajo (Psig)	41

Elaborado por: autor de tesis de grado



Fuente: Catálogo GCE. Centrales para suministro de gas.

FIGURA 3.12 CURVA PRESIÓN VS. FLUJO, REGULADOR GCE

Para esta etapa se selecciona un regulador puesto de trabajo marca GCE modelo UNISSET con rango de salida de 0-5 bar.



Fuente: Catálogo GCE. Centrales para suministro de gas.

FIGURA 3.13 REGULADOR PUESTO DE TRABAJO GCE

Los reguladores de presión son fabricados bajo la norma ISO 2503 (EN 5172).

Dimensionado de la tubería

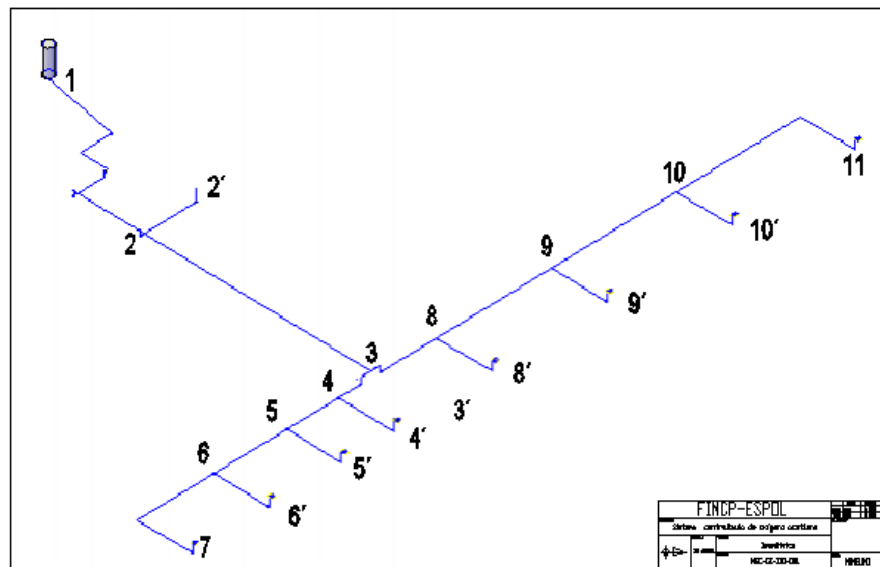
Este es un caso de diseño de tuberías donde se conoce el caudal (Q), la longitud (L) y la caída de presión permisible (ΔP), con desconocimiento del diámetro de tubería (D).

La selección de las tuberías para uso con oxígeno debe satisfacer las siguientes condiciones:

- Fluido a transportar: oxígeno gaseoso
- Velocidad de flujo: menor a 30 m/s
- Presión de trabajo de la red principal: 10 barg
- Ambiente: Húmedo y salino
- La caída de presión hasta los puestos de trabajo en todo el sistema no deberá exceder de 50 kPa (0.5 barg)
- El caudal está dado por los puntos de consumos y equipos a usar en la red.

Para el diseño de la red principal del sistema de oxígeno del muelle se considerará:

- La tubería en acero inoxidable AISI 312 TP 316L (EN 1.4404).
- Un aumento de consumo de gases del 20% en los próximos 5 años.



Elaborado por: autor de tesis de grado

**FIGURA 3.14 RUTEO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
PARA OXÍGENO. ISOMÉTRICO**

Luego de realizar el ruteo de la tubería de oxígeno y ubicar los diferentes puntos de consumo, se determinará un diámetro preliminar para la tubería principal, calculando así el número de Reynolds, factor de fricción y caída de presión permitida. Finalmente se revisa la velocidad del fluido. De

manera iterativa se debe realizar el cálculo para diferentes diámetros comerciales, buscando así una buena selección de la tubería que cumpla con las condiciones planteadas y sea económico.

De acuerdo a la tabla 3.1 el fluido requerido por cada soplete de corte es de 4,74 Sm³/h (flujo considerado a 1 atm y 15°C) a una presión de 2,4 barg, por lo tanto, se debe calcular este flujo a presión de la red principal

$$q(m^3 / h) = \frac{P_{abs}(est\acute{a}nda)Q(15^{\circ}C,1atm)T_{abs}(actual)}{T_{abs}(est\acute{a}nda)P_{abs}(actual)}$$

$$q = \frac{(1,013bar) \times (273,15 + 15)^{\circ}K}{(273,15 + 15)^{\circ}K \times (10 + 1,013)bar} \times (4,74m^3 / h)$$

$$q = 0,44m^3 / h$$

Así también, para el jet stream el flujo requerido es de 15 Sm³/h a una presión de 3,1 barg, por lo que el caudal a presión de la red principal es el siguiente:

$$q = \frac{(1,013\text{bar})x(273,15+15)^{\circ}K}{(273,15+15)^{\circ}Kx(10+1,013)\text{bar}} x(15\text{m}^3 / \text{h})$$

$$q = 1,38\text{m}^3 / \text{h}$$

TABLA 10

**TABLA DE CONSUMO POR TRAMOS. RED DE
DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO**

DIMENSIONADO DE SISTEMA DE OXIGENO			
Tramo	Caudal (Sm ³ /h)	Caudal [Q+20%Q] (Sm ³ /h)	Longitud total [L+10%L] (m)
1-2	165,4	198,48	48,29
2-3	150,4	180,48	48,95
3-4	75,2	90,24	6,49
4-5	56,4	67,68	11,00
5-6	37,6	45,12	15,40
6-7	18,8	22,56	31,46
4-4´	18,8	22,56	14,96
5-5´	18,8	22,56	14,96
6-6´	18,8	22,56	14,96
3-8	75,2	90,24	14,30
8-9	56,4	67,68	24,20
9-10	37,6	45,12	26,40
10-11	18,8	22,56	41,36
8-8´	18,8	22,56	14,96
9-9´	18,8	22,56	14,96
10-10´	18,8	22,56	14,96

Elaborado por: autor de tesis de grado

A continuación, se realiza el dimensionado de tuberías, considerando la longitud equivalente por accesorios y válvulas existentes en el tramo, como un 10% de la longitud de éste.

Se procede a calcular el número de Reynolds, coeficiente de fricción, caída de presión y velocidad del fluido en cada tramo de la red de oxígeno. Por lo tanto, se tiene lo siguiente:

Tramo 1-2

Se escoge un diámetro $D = 1 \frac{1}{2}''$ (0,0410 m) para iniciar los cálculos del número de Reynolds.

$$Re = \frac{4q}{\Pi v D}$$

Donde la viscosidad cinemática es $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ y η la viscosidad dinámica (Pa.s).

$$\rho = \frac{P_{abs(actual)} \times M_{molar(gas)}}{8314 \times T_{abs(actual)}} \times 10^5$$

$$\rho = \frac{(11) \times (32)}{8314 \times (288)} \times 10^5$$

$$\rho = 14,71 \text{ kg/m}^3$$

Y seleccionando la viscosidad dinámica (η) a Temperatura actual y Presión actual, se tiene

$$\nu = \frac{20 \times 10^{-6}}{14,71},$$

donde $\nu = 1,4 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$

$$\text{Re} = \frac{4x((0,44 \text{ m}^3 / \text{h}) * 32 * 1,20 + 1,38 * 1,20)}{\Pi(1,40 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s})(3600 \text{ s} / \text{h})(0,041 \text{ m})}$$

$$\text{Re} = 115835$$

Luego se calcula el factor de fricción en este tramo de tubería, considerando una rugosidad de 0,002 mm para tuberías nuevas en acero inoxidable.

$$\lambda = [-1,8 \log(\frac{6,9}{\text{Re}} + (\frac{e/D}{3,7})^{1,1})]^{-2}$$

$$\lambda = [-1,8 \log(\frac{6,9}{115835} + (\frac{2 \times 10^{-6} / 0,041}{3,7})^{1,1})]^{-2}$$

$$\lambda = 0,01754$$

Una vez encontrado el factor de fricción se calcula la caída de presión.

$$\Delta p = 8\lambda \frac{L}{\pi^2 D^5} \rho q^2$$

$$\Delta p = 8 \times 0,01754 \frac{48,29m}{\pi^2 (0,0410m)^5 \times (3600s/h)^2} (14,71kg/m^3) (18,26m^3/h)^2$$

$$\Delta p = 2,24kPa$$

$$\Delta p = 0,022bar$$

Para este tramo la velocidad promedio del fluido es

$$V = \frac{4q}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4(18,26m^3/h)}{\pi(0,0410m)^2(3600s/h)}$$

$$V = 3,84m/s$$

De esta manera se procede a realizar los cálculos de caída de presión y velocidad, comparando estos con los valores máximos permisibles, para todo el sistema.

La tabla adjunta presenta los cálculos realizados para el punto más distante de la fuente de regulación principal, realizada mediante una hoja de cálculo.

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} + \Delta P_{3-8} + \Delta P_{8-9} + \Delta P_{9-10} + \Delta P_{10-11}$$

$$\Delta P_{total} = 0,362 \text{ bar}$$

TABLA 11

TABLA DE RESULTADOS DE CÁLCULO DE NÚMERO REYNOLDS, FACTOR DE FRICCIÓN, CAÍDA DE PRESIÓN Y VELOCIDAD DEL FLUIDO EN EL TRAMO MÁS LARGO DE SISTEMA DE TUBERÍAS.

DIMENSIONADO DE TUBERIAS DEL SISTEMA DE OXIGENO										
Tramo	Presión inicio en línea (Barg)	Caudal [Q+20%Q] (Sm ³ /h)	Caudal (m ³ /h)	Longitud total [L+10%L] (m)	Díametro de tubería (m)	Reynolds	Factor de fricción	Caída de Presión (Barg)	Presión Final en línea (Barg)	Velocidad (m/s)
1-2	10,00	198,48	18,26	48,29	0,0410	115835	0,01754	0,022	9,98	3,84
2-3	9,98	180,48	16,63	48,95	0,0266	162682	0,01664	0,156	9,82	8,31
3-4	9,82	90,24	8,44	6,49	0,0266	82510	0,01888	0,006	9,82	4,22
4-5	9,82	67,68	6,33	11,00	0,0158	104240	0,01831	0,075	9,74	8,97
5-6	9,74	45,12	4,25	15,40	0,0158	69981	0,01973	0,051	9,69	6,02
6-7	9,69	22,56	2,14	31,46	0,0158	35158	0,02278	0,031	9,66	3,03
1-7				161,59				0,341		
1-2	10,00	198,48	18,26	48,29	0,0410	115835	0,01754	0,022	9,98	3,84
2-3	9,98	180,48	16,63	48,95	0,0266	162682	0,01664	0,156	9,82	8,31
3-8	9,82	90,24	8,44	14,30	0,0266	82510	0,01888	0,013	9,81	4,22
8-9	9,81	67,68	6,34	24,20	0,0209	78856	0,01914	0,043	9,77	5,13
9-10	9,77	45,12	4,24	26,40	0,0158	69817	0,01974	0,088	9,68	6,01
10-11	9,68	22,56	2,14	41,36	0,0158	35194	0,02277	0,040	9,64	3,03
1-11				203,50				0,362		

Elaborado por: autor de tesis de grado

Selección de válvulas, equipos y accesorios

Válvulas, equipos y accesorios deben ser seleccionados considerando los criterios de selección de materiales metálicos, no metálicos aplicables para el uso con oxígeno, así como, los criterios de velocidad y presión de gas donde se utilizan las curvas de velocidad de impacto y curvas de velocidad de no impacto.

Accesorios

Los accesorios para la tubería tales como: codos, tees, reducciones se encuentran normados por ASTM A-403/ANSI B 16.9 MSS-SP-43. Cabe indicar que en sistemas de oxígeno se recomienda el uso de codos radio largo ($R = 5xD$) con el fin de evitar puntos de impacto durante el fluido de gas oxígeno.



Fuente: Catálogo digital PROINOX S.A. <http://www.productos-inoxidables.es/>

FIGURA 3.15 ACCESORIOS EN ACERO INOXIDABLE AISI

316L

Válvula de aislamiento

Esta válvula será operada en posición completamente abierta o completamente cerrada y nunca estrangulada. La razón de presurización flujo abajo debe ser controlada para prevenir

riesgos de compresión adiabática. Estas pueden ser de bola, compuerta, conexión rápida o tipo mariposa.



Fuente: Catálogo digital NIBCO. <http://www.nibco.com/>

**FIGURA 3.16 VÁLVULA DE BOLA SOLDABLE EN
ACERO INOXIDABLE**

Estas válvulas se fabrican bajo la norma MSS – SP -110 / API 607 que corresponden a válvulas en acero inoxidable.

Válvula check

Esta válvula puede ser de disco, placa o pistón y en estos elementos se considera tener puntos de impacto. Pueden ser horizontales o verticales.



Fuente: Catálogo digital HEROSE, página 126

**FIGURA 3.17 VÁLVULA CHECK CRIOGÉNICA EN ACERO
INOXIDABLE**

Las válvulas check se fabrican bajo el estándar Pressure Equipment Directive 97/23/EG

Válvula de alivio de presión

Esta válvula sirve para aliviar la presión de línea de gas y también se considera como un punto de impacto a la entrada de la misma.



Fuente: Catálogo REGO. Industrial Gas & Cryogenic Equipment

FIGURA 3.18 VÁLVULA CRIOGÉNICA PARA ALIVIO DE PRESIÓN

Estas válvulas se fabrican bajo el estándar Pressure Equipment Directive 97/03/EC

Regulador de presión

Existen reguladores de presión de doble etapa y de una etapa. El regulador permite bajar y regular la presión del flujo de salida, manteniéndola constante a su vez que se agota la fuente de almacenamiento. La selección de un regulador depende del gas a utilizar, la presión de trabajo y el flujo demandado.

Manómetro

Los manómetros serán seleccionados para uso con oxígeno, estos deberán ser seleccionados para la presión de trabajo requerida.



Fuente: Catálogo digital. WIKA. www.wika.cl

FIGURA 3.19 MANÓMETRO DE TUBO BOURDON

Los manómetros son fabricados bajo la norma ISO 5171.

Manguera de baja presión

Las mangueras flexibles de baja presión son fabricados con materiales compatibles con oxígeno y aplicables el trabajo con oxígeno – acetileno.

Las mangueras de baja presión se fabrican bajo la norma ISO 3821 (EN 559).

Bloqueador de retroceso de llama

Este elemento del sistema se instala en el regulador de presión de gas, siendo válvulas que cumplen 3 funciones:

- Impiden el flujo inverso
- Cortan el suministro de gas en caso de retroceso de llama.
- No dejan “pasar la llama”, que es su función principal.



Fuente: Catálogo GCE. Centrales para suministro de gas

FIGURA 3.20 BLOQUEADOR DE RETROCESO DE LLAMA

Lo retenedores de llama y todo componente de seguridad se fabrican bajo la norma ISO 5175 (EN 730).

Sellos y empaques

Todo sello o empaque utilizado en toda la extensión del sistema de oxígeno deberá cumplir con estándares internacionales para su uso.

3.4.4. Limpieza del sistema

En la limpieza externa de las tuberías en acero inoxidable se aplican tratamiento como decapado ó pasivado, esto se encuentra normado en EN 2516 / ASTM A380 / ASTM A967.

Los procedimientos aplicados para la limpieza de sistemas para uso con oxígeno son de suma importancia, debido que de esto depende que el sistema sea seguro y así lograr reducir los riesgos y peligros de explosiones.

La limpieza de estos sistemas inicia desde la fabricación de los materiales y accesorios, durante el montaje e instalación y después de las pruebas realizadas a estos sistemas.

Por lo tanto, un sistema se considera ser limpio para servicio con oxígeno cuando haya sido removido de su interior, todo tipo de material orgánico, inorgánico y partículas, Se haya

removido todo tipo de contaminantes tales como grasas, aceites, lubricantes, polvo, escamas, agua, pintura, escorias o cualquier otra materia rara.

Para la limpieza de las tuberías se puede aplicar uno o más métodos de los indicados a continuación:

- Limpieza química
- Pigging (dispositivos de limpieza) compatibles con uso para oxígeno.
- Raspado mecánico
- Granallado con arena
- Lavado con solventes
- Limpieza con detergente a alta presión
- Purga de Gas a Alta velocidad (25 m/s)

El método de limpieza a aplicar al sistema de oxígeno, será la de purga de Gas a Alta Velocidad.

3.5. Diseño del sistema de acetileno

3.5.1. Criterios generales

El diseño y construcción de sistemas de acetileno debe ser realizado bajo estrictos estándares de ingeniería. Para el diseño, montaje y operación de este sistema se debe conocer lo siguiente:

- Los códigos y normas aplicables a este sistema.
- Comportamiento de este gas.
- Selección de materiales para tuberías, accesorios y válvulas.
- Distancias de seguridad aprobadas para su almacenamiento.
- Condiciones de almacenamiento de los acumuladores.

3.5.2. Diseño y ubicación de la fuente de suministro

Autonomía y dimensionado de la fuente de suministro de gases

El consumo mensual de acetileno es de 840.6 m³, tomando las consideraciones iniciales de un promedio de 3 horas por día y por 30 días al mes.

Es importante conocer el volumen de gas por acumulador, por lo que a continuación, se detalla este cálculo.

Para conocer el volumen de gas a condiciones ambientales (a nivel del mar) de un acumulador de acetileno, se usará la siguiente fórmula:

$$V = \left(\frac{22.4 \times Pg}{26} \right) \left(\frac{273+t}{273} \right)$$

Donde:

22.4: es el volumen de Avogadro

V: es el volumen que se necesita encontrar, en metros cúbicos.

Pg: es el peso neto del acetileno en kg

26: es el peso molecular del acetileno

273: es la temperatura en grados kelvin de cero centígrados

t: es la temperatura ambiente en grados centígrados

Por lo tanto, para un acumulador de acetileno con un peso neto 5.53 kg, a una temperatura ambiente de 15°C, se tiene:

$$V = \left(\frac{22.4 \times 5.53}{26} \right) \left(\frac{273+15}{273} \right)$$

$$V = 5.03m^3$$

Contenido de gas en un acumulador de acetileno = $5.03 m^3$

Intervalo de abastecimiento

Se desea que los intervalos de abastecimientos de la empresa distribuidora de gas, sean cada 3 días.

Consumo de acetileno mensual = $818 m^3$

Tiempo de duración de Banco de cilindros = 3 días

Tiempo de trabajo (días/ mes) = 30 días

Constante para remanente de gas en el cilindro = 1.04

Gas/período de abastecimiento = $85 m^3$

N_c =Número de cilindros por período de abastecimiento

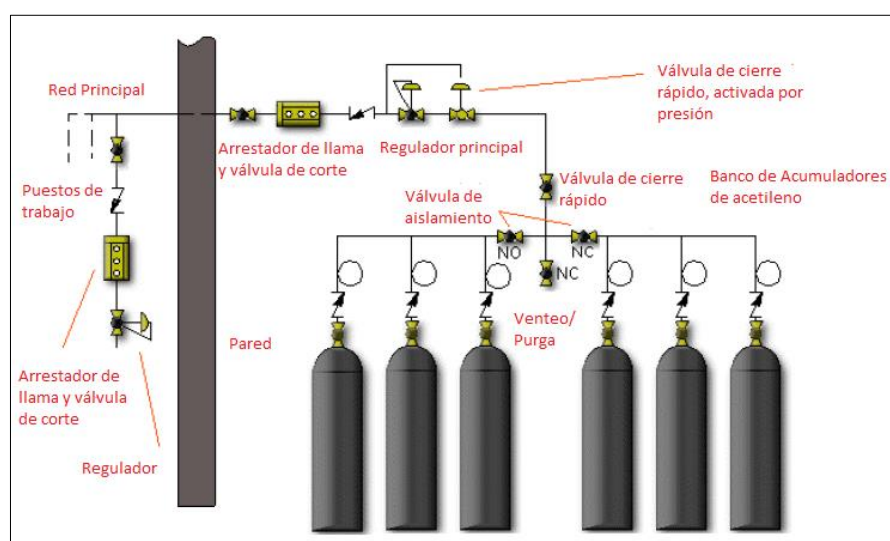
$N_c = 16.89$ equivalente a 17 acumuladores de acetileno

El consumo de acetileno en 3 días será aproximadamente de 16 acumuladores. Por lo tanto, esto indica la necesidad de usar Bundles para acetileno, que consiste en el almacenamiento de 12 acumuladores por bundle.

Requisitos para ubicación de la batería de acumuladores de acetileno

La batería de acetileno, de acuerdo a la norma EN ISO 14114, consiste en:

- Dos o más acumuladores de acetileno.
- Una sección de alta presión.
- Un regulador de presión principal.
- Componentes de seguridad



Fuente: BOC

FIGURA 3.21 ESQUEMA DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE ACETILENO

Requisitos generales para ubicación de sistemas de acetileno

La batería de acetileno no debe ser ubicada en espacios confinados o áreas de accesos restringidos tal como escaleras, corredores, pasillos y vías.

Las salas para almacenamiento de las baterías de acetileno no deben ser ubicadas debajo de otras salas o en sótanos.

Estas salas de almacenamiento cumplirán con los siguientes requerimientos:

- Deberán ser ventiladas constantemente, sea ésta artificial o natural.
- Deberán cumplirse los lineamientos para evitar riesgos de ignición originados por cargas electrostáticas.
- Estas salas deben tener una adecuada iluminación.
- Solo los acumuladores de acetileno y la sección de alta presión, incluidos el regulador de presión principal con los elementos de seguridad instalado luego del regulador, se mantendrán en ésta sala.
- Se recomienda no almacenar otro tipo de cilindros de gases.
- En caso de una emergencia, debe ser posible dejar la sala de manera rápida y segura. Al menos deberá existir

una salida principal y las puertas deberán abatir hacia el exterior.

- Si la sala se encuentra adyacente a otras salas, esta debe estar separada por paredes impermeables al gas y resistentes al menos a 1 hora de fuego, incluidas puertas y otras aberturas.
- Las paredes exteriores y puertas deben ser construidas con materiales no inflamables.
- El techo debe ser construido con material liviano y resistente al fuego.
- Debe ubicarse un suministro adecuado de agua para enfriamiento de los acumuladores de acetileno en caso de un incendio. Para el caso de un gran almacenamiento de acumuladores puede considerarse un sistema de diluvio. Debiendo cumplirse con la norma NFPA 15 y NFPA 51.

Distancias de seguridad

Las baterías de acetileno deben tener una distancia de separación de:

- Al menos 0.5 m de fuentes de calor.

- Al menos 3 m de fuentes de ignición y materiales inflamables.
- Al menos 5 m de vías de transporte público.
- Al menos 10 m de ferrocarriles y vías de tráfico usados por vehículos que puedan emitir chispas, y
- Al menos 15 m de ferrocarriles públicos.

TABLA 12
DISTANCIA DE SEGURIDAD PARA FUENTES DE
ALMACENAMIENTO DE ACETILENO

Lugar	Distancia mínima de separación de central de Acetileno (m)
Fuentes de calor	0,5
Fuentes de ignición e inflamables	3,0
Vías de transporte público	5,0
Parqueaderos	10,0

Fuente: EIGA IGC Doc 123/04/E Code of practice acetylene, pág 64

3.5.3. Diseño y Selección de Tuberías, Válvulas, Equipos y Accesorios.

Selección del material

A diferencia de otros gases inflamables, el acetileno tiende a descomponerse con el calor. Por lo cual es necesario tener especial cuidado en la selección de materiales, dimensionado y espesores de pared de tuberías.

Los materiales en acero son los más recomendados para el uso en instalaciones de sistemas acetileno, junto con reguladores y válvulas de corte de bronce que contengan cobre en un porcentaje inferior al 70%.

Etapas de regulación del sistema

Regulación de primera etapa

La regulación de primera etapa se la realiza a la salida del banco o jaula de acumuladores de acetileno.

La selección de este regulador se la realiza con los siguientes datos:

TABLA 13
DATOS PARA SELECCIÓN DE REGULADOR PRIMERA
ETAPA PARA ACETILENO

Datos para selección	
Tipo de gas	Acetileno
Caudal (Sm ³ /h)	18,3
Presión de entrada (Psig)	300
Presión de Trabajo (Psig)	15

Elaborado por: autor de tesis de grado

Se selecciona un manifold marca GCE modelo MM400-2 para conexión de 2 bundles de acetileno, la cual posee un regulador y anti retroceso de llama. Este tiene las siguientes características:

TABLA 14
DATOS TÉCNICOS DE MANIFOLD MM400-2

Datos técnicos			
Tipo de regulador	MR400	Material del diafragma	Cloropreno
Material de la cubierta, cuerpo	Latón (Cu<65%)	Soporte a pared	Acero inoxidable
Material de conectores	Latón (Cu<65%)	Presión máxima de entrada	25 bar
Instalación	Acero inoxidable	Caudal máximo	25 Nm ³ /h
Material del diafragma	EPDM	Rango de temperatura	Desde -20°C a 60°C

Fuente: Catálogo GCE. Centrales para suministro de gas, página 15



Fuente: Catálogo GCE. Centrales para suministro de gas, página 15

**FIGURA 3.22 MANIFOLD PARA ACETILENO GCE MODELO
MM400-2**

Regulación de segunda etapa

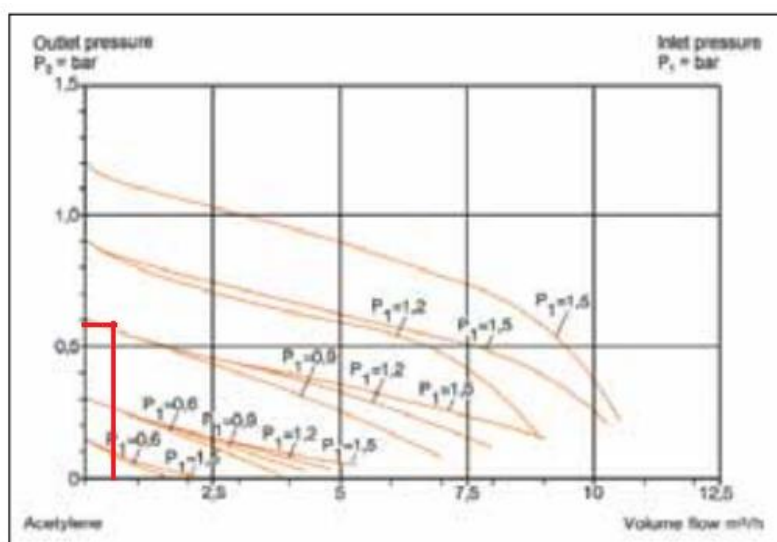
La regulación de segunda etapa se la realiza en los puestos de trabajo. Los datos de selección se presentan a continuación:

**TABLA 15
DATOS PARA SELECCIÓN DE REGULADOR SEGUNDA
ETAPA PARA ACETILENO**

Datos para selección	
Tipo de gas	Acetileno
Caudal (Sm ³ /h)	0,51
Presión de entrada (Psig)	15
Presión de Trabajo (Psig)	5

Elaborado por: autor de tesis de grado

Esta selección corresponde al regulador de marca GCE y modelo UNISSET.



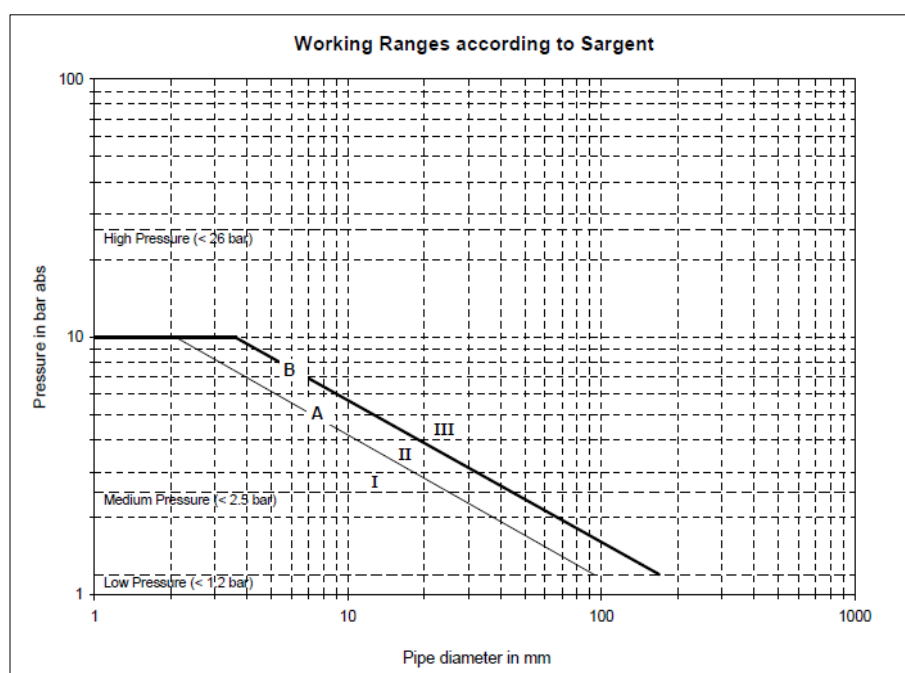
Fuente: Catálogo GCE. Centrales para suministro de gas

FIGURA 3.23 CURVA PRESIÓN VS. FLUJO. REGULADOR GCE PARA ACETILENO

Rangos de trabajo

En el diseño de sistemas de tuberías de acetileno, se utiliza el término **rango de trabajo** (working range), el cual está basado en el tipo de peligro que normalmente existe en una instalación.

Definición de rango de trabajo. En el gráfico adjunto, las líneas A y B delimitan 3 áreas. Estas áreas son llamadas rangos de trabajo, las cuales corresponden a los siguientes niveles de riesgo asociados con la descomposición del acetileno.



Fuente: EIGA, Code of practice acetylene, IGC Doc 123/04/E, pag.51

FIGURA 3.24 RANGOS DE TRABAJO DEL ACETILENO

Rango de trabajo I: Debajo de la línea A, el riesgo de descomposición del acetileno es insignificante, pero no imposible.

Rango de trabajo II: En o por encima de la línea A, pero debajo de la línea B. Al iniciar la descomposición del acetileno puede ocurrir en forma de una combustión explosiva.

Rango de trabajo III: En o por encima de la línea B. Al iniciar la descomposición del acetileno empieza como una combustión explosiva. En una tubería suficientemente larga, puede ocurrir la detonación.

El material seleccionado para una instalación de acetileno debe soportar a más de los esfuerzos a la máxima presión de trabajo, los esfuerzos térmicos y mecánicos de la descomposición del acetileno.

En sistemas para acetileno, se recomienda el uso tuberías de acero al carbono sin costura, junto con reguladores y válvulas de corte de bronce con un contenido menor del 70% de cobre.

Todo sistema de tuberías a alta presión para acetileno debe ser diseñado de acuerdo a los procedimientos requeridos en el rango de trabajo III.

En alta presión la longitud de banco de acumuladores (manifolds) y tuberías debe mantenerse en un valor mínimo.

Parte del diseño del sistema de tuberías de acetileno, es el cálculo del espesor de la tubería, donde éste cálculo de espesor no considera cargas externas tales como, fatiga, mecánica o térmicas.

Tuberías en rango de trabajo I

El espesor de pared para tuberías que se encuentran en este rango de trabajo es:

$$e = \frac{PD_e}{20f + P}$$

Dónde:

e = espesor mínimo de pared (mm)

P = presión manométrica de dimensionado (bar)

D_e = diámetro externo de tuberías (mm)

$$f = \frac{f_y}{1,3}$$

f_y = tensión en el punto de fluencia del material (N/mm²)

Tuberías en rango de trabajo II

Las tuberías que se encuentran en este rango utilizan las siguientes fórmulas:

$$e = \frac{PD_e}{20f + P}$$

Dónde:

$$P = 11(P_w + 1) - 1,$$

siendo P_w es la máxima presión de trabajo en bar.

$$f = \frac{f_y}{1,1}$$

Tuberías en rango de trabajo III

Tuberías o tramos de tuberías que se encuentran en el rango de trabajo III deben ser diseñadas para resistir la detonación.

Tuberías en el rango de trabajo III pueden ser diseñadas mediante cálculo de espesor de pared o por pruebas de descomposición.

Cálculo de espesor de pared

Una detonación de acetileno viaja a lo largo de una tubería como una onda de choque, generándose grandes esfuerzos en o cerca de este punto, donde se reflejará la onda.

Curvas cerradas, válvulas y extremos cerrados de la tubería son lugares donde se reflejarán las ondas de choque generadas por la detonación del acetileno.

Dos métodos de cálculos de espesor de pared para tuberías que se encuentran en este rango de trabajo III, se muestran a continuación:

Diseñando todo el sistema para resistir el reflejo de una onda de choque en cualquier punto.

$$e = \frac{PD_e}{20f + P}$$

donde,

$$P = 35(P_w + 1) - 1$$

$$f = \frac{f_y}{1,1}$$

Diseñando partes rectas del sistema para resistir una detonación no perturbadora; incrementando los espesores de pared en lugares donde el reflejo de las ondas será esperada.

$$e = \frac{PD_e}{20f + P}$$

Donde,

$$P = 20(P_w + 1) - 1$$

$$f = \frac{f_y}{1,1}$$

Cabe indicar que curvas con un radio de curvatura de al menos 5 veces el radio interno de la tubería se considera un tramo recto.

Diseño mediante prueba de descomposición

Este método consiste en encender una descomposición de acetileno en alguna parte de la tubería a construir, a la presión máxima de operación.

Este tipo de pruebas se describe en el estándar EN ISO14113.

Consideraciones de diseño en sistemas de acetileno

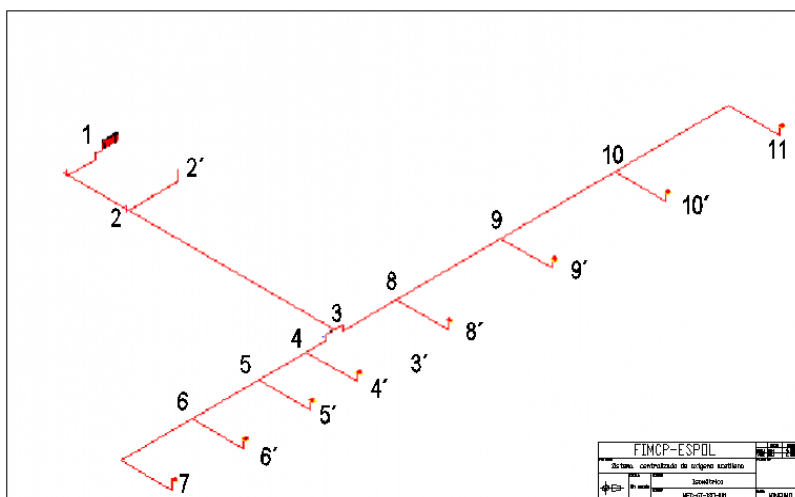
Para el diseño de tuberías de acetileno se recomienda considerar lo siguiente:

- La presión en la red de servicio no deberá exceder de 1 bar manométrica.
- La caída de presión al punto final del sistema no debe exceder de 0,05 bar (5% de la presión inicial).
- El diámetro interno de las tuberías no pueden exceder los 50 mm.
- La velocidad máxima del gas no deberá exceder los 7 m/s.
- La tubería debe estar diseñada para facilitar la limpieza y purga.
- Debe evitarse curvas donde se pueda acumular partículas de materia.
- La tubería debe ser lo más recta posible para evitar la excesiva caída de presión.
- El diseño de la tubería deberá minimizar la entrada de aire al sistema.

Dimensionado de tuberías

Para el diseño de la red principal del sistema de acetileno del muelle se considerará:

- Material de la tubería sin costura: acero al carbono AISI A312 TP 316L.
- Máxima velocidad del gas en la tubería: 7 m/s.
- Máxima caída de presión permisible de la red principal: 5 kPa (0,05barg)
- Se proyecta un aumento de los puntos de consumo hasta un 20%, en los próximos 5 años.



Elaborado por: autor de tesis de grado

FIGURA 3.25 RUTEO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PARA ACETILENO.

TABLA 16
TABLA DE CONSUMO POR TRAMOS DE LA RED DE
DISTRIBUCIÓN DE ACETILENO

DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACETILENO			
Tramo	Caudal (Sm ³ /h)	Caudal [Q+20%Q] (Sm ³ /h)	Longitud total [L+10%L] (m)
1-2	15,23	18,28	24,20
2-3	14,72	17,66	48,95
3-4	7,36	8,83	6,49
4-5	5,52	6,62	11,00
5-6	3,68	4,42	15,40
6-7	1,84	2,21	31,46
4-4´	1,84	2,21	14,96
5-5´	1,84	2,21	14,96
6-6´	1,84	2,21	14,96
3-8	7,36	8,83	14,30
8-9	5,52	6,62	24,20
9-10	3,68	4,42	26,40
10-11	1,84	2,21	41,36
8-8´	1,84	2,21	14,96
9-9´	1,84	2,21	14,96
10-10´	1,84	2,21	14,96

Elaborado por: autor de tesis de grado

De acuerdo a la tabla 3.1 el fluido requerido por cada soplete de corte es de 0,46 Sm³/h (flujo considerado a 1 atm y 15°C) a una presión de 0,34 barg, por lo tanto, se debe calcular este flujo a presión de la red principal

$$q(m^3 / s) = \frac{P_{abs}(est\acute{a}nda)Q(15^{\circ}C,1atm)T_{abs}(actual)}{T_{abs}(est\acute{a}nda)P_{abs}(actual)}$$

$$q = \frac{(1,013\text{bar})x(273,15+15)^{\circ}K}{(273,15+15)^{\circ}Kx(1+1,013)\text{bar}} x(0,46\text{m}^3 / h)$$

$$q = 0,23\text{m}^3 / h$$

Así también, para el jet stream el flujo requerido es de 0,51 Sm³/h a una presión de 3,1 barg, por lo que el caudal a presión de la red principal es el siguiente:

$$q = \frac{(1,013\text{bar})x(273,15+15)^{\circ}K}{(273,15+15)^{\circ}Kx(1+1,013)\text{bar}} x(0,51\text{m}^3 / h)$$

$$q = 0,27\text{m}^3 / h$$

De manera similar al sistema de oxígeno, se realiza el dimensionado de tuberías considerando la longitud equivalente por accesorios y válvulas existentes en el tramo, como un 10% de la longitud de éste.

Se calcula el número de Reynolds, coeficiente de fricción, caída de presión y velocidad del fluido en cada tramo de la red de oxígeno. Por lo tanto, se tiene lo siguiente:

Tramo 1-2

Se escoge un diámetro $D = 1''$ (0,0266 m) para iniciar los cálculos

$$Re = \frac{4q}{\Pi v D}$$

Donde la viscosidad cinemática es $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ y η la viscosidad dinámica (Pa.s).

$$\rho = \frac{Pabs(actual) \times Mmolar(gas)}{8314 \times Tabs(actual)} \times 10^5$$

$$\rho = \frac{(2,013) \times (26)}{8314 \times (288,15)} \times 10^5$$

$$\rho = 2,185 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Y seleccionando la viscosidad dinámica (η) a temperatura actual y presión actual, se tiene

$$\nu = \frac{9,9 \times 10^{-6}}{2,185},$$

$$\text{Donde } \nu = 4,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{4x(9,20)}{\Pi(4,5x10^{-6} m^2 / s)(3600s / h)(0,0266m)}$$

$$\text{Re} = 27183$$

Luego se calcula el factor de fricción en este tramo de tubería, considerando una rugosidad de 0,002 mm para tuberías nuevas sin costura en acero inoxidable ASTM A312 TP 316L.

$$\lambda = [-1,8 \log(\frac{6,9}{\text{Re}} + (\frac{e/D}{3,7})^{1,1})]^{-2}$$

$$\lambda = [-1,8 \log(\frac{6,9}{27183} + (\frac{2x10^{-6}/0,02664}{3,7})^{1,1})]^{-2}$$

$$\lambda = 0,02408$$

Una vez encontrado el factor de fricción se calcula la caída de presión.

$$\Delta p = 8\lambda \frac{L}{\pi^2 D^5} \rho q^2$$

$$\Delta p = 8 \times 0,02408 \frac{24,20m}{\pi^2 (0,0266m)^5 \times (3600s/h)^2} (2,185kg/m^3) (9,20m^3/h)^2$$

$$\Delta p = 0,506kPa$$

$$\Delta p = 0,005bar$$

Para este tramo la velocidad promedio del fluido es,

$$V = \frac{4q}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4(9,20m^3/h)}{\pi(0,02664m)^2(3600s/h)}$$

$$V = 4,58m/s$$

La tabla adjunta presenta los cálculos realizados para el punto más distante de la fuente de regulación principal, realizada mediante una hoja de cálculo.

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} + \Delta P_{3-8} + \Delta P_{8-9} + \Delta P_{9-10} + \Delta P_{10-11}$$

$$\Delta P_{total} = 0,033bar$$

TABLA 17
TABLA DE RESULTADOS DE CÁLCULO DE NÚMERO REYNOLDS, FACTOR DE FRICCIÓN, CAÍDA DE PRESIÓN Y VELOCIDAD DEL FLUIDO EN EL TRAMO MÁS LARGO DE SISTEMA DE TUBERÍAS.

DIMENSIONADO DE TUBERIAS PARA ACETILENO									
Tramo	Presión inicio en línea (Barg)	Caudal (m ³ /h)	Longitud total [L+10%L] (m)	Diametro interno de tubería (m)	Reynolds	Factor de fricción	Caída de Presión (Barg)	Presión Final en línea (Barg)	Velocidad (m/s)
1-2	1,00	9,20	24,20	0,0266	26945	0,02408	0,005	0,99	4,58
2-3	0,99	8,91	48,95	0,0266	26107	0,02426	0,010	0,99	4,44
3-4	0,99	4,48	6,49	0,0209	16695	0,02711	0,001	0,98	3,61
4-5	0,98	3,36	11,00	0,0158	16596	0,02720	0,005	0,98	4,76
4-4'	0,98	1,12	14,96	0,0158	5546	0,03668	0,001	0,98	1,59
5-5'	0,98	1,12	14,96	0,0158	5546	0,03668	0,001	0,98	1,59
5-6	0,98	2,24	15,40	0,0158	11086	0,03019	0,003	0,98	3,18
6-6'	0,98	1,12	14,96	0,0158	5546	0,03668	0,001	0,98	1,59
3-8	0,98	4,49	14,30	0,0209	16737	0,02709	0,003	0,98	3,62
8-9	0,98	3,37	24,20	0,0209	12570	0,02916	0,003	0,97	2,72
9-10	0,97	2,25	26,40	0,0158	11116	0,03017	0,006	0,97	3,19
10-11	0,97	1,13	41,36	0,0158	5574	0,03662	0,003	0,97	1,60
2-2'	0,99	0,31	48,95	0,0158	1529	0,05616	0,000	0,99	0,44
8-8'	0,98	1,12	14,96	0,0158	5550	0,03667	0,001	0,98	1,59
9-9'	0,98	1,12	14,96	0,0158	5550	0,03667	0,001	0,98	1,59
10-10'	0,98	1,12	14,96	0,0158	5550	0,03667	0,001	0,98	1,59

Elaborado por: autor de tesis de grado.

Cálculo de espesores de pared

El sistema de distribución de acetileno se encuentra a 2 bar de presión absoluta y con diámetros menores a 2", por lo tanto, corresponde al rango de trabajo I.

$$e = \frac{PD_e}{20f + P}$$

$$f = \frac{f_y}{1,3}$$

Siendo

$$P = 1\text{bar}$$

$$f_y = 172,37 \text{ N/mm}^2 \text{ para el acero AISI 312 TP 316L}$$

TABLA 18
TABLA ESPEORES MÍNIMOS REQUERIDOS PARA LA
TUBERÍAS DEL SISTEMA DE ACETILENO, NO CONSIDERA
CARGA EXTERNAS NI CAMBIOS DE TEMPERATURA.

DIMENSIONADO DE TUBERIAS PARA ACETILENO			
Tramo	Caudal [Q+20%Q] (Sm ³ /h)	Díametro interno de tubería (m)	Espesor mínimo de pared (mm)
1-2	18,276	0,0266	0,126
2-3	17,664	0,0266	0,126
3-4	8,832	0,0209	0,101
4-5	6,624	0,0158	0,080
4-4´	2,208	0,0158	0,080
5-5´	2,208	0,0158	0,080
5-6	4,416	0,0158	0,080
6-6´	2,208	0,0158	0,080
3-8	8,832	0,0209	0,101
8-9	6,624	0,0209	0,101
9-10	4,416	0,0158	0,080
10-11	2,208	0,0158	0,080
2-2´	0,612	0,0158	0,126
8-8´	2,208	0,0158	0,080
9-9´	2,208	0,0158	0,080
10-10´	2,208	0,0158	0,080

Elaborado por: autor de tesis de grado

Selección de válvulas, equipos y accesorios

Se recomienda el uso de accesorios bridados en acero fundido o hierro forjado soldable en toda su extensión. Los accesorios roscados solo se utilizan en aplicaciones de baja y mediana presión hasta un diámetro de 75 mm.

Se debe seleccionar válvulas bridadas o soldables.

Las válvulas de alta presión deben cumplir con la norma EN ISO 15615

Reguladores

Los reguladores seleccionados deben cumplir con la norma EN ISO 7291.

Mangueras de alta presión

Las mangueras seleccionadas deberán cumplir con la norma EN ISO 14113.

Sellos o empaques

Estos sellos o empaques deberán ser de materiales resistentes a la acetona u otros solventes utilizados.

3.5.4. Limpieza del Sistema

Los sistemas de acetileno no requieren de un alto grado de limpieza o desengrasado. Se recomienda después del montaje realizar un barrido y limpieza del interior de la tubería, usando aire comprimido a alta presión.

El sistema de acetileno antes de ser puesto en funcionamiento debe ser presurizado con un gas inerte, esto asegura la no formación de una mezcla explosiva al entrar en contacto con el aire que puede existir en su interior.

3.6. Trazado final del sistema de gases

El diseño del sistema de oxígeno acetileno se presenta en los planos indicados a continuación:

- Implantación del muelle. PLANO MEC-GI.001
- Diagrama de flujo del sistema de oxígeno. PLANO MEC-GI.002
- Diagrama de flujo del sistema de acetileno. PLANO MEC-GI.003
- Vista en planta del ruteo de las tuberías de oxígeno – acetileno. PLANO MEC-GI.004
- Isométrico del ruteo de las tuberías de oxígeno. PLANO MEC-GI.005
- Isométrico del ruteo de las tuberías de acetileno. PLANO MEC-GI.006
- Detalle de la central de oxígeno. PLANO MEC-GI.007
- Detalle de la central de acetileno. PLANO MEC-GI.008
- Detalle de Puestos de Trabajo. PLANO MEC-GI.009

- Planos de detalle del sistema de distribución de oxígeno.
PLANO MEC-GI.010-1 hasta MEC-GI.010-12
- Planos de detalle del sistema de distribución de acetileno.
PLANO MEC-GI.011-1 hasta MEC-GI.011-17

CAPÍTULO 4

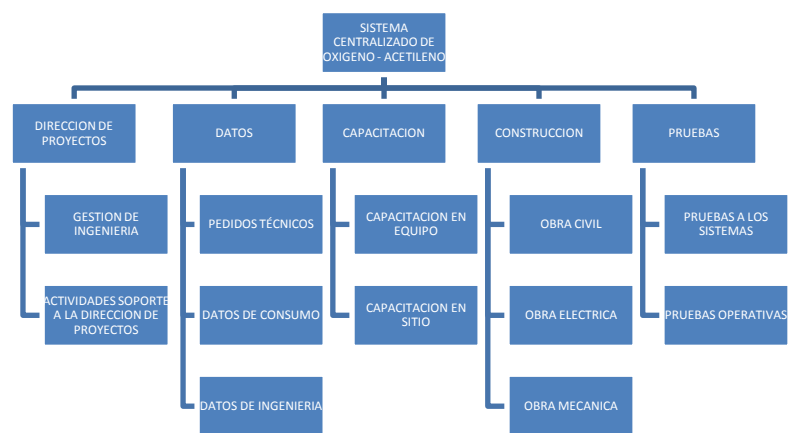
4. PROGRAMA Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA INSTALACIÓN

Una buena planificación de los trabajos a ejecutar y un buen estudio de costos aporta a que un proyecto sea exitoso, por lo cual en este capítulo, se desarrolla un cronograma de las actividades requeridas para construir el sistema diseñado. Luego, se realiza un estudio de costos para la construcción y montaje de estos sistemas.

4.1. Programación del Montaje

Para la elaboración del cronograma de montaje del sistema diseñado, se debe identificar el conjunto de tareas a realizar, indicando la duración de cada una de estas y los recursos requeridos. Siendo estos últimos el recurso humano, materiales y equipos necesarios para el montaje.

Para esto se recomienda realizar una estructura de desglose del trabajo, la cual consiste en subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.



Elaborado por: autor de tesis de grado

FIGURA 4.1 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO

TABLA 19

RUBROS PARA SISTEMAS DE OXÍGENO – ACETILENO

Código	Descripción del rubro	Unidad	Cantidad
1000	Obra civil		
1001	Cimentación y cerramiento para tanque LOX)	Unidad	1
1002	Caseta para bundles de acetileno	Unidad	1
1003	Fundición para puestos de trabajo	Unidad	9
1004	Perforaciones en loza	Unidad	9
2000	Obra eléctrica		
2001	Acometida eléctrica para central de oxígeno	metro	100
2002	Acometida eléctrica para central de acetileno	metro	100
3000	Sistema de acetileno		
3001	Manifold para 2 bundles	Unidad	1
3002	Puestos de trabajo para acetileno	Unidad	33
3003	Tubería en acero inoxidable, tipo 316L sin costura sch 40, diam 1/2"	metro	243,50
3004	Tubería en acero inoxidable, tipo 316L sin costura sch 40, diam 3/4"	metro	40,50
3005	Tubería en acero inoxidable, tipo 316L sin costura sch 40, diam 1"	metro	66,00
4000	Sistema de oxígeno		
4001	Tanque criogénico LOX VS 3000 SC	Unidad	1
4002	Vaporizador atmosférico	Unidad	1
4003	Unidad de regulación principal	Unidad	1
4004	Puesto de trabajo para oxígeno	Unidad	33
4005	Tubería en acero inoxidable, tipo 316L sin costura sch 40, diam 1/2"	metro	221,50
4006	Tubería en acero inoxidable, tipo 316L sin costura sch 40, diam 3/4"	metro	22,00
4007	Tubería en acero inoxidable, tipo 316L sin costura sch 40, diam 1"	metro	63,00
4008	Tubería en acero inoxidable, tipo 316L sin costura sch 40, diam 1 1/2"	metro	43,50

Elaborado por: autor de tesis de grado

En Anexo se presenta el desarrollo del cronograma de instalación de los rubros de obra.

4.2. Análisis de Costos

4.2.1. Cálculo del Volumen de Obra

El cálculo del volumen de obra consiste en contabilizar todos los materiales a instalar para cada uno de los sistemas de

gases, información que es tomada del plano isométrico de los sistemas.

TABLA 20

VOLUMEN DE OBRA DEL SISTEMA DE OXÍGENO

SISTEMA DE OXÍGENO		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO O MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
CENTRAL DE ALMACENAMIENTO DE OXIGENO		
Tanque criogénico LOX VS 3000 SC	Unidad	1
Vaporizador atmosférico	Unidad	1
Unidad de regulación principal	Unidad	1
Manómetro 0 - 400 psi	Unidad	1
Válvula de alivio de presión criogénica, 32 BAR	Unidad	1
Válvula check criogénica	Unidad	1
RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO		
<i>Tubería en acero inoxidable, AISI 312 TP 316L sin costura sch 40</i>		
Ø 1/2"	metro	221,50
Ø 3/4"	metro	22,00
Ø 1"	metro	63,00
Ø 1 1/2"	metro	43,50
<i>Codo en acero inoxidable 90° radio largo, AISI 316L</i>		
Ø 1/2"	Unidad	75
Ø 3/4"	Unidad	5
Ø 1"	Unidad	10
Ø 1 1/2"	Unidad	5
<i>Tee en acero inoxidable, AISI 316L</i>		
Ø 1/2"	Unidad	20
Ø 3/4"	Unidad	5
Ø 1"	Unidad	10
Ø 1 1/4"	Unidad	5
<i>Reducción en acero inoxidable, AISI 316L</i>		
1/2" x 3/4"	Unidad	5
3/4"x1"	Unidad	5
1" x 1 1/2"	Unidad	5
<i>Válvula de bola en acero inoxidable soldable MSS-SP-110 (para uso con oxígeno)</i>		
Ø 1"	Unidad	2
Ø 1 1/2"	Unidad	4
Soportes para tuberías		
Soporte para 1 tubería	Unidad	12
Soporte para 2 tuberías	Unidad	152
Soldadura		
Varilla de soldar tipo 316	kg	10
Varilla de soldar tipo 6011	kg	4
Varilla de soldar tipo 7018	kg	2
PUESTOS DE TRABAJO PARA OXIGENO		
Puesto de trabajo simple para oxígeno (incluye válvula, regulador, retenedor de llama)	Unidad	33

Elaborado por: autor de tesis de grado

TABLA 21
VOLUMEN DE OBRA DEL SISTEMA DE ACETILENO

SISTEMA DE ACETILENO		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO O MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
CENTRAL DE ALMACENAMIENTO DE ACETILENO		
Manifold para 2 bundles	Unidad	1
RED DE DISTRIBUCION DE ACETILENO		
<i>Tubería en acero inoxidable, AISI 312 TP 316L sin costura sch 40</i>		
Ø 1/2"	metro	243,50
Ø 3/4"	metro	40,50
Ø 1"	metro	66,00
<i>Codo en acero inoxidable 90° radio largo, AISI 316L</i>		
Ø 1/2"	Unidad	75
Ø 3/4"	Unidad	5
Ø 1"	Unidad	10
<i>Tee en acero inoxidable, AISI 316L</i>		
Ø 1/2"	Unidad	20
Ø 3/4"	Unidad	5
Ø 1"	Unidad	10
<i>Reducción en acero inoxidable, AISI 316L</i>		
1/2" x 3/4"	Unidad	5
3/4" x 1"	Unidad	5
<i>Válvula de bola en acero inoxidable soldable MSS-SP-110 (para uso con oxígeno)</i>		
Ø 3/4"	Unidad	2
<i>Soportes para tuberías</i>		
Soporte para 1 tubería	Unidad	0
Soporte para 2 tuberías	Unidad	0
<i>Soldadura</i>		
Varilla de soldar tipo 316	kg	10
Varilla de soldar tipo 6011	kg	4
Varilla de soldar tipo 7018	kg	2
PUESTOS DE TRABAJO PARA ACETILENO		
Puesto de trabajo simple para oxígeno (incluye válvula, regulador, retenedor de llama)	Unidad	33

Elaborado por: autor de tesis de grado

4.2.2. Costos Directos

Para el análisis de costos directos se tomará en cuenta los siguientes costos:

- Materiales directos
- Costos de montaje

4.2.2.1. Materiales Directos

En la siguiente tabla se presenta una lista de materiales requeridos para la construcción de los sistemas de oxígeno y acetileno proyectado.

TABLA 22

MATERIALES DIRECTOS DEL SISTEMA DE OXÍGENO

SISTEMA DE OXÍGENO				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO O MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CENTRAL DE ALMACENAMIENTO DE OXIGENO				
Tanque criogénico LOX VS 3000 SC	Unidad	1	\$ 0,00	\$ 0,00
Vaporizador atmosférico	Unidad	1	\$ 0,00	\$ 0,00
Unidad de regulación principal	Unidad	1	\$ 521,36	\$ 521,36
Manómetro 0 - 400 psi	Unidad	1	\$ 50,40	\$ 50,40
Válvula de alivio de presión criogénica, 32 BAR	Unidad	1	\$ 670,32	\$ 670,32
Válvula check criogénica	Unidad	1	\$ 280,00	\$ 280,00
RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO				
<i>Tubería en acero inoxidable, AISI 312 TP 316L sin costura sch 40</i>				
Ø 1/2"	metro	221,50	\$ 14,27	\$ 3.160,13
Ø 3/4"	metro	22,00	\$ 18,41	\$ 404,92
Ø 1"	metro	63,00	\$ 26,64	\$ 1.678,27
Ø 1 1/2"	metro	43,50	\$ 42,49	\$ 1.848,11
<i>Codo en acero inoxidable 90° radio largo, AISI 316L</i>				
Ø 1/2"	Unidad	75	\$ 2,07	\$ 155,40
Ø 3/4"	Unidad	5	\$ 2,77	\$ 13,83
Ø 1"	Unidad	10	\$ 4,21	\$ 42,11
Ø 1 1/2"	Unidad	5	\$ 11,52	\$ 57,62
<i>Tee en acero inoxidable, AISI 316L</i>				
Ø 1/2"	Unidad	20	\$ 2,68	\$ 53,54
Ø 3/4"	Unidad	5	\$ 3,74	\$ 18,70
Ø 1"	Unidad	10	\$ 6,16	\$ 61,60
Ø 1 1/4"	Unidad	5	\$ 11,52	\$ 57,62
<i>Reducción en acero inoxidable, AISI 316L</i>				
1/2" x 3/4"	Unidad	5	\$ 2,03	\$ 10,14
3/4" x 1"	Unidad	5	\$ 2,62	\$ 13,10
1" x 1 1/2"	Unidad	5	\$ 4,79	\$ 23,97
<i>Válvula de bola en acero inoxidable soldable MSS-SP-110 (para uso con oxígeno)</i>				
Ø 1"	Unidad	2	\$ 100,80	\$ 201,60
Ø 1 1/2"	Unidad	4	\$ 134,40	\$ 537,60
<i>Soportes para tuberías</i>				
Soporte para 1 tubería	Unidad	12	\$ 16,80	\$ 201,60
Soporte para 2 tuberías	Unidad	152	\$ 22,40	\$ 3.404,80
<i>Soldadura</i>				
Varilla de soldar tipo 316	kg	10	\$ 12,32	\$ 123,20
Varilla de soldar tipo 6011	kg	4	\$ 4,93	\$ 19,72
Varilla de soldar tipo 7018	kg	2	\$ 7,39	\$ 14,78
PUESTOS DE TRABAJO PARA OXIGENO				
Puesto de trabajo simple para oxígeno (incluye válvula, regulador, retenedor de llama)	Unidad	33	\$ 224,00	\$ 7.392,00
COSTO MATERIALES DIRECTOS -SISTEMA DE OXIGENO				\$ 21.016,44

Elaborado por: autor de tesis de grado

TABLA 23

MATERIALES DIRECTOS DEL SISTEMA DE ACETILENO

SISTEMA DE ACETILENO				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO O MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CENTRAL DE ALMACENAMIENTO DE ACETILENO				
Manifold para 2 bundles	Unidad	1	\$ 1.344,00	\$ 1.344,00
RED DE DISTRIBUCION DE ACETILENO				
Tubería en acero inoxidable, AISI 312 TP 316L sin costura sch 40				
Ø 1/2"	metro	243,50	\$ 14,27	\$ 3.474,75
Ø 3/4"	metro	40,50	\$ 18,41	\$ 745,61
Ø 1"	metro	66,00	\$ 26,64	\$ 1.758,24
Codo en acero inoxidable 90° radio largo, AISI 316L				
Ø 1/2"	Unidad	75	\$ 2,07	\$ 155,25
Ø 3/4"	Unidad	5	\$ 2,77	\$ 13,85
Ø 1"	Unidad	10	\$ 4,21	\$ 42,10
Tee en acero inoxidable, AISI 316L				
Ø 1/2"	Unidad	20	\$ 2,68	\$ 53,60
Ø 3/4"	Unidad	5	\$ 3,74	\$ 18,70
Ø 1"	Unidad	10	\$ 6,16	\$ 61,60
Reducción en acero inoxidable, AISI 316L				
1/2" x 3/4"	Unidad	5	\$ 2,03	\$ 10,15
3/4" x 1"	Unidad	5	\$ 2,62	\$ 13,10
Válvula de bola en acero inoxidable soldable MSS-SP-110 (para uso con oxígeno)				
Ø 3/4"	Unidad	2	\$ 60,00	\$ 120,00
Soportes para tuberías				
Soporte para 1 tubería	Unidad	0	\$ 16,80	\$ 0,00
Soporte para 2 tuberías	Unidad	0	\$ 22,40	\$ 0,00
Soldadura				
Varilla de soldar tipo 316	kg	10	\$ 12,32	\$ 123,20
Varilla de soldar tipo 6011	kg	4	\$ 4,93	\$ 19,72
Varilla de soldar tipo 7018	kg	2	\$ 7,39	\$ 14,78
PUESTOS DE TRABAJO PARA ACETILENO				
Puesto de trabajo simple para oxígeno (incluye válvula, regulador, retenedor de llama)	Unidad	33	\$ 224,00	\$ 7.392,00
COSTO MATERIALES DIRECTOS - SISTEMA DE ACETILENO				\$ 15.360,64

Elaborado por: autor de tesis de grado

4.2.2.2. Costos de Montaje

Para el análisis del costo de mano de obra se considerará el tiempo de ejecución, rendimiento y el costo hora- hombre.

A continuación, se adjunta una lista del personal requerido para la obra y para lo cual se arman equipos de trabajo.

TABLA 24

PERSONAL DE OBRA

CARGO	CANTIDAD
Supervisor mecánico	1
Supervisor de seguridad	1
Soldador	2
Tubero	2
Ayudante mecánico	2
Pintor	1
Ayudante pintor	1

Elaborado por: autor de tesis de grado

TABLA 25

EQUIPOS DE TRABAJO

EQUIPOS DE TRABAJO	
EQUIPO 1	
Soldador	1
Tubero	1
Ayudante mecánico	1
EQUIPO 2	
Soldador	1
Tubero	1
Ayudante mecánico	1
EQUIPO 3	
Pintor	1
Ayudante Pintor	1

Elaborado por: autor de tesis de grado

En el anexo, se presenta la tabla de salarios, con lo cual se puede obtener el costo hora- hombre.

TABLA 26
COSTO DE MONTAJE

Código	Descripción del rubro	Unidad	Cantidad	Total Horas	Costo Hora	Costo Total
3000	Sistema de acetileno					
3001	Manifold para 2 bundles	Unidad	1	4	\$ 39,34	\$ 157,36
3002	Puestos de trabajo para acetileno	Unidad	33	8	\$ 39,34	\$ 314,72
4005	Tubería en acero inoxidable, tipo 316 sin costura sch 40, diam 1/2"	metro	243,50	48	\$ 53,12	\$ 2.549,76
4006	Tubería en acero inoxidable, tipo 316 sin costura sch 40, diam 3/4"	metro	40,50	8	\$ 53,12	\$ 424,96
4007	Tubería en acero inoxidable, tipo 316 sin costura sch 40, diam 1"	metro	66,00	12,8	\$ 53,12	\$ 679,94
4000	Sistema de oxígeno					
4001	Tanque criogénico LOX VS 3000 SC	Unidad	1	2	\$ 39,34	\$ 78,68
4002	Vaporizador atmosférico	Unidad	1	2	\$ 39,34	\$ 78,68
4003	Unidad de regulación principal	Unidad	1	2	\$ 39,34	\$ 78,68
4004	Puesto de trabajo para oxígeno	Unidad	33	8	\$ 39,34	\$ 314,72
4005	Tubería en acero inoxidable, tipo 316 sin costura sch 40, diam 1/2"	metro	221,50	48	\$ 53,12	\$ 2.549,76
4006	Tubería en acero inoxidable, tipo 316 sin costura sch 40, diam 3/4"	metro	22,00	4	\$ 53,12	\$ 212,48
4007	Tubería en acero inoxidable, tipo 316 sin costura sch 40, diam 1"	metro	63,00	12,8	\$ 53,12	\$ 679,94
4008	Tubería en acero inoxidable, tipo 316 sin costura sch 40, diam 1 1/2"	metro	43,50	8,8	\$ 53,12	\$ 467,46
5000	Sopotería					
2001	Soporte para 1 tubo	Unidad	12	16	\$ 39,34	\$ 629,44
2002	Soporte para 2 tubos	Unidad	152	80	\$ 39,34	\$ 3.147,20
COSTO DE MONTAJE						\$ 12.363,77

Elaborado por: autor de tesis de grado

4.2.2.3. Total Costo Directo

La tabla a continuación resume el costo total directo de la obra:

TABLA 27
TOTAL COSTO DIRECTO

DESCRIPCION DEL COSTO DIRECTO	COSTO
MATERIALES DIRECTOS	\$ 36.377,08
COSTO DE MONTAJE	\$ 12.363,77
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (5% M.O)	\$ 618,19
TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 49.359,04

Elaborado por: autor de tesis de grado

4.2.3. Costos Indirectos

En los costos indirectos se va a considerar:

- Materiales indirectos
- Gastos indirectos

4.2.3.1. Materiales Indirectos

Para el costo indirecto por materiales se considera un porcentaje entre el 2% y 3 % del costo de materiales y costo de montaje directo.

4.2.3.2. Gastos Indirectos

Los gastos indirectos son valores porcentuales respecto al costo directo de la obra, en estos se considera lo siguiente:

Impuestos y tributos fijos, estos costos son porcentajes de:

1. Retención de Impuesto a la Renta (2%)
2. Otros (1%).

Garantías pre y contractuales, en estos costos se considera pólizas por:

1. Fiel cumplimiento de la obra (5%)

2. Buen uso del anticipo (100%)
3. Otros, tales como vehículos equipos y herramientas (2%)

Administrativos, estos costos considera lo indicado en la tabla a continuación:

TABLA 28
GASTOS ADMINISTRATIVOS

Misceláneos
Costo y mantenimiento de oficina
Utiles de oficina, aseo y cafetería
Seguros y mantenimiento de equipos
Gastos de viaje
Servicios públicos (agua, luz, telf ,...)
Fotocopias
Gastos notariales (EJ: 0.12%)
Gastos bancarios
Transporte
Correo
Servicios médicos, botiquin
Biblioteca
Salarios y prestaciones sociales
Personal administrativo no reembolsable
Personal profesional no reembolsable
Personal, aseo, vigilancia
Otros gastos no reembolsables
Asesorías
Asociaciones profesionales y suscripciones
Preparación propuestas
Participación cursos y seminarios
Reposición de equipos
Representación y promoción

Fuente: AGA S.A. , autor de tesis de grado

4.2.3.3. Total Costo Indirecto

El costo total indirecto del proyecto es un valor porcentual de los costos directos y se muestra en la tabla adjunta:

TABLA 29
COSTOS INDIRECTOS

COSTO INDIRECTO	PORCENTAJE
Materiales y montaje	2%
IMPUESTOS Y TRIBUTOS FIJOS	3%
GARANTIAS PRE Y CONTRACTUALES	1%
GASTOS ADMINISTRATIVOS	18%
UTILIDAD	20%
TOTAL INDIRECTOS	44%

Elaborado por: autor de tesis de grado

Aquí se considera el porcentaje de utilidad asignado a éste proyecto, el cual estaría en un 20%.

4.2.4. Costo Total del Proyecto

El costo total del proyecto será la suma de los costos directos y los costos indirectos.

TABLA 30
COSTO TOTAL DEL PROYECTO

COSTO TOTAL DEL PROYECTO		TOTAL
COSTOS DIRECTOS		\$ 49.359,04
COSTOS INDIRECTOS	44%	\$ 21.717,98
TOTAL		\$ 71.077,02

Elaborado por: autor de tesis de grado

Cabe indicar que a éste costo se deberá incrementar el 12% del I.V.A.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presenta las conclusiones y recomendaciones al trabajo desarrollado.

5.1. Conclusiones

1. Para cubrir la demanda de oxígeno presentada en el muelle por trabajo de reparación y corte de planchas metálicas, se seleccionó un tanque criogénico para almacenamiento de oxígeno con capacidad de 11470 L el cual tendrá una autonomía de 26 días. Y para cubrir la demanda de acetileno se seleccionó una central con conexión a 2 jaulas de acumuladores, donde cada jaula contiene 12 acumuladores de $5,03 \text{ m}^3$ cada uno, obteniendo una autonomía de 4 días.

2. El material seleccionado para los sistemas de oxígeno y acetileno es AISI 312 TP 316L Seamless /B36.19 (ó DIN 1.404). Este material es compatible con ambos gases y a su vez es muy resistente a la corrosión.
3. Para cubrir la demanda de puestos de trabajos se proyectó 8 puntos de consumo para la conexión de 4 sopletes de corte y 1 punto de consumo para la conexión de una máquina de corte, estos estarán distribuidos a lo largo y ancho del muelle
4. Se presentó en planos el diseño para cada sistema de gas, además de un cronograma con desglose de tareas a ejecutar y un análisis de costos para la construcción de estos sistemas, alcanzando un monto de \$ 71.077.
5. Finalmente, se puede indicar que con la implementación de estos se obtendría grandes ventajas como: reducir niveles de riesgos laborales, control y ahorro en consumo de gases, se elimina la rotación y espacios para almacenamiento de cilindros de oxígeno, entre otras.

5.2. Recomendaciones

1. El sistema diseñado se proyectó para una ampliación futura hasta un 20% de consumo.
2. Para el montaje de estos sistemas se debe seleccionar personal altamente calificado.
3. Luego de la implementación de estos sistemas se debe realizar un procedimiento de inspección para cada una de las centrales de gases, donde se deberán incluir pruebas de fugas y evaluación del estado de las tuberías debido al ambiente salino presente

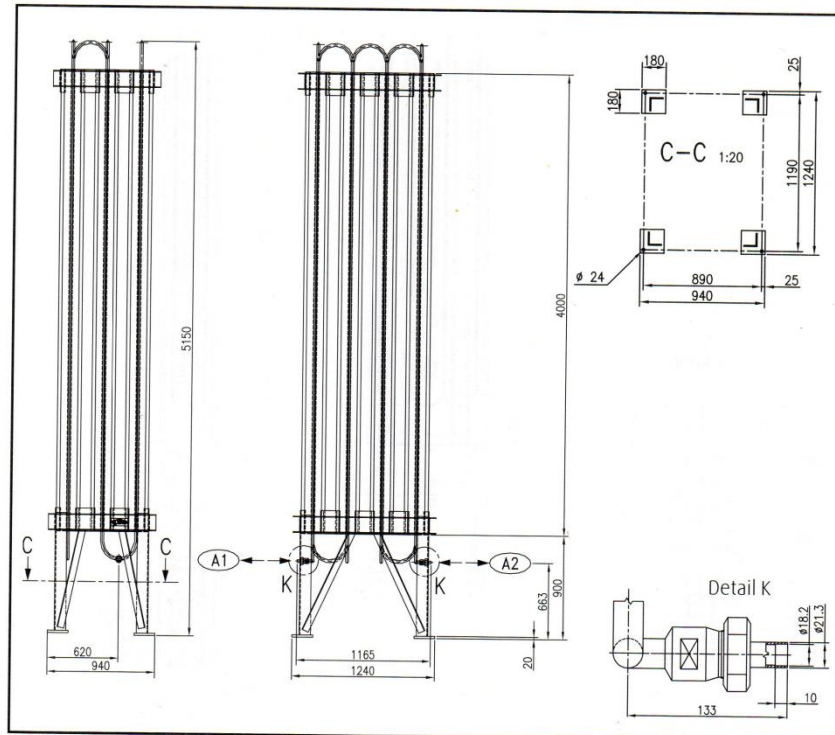
APÉNDICES

APÉNDICE A: Especificaciones técnicas de vaporizador ambiental.

Technisches Datenblatt
TECHNICAL DATA SHEET

Linde Engineering

Linde



Verdampfertyp Standardausführung - Luft beheizt	VAPORIZER TYPE STANDARD DESIGN - AIR HEATED	L 40 - 12 F 4 - L
Auslegung, Abnahme, Qualität Richtlinie über Druckgeräte 97/23/EG AD 2000-Merkblätter Benannte Stelle, Kenn-Nr. 0036 Qualitätsmanagementsystem nach EN ISO 9001	DESIGN, FINAL ASSESSMENT, QUALITY DIRECTIVE OF PRESSURE VESSELS 97/23/EC AD 2000-MERKBLÄTTER NOTIFIED BODY, IDENTIFICATION NO. 0036 QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ACC. TO EN ISO 9001	
Technische Daten äußere Wärmeübertragungsfläche Leergewicht / max. Betriebsgewicht max. zulässiger Betriebsdruck max. mögliche Erdbebenbeschleunigung Schraubenauszugskraft (bei 140 km/h Windgeschwindigkeit)	TECHNICAL DATA EXTERNAL HEAT TRANSFER SURFACE WEIGHT EMPTY / MAX. SERVICE WEIGHT MAX. ALLOWABLE WORK PRESSURE MAX. POSSIBLE EARTHQUAKE ACCELERATION SCREW FORCE (AT 140 KM/H WIND VELOCITY)	74,5 m ² 259 / 1219 kg 40 bar (g) 5 m/s ² 7104 N
Nennleistung N _v / O _v / A _v (bei 20 °C Umgebungstemperatur)	NOMINAL RATED CAPACITY N _v / O _v / A _v (AMBIENT TEMPERATURE AT 20 °C)	260 / 239 / 299 Nm ³ /h
Anschlüsse (Eintritt A1 / Austritt A2) Schraubanschluss; siehe Detail K	CONNECTIONS (INLET A1 / OUTLET A2) SCREW CONNECTION; SEE DETAIL K	DN 15 / PN 40

Verdampfer - Luft beheizt - Technisches Datenblatt
VAPORIZER - AIR HEATED - TECHNICAL DATA SHEET

Ausgabe 10 / 2005 / D
ISSUE 10 / 2005 / E

Anlage 10
ANNEX 10

APÉNDICE B: Dimensionado de tuberías para el sistema de oxígeno

DIMENSIONADO DE TUBERÍAS DEL SISTEMA DE OXÍGENO													
Tramo	Presión inicio en línea (Barg)	Caudal (Sm ³ /h)	Caudal [Q+20%Q] (Sm ³ /h)	Caudal (m ³ /h)	Longitud del tramo (m)	Longitud Accesorios	Longitud total [L+10%L] (m)	Diametro de tubería (m)	Reynolds	Factor de fricción	Caida de Presión (Barg)	Presión Final en línea (Barg)	Velocidad (m/s)
1-2	10,00	165,4	198,48	18,26	43,90	4,39	48,29	0,0410	115835	0,01754	0,022	9,98	3,84
2-3	9,98	150,4	180,48	16,63	44,50	4,45	48,95	0,0266	162682	0,01664	0,156	9,82	8,31
3-4	9,82	75,2	90,24	8,44	5,90	0,59	6,49	0,0266	82510	0,01888	0,006	9,82	4,22
4-5	9,82	56,4	67,68	6,33	10,00	1,00	11,00	0,0158	104240	0,01831	0,075	9,74	8,97
5-6	9,74	37,6	45,12	4,25	14,00	1,40	15,40	0,0158	69981	0,01973	0,051	9,69	6,02
6-7	9,69	18,8	22,56	2,14	28,60	2,86	31,46	0,0158	35158	0,02278	0,031	9,66	3,03
1-7							161,59				0,341		
1-2	10,00	165,4	198,48	18,26	43,90	4,39	48,29	0,0410	115835	0,01754	0,022	9,98	3,84
2-3	9,98	150,4	180,48	16,63	44,50	4,45	48,95	0,0266	162682	0,01664	0,156	9,82	8,31
3-4	9,82	75,2	90,24	8,44	5,90	0,59	6,49	0,0266	82510	0,01888	0,006	9,82	4,22
4-4'	9,82	18,8	22,56	2,11	13,60	1,36	14,96	0,0158	34747	0,02284	0,014	9,80	2,99
1-4'							118,69				0,198		
1-2	10,00	165,4	198,48	18,26	43,90	4,39	48,29	0,0410	115835	0,01754	0,022	9,98	3,84
2-3	9,98	150,4	180,48	16,63	44,50	4,45	48,95	0,0266	162682	0,01664	0,156	9,82	8,31
3-4	9,82	75,2	90,24	8,44	5,90	0,59	6,49	0,0266	82510	0,01888	0,006	9,82	4,22
4-5	9,82	56,4	67,68	6,33	10,00	1,00	11,00	0,0158	104182	0,01831	0,075	9,75	8,96
5-5'	9,82	18,8	22,56	2,11	13,60	1,36	14,96	0,0158	34747	0,02284	0,014	9,80	2,99
1-5'							129,69				0,274		
1-2	10,00	165,4	198,48	18,26	43,90	4,39	48,29	0,0410	115835	0,01754	0,022	9,98	3,84
2-3	9,98	150,4	180,48	16,63	44,50	4,45	48,95	0,0266	162682	0,01664	0,156	9,82	8,31
3-4	9,82	75,2	90,24	8,44	5,90	0,59	6,49	0,0266	82510	0,01888	0,006	9,82	4,22
4-5	9,82	56,4	67,68	6,33	10,00	1,00	11,00	0,0158	104182	0,01831	0,075	9,75	8,96
5-6	9,82	37,6	45,12	4,22	14,00	1,40	15,40	0,0158	69455	0,01976	0,051	9,77	5,98
6-6'	9,82	18,8	22,56	2,11	13,60	1,36	14,96	0,0158	34747	0,02284	0,014	9,80	2,99
1-6'							145,09				0,324		
1-2	10,00	165,4	198,48	18,26	43,90	4,39	48,29	0,0410	115835	0,01754	0,022	9,98	3,84
2-3	9,98	150,4	180,48	16,63	44,50	4,45	48,95	0,0266	162682	0,01664	0,156	9,82	8,31
3-8	9,82	75,2	90,24	8,44	13,00	1,30	14,30	0,0266	82510	0,01888	0,013	9,81	4,22
8-9	9,81	56,4	67,68	6,34	22,00	2,20	24,20	0,0209	78856	0,01914	0,043	9,77	5,13
9-10	9,77	37,6	45,12	4,24	24,00	2,40	26,40	0,0158	69817	0,01974	0,088	9,68	6,01
10-11	9,68	18,8	22,56	2,14	37,60	3,76	41,36	0,0158	35194	0,02277	0,040	9,64	3,03
1-11							203,50				0,362		

Peso molecular	32	Para oxígeno
Temperatura del gas	15	°C
Presión del gas	10	Barg
Rugosidad de la tubería	0,000002	m
Viscosidad dinámica	0,00002	Pa.s
Densidad del gas	14,710	kg/m ³
Viscosidad cinemática	0,0000014	m ² /s
Porcentaje de ampliación futura	20%	
Caída de Presión Permisible (5%P _{gas})	0,5	Barg

APÉNDICE C: Dimensionado de tuberías para el sistema de acetileno

DIMENSIONADO DE TUBERÍAS PARA ACETILENO														
Tramo	Presión inicio en línea (Barg)	Caudal (Sm3/h)	Caudal [Q+20%Q] (Sm3/h)	Caudal (m3/h)	Longitud del tramo (m)	Longitud Accesorios	Longitud total [L+10%L] (m)	Dámetro interno de tubería (m)	Reynolds	Factor de fricción	Caída de Presión (Barg)	Presión Final en línea (Barg)	Velocidad (m/s)	Espesor mínimo de pared (mm)
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	22.00	2.20	24.20	0.0266	26945	0.02408	0.005	0.99	4.58	0.126
2-3	0.99	14.72	17.664	8.93	44.50	4.45	48.95	0.0266	26107	0.02426	0.010	0.98	4.44	0.126
3-4	0.98	7.36	8.832	4.48	5.90	0.59	6.49	0.0209	16695	0.02711	0.001	0.98	3.61	0.101
4-5	0.98	5.52	6.624	3.36	10.00	1.00	11.00	0.0158	16596	0.02720	0.005	0.98	4.76	0.080
5-6	0.98	3.68	4.416	2.25	14.00	1.40	15.40	0.0158	11090	0.03019	0.003	0.98	3.18	0.080
6-7	0.98	1.84	2.208	1.12	26.60	2.86	31.46	0.0158	5554	0.03666	0.002	0.97	1.59	0.080
1-7							137.50				0.026			
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	43.90	4.39	48.29	0.0266	26945	0.02408	0.010	0.99	4.58	0.126
2-3	0.99	14.72	17.664	8.93	44.50	4.45	48.95	0.0266	26173	0.02425	0.010	0.98	4.45	0.126
3-4	0.98	7.36	8.832	4.49	5.90	0.59	6.49	0.0209	16737	0.02709	0.001	0.98	3.62	0.101
4-4'	0.98	1.84	2.208	1.12	13.60	1.36	14.96	0.0158	5546	0.03668	0.001	0.98	1.59	0.080
1-4'							118.69				0.022			
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	43.90	4.39	48.29	0.0266	26945	0.02408	0.010	0.99	4.58	0.126
2-3	0.99	14.72	17.664	8.93	44.50	4.45	48.95	0.0266	26173	0.02425	0.010	0.98	4.45	0.126
3-4	0.98	7.36	8.832	4.49	5.90	0.59	6.49	0.0209	16737	0.02709	0.001	0.98	3.62	0.101
4-5	0.98	5.52	6.624	3.37	10.00	1.00	11.00	0.0158	16628	0.02719	0.005	0.98	4.77	0.080
5-5	0.98	1.84	2.208	1.12	13.60	1.36	14.96	0.0158	5546	0.03668	0.001	0.98	1.59	0.080
1-5'							129.69				0.027			
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	43.90	4.39	48.29	0.0266	26945	0.02408	0.010	0.99	4.58	0.126
2-3	0.99	14.72	17.664	8.93	44.50	4.45	48.95	0.0266	26173	0.02425	0.010	0.98	4.45	0.126
3-4	0.98	7.36	8.832	4.49	5.90	0.59	6.49	0.0209	16737	0.02709	0.001	0.98	3.62	0.101
4-5	0.98	5.52	6.624	3.37	10.00	1.00	11.00	0.0158	16628	0.02719	0.005	0.98	4.77	0.080
5-6	0.98	3.68	4.416	2.24	14.00	1.40	15.40	0.0158	11086	0.03019	0.003	0.98	3.18	0.080
6-6'	0.98	1.84	2.208	1.12	13.60	1.36	14.96	0.0158	5546	0.03668	0.001	0.98	1.59	0.080
1-6'							145.09				0.030			
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	43.90	4.39	48.29	0.0266	26945	0.02408	0.010	0.99	4.58	0.126
2-3	0.99	14.72	17.664	8.93	44.50	4.45	48.95	0.0266	26173	0.02425	0.010	0.98	4.45	0.126
3-8	0.98	7.36	8.832	4.49	13.00	1.30	14.30	0.0209	16737	0.02709	0.003	0.98	3.62	0.101
8-9	0.98	5.52	6.624	3.37	22.00	2.20	24.20	0.0209	12570	0.02916	0.003	0.97	2.72	0.101
9-10	0.97	3.68	4.416	2.25	24.00	2.40	26.40	0.0158	11116	0.03017	0.006	0.97	3.19	0.080
10-11	0.97	1.84	2.208	1.13	37.60	3.76	41.36	0.0158	5574	0.03662	0.003	0.97	1.60	0.080
1-11							203.50				0.033			
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	43.90	4.39	48.29	0.0266	26945	0.02408	0.010	0.99	4.58	0.126
2-2'	0.99	0.51	0.612	0.31	44.50	4.45	48.95	0.0158	1529	0.05616	0.000	0.99	0.44	0.126
1-2'							97.24				0.010			
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	43.90	4.39	48.29	0.0266	26945	0.02408	0.010	0.99	4.58	0.126
2-3	0.99	14.72	17.664	8.93	44.50	4.45	48.95	0.0266	26173	0.02425	0.010	0.98	4.45	0.126
3-8	0.98	7.36	8.832	4.49	13.00	1.30	14.30	0.0209	16737	0.02709	0.003	0.98	3.62	0.101
8-8'	0.98	1.84	2.208	1.12	13.60	1.36	14.96	0.0158	5550	0.03667	0.001	0.98	1.59	0.080
1-8'							126.50				0.023			
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	43.90	4.39	48.29	0.0266	26945	0.02408	0.010	0.99	4.58	0.126
2-3	0.99	14.72	17.664	8.93	44.50	4.45	48.95	0.0266	26173	0.02425	0.010	0.98	4.45	0.126
3-8	0.98	7.36	8.832	4.49	13.00	1.30	14.30	0.0209	16737	0.02709	0.003	0.98	3.62	0.101
8-9	0.98	5.52	6.624	3.37	22.00	2.20	24.20	0.0209	12553	0.02917	0.003	0.98	2.72	0.101
9-9'	0.98	1.84	2.208	1.12	13.60	1.36	14.96	0.0158	5550	0.03667	0.001	0.98	1.59	0.080
1-9'							150.70				0.026			
1-2	1.00	15.23	18.276	9.20	43.90	4.39	48.29	0.0266	26945	0.02408	0.010	0.99	4.58	0.126
2-3	0.99	14.72	17.664	8.93	44.50	4.45	48.95	0.0266	26173	0.02425	0.010	0.98	4.45	0.126
3-8	0.98	7.36	8.832	4.49	13.00	1.30	14.30	0.0209	16737	0.02709	0.003	0.98	3.62	0.101
8-9	0.98	5.52	6.624	3.37	22.00	2.20	24.20	0.0209	12553	0.02917	0.003	0.98	2.72	0.101
9-10	0.98	3.68	4.416	2.24	24.00	2.40	26.40	0.0158	11086	0.03019	0.006	0.97	3.18	0.080
10-10'	0.98	1.84	2.208	1.12	13.60	1.36	14.96	0.0158	5550	0.03667	0.001	0.98	1.59	0.080
1-10'							177.10				0.032			

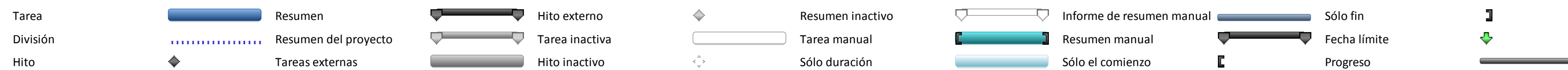
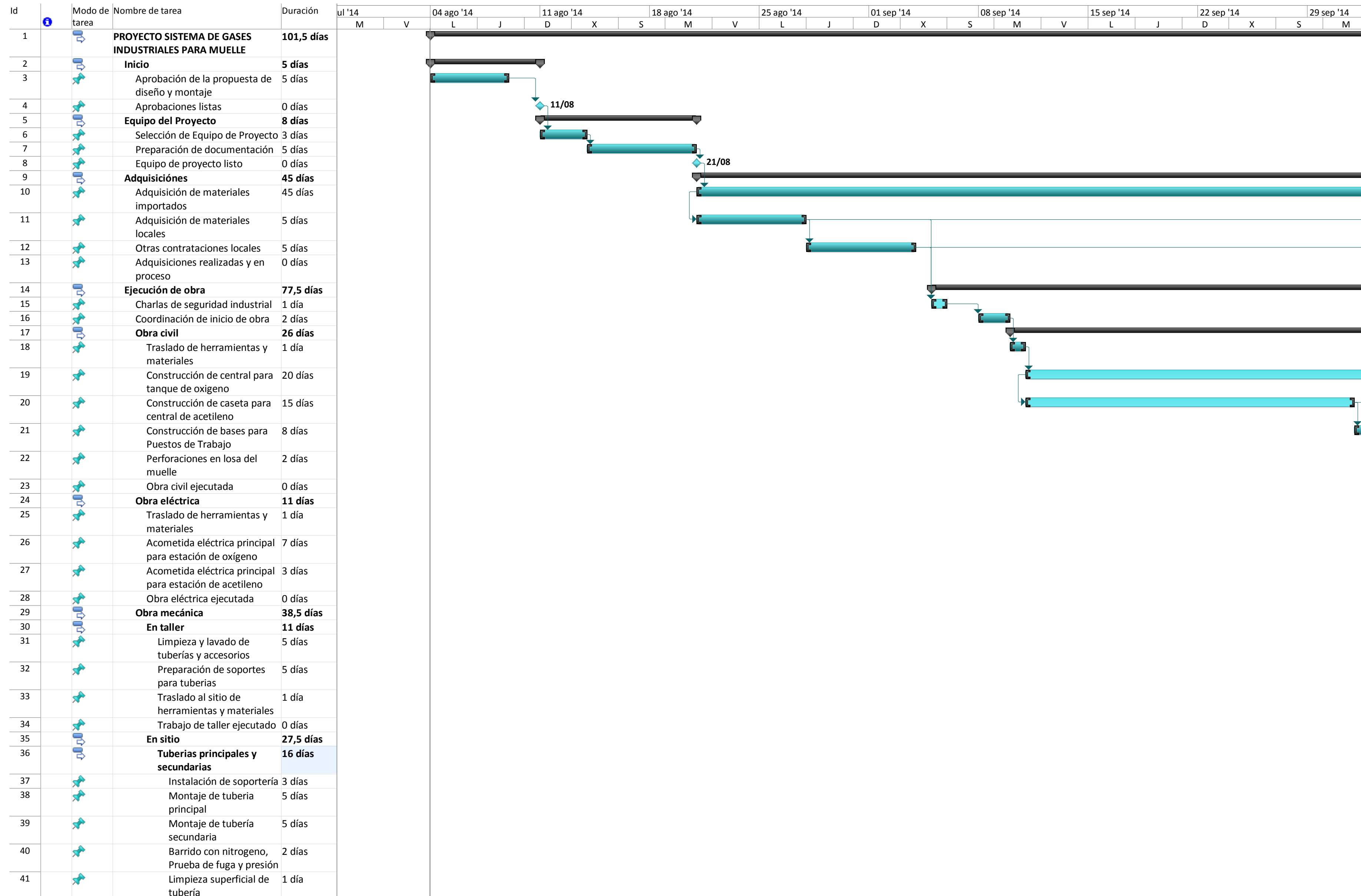
Peso molecular	26	Para acetileno
Temperatura del gas	15	°C
Presión del gas	1	Barg
Rugosidad de la tubería	0,000002	m
Viscosidad dinámica	0,0000099	Pa.s
Densidad del gas	2,185	kg/m3
Viscosidad cinemática	0,0000045	m2/s
Porcentaje de ampliación futura	20%	
Caída de Presión Permisible (5%Pgás)	0,05	Barg

APÉNDICE D: Cronograma de montaje del sistema oxígeno - combustible

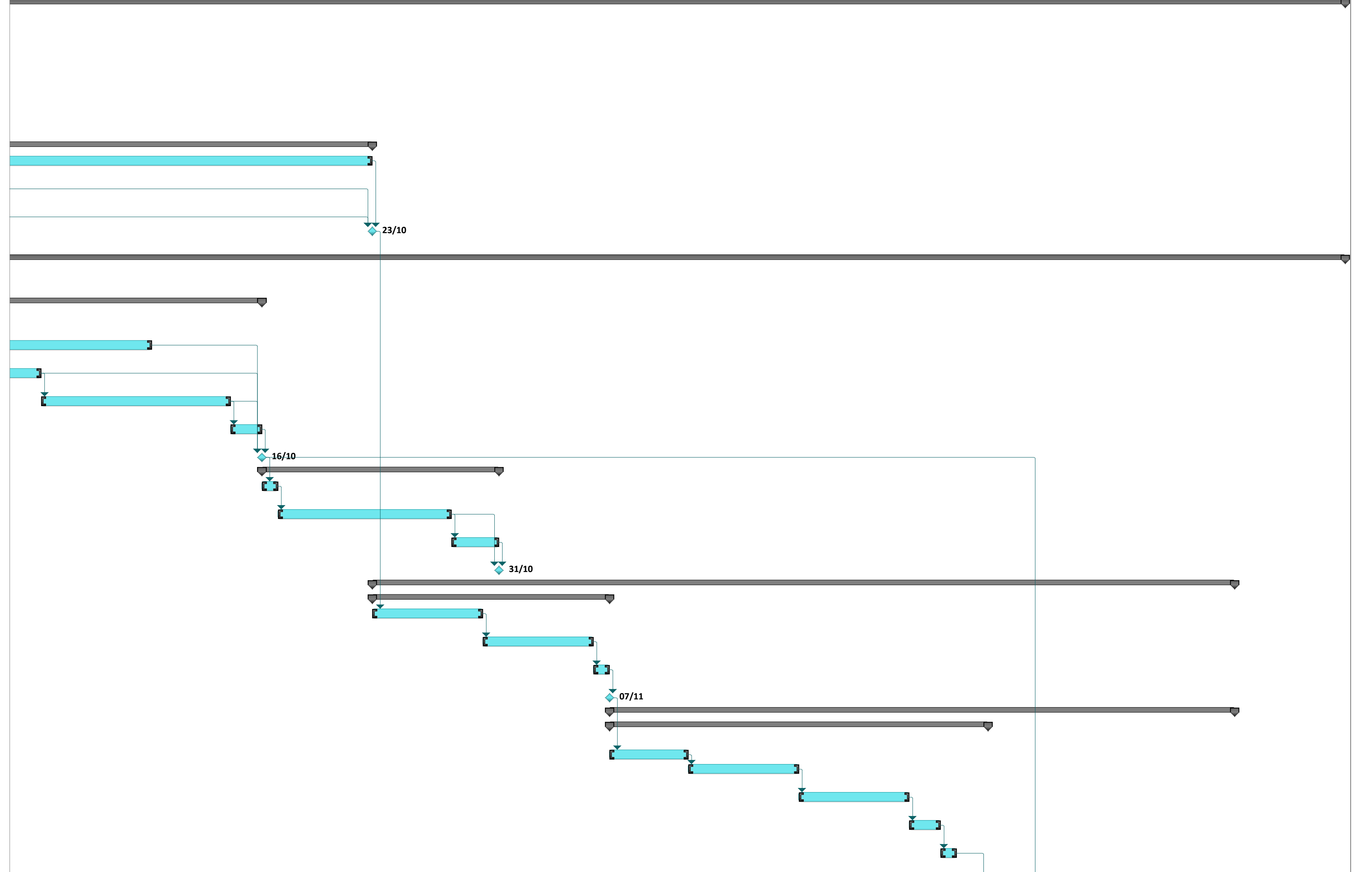
BIBLIOGRAFÍA

1. AGA AB, Lidingö, Sweden, Aga Gas Handbook, Año 1985, Editada por Kersti Ahlberg.
2. CRANE, Flujo de Fluidos en Válvulas⁴, Accesorios y Tuberías, Editorial Mc Graw Hill.
3. EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION, Code of practice acetylene IGC Doc 123/04/E. EIGA
4. EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION, Oxygen pipeline systems IGC Doc 13/02/E. EIGA
5. FOX ROBERT W. Y MCDONALD ALAN T, Introducción a la Mecánica de Fluidos, Cuarta Edición, Editorial Mc Graw Hill.
6. GUERRERO MACÍAS GUSTAVO, Proyectos de Inversión, Segunda Edición, Unidad de Publicaciones de la ESPOL.

7. REYES MORENO GILBERTO, Tecnologías del Corte y de la Soldadura de Metales, Primera Edición, Negocios Gráficos Antares E.I.R.L.



sep '14 06 oct '14 13 oct '14 20 oct '14 27 oct '14 03 nov '14 10 nov '14 17 nov '14 24 nov '14 01 dic '14 08 dic '14 15 dic '14 22 dic '14
 M V L J D X S M V L J D X S M V L J D X S M V L J D X S M

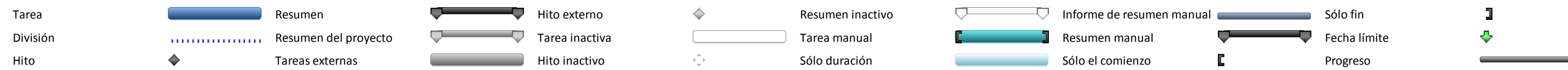
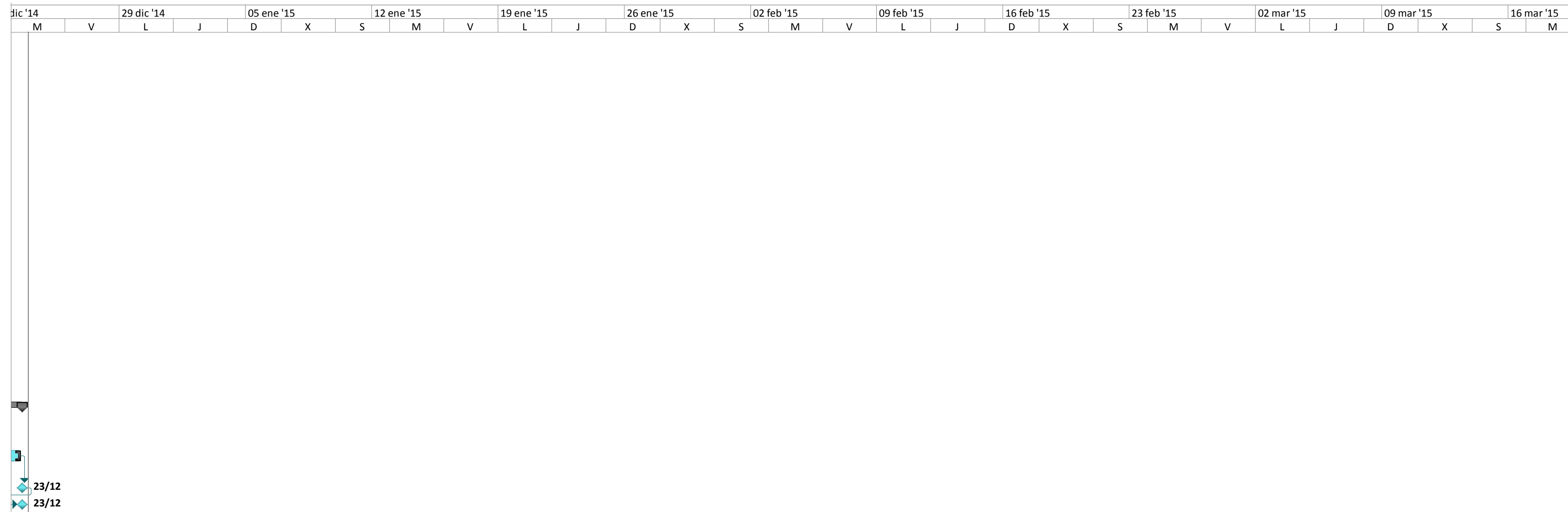


- | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|----------------------|--|----------------|--|------------------|--|---------------------------|--|--|--------------|--|
| Tarea | | Resumen | | Hito externo | | Resumen inactivo | | Informe de resumen manual | | | Sólo fin | |
| División | | Resumen del proyecto | | Tarea inactiva | | Tarea manual | | | | | Fecha límite | |
| Hito | | Tareas externas | | Hito inactivo | | Sólo duración | | | | | Progreso | |

dic '14		29 dic '14		05 ene '15			12 ene '15		19 ene '15			26 ene '15			02 feb '15		09 feb '15		16 feb '15			23 feb '15			02 mar '15		09 mar '15		16 mar '15	
M	V	L	J	D	X	S	M	V	L	J	D	X	S	M	V	L	J	D	X	S	M	V	L	J	D	X	S	M		



- | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|----------------------|--|----------------|--|------------------|--|--------------|--|---------------------------|--|------------------|--|--------------|--|----------|--|
| Tarea | | Resumen | | Hito externo | | Resumen inactivo | | Tarea manual | | Informe de resumen manual | | Sólo fin | | Fecha límite | | Progreso | |
| División | | Resumen del proyecto | | Tarea inactiva | | Sólo duración | | Tarea manual | | Resumen manual | | Sólo el comienzo | | Fecha límite | | Progreso | |
| Hito | | Tareas externas | | Hito inactivo | | Sólo duración | | Tarea manual | | Resumen manual | | Sólo el comienzo | | Fecha límite | | Progreso | |

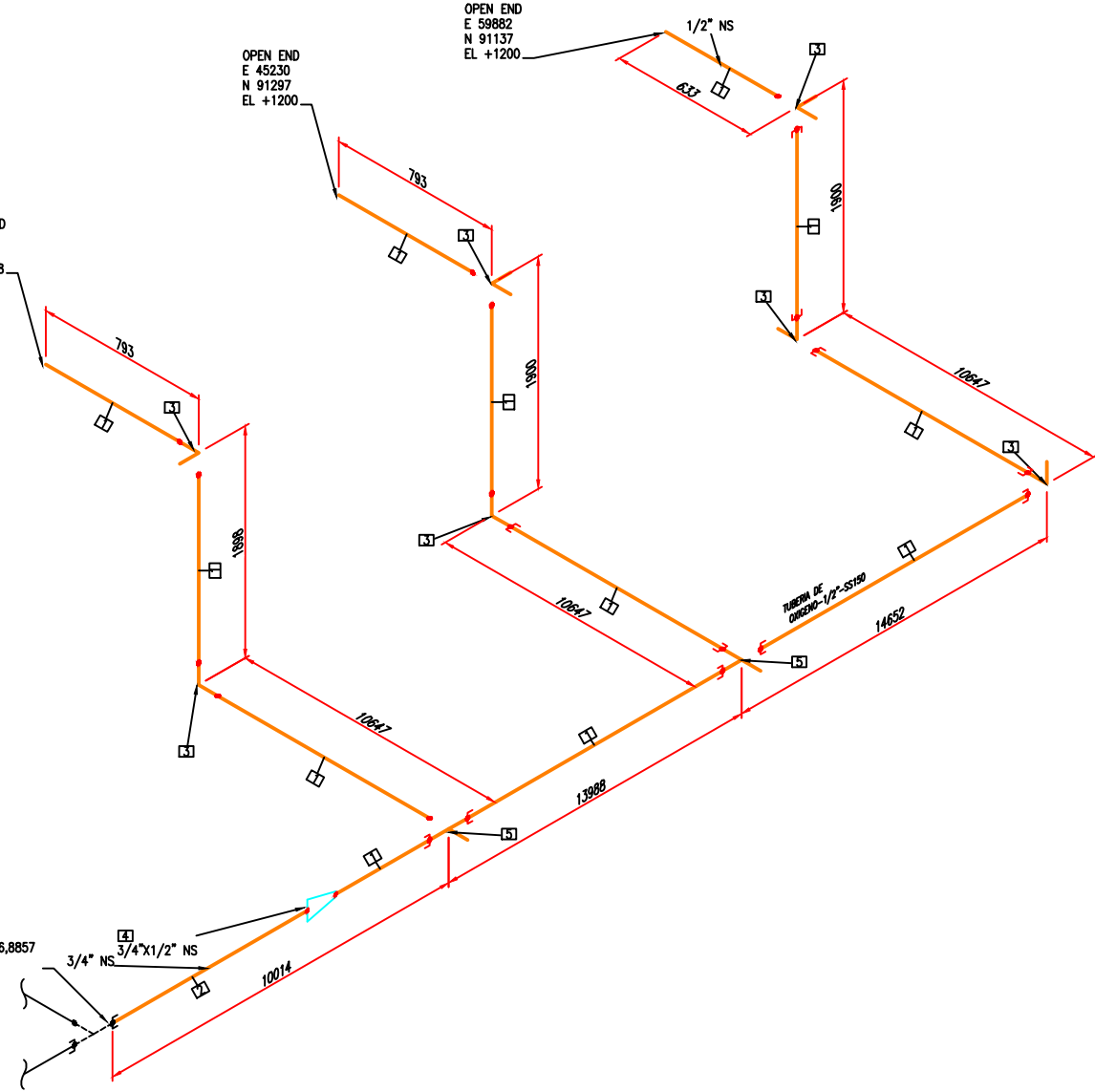




OPEN END
E 31243
N 91297
EL +1198

OPEN END
E 43230
N 91297
EL +1200

OPEN END
E 59882
N 91137
EL +1200



CONT'D ON
DWG# TUBERIA DE
OXIGENO-9
21228,4104 79856,8857
-700,0270

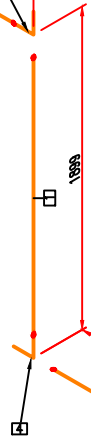
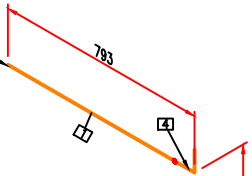
BILL OF MATERIALS				
ID	QTY	ND	DESCRIPTION	
1	68.5M	1/2"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S	
2	9.8M	3/4"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S	
3	7	1/2"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L	
4	1	3/4"x1/2"	PH METRIC REDUCER CONC.	
5	2	1/2"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L	

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	SERVICE
		05/03/14				PIPE SPEC
						MAX PRESSURE
						MAX TEMPERATURE
						P&ID DWG
						INSULATION SPEC
						INSULATION THK

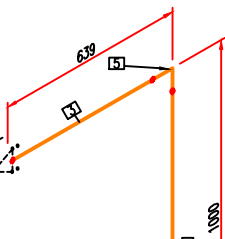
PROJECT NAME:				Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE:				Tesis			
DRAWING NUMBER:				Tubería de oxígeno-8			
LINE NO:	Tubería de oxígeno	AREA:	UNIT:	TYPE:			
JOB NUMBER:		SCALE:	SHEET:	REV.			
		N.T.S.	8 OF 12	0			



OPEN END
E 21209
N 91297
EL +1199



1/2" NS
TUBERIA DE OXIGENO-1/2" NS-3519



3/4"x1/2" NS

1"x3/4" NS

1" NS

4392

3/4" NS

CONT'D FROM
DWG# TUBERIA DE
OXIGENO-8
E 21228
N 79857
EL -700

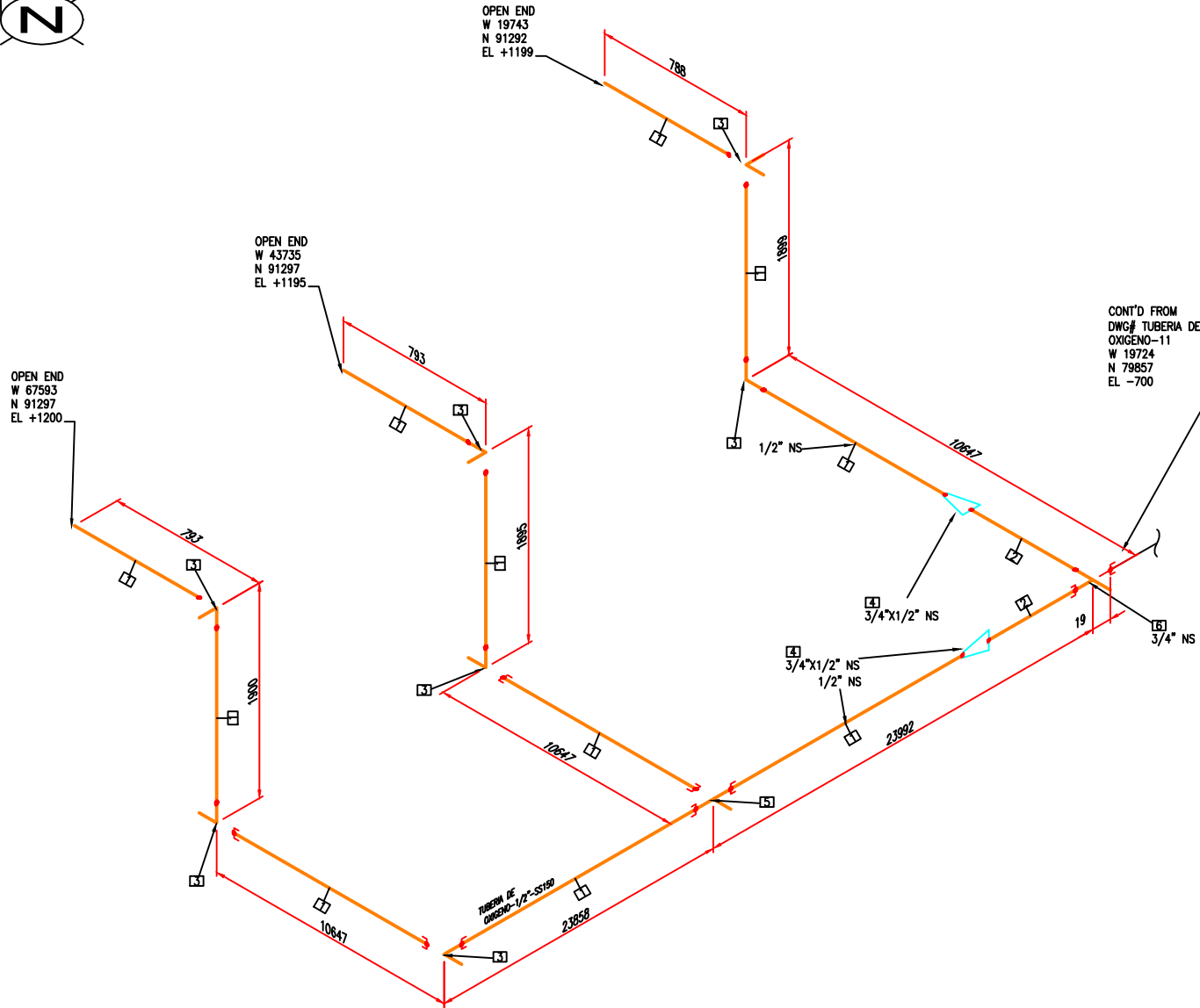
CONT'D ON
DWG# TUBERIA DE
OXIGENO-10
E 16178
N 79857
EL +300

BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	12.8M	1/2"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
2	0.8M	3/4"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
3	5.6M	1"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
4	2	1/2"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
5	2	1"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
6	1	3/4"x1/2"	PH METRIC REDUCER CONC.
7	1	1"x3/4"	PH METRIC REDUCER CONC.
8	1	3/4"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	INSULATION THK
		05/03/14				

PROJECT NAME: Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE: Tesis			
DRAWING NUMBER: Tubería de oxígeno-9			
LINE NO: Tubería de oxígeno	AREA:	UNIT:	TYPE:
JOB NUMBER:	SCALE: N.T.S.	SHEET: 9 OF 12	REV. 0



BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	86.6M	1/2"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
2	1.0M	3/4"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
3	7	1/2"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
4	2	3/4"x1/2"	PH METRIC REDUCER CONC.
5	1	1/2"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
6	1	3/4"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L

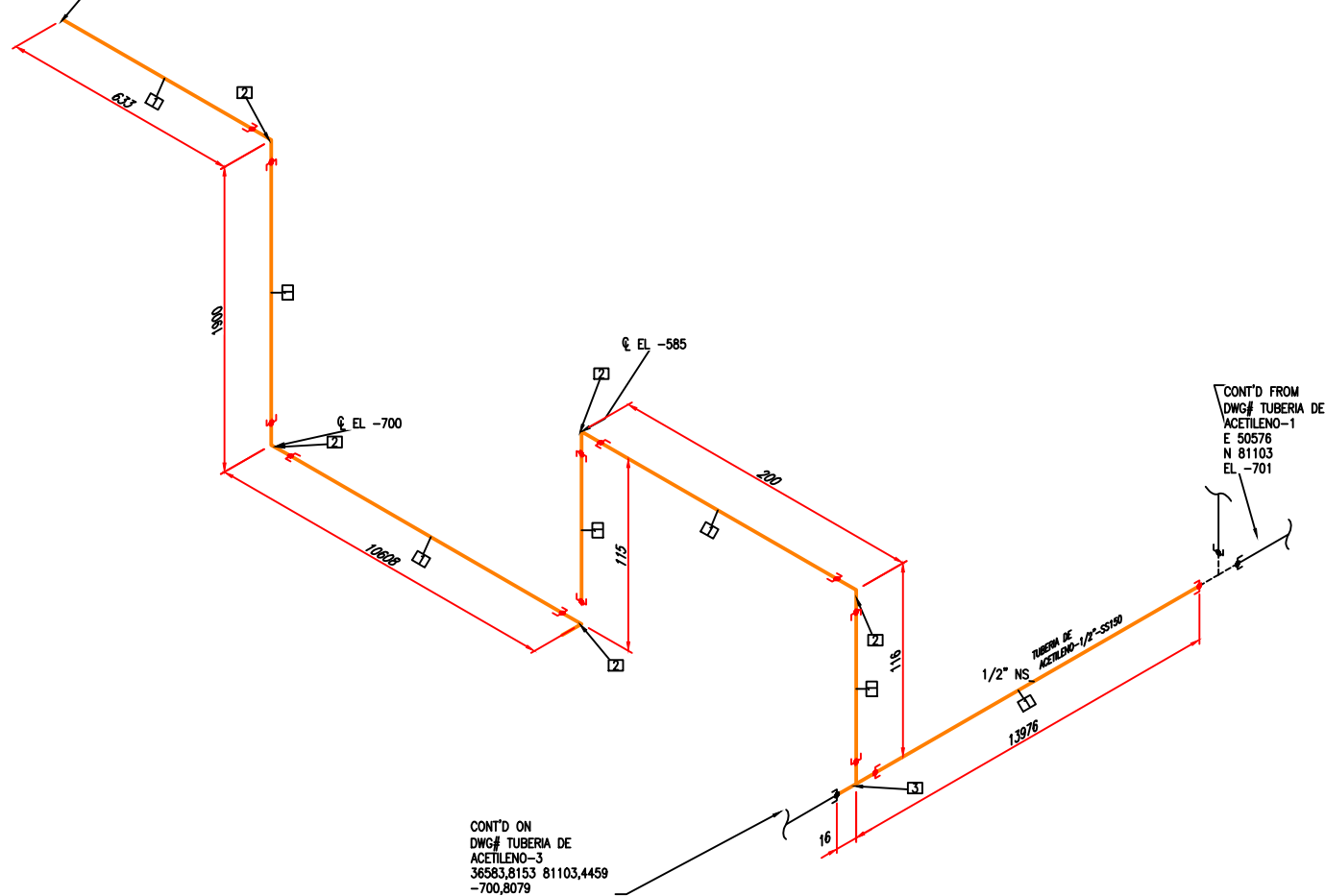
CONT'D FROM
DWG# TUBERIA DE
OXIGENO-11
W 19724
N 79857
EL -700

					SERVICE	
					PIPE SPEC	
					MAX PRESSURE	
					MAX TEMPERATURE	
					P&ID DWG	
		05/03/14			INSULATION SPEC	
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	INSULATION THK

PROJECT NAME:			
Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE:			
Tesis			
DRAWING NUMBER:			
Tubería de oxígeno-12			
LINE NO:	AREA:	UNIT:	TYPE:
Tubería de oxígeno			
JOB NUMBER:	SCALE:	SHEET:	REV.
	N.T.S.	12 OF 12	0



OPEN END
E 36600
N 92545
EL +1200



CONT'D ON
DWG# TUBERIA DE
ACETILENO-3
36583,8153 81103,4459
-700,8079

CONT'D FROM
DWG# TUBERIA DE
ACETILENO-1
E 50576
N 81103
EL -701

BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	27.4M	1/2"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
2	5	1/2"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
3	1	1/2"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L

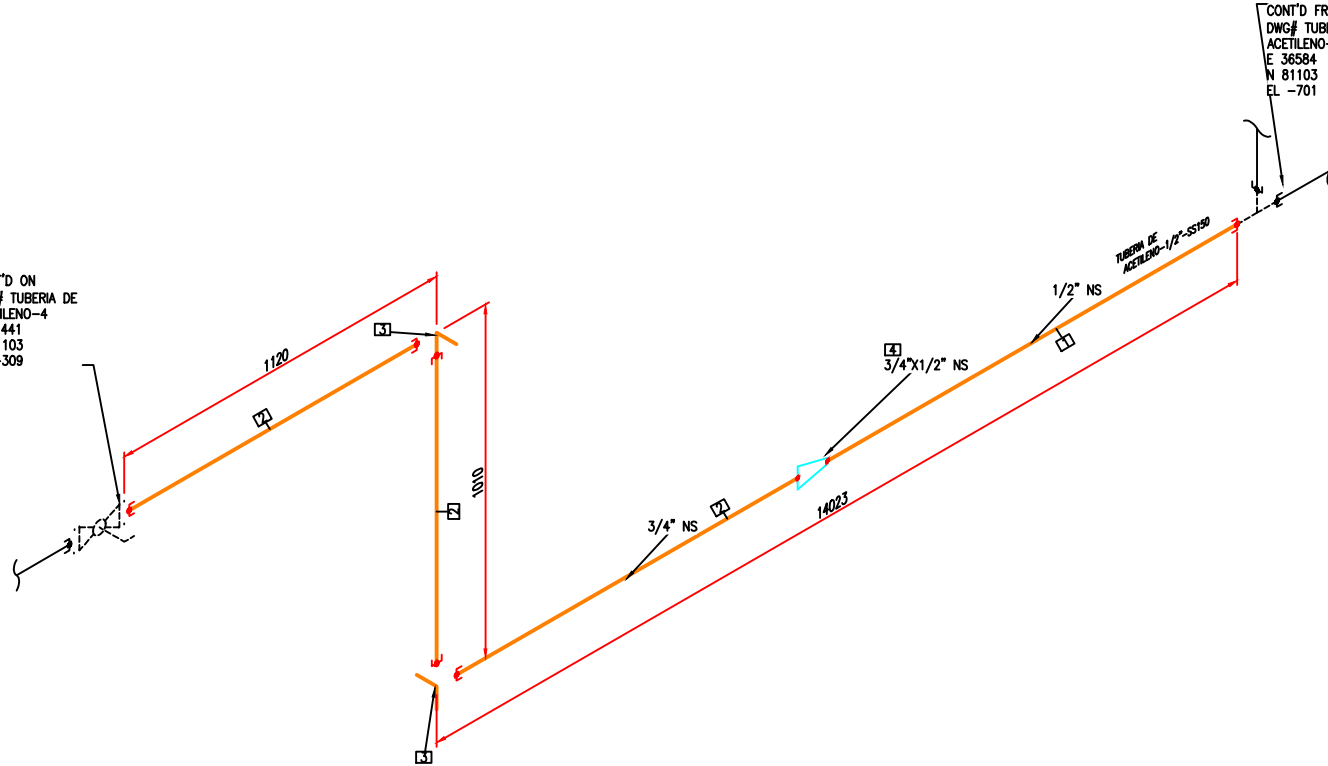
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	INSULATION THK
		05/05/14				

PROJECT NAME: Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE: Tesis			
DRAWING NUMBER: Tubería de Acetileno-2			
LINE NO: Tubería de Acetileno	AREA:	UNIT:	TYPE:
JOB NUMBER:	SCALE: N.T.S.	SHEET: 2 OF 17	REV. 1



CONT'D ON
DWG# TUBERIA DE
ACETILENO-4
E 21441
N 81103
EL +309

CONT'D FROM
DWG# TUBERIA DE
ACETILENO-2
E 36584
N 81103
EL -701

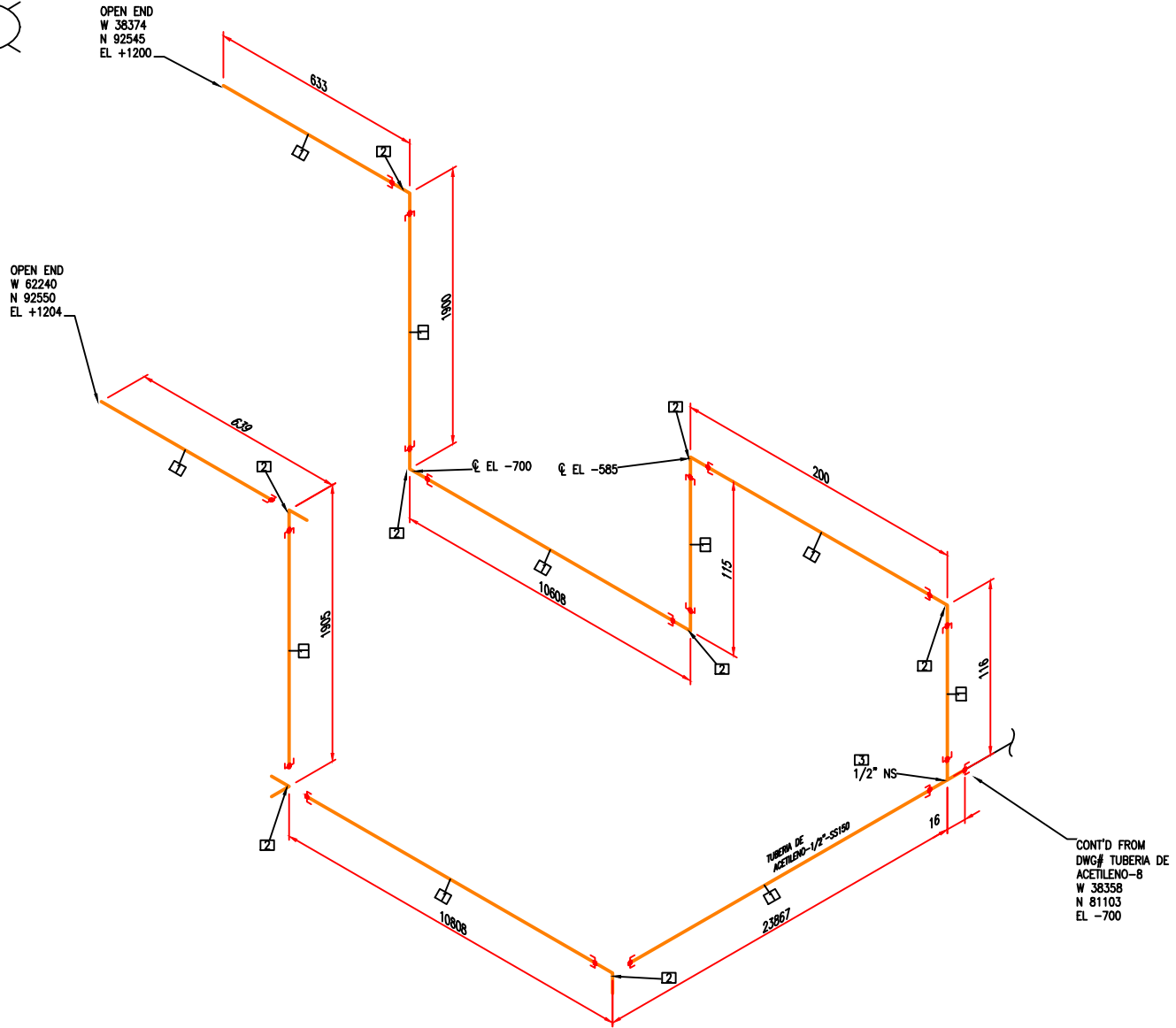


BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	9.9M	1/2"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
2	6.2M	3/4"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
3	2	3/4"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
4	1	3/4"X1/2"	PH METRIC REDUCER CONC.

						SERVICE
						PIPE SPEC
						MAX PRESSURE
						MAX TEMPERATURE
						P&ID DWG
						INSULATION SPEC
		05/05/14				INSULATION THK
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	INSULATION THK

PROJECT NAME:			
Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE:			
Tesis			
DRAWING NUMBER:			
Tubería de Acetileno-3			
LINE NO:	AREA:	UNIT:	TYPE:
Tubería de Acetileno			
JOB NUMBER:	SCALE:	SHEET:	REV.
	N.T.S.	3 OF 17	1



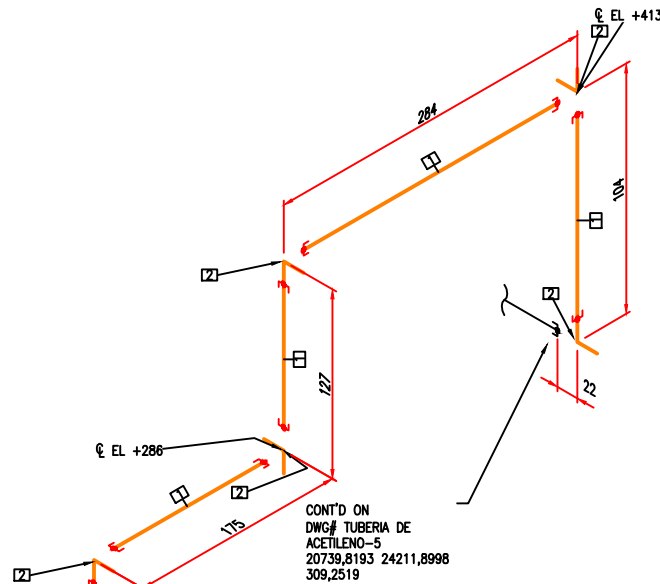
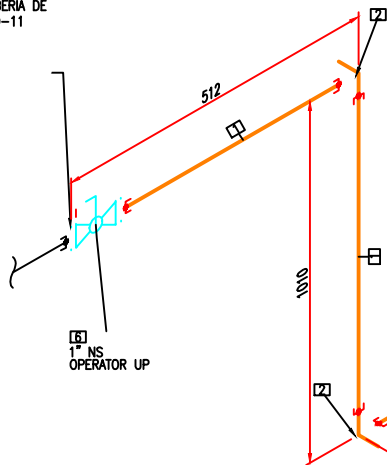
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	50.6M	1/2"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L SCH 40S
2	8	1/2"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
3	1	1/2"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L

						SERVICE
						PIPE SPEC
						MAX PRESSURE
						MAX TEMPERATURE
						P&ID DWG
						INSULATION SPEC
						INSULATION THK
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	

PROJECT NAME:			
Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE:			
Tesis			
DRAWING NUMBER:			
Tuberia de Acetileno-9			
LINE NO:	AREA:	UNIT:	TYPE:
Tuberia de Acetileno			
JOB NUMBER:	SCALE:	SHEET:	REV.
	N.T.S.	9 OF 17	1



CONT'D FROM
DWG# TUBERIA DE
ACETILENO-11
E 13608
N 24190
EL +323



CONT'D ON
DWG# TUBERIA DE
ACETILENO-5
20739,8193 24211,8998
309,2519

TUBERIA DE
ACETILENO-11-20739

						SERVICE
						PIPE SPEC
						MAX PRESSURE
						MAX TEMPERATURE
						P&ID DWG
						INSULATION SPEC
						INSULATION THK
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	

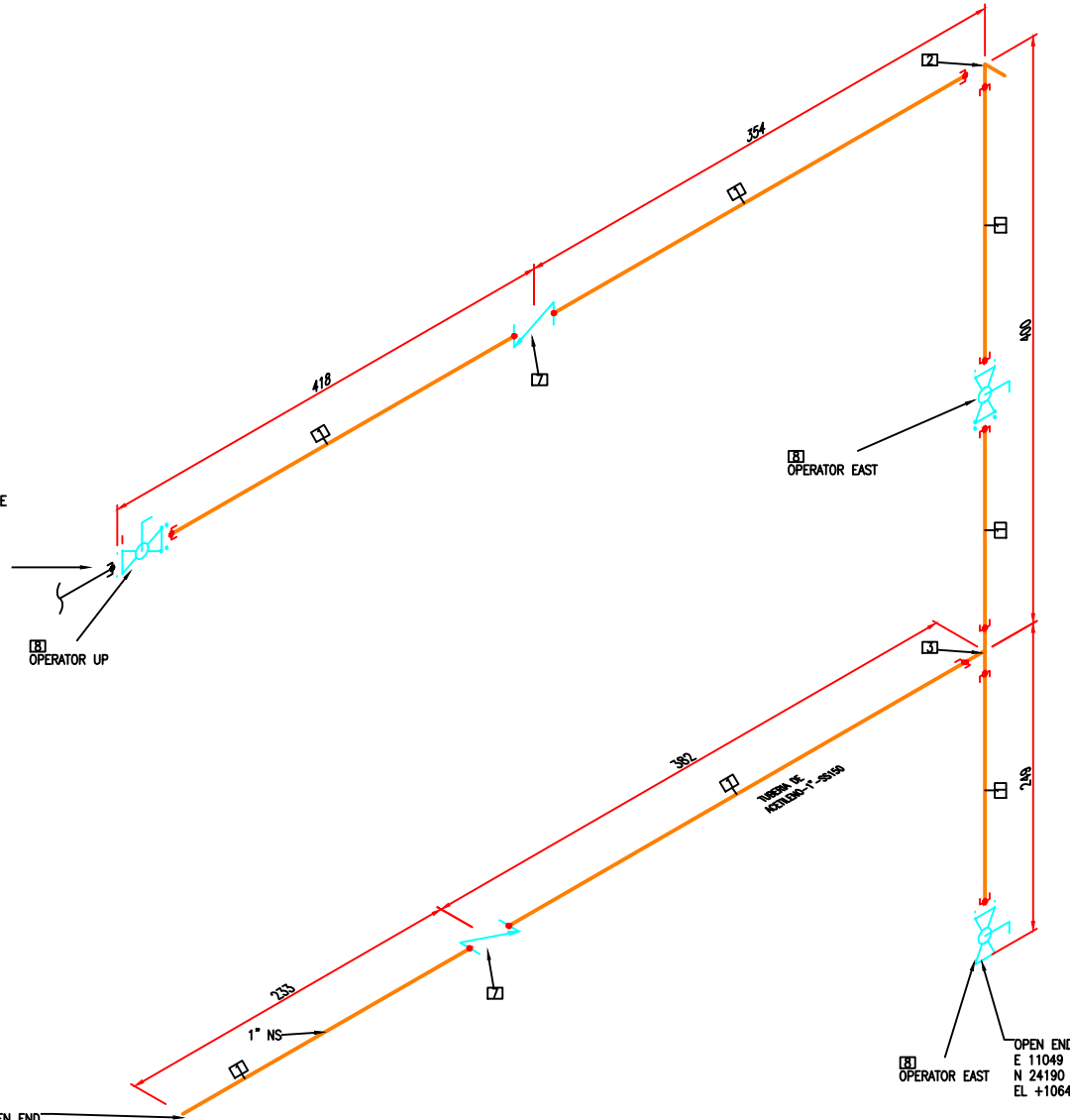
05/05/14

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	8.9M	1"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
2	8	1"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
6	1	1"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, HAND LEVER

PROJECT NAME:			
Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE:			
Tesis			
DRAWING NUMBER:			
Tubería de Acetileno-10			
LINE NO:	AREA:	UNIT:	TYPE:
Tubería de Acetileno			
JOB NUMBER:	SCALE:	SHEET:	REV.
	N.T.S.	10 OF 17	1



CONT'D ON
DWG# TUBERIA DE
ACETILENO-16
E 10277
N 24190
EL +1714



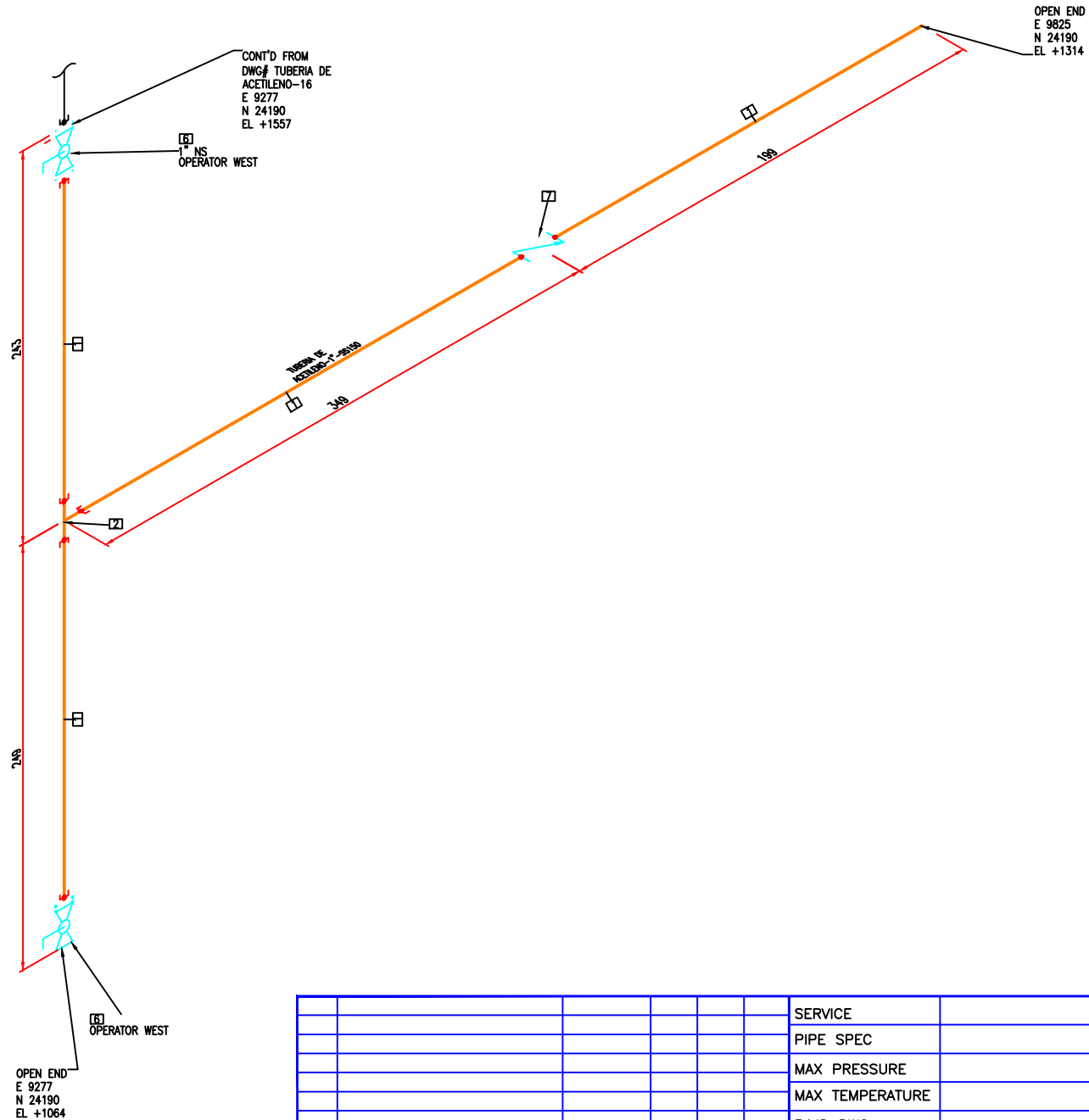
OPEN END
E 10434
N 24190
EL +1314

					SERVICE
					PIPE SPEC
					MAX PRESSURE
					MAX TEMPERATURE
					P&ID DWG
					INSULATION SPEC
		05/05/14			INSULATION THK
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD

BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	1.3M	1"	PIPE, SEAMLESS, SS, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
2	1	1"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
3	1	1"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
7	2	1"	CHECK VALVE, SWING, 150 LB, BW, ASME B16.10
8	3	1"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, HAND LEVER

PROJECT NAME:			
Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE:			
Tesis			
DRAWING NUMBER:			
Tubería de Acetileno-15			
LINE NO:	AREA:	UNIT:	TYPE:
Tubería de Acetileno			
JOB NUMBER:	SCALE:	SHEET:	REV.
	N.T.S.	15 OF 17	1



OPEN END
E 9825
N 24190
EL +1314

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.6M	1"	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.19, ASTM A312 GR TP 316L, SCH 40S
2	1	1"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A182 GR F316L
6	2	1"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, HAND LEVER
7	1	1"	CHECK VALVE, SWING, 150 LB, BW, ASME B16.10

						SERVICE	
						PIPE SPEC	
						MAX PRESSURE	
						MAX TEMPERATURE	
						P&ID DWG	
						INSULATION SPEC	
						INSULATION THK	
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD		

PROJECT NAME:			
Sistema centralizado Oxígeno - Acetileno			
TITLE:			
Tesis			
DRAWING NUMBER:			
Tubería de Acetileno-17			
LINE NO:	AREA:	UNIT:	TYPE:
Tubería de Acetileno			
JOB NUMBER:	SCALE:	SHEET:	REV.
	N.T.S.	17 OF 17	1