

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DIMENSIONAMIENTO DE LA CENTRAL DE GENERACION DE
OXIGENO MEDICINAL PARA LOS SERVICIOS DE SALUD DEL
HOSPITAL DE MARIA REICHE – ESSALUD, NAZCA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
VILLALTA FARFAN, NESTOR ALONSO**

Villa El Salvador

2020

INDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	VII
OBJETIVOS	1
a. General	1
b. Específicos.....	1
MARCO TEÓRICO	2
1.1 Bases Teóricas:.....	2
1.1.1 Gas Medicinal	2
1.1.2 Oxígeno Medicinal	3
1.1.3 Concentración de Oxígeno Medicinal	4
1.1.4 Producción de Oxígeno Medicinal.....	5
1.1.5 Componentes de la Central PSA	17
1.1.6 Distribución del Oxígeno Medicinal.....	26
1.1.7 Dimensionamiento y selección de equipos	31
1.2 Definición de términos básicos	44
METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	46
1.3 Delimitación temporal y espacial del trabajo.....	46
1.4 Determinación y análisis del problema	46
1.4.1 Problema General	47
1.4.2 Problemas Específicos.....	47
1.5 Modelo de solución propuesto.....	48
1.5.1 Cálculo de la demanda de oxígeno medicinal.....	48

1.5.2 Dimensionamiento del generador de oxígeno PSA	51
1.5.3 Dimensionamiento de los compresores de aire	51
1.5.4 Dimensionamiento de los secadores de aire	55
1.5.5 Dimensionamiento de los tanques de aire comprimido.....	56
1.5.6 Dimensionamiento de los tanques de oxígeno	57
1.5.7 Cálculo de la rampa de llenado de cilindros.....	58
1.5.8 Cálculo de los conductores	59
1.5.9 Cálculo de los equipos de protección.....	61
1.5.10 Selección de los compresores de aire	61
1.5.11 Selección de los secadores de aire.....	62
1.5.12 Selección de los tanques de aire comprimido	63
1.5.13 Selección de los generadores de oxígeno	64
1.5.14 Selección de los tanques de oxígeno.....	65
1.5.15 Selección del compresor de llenado de cilindros	66
1.5.16 Selección de los dispositivos de protección	67
1.5.17 Ubicación de los equipos en la central.....	68
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS	73

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, quien siempre me ayudó y sirvió de guía en mi vida y a todos los miembros de mi familia que me apoyaron a lograr mis objetivos a forjar mi carrera profesional

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi casa de estudios por brindarme los conocimientos necesarios y por permitirme formar parte de los profesionales que representen a la Universidad en el futuro

También agradezco al asesor y demás miembros que colaboraron y me orientaron en la elaboración del presente trabajo y de esta manera poder concluirlo de la manera correcta.

Asimismo, brindo un cordial agradecimiento a los integrantes de R&S Ingenieros quienes, gracias a su experiencia profesional, me brindaron las herramientas y aportes necesarios para el desempeño de mi carrera profesional.

RESUMEN

El presente informe del Programa de Titulación consistió en el dimensionamiento de la Central de Generación de Oxígeno Medicinal con la finalidad de elaborar el Proyecto de Inversión Pública: “Recuperación de los Servicios de Salud del Hospital María Reiche de la Red Asistencial Ica – EsSalud en el distrito de Marcona, provincia de Nasca, departamento de Ica”.

El proyecto involucra el diseño de un establecimiento de salud de categoría II-1 que constará de 3 niveles, piso técnico y azotea, y además contará con todas las áreas requeridas para un establecimiento de salud.

El presente informe consistió en el diseño de la central de generación de oxígeno medicinal para la red de gases medicinales del hospital. Este diseño se realizó en base a los requerimientos de la especialidad de Equipamiento, la cual indica qué ambientes del hospital requieren de suministro de gases.

En la actualidad, el suministro de oxígeno medicinal se realiza normalmente mediante cilindros o tanques de almacenamiento criogénico. Sin embargo, considerando los requerimientos del proyecto se escogió como modelo una central de autoabastecimiento, mediante el sistema de adsorción por oscilación de presión (PSA) de generación “in situ” de oxígeno, lo que resultará en una alternativa viable al reducir los costos y brindar solución al suministro de oxígeno

El diseño de la central involucró el cálculo de la demanda total de oxígeno del establecimiento de salud, así como el dimensionamiento de cada uno de los equipos que conforman la central. Este cálculo se realizó mediante el software Excel y la selección de los equipos se realizó en base a catálogos de diversos fabricantes.

Asimismo, la distribución de los equipos en el ambiente seleccionado para la central se realizó de acuerdo a normas nacionales e internacionales, considerando distancias mínimas de seguridad, que garanticen su aprobación por parte de la supervisión de la especialidad de Instalaciones Mecánicas.

Palabras clave: generación de oxígeno, oxígeno medicinal, sistema PSA

INTRODUCCIÓN

El sector salud en el Perú es uno de los que menos inversiones recibe. Los escasos presupuestos y la precaria situación actual de algunos establecimientos de salud generan que, en estos momentos de plena pandemia, atravesemos una de las mayores crisis en este sector.

La enorme demanda actual de oxígeno medicinal, ha generado que su abastecimiento se vea muy afectado y se produzca escasez de este recurso; en consecuencia, miles de personas no pueden obtenerlo.

La Gerencia Central de Proyectos de Inversión de Essalud inició acciones en marzo de 2019 para la elaboración del Expediente Técnico del Proyecto de Inversión Pública “Recuperación de los Servicios de Salud del Hospital María Reiche de la Red Asistencial Ica – EsSalud en el distrito de Marcona, provincia de Nasca, departamento de Ica”. Este proyecto permitirá a la población asegurada de dicho lugar acceso a servicios de salud especializado.

La elaboración de este expediente involucra el diseño de todas las instalaciones de este establecimiento. Dentro de estas, se encuentra el sistema de gases medicinales, los cuales han cobrado una gran importancia, ya que son empleados en múltiples procesos médicos. Uno de estos gases es el oxígeno medicinal, el cual tendrá mucha importancia ahora que su uso es más requerido.

Es por ello que, para este proyecto, se ha diseñado la Central de Generación de Oxígeno Medicinal, la cual permitirá el autoabastecimiento de toda la red de oxígeno del hospital y además permitirá ahorrar costos al no tener que adquirir este recurso.

Para el presente informe, se ha dimensionado los equipos de la Central de Oxígeno de acuerdo a la demanda y los requerimientos del Hospital

OBJETIVOS

a. General

Dimensionar la Central de Generación de oxígeno medicinal para los servicios de salud del hospital de Maria Reiche – EsSalud, Nazca

b. Específicos

1. Determinar el cálculo de la demanda de oxígeno medicinal para abastecer óptimamente los servicios de salud del hospital de Maria Reiche – EsSalud, Nazca
2. Dimensionar los equipos electromecánicos para abastecer el suministro de oxígeno en el hospital Maria Reiche – EsSalud, Nazca
3. Determinar la disposición adecuada de los equipos electromecánicos para producir oxígeno en el hospital Maria Reiche – EsSalud, Nazca

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Bases Teóricas:

1.1.1 Gas Medicinal

Según (Quintero, 2010), los gases medicinales son aquellos gases o mezclas empleadas para entrar de contacto directo con el cuerpo humano y poseen propiedades destinadas a prevenir, tratar, o curar enfermedades

Estos gases son empleados en terapias de inhalación, anestesia, diagnóstico y para la conservación de órganos, tejidos y células para trasplante. Además, podemos clasificarlos en dos tipos: medicamentos y productos sanitarios.

Podemos definir los gases medicamento como toda sustancia que posee propiedades curativas o preventivas que permiten restaurar, corregir o modificar las funciones fisiológicas del ser humano (Ley de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios, 2015). A diferencia de los productos sanitarios, los gases medicamentos ejercen acción farmacológica, inmunológica o metabólica

Dentro de los gases medicinales medicamentos, encontraremos:

-) Oxígeno Medicinal (O_2)
-) Óxido Nitroso (N_2O)
-) Aire Medicinal

Los gases medicinales se pueden suministrar de diferentes maneras. La Asociación de Ingeniería Hospitalaria (2018) establece que el tipo de suministro dependerá de las siguientes variables:

-) Características del gas
-) Cantidad consumida dentro del hospital
-) Logística del suministro
-) Disponibilidad de espacio y accesos

De esta forma, encontramos tres tipos de suministro

- 1) Gases comprimidos y licuados a temperatura ambiente. Estos gases son suministrados a los pacientes a través de botellas o cilindros. Estos recipientes constituyen una fuente de suministro idónea por su movilidad.
- 2) Gases licuados como líquidos criogénicos. Estos gases son suministrados desde un depósito o recipiente criogénico donde se almacenan. Por medio de un sistema adecuado de intercambio de calor, este gas llega al paciente en estado gaseoso a temperatura ambiente.
- 3) Gases producidos en el propio centro hospitalario. Estos gases son suministrados desde el punto de producción dentro del mismo centro hospitalario.

1.1.2 Oxígeno Medicinal

Según (Quintero, 2010), el oxígeno propiamente dicho se encuentra en la atmósfera como oxígeno molecular (O_2), dióxido de carbono (CO_2) y otras moléculas en menor proporción.

Este gas constituye aproximadamente el 21% de la atmósfera y es el más importante para los seres vivos, ya que sin él no sería posible la vida. Su aporte es necesario en todos los tejidos del organismo para permitir a las células generar energía.

Además de sus aplicaciones médicas, el oxígeno se emplea en diversos procesos industriales, como la soldadura y la fabricación de acero y metanol. Asimismo, es un gas comburente y oxidante, es decir, facilita la combustión al liberar oxígeno y avivar el fuego.

En medicina es utilizado en diversos casos de deficiencia respiratoria, resucitación, anestesia, en creación de atmósferas artificiales, terapia hiperbárica y tratamiento de quemaduras respiratorias.

Las formas de suministro del oxígeno medicinal son:

-) Recipiente criogénicos fijos o móviles
-) Botellas o cilindros

1.1.3 Concentración de Oxígeno Medicinal

De acuerdo a la (Ley N°31026: "Ley que autoriza de manera permanente el uso de Oxígeno Medicinal a una concentración no menor al 93%", 2020), se establece que el valor de concentración de oxígeno medicinal en todos los Establecimiento de Salud debe ser no menor a 93%.

Dentro de las principales Instituciones en el ámbito de salud, podemos citar:

- La (Organización Mundial de la Salud, 2009), en su guía "Directrices de la OMS para una Cirugía Segura" indica que el oxígeno es esencial para todos los procedimientos quirúrgicos y recomienda una concentración oxígeno entre 93% y 99%.
- La (Farmacopea Americana, 2015), de acuerdo a su artículo "Oxígeno al 93%", indica que el oxígeno medicinal debe ser producido del aire ambiental a través de un proceso de tamiz. Además, se requiere un valor de pureza no menor al 90% y no mayor al 96%, y una concentración no mayor al 10 ppm de CO y mayor a 300 ppm de CO₂.
- La (Farmacopea Europea, 2017), de acuerdo a su artículo "Oxígeno (al 93%)", indica que el oxígeno medicinal debe ser producido en concentradores individuales a través de purificación por adsorción de aire ambiental usando zeolitas. Además, se requiere un valor de pureza no menor al 90% y no mayor al 96%, y una concentración no mayor al 5 ppm de CO, no mayor a 300 ppm de CO₂ y no mayor a 2 ppm de NO₂ y NO.

Esta ley fue aprobada debido a que la anterior norma, aprobada en el 2010, regulaba el uso de oxígeno medicinal con una concentración no menor al 99%. Debido a esa situación, hubo empresas que se beneficiaron con ello, existiendo un oligopolio de dos grupos económicos, los únicos que aseguraban una producción de oxígeno medicinal con esa concentración.

Asimismo, el (Instituto de Evaluación de Tecnologías en Salud e Investigación - ESSALUD, 2017), a través de un dictamen en el que

se presentan diversos estudios, establece que no hay una diferencia clínica respecto al uso del oxígeno al 93% comparado con el oxígeno al 99%

Cabe mencionar que hay estándares de oxígeno medicinal al 99.5% de pureza; sin embargo, esto corresponde a que es generado por sistema criogénico. Además, no es recomendable respirar oxígeno con un 100% de concentración por largo periodos de tiempo, pues puede causar disminución de ventilación y flujo sanguíneo en el cerebro. De esta manera, podemos establecer que el oxígeno con pureza muy elevada, no significa que sea mejor.

1.1.4 Producción de Oxígeno Medicinal

La producción de oxígeno medicinal normalmente se da mediante la separación del aire en sus constituyentes. Este proceso es posible debido a que estos poseen diferentes propiedades físicas, lo que permite hecho a través de tecnologías específicas

Algunas de las tecnologías de separación de aire son: por adsorción, por procesos químicos, por membranas poliméricas, por membranas de transporte iónico (ITM) y por destilación criogénica. Esta última ha sido empleada por varios años para el suministro de oxígeno. Sin embargo, no es un proceso muy eficiente y sus costos son elevados. (Smith & Klosek, 2001)

La Tabla 1 compara las diferentes tecnologías basadas en las siguientes categorías.

-) Estado en que la tecnología ha sido comercializada
-) Capacidad de subproductos (nitrógeno o argón)
-) Límite de pureza
-) Tiempo de arranque

Tabla 1. Etapas de producción de oxígeno mediante el sistema criogénico

Proceso	Estado	Capacidad de subproducto	Límite de pureza (%)	Tiempo de arranque
Adsorción	Desarrollado	Pobre	93-96	Minutos
Químico	En desarrollo	Pobre	>99	Horas
Criogénico	Desarrollado	Excelente	>99	Horas
Membrana	Semi-desarrollo	Pobre	40	Minutos
ITM	En desarrollo	Pobre	>99	Horas

Fuente: J. Klosek y A. Smith (2001). A review of air separation technologies and their integration with energy conversion processes.

1.1.4.1 Producción mediante adsorción

Según (Sanz de Juan, 2012), se define la adsorción como un procedimiento de separación de mezclas que se produce cuando uno o más de los componentes de esta es retenido sobre la superficie interna de un sólido poroso. Este proceso se produce debido a las fuerzas de interacción entre el adsorbato (sustancia adsorbida) y el adsorbente (superficie sobre la que ocurre la adsorción).

Según el grado de interacción entre estos componentes, la adsorción puede ser física, en la que intervienen fuerzas intermoleculares de tipo Van der Waals o puentes de hidrógeno; o química, en la que intervienen enlaces químicos.

La tecnología de adsorción para la separación de gases se puede clasificar en:

-) PSA (Pressure Swing Adsorption o adsorción por variación de presión). El adsorbente se regenera mediante reducción de presión.
-) TSA (Temperature Swing Adsorption o adsorción por variación de temperatura). El adsorbente se regenera mediante aumento de temperatura.
-) ESA (Electric Swing Adsorption o adsorción por corriente eléctrica). El adsorbente se regenera al hacer pasar una corriente de bajo voltaje por el adsorbente.

La elección de alguna de estas técnicas depende principalmente de la composición de la mezcla a separar, las impurezas que puedan estar presentes y las condiciones de operación.

1.1.4.1.1 Sistema PSA

(Ruthven, Farooq, & Knaebel, 1994) indican que todo proceso de separación por adsorción implica dos etapas principales:

- 1) Adsorción, durante la cual los componentes adsorbidos son separados de su fuente.
- 2) Regeneración o desorción, durante la cual estos componentes son removidos del adsorbente o lecho para “regenerarlo” y usarlo en el próximo ciclo.

La característica principal del sistema PSA es que, durante la regeneración, el compuesto adsorbido es removido al reducir la presión total, en condiciones casi isotérmicas.

Este proceso está compuesto por las siguientes etapas:

- 1) Presurización. El lecho es presurizado a la presión de alimentación.
- 2) Adsorción. La mezcla de gases entra al lecho por la parte inferior, donde los componentes a ser adsorbidos son retenidos. La corriente de salida sale del lecho por la parte superior (refinado).
- 3) Despresurización. Previamente a la expulsión del componente deseado a la salida del lecho, la columna debe ser regenerada. Esto se consigue reduciendo la presión en contra-corriente al flujo de alimentación.

- 4) Purga. El lecho aún tiene el componente adsorbido en fase gaseosa. Con el fin de reducir su contenido, se lleva a cabo una purga en contra-corriente al flujo de alimentación.

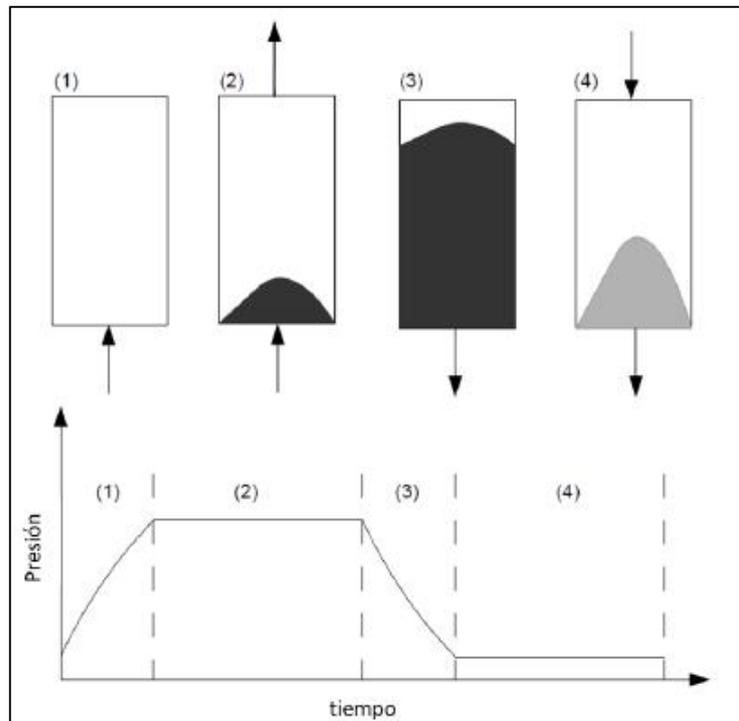


Figura 1. Esquema del sistema PSA y gráfico de presión vs tiempo

Fuente: Durán I. (2019). Diseño de procesos cíclicos de adsorción para la captura de CO₂ en el contexto de una planta de gestión de residuos

Una de las diferencias principales entre un ciclo PSA y un ciclo TSA es el tipo de energía a ser empleado en la etapa de regeneración. Para el caso del ciclo PSA, el trabajo es netamente mecánico (variación de presión).

Por ello, una de las ventajas de este proceso frente a los demás es que la presión puede ser modificada más rápido que la temperatura, lo que permite operar en ciclos más rápidos. (Ruthven, Farooq, & Knaebel, 1994)

1.1.4.1.2 Adsorbentes

El sistema PSA emplea materiales adsorbentes especiales que atrapan el gas requerido a alta presión.

El proceso de adsorción por oscilación de presión toma como base el hecho de que, a alta presión, los gases son atraídos a diferentes superficies sólidas a mayor o menor fuerza. Si una mezcla de gases pasa por un recipiente que contiene un lecho adsorbente, parte o todo del gas que será más fuertemente atraído se quedará en el lecho mientras el otro irá hacia afuera del recipiente (Bilbao & Cardenas, 2016).

Además de su capacidad de discriminar entre diferentes gases, los adsorbentes son generalmente materiales porosos. Como ejemplos de estos tenemos: el carbón activado, gel de sílice, alúmina y zeolita.

La selección del adsorbente más adecuado depende de diversos criterios, estos pueden ser: capacidad, coste, regeneración y vida útil. (Boldrini & Palacios, 2019)

Si bien la alúmina y el gel de sílice destacan por sus capacidades de adsorción de agua, la zeolita posee altos niveles de adsorción para bajos niveles de humedad dentro de un amplio rango de temperaturas. Además, tenemos otras características por las que se opta por este material, las cuales son:

-) Mayor selectividad al nitrógeno frente al oxígeno
-) Costo reducido por kg
-) Facilidad de adquisición
-) Alta capacidad de regeneración ante disminución de la presión
-) Periodo de operación elevado

La estructura de la zeolita se basa en un tetraedro, compuesto por cuatro átomos de oxígeno enlazados a un átomo de silicio. Esta estructura consiste en ventanas,

donde las moléculas son adsorbidas, jaulas y superjaulas. (Boldrini & Palacios, 2019)

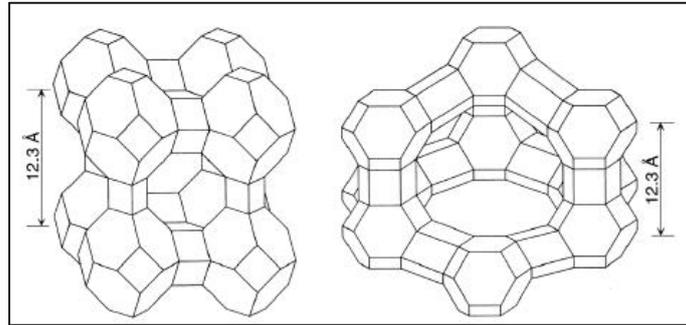


Figura 2. Estructura de la zeolita

Fuente: Boldrini & Palacios (2019). Generador de Oxígeno para uso Hospitalario - PSA - Adsorción por variación de presión

1.1.4.1.3 El ciclo Skarstrom

El sistema PSA opera mediante el ciclo de Skarstrom, En él se emplean dos columnas o lechos adsorbentes, similar a lo mostrado en la Figura 3.

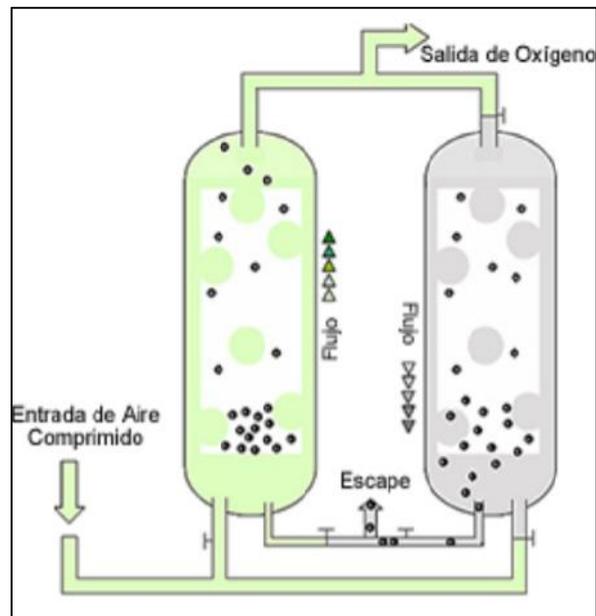


Figura 3. Esquema básico de Sistema PSA de dos columnas para separación de aire

Fuente: Boldrini & Palacios (2019). Generador de Oxígeno para uso Hospitalario - PSA - Adsorción por variación de presión

(Boldrini & Palacios, 2019) indican que el ciclo Skarstrom para la separación de aire está formado por cuatro etapas:

- 1) Presurización. Este proceso consiste en introducir aire presurizado en la columna 1. El adsorbente seleccionado genera un flujo alto en oxígeno. En este proceso se mantiene la columna 1 aislado de la columna 2.
- 2) Alimentación. En esta etapa, se continúa la presurización y adsorción de nitrógeno en la columna 1, lo que da lugar a la evacuación del material. Al mismo tiempo, ambas columnas se conectan, permitiendo el ingreso oxígeno con algo de nitrógeno hacia la columna 2.
- 3) Despresurización. Una vez que el adsorbente en la columna 1 se satura, las columnas son aisladas nuevamente. Esta columna es despresurizada a la presión atmosférica y la alimentación se dirige a la columna 2. La dirección del flujo se revierte con el fin de liberar parte del nitrógeno adsorbido en la columna 1. Este es desorbido del adsorbente y liberado.
- 4) Purga. En esta etapa, se reconectan ambas columnas y parte del oxígeno producido es pasa a través de ambas columnas en contra-corriente a la alimentación del aire. El nitrógeno adsorbido es eliminado a través de la entrada, permitiendo que se expulse la mayoría de nitrógeno y se vuelve a repetir el ciclo.

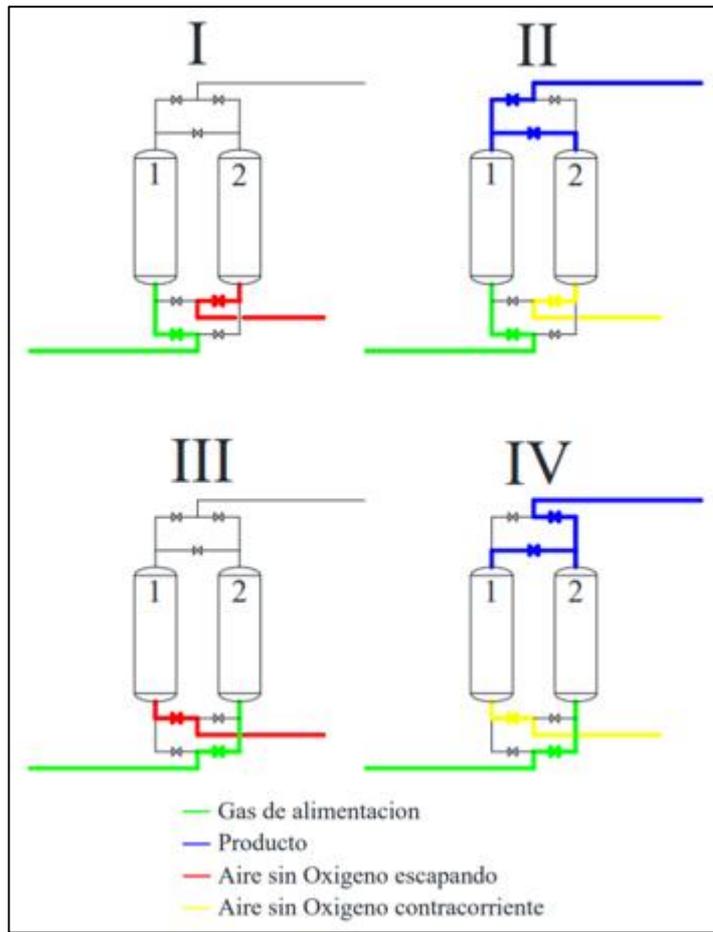


Figura 4. Flujo de gases en el ciclo de Skarstrom

Fuente: Boldrini & Palacios (2019). Generador de Oxígeno para uso Hospitalario - PSA - Adsorción por variación de presión

Podemos resumir el ciclo de Skarstrom, indicando qué etapa ocurre en cada columna a partir de lo mostrado en la Figura 4.

Tabla 2. Comparación de etapas de cada columna durante el ciclo Skarstrom

Fase	Columna 1	Columna 2
I	Presurización	Despresurización
II	Alimentación	Purga
III	Despresurización	Presurización
IV	Purga	Alimentación

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se puede representar gráficamente la variación de presión de ambas columnas durante el ciclo:

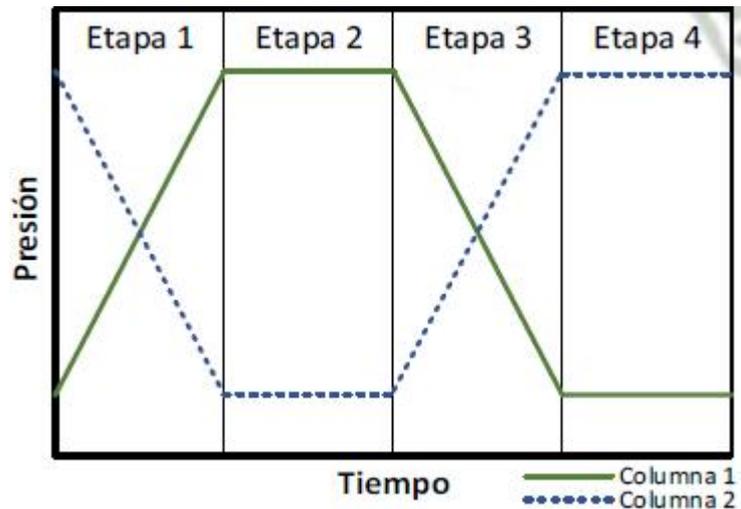


Figura 5. Representación gráfica de presión para cada columna según el ciclo Skarstrom

Fuente: Bilbao, R., & Cárdenas, R. (2016). Proyecto de una Planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el Hospital Regional Honorio Delgado de Arequipa.

Además, de las etapas mencionadas a, se pueden aplicar algunas modificaciones para mejorar el rendimiento (Boldrini & Palacios, 2019). Estas etapas son:

-) Despresurización a favor de la corriente. Esta etapa, ocurre después de las etapas de presurización y alimentación, las cuales son acortadas en duración para que esta nueva etapa pueda ser iniciada lo antes posible. Durante esta etapa, se eleva la concentración del componente que tiende a ser adsorbido con mayor facilidad (nitrógeno) al remover el gas contenido en los espacios vacíos del adsorbente. Esto permite que se incremente la pureza de este primer componente en la corriente de desecho y así mejorar la recuperación del componente menos fuertemente adsorbido (oxígeno).

) Igualación de presión. En esta etapa, ambas columnas pueden ser interconectadas para que la energía de presión contenida en la columna a alta presión pueda ser compartida con la otra columna, la cual resultará parcialmente presurizada quedando lista para otra presurización. Las ventajas de esta etapa incluyen el aumento de la recuperación de oxígeno y un flujo más continuo del componente más fuertemente adsorbido.

Podemos resumir el ciclo de Skarstrom con igualación de presiones, indicando qué etapa ocurre en cada columna de la siguiente manera:

Tabla 3. Comparación de etapas de cada columna durante el ciclo Skarstrom con igualación de presiones

Fase	Columna 1	Columna 2
I	Presurización	Despresurización
II	Alimentación	Purga
III	Igualación	Igualación
IV	Despresurización	Presurización
V	Purga	Alimentación
VI	Igualación	Igualación

Fuente: Elaboración propia

De esa manera, podemos representar gráficamente la variación de presión de ambas columnas durante el ciclo con igualación de presiones:

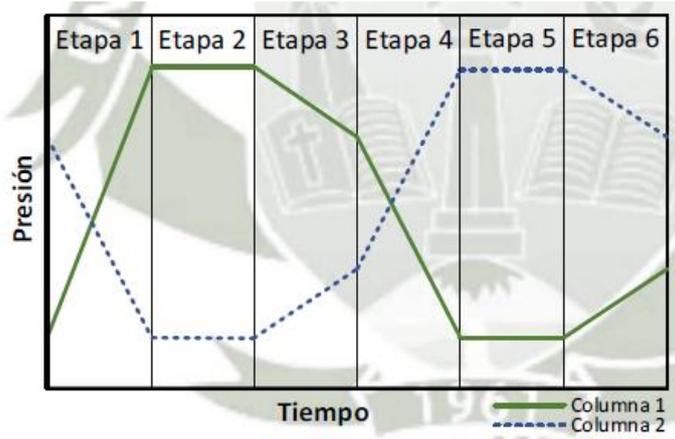


Figura 6. Representación gráfica de presión para cada columna según el ciclo Skarstrom con igualación de presiones

Fuente: Bilbao, R., & Cárdenas, R. (2016). Proyecto de una Planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el Hospital Regional Honorio Delgado de Arequipa.

1.1.4.2 Generación de Oxígeno Medicinal mediante sistema PSA

Según (Ramírez, Huertas, Rudas, & Parra, 2008), la generación de oxígeno medicinal mediante el sistema PSA consiste en separar el nitrógeno que se encuentra en el aire comprimido por medio de tamices moleculares y así obtener oxígeno con una pureza de al menos 93%

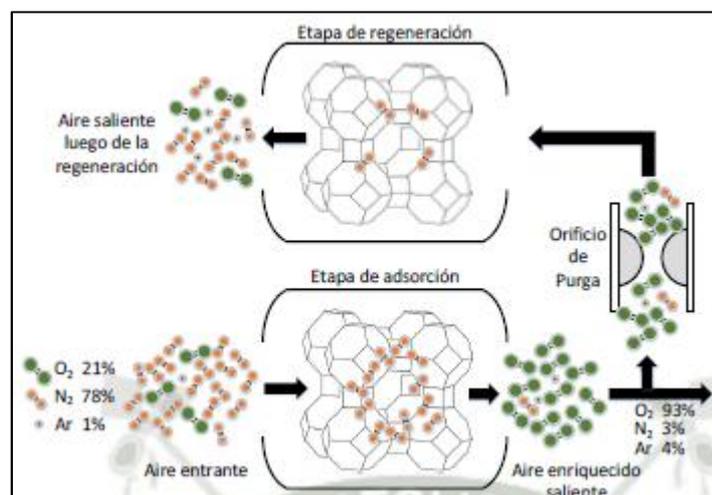


Figura 7. Separación de aire mediante tamices moleculares

Fuente: Bilbao, R., & Cárdenas, R. (2016). Proyecto de una Planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el Hospital Regional Honorio Delgado de Arequipa.

Una vez separados, el oxígeno será almacenado y transportado a través de las redes de tuberías existentes para ser administrado a las áreas de consumo.

Este proceso consta de 5 etapas:

1. Compresión del aire. En esta etapa, un compresor comprime el aire extraído del ambiente a una presión de hasta 145 psi (10 bar). Este aire pasa a través de un filtro y elimina las impurezas sólidas.
2. Tratamiento del aire comprimido. El aire a alta presión para uso medicinal debe ser tratado con el fin de remover vapores, aceites, humedad y otros contaminantes que ingresen al sistema a través de la atmósfera, el compresor o el sistema de tuberías. Esta etapa se compone de tres fases:
 -) Separación de fases por medio de un separador, en el que se disminuye la velocidad del flujo del aire.
 -) Secado refrigerativo que separa la humedad del aire y enfría el aire comprimido, lo que permite la condensación de la humedad y se extraiga de forma líquida.
 -) Filtración en tres fases:
 - 1) Filtro coalescente que remueve condensado y líquidos al 99.99%
 - 2) Filtro extrafino de aceite que retiene partículas de aceite en un 99.99%
 - 3) Filtro de carbón activado que retiene partículas volátiles y olores
3. Separación de oxígeno medicinal en el sistema PSA. La central consta de dos sistemas PSA, a los cuales ingresa aire con su composición normal y es transformado en oxígeno al 93% de concentración, mientras el nitrógeno sobrante es expulsado a la atmósfera.
4. Análisis, registro, regulación, medición y control

Por motivos de seguridad, se deben tener dos respaldos independientes: tanque de reserva de oxígeno medicinal y manifold que garantice el suministro automático en caso de fallo o interrupción de la central.

El oxígeno medicinal, además es sometido a dos filtraciones:

-) Filtro coalescente que remueve aceites y líquidos al 99.99%
-) Filtro microbiológico esterilizable metálico que retiene microbios

5. Alimentación de oxígeno a la red de distribución.

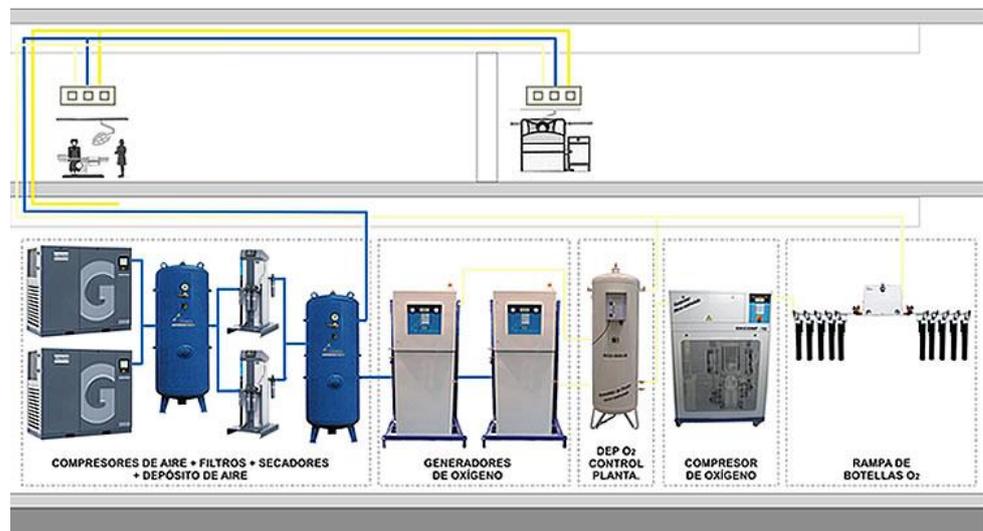


Figura 8. Etapas de producción de oxígeno mediante el sistema PSA

Fuente: CEIMSA. Planta de Oxígeno para gases medicinales.

1.1.5 Componentes de la Central PSA

1.1.5.1 Equipo de compresión de aire

El proceso de generación de oxígeno comienza con la entrada de aire atmosférico a la unidad compresora. La mezcla de aire es comprimida desde la presión atmosférica hasta una presión de 10 bar.

De acuerdo a (Atlas Copco, 2011), de acuerdo al principio de compresión de aire, los compresores pueden ser de

desplazamiento positivo o dinámicos. Para el primer caso, el aire aspirado queda confinado y posteriormente se le aumenta la presión, reduciendo el volumen del gas; mientras que, para el segundo caso, el aire aspirado es acelerado a gran velocidad, transformando la energía cinética en presión estática.

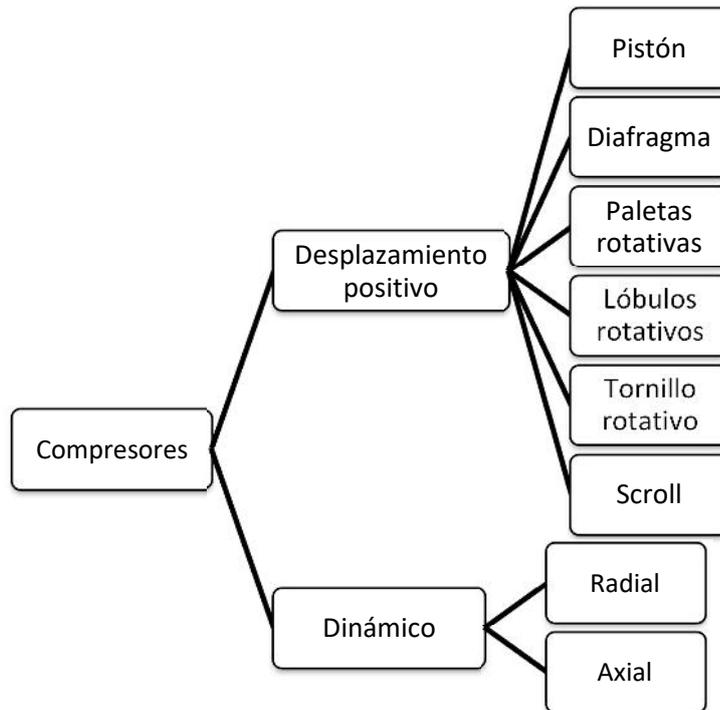


Figura 9. Clasificación de los compresores según su tipo de funcionamiento

Fuente: Atlas Copco (2011). Elaboración propia

Entre los compresores más usados para los sistemas de generación de oxígeno tenemos:

1.1.5.1.1 Compresor de tornillo

Este tipo de compresor está destinado para trabajo con caudales elevados y estables en condiciones de presión variable. Asimismo, pueden funcionar con una alta velocidad de eje, además de poder generar un alto caudal teniendo pequeñas dimensiones (Atlas Copco, 2011)

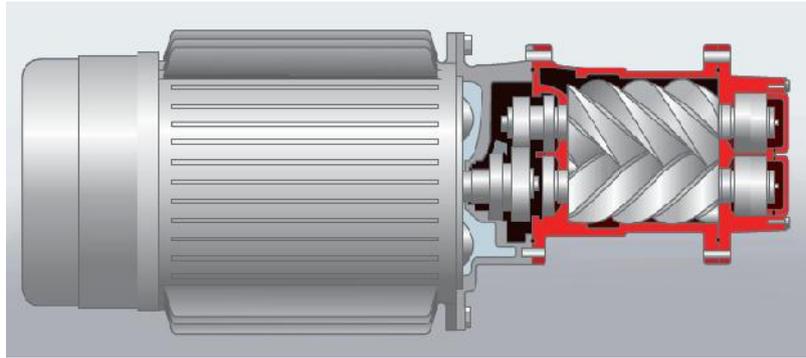


Figura 10. Compresor de tornillo

Fuente: Atlas Copco (2011). Manual de aire comprimido

Para un sistema de aproximadamente 8 bar (125) psi, es recomendable el uso de compresores de tipo tornillo, ya que el desgaste y la lubricación son mínimos al no entrar en contacto con rotors helicoidales. (Bilbao & Cardenas, 2016)

Además, es preferible el uso de estos compresores para condiciones de caudal y presión sin muchas variaciones, y cuando se requiera de aire con una mayor calidad en la salida, con menor cantidad de contaminantes antes de ser separado en los tamices moleculares.

1.1.5.2 Equipo de filtración previo

Luego de la etapa de compresión, se requiere eliminar las impurezas del aire para un posterior uso médico. Para este tratamiento, se emplean tres filtros en serie. (Boldrini & Palacios, 2019)

- 1) Filtro separador de líquidos. Retiene grandes cantidades de agua, aceite y sólidos de más de 15 μ (micrones)
- 2) Filtro coalescente. Retiene partículas de 1 a 0.3 μ , además de separar aerosoles líquidos y micro gotas de agua y aceite con una eficiencia mayor al 99.99%.
- 3) Filtro de carbón activado. Retiene aceite residual en estado de vapor y elimina olores.

1.1.5.3 Secador de aire

A altas temperaturas, el aire atmosférico posee una mayor concentración de vapor de agua. Además, la compresión ayuda a que esta concentración de agua aumente.

Tras la compresión del aire, este se encuentra a una temperatura de entre 70 y 200°C. Esto puede generar problemas debido a la acumulación de agua en tuberías y demás equipos, por lo que este aire debe ser secado. Por ello, para reducir esta temperatura, se debe instalar un secador refrigerativo que será instalado entre el post-enfriador y el tanque receptor de aire comprimido y permita reducir el contenido de agua en el aire comprimido. (Atlas Copco, 2011)

Para referirnos a la cantidad de agua en el aire comprimido, se emplea el término “punto de rocío”. Este término se refiere a la temperatura a la que el vapor de agua comienza a condensarse; es decir, un punto de rocío bajo indica un bajo contenido de vapor de agua en el aire comprimido.

Existen principalmente cinco técnicas usadas en la tecnología de secado:

-) Refrigeración más separación
-) Sobre compresión
-) Membranas
-) Absorción.
-) Adsorción.

Nos centraremos en la primera técnica, también llamada por condensación, la cual emplea un intercambiador de calor para reducir la temperatura y producir un punto de rocío más bajo. Al reducirse este valor, la humedad se condensa en los serpentines del secador y un separador de humedad retira el condensado. (Bilbao & Cardenas, 2016)

Dentro de los medios refrigerantes presentes en el serpentín tenemos agua fría, salmuera o un refrigerante. De estos últimos, el más usado es el refrigerante 134a.

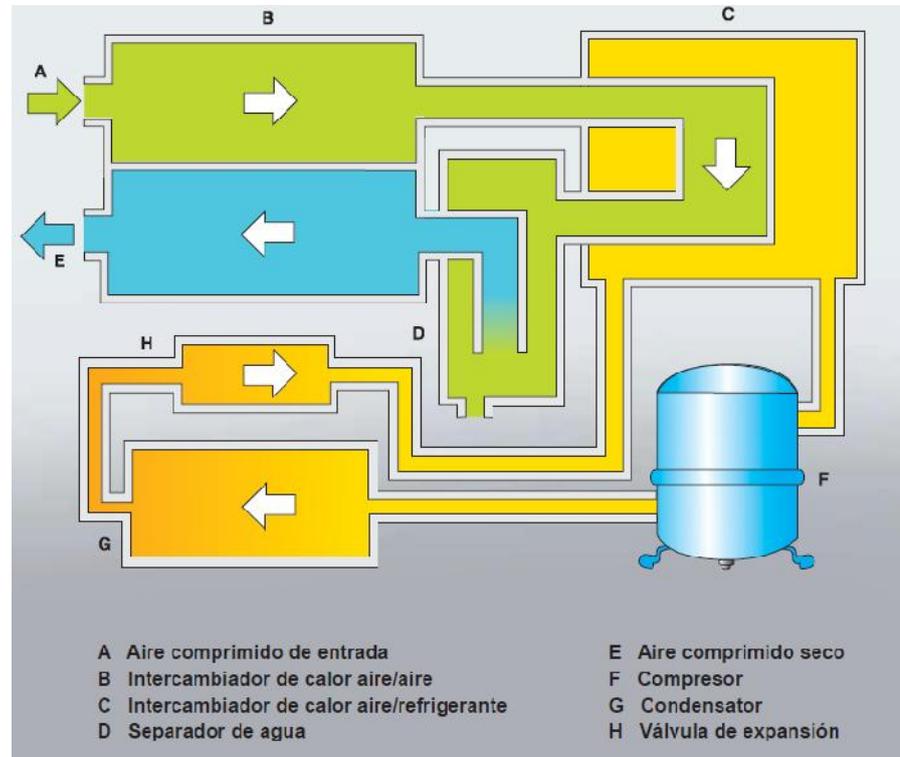


Figura 11. Secador refrigerativo

Fuente: Atlas Copco (2011). Manual de aire comprimido

Las ventajas de este tipo de secador es que tienen un costo operativo muy bajo y no producen impurezas.

1.1.5.4 Equipos de filtración secundaria

Luego de obtener el aire seco, este pasa a través de filtros para partículas de polvo, los cuales entregan aire comprimido con mayores exigencias. (Bilbao & Cardenas, 2016)

- 1) El filtro de Partículas de Alta Eficiencia retiene partículas sólidas mayores a 0.3μ con una eficiencia mayor al 99.99%.
- 2) El filtro Bacteriológico de Alta Eficiencia entrega aire libre de bacterias y partículas sólidas mayores a 0.01μ .

1.1.5.5 Tanque recibidor de aire comprimido

Son depósitos grandes de metal que almacenan la reserva del gas y permiten al compresor liberarse de su carga cuando no se requieren; además, funcionan como un enfriador secundario para el aire comprimido. (Bilbao & Cardenas, 2016)

Estos recibidores deben cumplir con la norma ASME para contenedores presurizados, además son dimensionados de acuerdo a la demanda del sistema y el tamaño del compresor, considerando los arranques por hora y tiempo de funcionamiento.

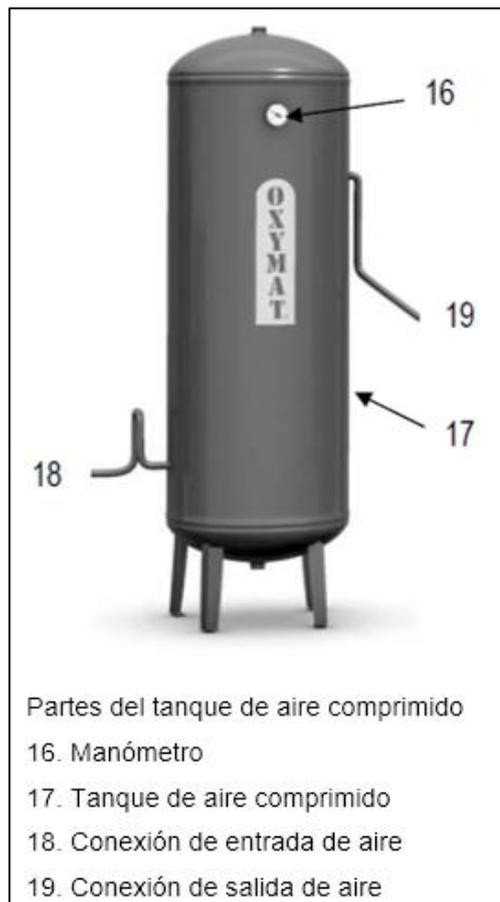


Figura 12. Tanque de aire comprimido

Fuente: Oxymat (2014). Instruction manual - Oxygen generator system

1.1.5.6 Generador de oxígeno por adsorción (PSA)

Una vez que el aire comprimido sale del secador, este se encuentra a temperatura ambiente y sin partículas. Este gas es enviado al generador de oxígeno PSA, donde se producirá la separación de gases para la obtención de oxígeno.

Este generador está compuesto por dos columnas adsorbentes con funcionamiento alterno, que contienen tamices moleculares, los cuales adsorberán el nitrógeno del aire y expulsarán oxígeno a alta pureza. (Oxymat A/S, 2014)

El funcionamiento de este equipo fue descrito con detalle en el capítulo “1.1.4.2.3 El ciclo Skarstrom”

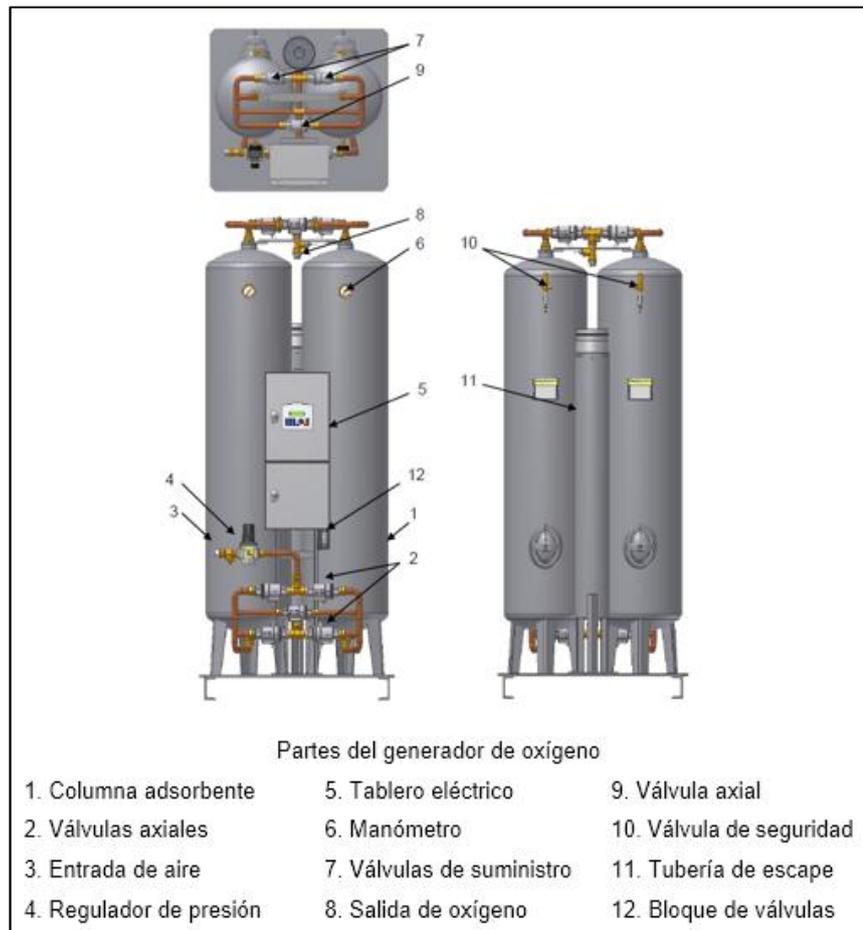


Figura 13. Generador de oxígeno

Fuente: Oxymat (2014). Instruction manual - Oxygen generator system

1.1.5.7 Tanque recibidor de oxígeno

Una vez realizada la separación del aire, el oxígeno resultante es llevado a un recipiente, donde es almacenado para ser utilizado posteriormente. Este tanque proveerá un flujo y pureza de oxígeno estables. (Oxymat A/S, 2014)



Figura 14. Tanque de oxígeno

Fuente: Oxymat (2014). Instruction manual - Oxygen generator system

1.1.5.8 Sistema de suministro de reserva

Además del sistema de suministro principal, se deberá instalar un sistema colector de reserva de emergencia que opere en caso de falla o mantenimiento del sistema principal. Este sistema deberá estar permanentemente conectado a la red de tuberías del hospital y debe tener suficiente capacidad para suministrar oxígeno de acuerdo a la demanda. (Bilbao & Cardenas, 2016)

Este contará por un manifold de distribución automática, el cual está compuesto por dos bancadas (una en uso y la otra en reserva) y cilindros de alta presión conectados a un cabezal de alimentación, además de equipos de seguridad y accesorios.

Además de estos equipos, se cuenta con un dispositivo regulador de presión para regular de manera automática la presión en el cabezal y la red de distribución.

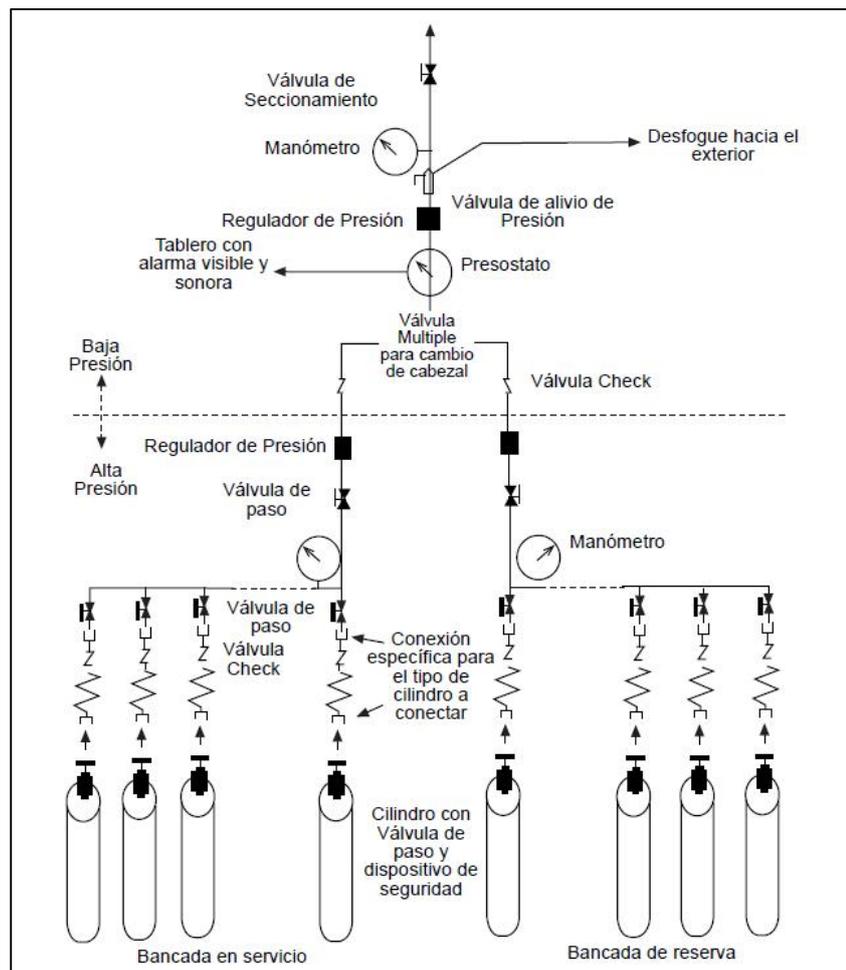


Figura 15. Esquema de un manifold de oxígeno

Fuente: Praxair (2012). Manual de buenas prácticas en instalaciones y en el manejo de gases medicinales

Asimismo, se contará con un sistema de llenado de cilindros, el cual contará con un tanque adicional de almacenamiento de oxígeno, un compresor de llenado y una rampa de cilindros para llenado, además de los accesorios correspondientes.

1.1.6 Distribución del Oxígeno Medicinal

El sistema de suministro de gases medicinales comprende todas las redes de distribución que permiten un suministro constante y continuo de estos, garantizando la misma calidad con la que es producido. (Bilbao & Cardenas, 2016)

El suministro de oxígeno está constituido por tuberías, conexiones, empernado, juntas, válvulas, y otros componentes que conforman el sistema. También se incluye colgadores y abrazaderas para las tuberías, soportes strut y otros elementos necesarios para prevenir una sobre presurización y sobre esfuerzos de los componentes

Dentro de los elementos que conforman el sistema de suministro de oxígeno tenemos:

1.1.6.1 Tubería de Oxígeno Medicinal

Según (Bilbao & Cardenas, 2016), las tuberías corresponden al elemento principal de la red de distribución, ya que permiten transportar el gas a la presión requerida desde la central de generación hasta el punto de consumo. Estas serán de cobre del tipo K, ya que este material no reacciona al contacto con el oxígeno. Otras de las ventajas de este material es que es económico, ligero, fácil de unir, poco inflamable y con un largo tiempo de vida.

De acuerdo a la (Norma Técnica de Salud N°110-MINSA/DGIEM-V.01, 2014), las tuberías de oxígeno deberán ser instaladas en lugares con poca probabilidad de daños mecánicos y alejadas de líneas de energía eléctrica o tuberías de gases o líquidos inflamables. Además, estas deberán ser pintadas de color Pantone 360, similar al color verde claro.

Los accesorios como codos, reducciones y tees deberán también ser de cobre tipo K y tener una adecuada limpieza antes de ser instalados.

La instalación de estas tuberías será de tres maneras:

-) Sobre el falso cielo raso (FCR) del edificio, no visible. Para el mantenimiento de estas tuberías, se contará con una baldosa removible en el FCR.
-) Adosada a muro. Estará expuesta al exterior y deberá estar protegida contra el frío, corrosión y daño físico.
-) En canaleta de concreto. Estará ubicada bajo el nivel de piso terminado (NPT). Deberá contar con aislamiento térmico.



Figura 16. Tipos de instalación de tuberías de gases medicinales

Fuente: Elaboración propia

Las tuberías deberán estar diseñadas y dimensionadas para suministrar el flujo requerido a la presión correspondiente de acuerdo al lugar de consumo. (Bilbao & Cardenas, 2016).

-) Para los troncales y ramales, el diámetro mínimo será DN15 (NPS 1/2") (5/8" D.E.)
-) Para las derivaciones hacia los tomas murales, el diámetro mínimo será DN15 (NPS 1/2") (5/8" D.E.)
-) Para las desviaciones hacia las alarmas y conexión a manómetros y dispositivos de alarma, el diámetro mínimo será DN15 (NPS 1/4") (3/8" D.E.)

NPS: Diámetro nominal de tubería (pulgadas)

DN: Milímetros (mm)

D.E.: Diámetro exterior

Asimismo, la tubería deberá ser etiquetada, con el fin de poder identificar el gas circulante. Para la identificación del gas, se debe indicar su nombre o símbolo químico y la dirección del flujo.

1.1.6.2 Uniones

Las tuberías de oxígeno pueden tener cambios de dirección hechos mediante conexiones o técnicas. Una de estas técnicas es la soldadura, hechas usando un material de aporte.

De acuerdo a la (Norma Técnica de Salud N°110-MINSA/DGIEM-V.01, 2014), la soldadura a emplear deberá estar compuesta de una aleación de 45% de plata, 30% de cobre y 25% de zinc, o de otra que tenga equivalente punto de fusión y propiedades físicas.

Asimismo, los tubos deben ser cortados con una herramienta que evite su deformación. Esta herramienta deberá estar libre de grasa, aceite y otro lubricante.

1.1.6.3 Soportes

La tubería debe estar soportada desde la estructura del edificio. Estos deben estar dimensionado de acuerdo a la tubería utilizada y construidos de un material resistente a la corrosión. De acuerdo a la (NFPA 99, 2018), el espaciamiento entre estos soportes debe ser:

Tabla 4. Distancia entre soportes para tuberías de gases medicinales

Diámetros	mm	ft
DN8 (NPS 1/4") (3/8" D.E.)	1520	5
DN10 (NPS 3/8") (1/2" D.E.)	1830	6
DN15 (NPS 1/2") (5/8" D.E.)	1830	6
DN20 (NPS 3/4") (7/8" D.E.)	2130	7
DN25 (NPS 1") (1 1/8" D.E.)	2440	8
DN32 (NPS 1 1/4") (1 3/8" D.E.)	2740	9
DN40 (NPS 1 1/2") (1 5/8" D.E.)	3050	10
Tubería vertical, todos los tamaños y pisos, no debe exceder	4570	15

Fuente: National Fire Protection Association (2018). NFPA 99: 2018

5.1.10.11.4.6 Maximum Pipe Support Spacing

1.1.6.4 Válvula de corte

Según (Bilbao & Cardenas, 2016), el sistema de suministro de oxígeno debe estar equipado con válvulas de corte que permitan aislar secciones del sistema para mantenimiento, reparación o futuras expansiones.

La línea principal de suministro contará con una válvula de corte ubicada en un lugar de fácil acceso en caso de emergencia. Asimismo, aquellas que no se ubiquen en cajas de corte deberán estar ubicadas en áreas seguras.

Las válvulas de corte deberán tener las siguientes características:

-) Deben ser de un cuarto de giro, de flujo libre y tipo bola
-) El material debe ser de latón o bronce

-) Debe tener extensiones para facilitar la soldadura
-) Deber ser de tres piezas para permitir el servicio en línea



Figura 17. Válvula de corte de tres cuerpos de bronce

Fuente: Amico (2012). Válvulas de corte y caja de válvulas

De igual manera, las válvulas de corte expuestas a personal no autorizado deberán ser instaladas en cajas de corte con ventana removible. Estas cajas irán empotradas en la pared y su tamaño dependerá de la cantidad de gases que se controlarán desde ahí, además irán instaladas en un lugar cercano a una Estación de Enfermeras. (Norma Técnica de Salud N°110-MINSA/DGIEM-V.01, 2014)

1.1.6.5 Sistemas de alarma

De acuerdo a la (Norma Técnica de Salud N°110-MINSA/DGIEM-V.01, 2014), se deberá contar con una Alarma Maestra y Alarmas de Zona, cuya función es asegurar una vigilancia continua dentro de las áreas de distribución de gases medicinales.

Estas alarmas deberán tener señales automáticas y audiovisuales que indiquen cualquier anomalía en la central de suministro. (Instituto Mexicano de Seguro Social, 1997)

Para el caso de la Alarma Maestra, se colocará en la Central de Monitoreo del establecimiento de Salud y operará cuando se presente algunas de las siguientes anomalías:

-) Nivel alto o bajo de presión dentro de la red principal (variación de +/- 20% de la presión de operación).
-) Bajo nivel de concentración de oxígeno



Figura 18. Alarma Maestra

Fuente: Amico (2012). Combinación Alarma Compacta/Maestra

1.1.7 Dimensionamiento y selección de equipos

1.1.7.1 Ubicación de la central

Según (Bilbao & Cardenas, 2016), la Central de Generación de Oxígeno deberá ser instalada con la conformidad del fabricante, en un ambiente ventilado y con una temperatura ambiental en un rango de 10 a 40°C. Algunos componentes deberán estar protegidos contra los efectos del clima y dentro de un área cercada.

Los compresores pueden generar ruidos que exceden los 70dB; por ello se requiere una ubicación que no genere contaminación sonora en áreas con restricción de ruidos.

Si bien aún no se establecen distancias de seguridad para una central PSA, se puede tomar como referencia las distancias establecidas para el oxígeno criogénico:

Tabla 5. Distancias de seguridad para el tanque de oxígeno criogénico

Distancias de seguridad para recipientes con oxígeno líquido (metros)	
Líneas aéreas de alta o baja tensión	10
Líneas subterráneas de alta tensión	5
Materiales sólidos combustibles	7.5
Subestación eléctrica	7.5
Almacén de alcohol o materiales explosivos	15
Oficinas y centros de aglomeración	15
Tanques de combustibles sobre el suelo	15
Tanques de combustibles enterrados	7.5

Fuente: Praxair (2012). Manual de buenas prácticas en instalaciones y en el manejo de gases medicinales

Asimismo, para propósitos de mantenimiento, la central deberá permitir el fácil acceso a los equipos y a las personas.

1.1.7.2 Consumo de oxígeno medicinal

Según el (Instituto Mexicano de Seguro Social, 1997), para determinar la demanda de oxígeno del hospital, consideraremos el gasto de oxígeno según el número de salidas murales. Según el gasto de las salidas, estas se clasifican en tipo "A" y tipo "B".

-) Tipo "A". Corresponden a las localizadas en Salas de Cirugía, Terapia Intensiva, UCI y otros ambientes cuyo consumo sea masivo.
-) Tipo "B". Corresponden a todas las demás salidas.

Para efectos de cálculo, se debe uniformizar las salidas a tipo "B", mediante un factor. Para este caso, se considerará un factor de 4 para las salas de operaciones y un factor de 2 para

las demás salidas del tipo “A”. Para las salidas tipo “B” se considerará un factor de 1.

Una vez obtengamos, el número de salidas equivalente tipo “B”, determinaremos el gasto de oxígeno en litros por minuto de acuerdo al número de salidas a partir de la siguiente tabla:

Tabla 6. Gastos de oxígeno en función del número de salidas

No. de salidas	Gasto Lt/min	No. de salidas	Gasto Lt/min	No de salidas	Gasto Lt/min	No. de salidas	Gasto Lt/min
1	100	36	579	92	881	320	1481
2	148	37	586	94	890	340	1495
3	181	38	593	98	899	360	1527
4	210	39	600	98	907	380	1558
5	237	40	607	100	915	400	1588
6	261	41	614	105	932	420	1618
7	283	42	621	110	949	440	1647
8	302	43	628	115	964	460	1675
9	320	44	635	120	979	480	1702
10	336	45	642	125	994	500	1728
11	350	46	649	130	1009	550	1788
12	364	47	656	135	1024	600	1847
13	376	48	663	140	1039	650	1904
14	388	49	670	145	1054	700	1958
15	399	50	676	150	1068	750	2011
16	409	52	687	155	1082	800	2062
17	419	54	698	160	1096	850	2112
18	429	56	709	165	1109	900	2160
19	439	58	720	170	1122	950	2208
20	448	60	730	175	1135	1000	2250
21	457	62	740	180	1148	1100	2330
22	466	64	750	185	1161	1200	2405
23	475	66	760	190	1174	1300	2475
24	484	68	770	195	1187	1400	2540
25	493	70	780	200	1200	1500	2600
26	501	72	790	210	1225	1600	2658
27	509	74	800	220	1249	1700	2715
28	517	76	809	230	1273	1800	2771
29	525	78	818	240	1296	1900	2828
30	533	80	827	250	1319	2000	2880
31	541	82	836	260	1341		
32	549	84	845	270	1363		
33	557	86	854	280	1384		
34	565	88	863	290	1405		
35	572	90	872	300	1425		

Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social (1997). Normas de Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales - Tabla 13.2

Asimismo, se considerará un factor de simultaneidad según el tipo de área con la que se trabaja. De esta manera, tenemos “Áreas Críticas” conformadas por las Salas de Operaciones” y “Áreas No Críticas” conformadas por los demás ambientes. Para el primer caso, se trabajará con un factor igual a 1; mientras que, para los demás casos, se aplicará un factor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 7. Factores de utilización para sistemas de oxígeno

Número de salidas	Factor de utilización
1 - 3	100
4 - 12	75
13 - 20	50
21 - 40	31
41 a más	25

Fuente: Guyer (2009). An introduction to Plumbing and Gas Systems for Medical Facilities.

Una vez calculado el gasto de oxígeno para estos dos tipos de ambientes, procederemos a sumar ambos valores para obtener el consumo total en litros/min. Asimismo, podemos aplicar un factor de conversión, en caso se requiera trabajar con otras unidades (m³/h, gal/día, etc.)

1.1.7.3 Dimensionamiento de los equipos

1.1.7.3.1 Dimensionamiento del generador de oxígeno

(Bilbao & Cardenas, 2016) establecen que, para el dimensionamiento del generador de oxígeno se requiere conocer la demanda total de oxígeno del centro hospitalario.

Una vez obtenido este dato, debemos aplicar un factor de conversión de volumen de oxígeno por volumen de aire. Este valor es:

$$D_{de A} = \frac{11.7 \text{ m}^3 \text{ d a}}{1 \text{ m}^3 \text{ d O}_2} * D_{d O_2}$$

A partir de este valor, podremos dimensionar el generador de oxígeno más acorde a las necesidades del hospital.

1.1.7.3.2 Dimensionamiento del compresor de aire

Según (Bilbao & Cardenas, 2016), para la selección del compresor de aire se requiere conocer las condiciones ambientales. Los parámetros más determinantes son la presión ambiental, la temperatura y la humedad relativa. Estos parámetros también afectan dimensionamiento de los filtros y los secadores.

En primer lugar, debemos considerar la altitud del lugar, ya que el aire es menos denso a una altitud elevada. Por ello, se debe aplicar un factor de corrección que corresponda a dicha altura. La cantidad real de aire será determinada multiplicando el volumen por dicho factor. (Frankel, 2010)

Tabla 8. Factor de corrección por altitud

Altitud (pies)	Altitud (m)	Factor de corrección
0	0	1.00
1600	480	1.05
3300	990	1.11
5000	1500	1.17
6600	1980	1.24
8200	2460	1.31
9900	2970	1.39

Fuente: Frankel (2010). Facility Piping Systems Handbook

Además, se debe considerar que el volumen de aire ejercerá una mayor presión a una mayor temperatura. Por ello, se debe aplicar un factor de corrección para determinar el volumen correspondiente a dicha temperatura. La cantidad real de aire se determinará multiplicando el volumen por dicho factor (Frankel, 2010)

Tabla 9. Factor de corrección por temperatura

Temperatura de admisión		Factor de corrección	Temperatura de admisión		Factor de corrección
°C	°F		°C	°F	
-46	-50	0.773	4	40	0.943
-40	-40	0.792	10	50	0.962
-34	-30	0.811	18	60	0.981
-28	-20	0.830	22	70	1.000
-23	-10	0.849	27	80	1.019
-18	0	0.867	32	90	1.038
-9	10	0.886	38	100	1.057
-5	20	0.905	43	110	1.076
-1	30	0.925	49	120	1.095

Fuente: Frankel (2010). Facility Piping Systems Handbook

Por último, debemos considerar también la relación del punto de rocío con el peso de agua por pie cúbico de aire. Esto se determina a partir de la temperatura y la humedad relativa.

Tabla 10. Peso del vapor de agua en el aire (en granos de humedad por libra de aire) a presión barométrica estándar

Temperatura		Humedad relativa (%)								
°C	°F	10	20	30	40	50	60	70	80	90
-1	30	3	5	7	9	12	14	17	19	21
4	40	4	7	10	14	16	18	20	22	24
10	50	6	10	14	20	26	32	38	42	48
18	60	8	16	22	30	39	48	54	62	70
22	70	11	21	34	44	55	66	78	88	100
27	80	16	30	46	62	78	92	108	125	140
32	90	21	42	65	85	108	128	158	173	195
38	100	29	58	87	116	147	176	208		

Fuente: Frankel (2010). Facility Piping Systems Handbook

A partir de este último dato, se hallará el porcentaje de volumen de aire. Este se determinará con la siguiente tabla:

Tabla 11. Porcentaje de volumen de aire

Punto de rocío (°C)	Granos de humedad por lb de aire	PPM	Volumen (%)	
44	400	60000	9	
		50000	8	
			7	
38	300	40000	6	
			5	
33	200		4	
			3	
27	150	20000	2	
22	100	15000	1.5	
			90	
			80	
18	70	10000		
		60		
		8000		

Fuente: Frankel (2010). Facility Piping Systems Handbook

Una vez aplicados los factores de corrección de las tablas anteriores, se procede a dimensionar el flujo de aire libre. Este corresponde al volumen de aire ocupado a la presión y temperatura ambiente donde se ubicará el compresor. (Bilbao & Cardenas, 2016)

Con este dato, se procederá a calcular los pies cúbicos de entrada por minuto (icfm), el cual nos permitirá dimensionar el compresor. Este valor se determina a partir de lo siguiente:

$$ic = A \quad L \quad \left(\frac{P_a}{P_s} \right) \left(\frac{T_s}{T_a} \right)$$

Donde:

-) P_s : Presión de succión del compresor (en bar). Las unidades de presión deben expresarse en términos absolutos; por ello, a la presión relativa se le debe sumar la presión atmosférica, la cual variará dependiente de la altitud a la que opere el

compresor. Normalmente se toma un valor de 8 kPa como presión relativa de succión.

-) P_{amb} : Presión barométrica (en bar).
-) T_s : Temperatura de succión del compresor (en K). Esta temperatura debe ser expresada en términos absolutos y corresponde a la máxima temperatura promedio del lugar.
-) P_{amb} : Temperatura ambiente máxima (en K). Normalmente se considera este valor igual que la temperatura de succión.

1.1.7.3.3 Dimensionamiento del secador de aire.

Según (Bilbao & Cardenas, 2016), para el dimensionamiento del secador de aire, se requiere conocer la demanda de aire obtenida en el cálculo del compresor.

Asimismo, los secadores de aire trabajan con factores de corrección de acuerdo a su catálogo de fabricante. Estos factores dependen de la temperatura de ambiente y la presión y temperatura de entrada.

Normalmente la capacidad de los secadores va de acuerdo a la de los compresores seleccionados. Por ello, las tablas empleadas serán de acuerdo al caudal obtenido para el compresor.

A sobrepresión máx. servicio diferente (bar)														
bar	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Factor	0,75	0,84	0,90	0,95	1,00	1,04	1,07	1,10	1,12	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23

Temperatura de entrada del aire comprimido T_1							Temperatura ambiente T_2					
T_1 (°C)	-90	-85	-80	-75	-70	-65	T_2 (°C)	25	30	35	40	45
k_{T_1}	1,20	1,00	0,83	0,72	0,60	0,49	k_{T_2}	1,00	0,99	0,97	0,94	0,92

Figura 19. Factores de corrección para secadores de aire

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Secadores frigoríficos de bajo consumo

1.1.7.3.4 Dimensionamiento del tanque de aire comprimido y tanque de oxígeno

De acuerdo a (Bilbao & Cardenas, 2016), para el dimensionamiento del tanque de aire comprimido y el tanque de oxígeno, se requiere conocer la demanda del elemento contenido en cada uno.

Además, según (Buenache, 2010), para el dimensionado de los tanques, se requiere conocer de:

-) Número máximo de maniobras horarias (Z). Este valor dependerá de la frecuencia de operaciones por hora y oscila entre 10 y 60.
-) Diferencias de presión de entrada y salida del tanque.

Con los obtenidos, se trabajará con el siguiente gráfico:

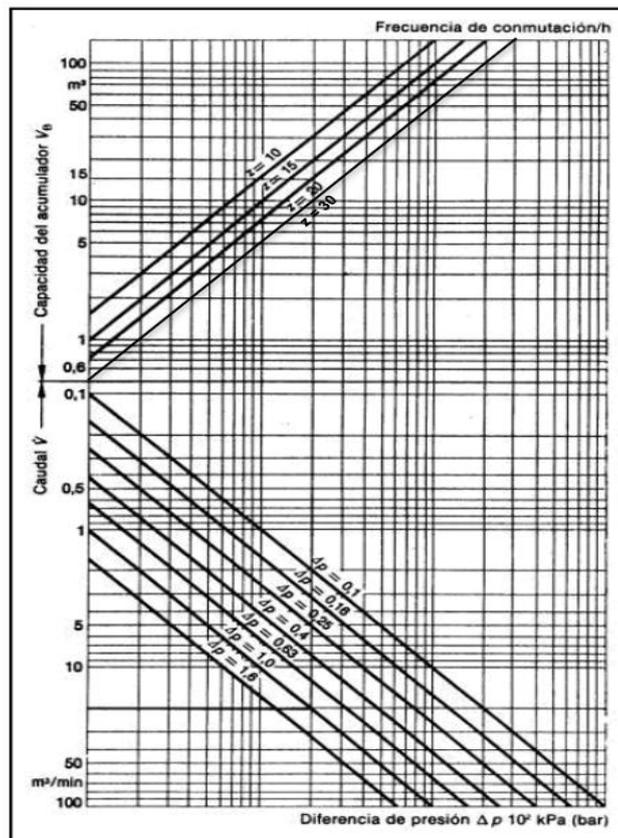


Figura 20. Diagrama para el cálculo de depósitos

Fuente: Buenache (2010). Tecnología Neumática

1.1.7.3.5 Dimensionamiento de la rampa de llenado de oxígeno

Según (Bilbao & Cardenas, 2016), para seleccionar la rampa de llenado será necesario indicar el tipo de cilindros que serán utilizados para este sistema y el número de cilindros que se empleará para el llenado.

Para dimensionar la rampa de llenado de oxígeno se requiere conocer la demanda de oxígeno medicinal del hospital. A partir de este dato, podemos determinar la cantidad de cilindros de oxígeno necesaria para el abastecimiento de este gas en un periodo de emergencia.

Por ello, para determinar el consumo de oxígeno durante el periodo de emergencia, se debe multiplicar el consumo de oxígeno cada hora por el tiempo de abastecimiento durante el periodo de emergencia. Normalmente se considera un valor de 2 a 3 horas para este periodo de emergencia.

Posteriormente, para determinar la cantidad de cilindros necesarios por bancada, se debe dividir el valor hallado entre la capacidad en m^3 de cada cilindro. Para este caso, se consideró para cada cilindro una capacidad de $10 m^3$, ya que es el valor comercial mayormente empleado en nuestro país.

Asimismo, es necesario determinar la capacidad de llenado del compresor de oxígeno según nuestras necesidades. De acuerdo a la velocidad de llenado de los cilindros, se determinará la capacidad de este compresor.

1.1.7.3.6 Dimensionamiento del sistema eléctrico

El sistema eléctrico debe ser dimensionado según la normatividad vigente y cumplir diversas normas internacionales. Dentro del tablero de fuerza de la central estarán dispuestos los interruptores de alimentación y de protección de los equipos.

Según (Bilbao & Cardenas, 2016), la ubicación de este tablero deberá adaptarse de acuerdo a la disposición de los equipos en la central, además deberá estar en una zona de fácil acceso, de tal manera que no interrumpa el recorrido de las tuberías.

Para ello, es necesario determinar la corriente nominal que circulará por estos equipos. El valor de la corriente nominal se calculó de la siguiente manera:

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} * V_L * F}$$

Donde:

-) I_N : Corriente nominal (en A)
-) P: Potencia nominal de la carga (en W)
-) Tensión nominal (en V)
-) FP: Factor de potencia de la carga

Una vez calculado este valor, se procede a calcular la corriente de diseño y, de esta manera, poder dimensionar los conductores que alimentarán las cargas. El valor de la corriente de diseño se calculó de la siguiente manera:

$$I_D = 1.25 * I_N * f_T$$

Donde:

-) I_N : Corriente nominal (en A)
-) I_D : Corriente de diseño (en A)

) f_T : Factor de corrección de temperatura para conductores

En la Tabla 2 del tomo de Utilización del (Código Nacional de Electricidad, 2011), es posible determinar el valor de este factor de corrección:

Tabla 12. Factor de corrección de temperatura para conductores

Temperatura ambiente (°C)	Para temperaturas ambiente distintas a 30°C, se debe multiplicar por los siguientes factores		
	TW, TWF	THW, THHW, THHW, XHHW	THWN-2, HXHW-2
	60°C	75°C	90°C
31 – 36	0.91	0.94	0.96
36 – 40	0.82	0.88	0.91
41 – 45	0.71	0.82	0.87
46 – 50	0.58	0.75	0.82
51 – 55	0.41	0.67	0.76
56 – 60	-	0.58	0.71
61 – 70	-	0.33	0.58
71 – 80	-	-	0.41

Fuente: Código Nacional de Electricidad (2011)

Una vez obtenidos el valor de la corriente de diseño, se procede a determinar el calibre del conductor que alimentará a cada una de las cargas. De acuerdo a la (NFPA 70, 2014), se puede determinar este calibre teniendo en cuenta la intensidad de corriente, la temperatura nominal y el material del conductor, tal y como se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 13. Capacidad de corriente permisible en conductores eléctricos

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]					
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
18**	—	—	14	—	—	—
16**	—	—	18	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25
10**	30	35	40	25	30	35
8	40	50	55	35	40	45
6	55	65	75	40	50	55
4	70	85	95	55	65	75
3	85	100	115	65	75	85
2	95	115	130	75	90	100
1	110	130	145	85	100	115
1/0	125	150	170	100	120	135
2/0	145	175	195	115	135	150
3/0	165	200	225	130	155	175
4/0	195	230	260	150	180	205
250	215	255	290	170	205	230
300	240	285	320	195	230	260
350	260	310	350	210	250	280
400	280	335	380	225	270	305
500	320	380	430	260	310	350
600	350	420	475	285	340	385
700	385	460	520	315	375	425
750	400	475	535	320	385	435
800	410	490	555	330	395	445
900	435	520	585	355	425	480

Fuente: NFPA 70: National Electrical Code (2014)

Para este proyecto, el tipo de cable empleado será de cobre y con protección tipo THW con una temperatura nominal de 75°C.

El dimensionamiento del sistema de protección varía según el tipo de cargas. Según (Bilbao & Cardenas, 2016), las posibles sobrecargas pueden sostenerse en tiempo prolongados; mientras que los cortocircuitos, al ser corrientes de un valor mucho mayor a la corriente nominal, pueden sostenerse en un tiempo más corto. Para el caso de una central de generación de oxígeno, el sistema de protección estará compuesto por interruptores termomagnéticos y relevadores de sobrecarga.

Para el dimensionamiento del interruptor termomagnético, se consideró el siguiente valor de corriente:

$$I_T = 1.25 * I_N$$

De la misma manera, para el dimensionamiento del relevador de sobrecarga, se consideró el siguiente valor de corriente:

$$I_R = 1.15 * I_N$$

1.2 Definición de términos básicos

1. **Aire.** Mezcla de gases que componen la atmósfera de la Tierra.
2. **Aire medicinal.** Mezcla de gases, compuesta principalmente por oxígeno y nitrógeno, destinado a la administración de pacientes.
3. **Alarma de emergencia.** Alarma destinada a informar al personal de un centro hospitalario sobre una presión o concentración de gas anormal y que requiere de acción inmediata.
4. **Bancada de cilindros.** Conjunto de cilindros unidos entre sí para llenado o suministro de un gas.
5. **Central de Oxígeno.** Conjunto de equipos electromecánicos cuya función es suministrar o producir oxígeno en un lugar
6. **Cilindro de almacenamiento.** Recipiente transportable destinado a almacenar una cantidad no considerable de gas a alta presión
7. **Compresor.** Equipo que absorbe el aire del medio ambiente y lo comprime a una alta presión para generar aire comprimido
8. **Gas licuado (líquido criogénico).** Gas presente en estado líquido, debido a condiciones de alta presión o baja temperatura, almacenado en recipientes fijos (depósitos o tanques).
9. **Gas medicinal.** Gas o mezcla de gases destinada a la administración de pacientes con fines anestésicos o terapéuticos para el tratamiento o prevención de enfermedades.
10. **Generador de oxígeno.** Equipo destinado a producir oxígeno medicinal a partir del aire ambiental mediante la extracción de nitrógeno.

- 11. NFPA 99.** Asociación Nacional de Protección de Fuego 99: Código de Facilidades de Salud y Cuidado. Conjunto de normas de salud que corresponden al uso y distribución de gases medicinales.
- 12. Oxígeno.** Gas presente en la atmósfera esencial para la vida, ya que contribuye a la respiración y permite a las células generar energía.
- 13. Oxígeno medicinal.** Oxígeno gaseoso empleado con fines medicinales cuya pureza es de al menos un 93% de acuerdo a norma.
- 14. PSA.** Siglas de Pressure Swing Adsorption. Sistema de adsorción por oscilación de presión que consiste en separar una mezcla de gases para obtener un gas deseado.
- 15. Válvula de corte.** Elemento que impide el flujo de gas cuando se cierra.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

El presente informe del trabajo de suficiencia profesional consistió en el dimensionamiento y diseño de la planta de generación de oxígeno, el mismo que contiene los siguientes aspectos:

-) Determinar el cálculo de la demanda de oxígeno medicinal para abastecer óptimamente los servicios de salud del hospital.
-) Dimensionar los equipos electromecánicos para abastecer el suministro de oxígeno en el hospital.
-) Determinar la disposición adecuada de los equipos electromecánicos para producir oxígeno.

1.3 Delimitación temporal y espacial del trabajo

El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en el periodo de agosto a diciembre de 2020 en la empresa R&S Ingenieros S.A.C., dedicada a la elaboración de proyectos de instalaciones electromecánicas para edificios y hospitales

1.4 Determinación y análisis del problema

El Hospital I María R4eiche Neuman en un establecimiento de salud que brinda atención médica a la población asegurada de esa zona. Sin embargo, actualmente se encuentra en un estado muy deteriorado, producto de su tiempo de funcionamiento. Como consecuencia, este establecimiento no cumple con las normas vigentes que garanticen una adecuada atención.

Según los Términos de Referencia del proyecto de inversión pública “Recuperación de los Servicios de Salud del Hospital María Reiche de la Red Asistencial Ica – EsSalud en el distrito de Marcona, provincia de Nazca, departamento de Ica”, se plantea la demolición total y una nueva construcción del Hospital María Reiche a fin de brindar un adecuado acceso a servicios de salud para la población.

Este proyecto se encuentra actualmente en la fase previa de diseño; e involucra la construcción de un Establecimiento de Salud de Atención General de categoría II-1 en un área de terreno de 24,122.85 m².

Los especialistas que integran el equipo de trabajo para la elaboración del proyecto deben cumplir con su labor correspondiente indicada en los Términos de Referencia. Esto incluye realizar los cálculos necesarios para dimensionar los equipos que se requieran y elaborar los planos de instalación y documentos necesarios para el Expediente Técnico.

Dentro de las distintas especialidades que se encargarán de la elaboración del EETT tenemos la de Instalaciones Mecánicas, la cual se encarga de dimensionar los equipos, redes de alimentación y accesorios correspondientes a los sistemas de gases medicinales, combustibles, ascensores, aire acondicionado y ventilación mecánica del hospital.

De esta manera, el presente trabajo busca dimensionar la Central de Generación de Oxígeno Medicinal que permitirá suministrar este gas a todos los puntos de alimentación requeridos de acuerdo al equipamiento. Por ello, se requiere determinar la demanda de oxígeno necesaria para garantizar una producción adecuada, además del dimensionamiento de los componentes de la planta que garanticen esta demanda.

1.4.1 Problema General

¿En qué medida el dimensionamiento de la Central de Generación de oxígeno medicinal permitirá abastecer los servicios de salud del hospital de Maria Reiche – Essalud, Nazca?

1.4.2 Problemas Específicos

1. ¿De qué manera el cálculo de la demanda de oxígeno medicinal permitirá abastecer óptimamente los servicios de salud del hospital de Maria Reiche – Essalud, Nazca?
2. ¿De qué manera el dimensionamiento de los equipos electromecánicos permitirá abastecer el suministro de oxígeno en el hospital Maria Reiche – Essalud, Nazca?

3. ¿En qué medida la disposición de los equipos electromecánicos permitirá producir adecuadamente oxígeno en el hospital Maria Reiche – Essalud, Nazca?

1.5 Modelo de solución propuesto

1.5.1 Cálculo de la demanda de oxígeno medicinal.

Se determinó la cantidad de salidas de oxígeno de acuerdo a los requerimientos de la especialidad de equipamiento, la cual determinó qué ambientes del hospital son los que requieren de puntos de oxígeno.

Se determinó la cantidad de salidas de oxígeno, tal como se muestra en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE SALIDAS
PRIMER NIVEL	
UNIDAD DE VIGILANCIA INTENSIVA	2
TOPICO DE GINECO-OBSTETRICIA	1
TOPICO DE CIRUGIA GENERAL	1
TOPICO DE MEDICINA INTERNA	1
TOPICO DE PEDIATRIA	1
HABITACION AISLADO	1
SALA DE OBSERVACIÓN HOMBRES	2
SALA DE OBSERVACIÓN MUJERES	2
SALA DE OBSERVACIÓN PEDIATRICO	2
SEGUNDO NIVEL	
SALA DE DILATACIÓN	3
ATENCIÓN AL RECIÉN NACIDO	1
SALA DE PARTOS	2
PURPERIO INMEDIATO	2
SALA DE OPERACIONES MULTIFUNCIONALES	2
SALA DE RECUPERACIÓN POST-ANESTESICA	2
INDUCCIÓN ANESTESICA	1
TERCER PISO	
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 1	2
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 2	2
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 3	2
HABITACIÓN CIRUGIA (1 CAMA)	1
HABITACIÓN MEDICINA (1 CAMA)	1
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 1	2
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 2	2
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 3	2
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 4	2
HABITACIÓN AISLADO MEDICINA	1
HABITACIÓN PEDIATRICA (1 CAMA)	1
HABITACIÓN PEDIATRICA - 2 LACTANTES + LACTARIO	2
HABITACIÓN AISLADO PEDIATRICA	1
HABITACIÓN GINECO-OBSTETRICIA A/C (2 CAMAS)	2
HABITACIÓN R.N. CON PATOLOGÍA	1

Figura 21. Número de salidas de oxígeno para el proyecto

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinados los ambientes que requieren de oxígeno, se procedió a clasificar de acuerdo al tipo de consumo (tipo “A” y “B”) y el factor de consumo (“Área Crítica” o “Áreas No Crítica”). Una vez clasificados, se agregó el factor de conversión de acuerdo al tipo de consumo (1, 2 o 4) obtuvo la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE SALIDAS	TIPO DE USO	FACTOR DE CONVERSIÓN	Nº EQUIVALENTE DE SALIDAS "B"	
				AREA CRÍTICAS	NO CRÍTICAS
PRIMER NIVEL					
UNIDAD DE VIGILANCIA INTENSIVA	2	A	2		4
TOPICO DE GINECO-OBSTETRICIA	1	B	1		1
TOPICO DE CIRUJIA GENERAL	1	B	1		1
TOPICO DE MEDICINA INTERNA	1	B	1		1
TOPICO DE PEDIATRIA	1	B	1		1
HABITACION AISLADO	1	A	2		2
SALA DE OBSERVACIÓN HOMBRES	2	A	2		4
SALA DE OBSERVACIÓN MUJERES	2	A	2		4
SALA DE OBSERVACIÓN PEDIATRICO	2	A	2		4
SEGUNDO NIVEL					
SALA DE DILATACIÓN	3	A	2		6
ATENCIÓN AL RECIÉN NACIDO	1	A	2		2
SALA DE PARTOS	2	A	2		4
PURPERIO INMEDIATO	2	A	2		4
SALA DE OPERACIONES MULTIFUNCIONALES	2	A	4	8	
SALA DE RECUPERACIÓN POST-ANESTESICA	2	A	2		4
INDUCCIÓN ANESTESICA	1	A	2		2
TERCER PISO					
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 1	2	B	1		2
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 2	2	B	1		2
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 3	2	B	1		2
HABITACIÓN CIRUGIA (1 CAMA)	1	B	1		1
HABITACIÓN MEDICINA (1 CAMA)	1	B	1		1
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 1	2	B	1		2
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 2	2	B	1		2
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 3	2	B	1		2
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 4	2	B	1		2
HABITACIÓN AISLADO MEDICINA	1	A	1		1
HABITACIÓN PEDIATRICA (1 CAMA)	1	B	1		1
HABITACIÓN PETIATRICA - 2 LACTANTES + LACTARIO	2	B	1		2
HABITACIÓN AISLADO PEDIATRICA	1	A	1		1
HABITACIÓN GINECO-OBSTETRICIA A/C (2 CAMAS)	2	B	1		2
HABITACIÓN R.N. CON PATOLOGÍA	1	B	1		1
TOTALES =				8	68

Figura 22. Número de salidas equivalente tipo “B” de oxígeno para el proyecto

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta tabla, obtuvimos 8 salidas para “Áreas Críticas” y 68 para “Áreas No Críticas”. Estos datos, los utilizamos en la Tabla 6 para determinar el consumo de aire.

No. de salidas	Gasto Lt/min	No. de salidas	Gasto Lt/min
1	100	36	579
2	148	37	586
3	181	38	593
4	210	39	600
5	237	40	607
6	261	41	614
7	283	42	621
8	302	43	628
9	320	44	635
10	336	45	642
11	350	46	649
12	364	47	656
13	376	48	663
14	388	49	670
15	399	50	676
16	409	52	687
17	419	54	698
18	429	56	709
19	439	58	720
20	448	60	730
21	457	62	740
22	466	64	750
23	475	66	760
24	484	68	770
25	493	70	780

Figura 23. Consumo de oxígeno según el número de salidas tipo “B”

Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social (1997). Elaboración propia

Obtuvimos un consumo de 302 litros/min para “Áreas Críticas” y 770 litros/min para “Áreas No Críticas”. Posteriormente, se procedió a aplicar el factor de consumo.

Para las “Áreas Críticas” se consideró un factor de 1. De acuerdo a la Tabla 6, determinamos qué factor emplear para las “Áreas No Críticas”.

Número de salidas	Factor de utilización
1 - 3	100
4 - 12	75
13 - 20	50
21 - 40	31
41 a más	25

Figura 24. Factor de utilización de acuerdo al número de salidas tipo “B”

Fuente: Guyer (2009). An introduction to Plumbing and Gas Systems for Medical Facilities.

Del número de salidas para “Áreas No Críticas” del hospital (68 salidas), obtuvimos un factor de 0.25. Una vez aplicado estos factores, obtenemos el consumo total de:

Aplicando un factor de conversión de litros/min a m³/día obtenemos:

$$494.5 \frac{\text{li}}{\text{m}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ li}} * \frac{60 \text{ m}}{1 \text{ h}} = 29.67 \text{ m}^3/\text{h}$$

CÁLCULO DEL CONSUMO DIARIO (GAS):			INTERPOLACIÓN: Tabla 13.2: A. CRÍTICA		
TOTAL N° EQUIVALENTES SALIDAS "B": ÁREA CRÍTICA	8	Salidas	N° SALIDAS		lpm
TOTAL GASTO (GAS) ÁREA CRÍTICA: (TABLA 13.2-IMSS)	302	lpm	7		283
FACTOR DE SIMULTANEIDAD: ÁREA CRÍTICA	1.00		8		X
TOTAL N° EQUIVALENTES SALIDAS "B": CRÍTICA	302	lpm	9		320
TOTAL N° EQUIVALENTES SALIDAS "B": NO CRÍTICA	68	Salidas		X =	302
GASTO (GAS) ÁREA NO CRÍTICA: (TABLA 13.2-IMSS)	770	lpm	INTERPOLACIÓN: Tabla 13.2: NO CRÍTICA		
FACTOR DE SIMULTANEIDAD: NO CRÍTICA	0.25		N° SALIDAS		lpm
TOTAL GASTO (GAS) ÁREA NO CRÍTICA:	193	lpm	66		760
TOTAL GASTO (GAS) ÁREA CRÍTICA + ÁREA NO CRÍTICA:	494	lpm	68		X
TIEMPO DE USO DIARIO	24	horas	68		770
CONSUMO TOTAL DIARIO (GAS):	711	m ³ /día		X =	770

CONSUMO TOTAL POR HORA	494	lpm	DIMENSIONES APROXIMADAS DE LA PLANTA DE OXÍGENO (m)					
	29.6	m ³ /h	LARGO	13.80	ANCHO	6.10	ALTURA	3.50
	30.0	m ³ /h	LA PLANTA GENERADORA DE OXÍGENO ESTARÁ COMPUESTA DE DOS UNIDADES DE GENERACIÓN (DÚPLEX) PARA UNA PUREZA DE OXÍGENO DE 99%.					

Figura 25. Consumo de oxígeno total del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Como resultado, se obtuvo un consumo de 30 m³/h, valor que se usó para el dimensionado de los equipos de la central.

1.5.2 Dimensionamiento del generador de oxígeno PSA

De acuerdo a la máxima demanda de oxígeno calculada, el generador de oxígeno deberá suministrar alrededor de 30 m³/h con una pureza de 93 a 95%.

Para hallar el consumo de aire se multiplicó la demanda de oxígeno por un factor de conversión de volumen de oxígeno por volumen de aire.

$$30 \text{ m}^3/\text{h} \text{ d } O_2 * \frac{11.7 \text{ m}^3 \text{ d } a}{1 \text{ m}^3 \text{ d } O_2} = 351 \text{ m}^3/\text{h} \text{ d } a$$

Para este caso, se trabajó con un valor de 360 Nm³/h equivalente a 211.89 scfm.

1.5.3 Dimensionamiento de los compresores de aire

Para los compresores de aire, se trabajó con las condiciones ambientales del lugar. Se tiene como datos:

) Altitud: 23 m.s.n.m.

-) Temperatura: 35°C (promedio)
-) Humedad relativa: 60%
-) Punto de rocío: 26°C

Para una altitud de 23 m.s.n.m., se obtiene una presión atmosférica de 101.05 kPa (1.01 bar). Asimismo, se consideró para el compresor una presión de succión de 8 kPa y una presión de descarga de 860 kPa (8.6 bar). Estas presiones se convertirán a valor absoluto:

$$P_s = 8 \text{ k} + 101.05 \text{ k} = 109.05 \text{ k} = 1.09 \text{ b}$$

Asimismo, la temperatura de succión debe ser expresada en términos absolutos (K). Esta temperatura será igual a la temperatura promedio:

$$T_s = 35 \text{ }^\circ\text{C} = 308 \text{ K}$$

Posteriormente, se realizó el ajuste requerido. Una vez se estableció que el volumen de aire requerido es de 360 Nm³/h (211.89 scfm), se procedió a determinar el requerimiento real de aire de admisión

- 1) En primer lugar, para el factor de corrección de altura se trabajó con la Tabla 8. Considerando una altitud de 23 m.s.n.m., se interpoló los valores de la tabla.

Altitud (pies)	Altitud (m)	Factor de corrección
0	0	1.00
1600	480	1.05
3300	990	1.11
5000	1500	1.17
6600	1980	1.24
8200	2460	1.31
9900	2970	1.39

Figura 26. Cálculo del factor de corrección por altitud

Fuente: Frankel (2010). Facility Piping Systems Handbook

Se obtuvo así un valor de corrección 1.00, por lo que el valor de corrección es:

$$211.89 \text{ scfm} * (1.0 - 1) = 0 \text{ scfm}$$

- 2) Lo siguiente fue hallar el factor de corrección de temperatura se trabajó con la Tabla 9. Considerando una temperatura de 35°C, se interpoló los valores de la tabla.

Temperatura de admisión		Factor de corrección	Temperatura de admisión		Factor de corrección
°C	°F		°C	°F	
-46	-50	0.773	4	40	0.943
-40	-40	0.792	10	50	0.962
-34	-30	0.811	18	60	0.981
-28	-20	0.830	22	70	1.000
-23	-10	0.849	27	80	1.019
-18	0	0.867	32	90	1.038
-9	10	0.886	38	100	1.057
-5	20	0.905	43	110	1.076
-1	30	0.925	49	120	1.095

Figura 27. Cálculo del factor de corrección por temperatura

Fuente: Frankel (2010). Facility Piping Systems Handbook

Se obtuvo así un valor de corrección 1.048, por lo que el valor de corrección es:

$$211.89 \text{ s} \times (1.048 - 1) = 10.17 \text{ s}$$

- 3) Finalmente, para hallar los granos por libra de aire, se trabajó con la Tabla 10. Considerando una HR de 60% y una temperatura de 35°C, se interpoló los valores de la tabla.

Temperatura		Humedad relativa (%)								
°C	°F	10	20	30	40	50	60	70	80	90
-1	30	3	5	7	9	12	14	17	19	21
4	40	4	7	10	14	16	18	20	22	24
10	50	6	10	14	20	26	32	38	42	48
18	60	8	16	22	30	39	48	54	62	70
22	70	11	21	34	44	55	66	78	88	100
27	80	16	30	46	62	78	92	108	125	140
32	90	21	42	65	85	108	128	158	173	195
38	100	29	58	87	116	147	176	208		

Figura 28. Cálculo de granos por libra de aire

Fuente: Frankel (2010). Facility Piping Systems Handbook

De esta manera, se obtuvo un valor de 152 granos/lb de aire. Para hallar el porcentaje en volumen de humedad, se trabajó con este valor en la Tabla 11.

Punto de rocío (°C)	Granos de humedad por lb de aire	PPM	Volumen (%)
44	400	60000	9
		50000	8
			7
38	300	40000	6
			5
33	200		4
			3
27	150	20000	3
22	100	15000	2
		90	
		80	
18	70	10000	1.5
		9000	
		8000	

Figura 29. Cálculo de porcentaje en volumen de humedad

Fuente: Frankel (2010). Facility Piping Systems Handbook

Se obtuvo un valor de 3% de volumen de aire, entonces:

$$211.89 \text{ s} \text{ } * 0.03 = 6.36 \text{ s} \text{ }$$

Sumando los valores de corrección calculados, obtuvimos el flujo de aire libre:

$$211.89 + 0 + 10.17 + 6.36 = 228.42 \text{ s} \text{ } = 388 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Este valor se reemplazó para hallar el consumo de entrada del compresor:

$$i_c = A \quad L \quad \left(\frac{P_a}{P_s} \right) \left(\frac{T_s}{T_a} \right)$$

$$i_c = 228.42 \text{ s} \text{ } \left(\frac{1.01}{1.09} \right) \left(\frac{308}{308} \right)$$

$$i_c = 211.66 \text{ s} \text{ } \approx 360 \text{ m}^3/\text{h}$$

Como resultado, de acuerdo a la información mostrada en el anexo 2, el compresor seleccionado debe ser trifásico y tener una potencia de al menos 50 HP.

1.5.4 Dimensionamiento de los secadores de aire

A partir del consumo de aire obtenido, es posible seleccionar el modelo de secador con el que se trabajará. Este modelo tendrá incluido en su catálogo las tablas de factores de corrección según el fabricante. Tenemos los siguientes datos:

-) Flujo de aire: 360 m³/h
-) Temperatura ambiente: 35°C (promedio)
-) Presión de entrada: 8.6 bar
-) Temperatura de entrada: 35°C

A sobrepresión máx. servicio diferente (bar)														
bar	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Factor	0,75	0,84	0,90	0,95	1,00	1,04	1,07	1,10	1,12	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23

Temperatura de entrada del aire comprimido T ₁								Temperatura ambiente T ₂					
T ₁ (°C)	30	35	40	45	50	55	60	T ₂ (°C)	25	30	35	40	43
k ₁	1,20	1,00	0,83	0,72	0,60	0,49		k ₂	1,00	0,99	0,97	0,94	0,92

Figura 30. Cálculo de factores de corrección para secadores

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Secadores frigoríficos de bajo consumo

-) Interpolando el factor de corrección por presión a 8.6 bar, obtenemos un valor de 1.058.
-) Del mismo modo, para una temperatura de entrada de 35°C, obtenemos un factor de corrección de 1.00
-) Finalmente, para una temperatura ambiente de 35°C, obtenemos un factor de corrección de 0.97

De esta manera, aplicando los factores de corrección al consumo de aire, se obtuvo:

$$360 \text{ m}^3/\text{h} * 1.058 * 1 * 0.97 = 369.45 \text{ m}^3/\text{h} = 6.16 \text{ m}^3/\text{min}$$

Como resultado, de acuerdo a la información mostrada en el anexo 4, el secador seleccionado debe ser trifásico y tener una potencia de al menos 3 HP.

1.5.5 Dimensionamiento de los tanques de aire comprimido

Como datos tenemos:

-) Demanda de aire: $360 \text{ m}^3/\text{h} = 6 \text{ m}^3/\text{m}$
-) Número máximo de maniobras horarias "Z": 30. Asumimos un valor intermedio entre 10 y 60
-) Diferencia de presión: 1 bar, Considerando valores de presión de operación inferior de 7.5 bar y superior de 8.5 bar.

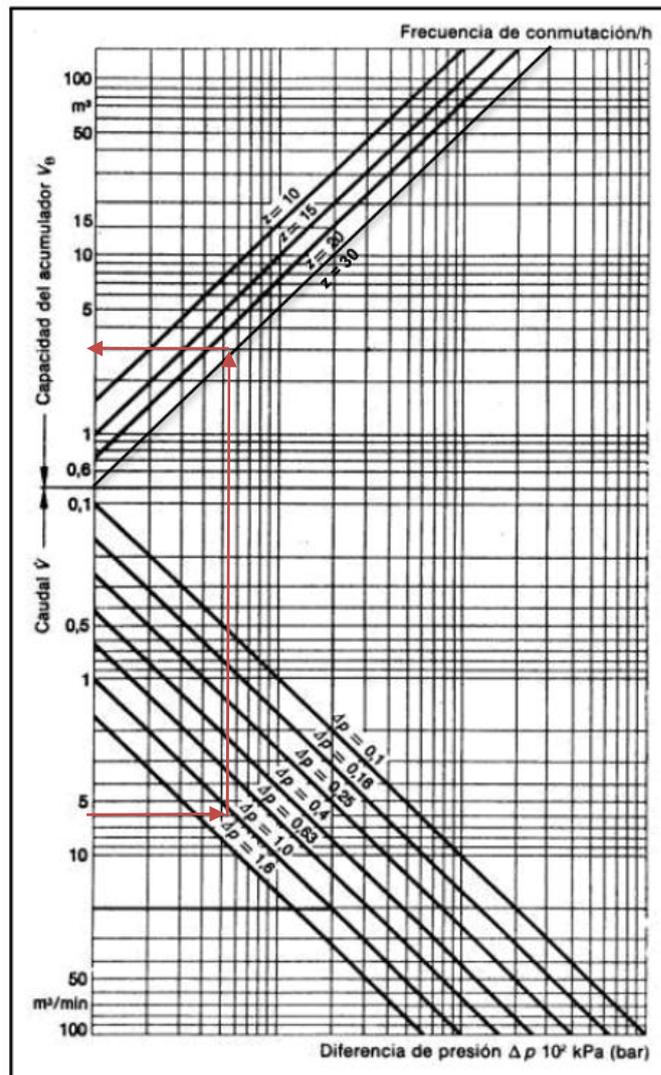


Figura 31. Cálculo de tanque de aire comprimido

Fuente: Buenache (2010). Tecnología Neumática

De esta manera, se obtuvo que el tanque de aire comprimido tiene un volumen de 3 m^3 (739 galones). Para este caso, se escogió un tanque de 1000 galones.

1.5.6 Dimensionamiento de los tanques de oxígeno

Como datos tenemos:

-) Demanda de oxígeno: $30 \text{ m}^3/\text{h} = 0.5 \text{ m}^3/\text{m}$
-) Número máximo de maniobras horarias "Z": 10.
Considerando un sistema de marcha y parada.
-) Diferencia de presión: 0.25 bar.

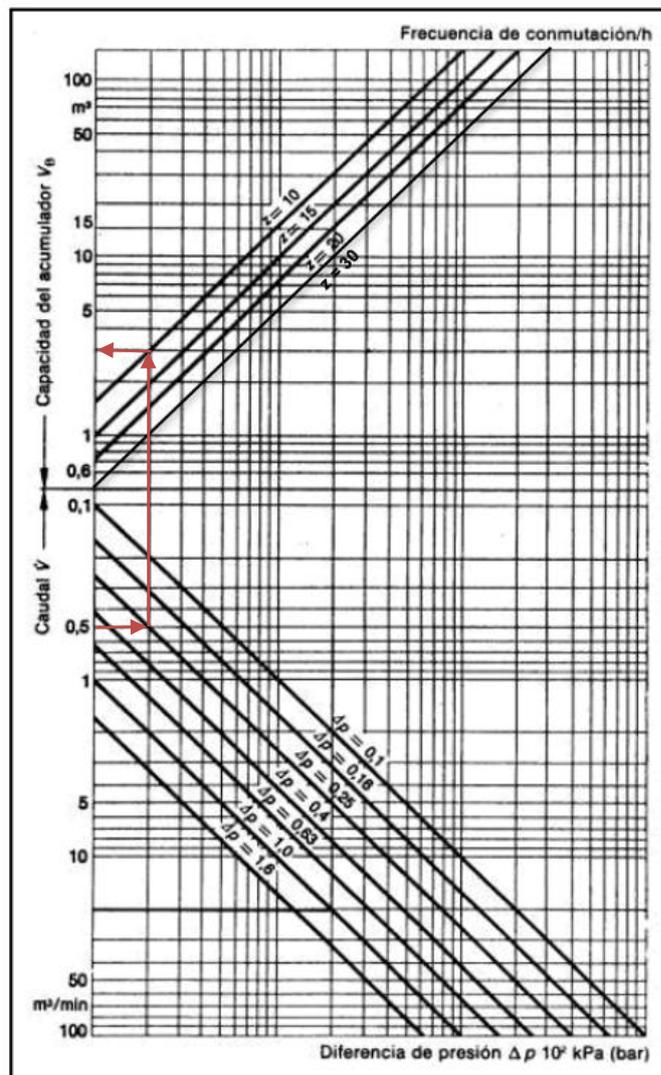


Figura 32. Cálculo de tanque de oxígeno

Fuente: Buenache (2010). Tecnología Neumática

De esta manera, se obtuvo que el tanque de oxígeno tiene un volumen de 3 m^3 (792 galones). Para este caso, se escogió un tanque de 800 galones (3000 litros). Asimismo, se contará con un tanque de 250 galones (1000 litros) que se usará como reserva y para el llenado de cilindros.

1.5.7 Cálculo de la rampa de llenado de cilindros

Para determinar la rampa de llenado de cilindros de oxígeno para el sistema de emergencia, se consideró el consumo diario de oxígeno en m^3

Considerando un valor de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ y un tiempo de consumo de emergencia igual a 3 horas, obtenemos:

$$30 \text{ m}^3/\text{h} * 3 \text{ h} = 90 \text{ m}^3$$

Considerando que cada cilindro de oxígeno tiene una capacidad de 10 m^3 , obtenemos el número de cilindros por bancada

$$n^{\circ} \text{ c.} \quad p \quad b \quad = \frac{90 \text{ m}^3}{10 \text{ m}^3/\text{c.}} = 9 \text{ c.}$$

Se debe considerar un número par para cada bancada; por lo que cada bancada contará con 10 cilindros.

Asimismo, para el llenado de cilindros se empleará una rampa de llenado que cubra una capacidad de hasta 5 cilindros para que la capacidad del compresor no sea muy alta,

El compresor es alimentado desde un tanque de almacenamiento de oxígeno a una presión de 5 bar, desde donde es impulsado a los cilindros de alta presión para su llenado.

Como resultado, de acuerdo a la información mostrada en el anexo 8, el compresor seleccionado debe ser trifásico y tener una potencia de al menos 10 HP.

1.5.8 Cálculo de los conductores

A partir de los cálculos realizados, tenemos las características mínimas de cada uno de los equipos eléctricos. Estas están resumidas en la siguiente tabla.

Equipo	Potencia	Alimentación eléctrica	F.P.
Compresor de aire	50 HP (37.5 kW)	380 V, 3f, 60 Hz	0.85
Secador de aire	3 HP (2.25 kW)	380 V, 3f, 60 Hz	0.85
Compresor de oxígeno	10 HP (7.5 kW)	380 V, 3f, 60 Hz	0.85

Figura 33. Características de equipos eléctricos

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el calibre de los conductores, se debe calcular la corriente nominal de los equipos. De acuerdo a la tabla 44 del CNE – Utilización, se determinó la corriente nominal de cada uno de los equipos. De esta manera, tenemos para cada uno de los equipos:

$$I_N(\text{CC}) = \frac{37.5 \text{ k}}{\sqrt{3} * 380 \text{ V} * 0.85} = 66.67 \text{ A}$$

$$I_N(\text{Si}) = \frac{2.25 \text{ k}}{\sqrt{3} * 380 \text{ V} * 0.85} = 4 \text{ A}$$

$$I_N(\text{CC} \quad d \quad ll) = \frac{7.5 \text{ k}}{\sqrt{3} * 380 \text{ V} * 0.85} = 13.33 \text{ A}$$

Para el cálculo de la corriente de diseño para el dimensionado de los conductores se consideró la Tabla 2 del CNE – Utilización y la temperatura ambiental del lugar.

Temperatura ambiente (°C)	Para temperaturas ambiente distintas a 30°C, se debe multiplicar por los siguientes factores		
	TW, TWF	THW, THHW, THHWF, XHHW	THWN-2, HXHW-2
	60°C	75°C	90°C
31 – 36	0.91	0.94	0.96
36 – 40	0.82	0.88	0.91
41 – 45	0.71	0.82	0.87
46 – 50	0.58	0.75	0.82
51 – 55	0.41	0.67	0.76
56 – 60	-	0.58	0.71
61 – 70	-	0.33	0.58
71 – 80	-	-	0.41

Figura 34. Cálculo del factor de corrección de temperatura para conductores

Fuente: Código Nacional de Electricidad (2011)

De esta manera, se obtuvo:

$$I_D(\text{cc}) = 1.25 * 66.67 \text{ A} * 0.94 = 78.34 \text{ A}$$

$$I_D(\text{sl}) = 1.25 * 4 \text{ A} * 0.94 = 4.7 \text{ A}$$

$$I_D(\text{cc} \text{ y } \text{ll}) = 1.25 * 13.33 \text{ A} * 0.94 = 15.66 \text{ A}$$

En conclusión, de acuerdo a la tabla de capacidad de corriente para conductores eléctricos en el anexo 9, los valores seleccionados para los conductores de los equipos fueron los siguientes:

-) Compresor: THW Calibre AWG 4 o 25 mm²
-) Secador: THW Calibre AWG 14 o 2.5 mm²
-) Compresor de llenado: THW Calibre AWG 12 o 4 mm²

Asimismo, para el caso del conductor eléctrico general, se sumaron las corrientes nominales y se multiplicó por un factor de seguridad de 1.25 para futuras ampliaciones, teniendo como resultado:

$$I_D(\text{g}) = 1.25 * (66.67 + 4 + 13.33) = 105 \text{ A}$$

En conclusión, de acuerdo a la tabla de capacidad de corriente para conductores eléctricos en el anexo 9, el conductor eléctrico general seleccionado fue tipo THW Calibre 2 o 35 mm²

1.5.9 Cálculo de los equipos de protección

Una vez calculada la capacidad de los conductores eléctricos, se procedió a dimensionar los interruptores termomagnéticos y los relevadores de sobrecarga que permitirán proteger los equipos.

Para ello, se trabajó con la corriente de diseño previamente calculada para el dimensionamiento de los conductores. De esta manera, tenemos la corriente de diseño de los interruptores termomagnéticos para cada uno de los equipos:

$$I_T (cc) = 1.25 * 66.67 = 83.33 A$$

$$I_T (s) = 1.25 * 4 = 5 A$$

$$I_T (cc \quad d \quad ll) = 1.25 * 13.33 = 16.66 A$$

Asimismo, para el caso del Interruptor General, se sumaron las corrientes nominales y se multiplicó por un factor de seguridad de 1.25 para futuras ampliaciones, teniendo como resultado:

$$I_T (g) = 1.25 * (66.67 + 4 + 13.33) = 105 A$$

Como resultado, se consideró un interruptor general de 110 A.

Del mismo modo, se realizó el dimensionamiento para los relevadores de sobrecarga, teniendo como resultado:

$$I_R (cc) = 1.15 * 66.67 A = 76.67 A$$

$$I_R (s) = 1.15 * 4 A = 4.6 A$$

$$I_R (cc \quad d \quad ll) = 1.25 * 13.33 A = 16.66 A$$

1.5.10 Selección de los compresores de aire

De acuerdo a los cálculos obtenidos, se obtuvo un consumo de aire de al menos 360 m³/h (211 scfm). Por ello, se seleccionó el equipo de acuerdo al catálogo de compresores Kaeser Serie BSD. Estos compresores son de tipo tornillo rotativo, de bajo consumo y producen un caudal de aire de 1 hasta 9 m³/h. Como resultado, se seleccionó el siguiente modelo de compresor.

Tabla 14. Características del compresor seleccionado

Marca/Modelo	Kaeser / BSD 75
Tipo de compresión	Tornillo rotativo de una etapa
Potencia nominal	50 HP (37 kW)
Alimentación eléctrica	380 V / Trifásico / 60 Hz
Presiones de trabajo	Mínima 7.5 bar (110 psi) Máxima 13 bar (190 psi)
Condición de trabajo	8.5 bar (125 psi)
Capacidad nominal	7 m ³ /min (247 scfm)
Enfriamiento	Aire
Nivel de ruido	70
Dimensiones (LxAxH)	1700x1030x1590 mm
Peso	985 kg

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Compresores de tornillo serie BSD.

Elaboración propia



Figura 35. Compresor BSD 75

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Compresores de tornillo serie BSD

1.5.11 Selección de los secadores de aire

El modelo de compresor seleccionado, permitió obtener un valor aproximado de la capacidad del secador. Por ello, se seleccionó el equipo de acuerdo al catálogo de fabricantes Kaeser Serie TD, los cuales son de tipo refrigerativo, lo que permitirá reducir la temperatura de salida del aire. Estos modelos cuentan con tablas de factor de corrección, las cuales fueron empleadas para el cálculo del secador. De acuerdo a estos cálculos, se

obtuvo un consumo de aire de al menos 6.16 m³/min. El secador escogido será de tipo frigorífico y sus características serán. Como resultado, se seleccionó el siguiente modelo de secador.

Tabla 15. Características del secador seleccionado

Marca/Modelo	Kaeser / TD 61
Tipo	Refrigerativo
Potencia nominal	3 HP
Flujo de aire	7 m ³ /min
Presión máxima	16 bar
Punto de rocío	3°C
Temperatura de entrada máxima	55°C
Máxima temperatura de ambiente	Desde 3°C hasta 43°C
Alimentación eléctrica	380 V / Trifásico / 60 Hz
Dimensiones (LxAxH)	1125x760x1190 mm
Caída de presión máxima	0.15 bar (2.2 psi)

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Secadores frigoríficos de bajo consumo. Elaboración propia.



Figura 36. Secador TD 61

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Secadores frigoríficos de bajo consumo

1.5.12 Selección de los tanques de aire comprimido

A partir de los cálculos realizados, se obtuvo una capacidad de al menos 3000 litros. Por ello, se seleccionó el equipo de acuerdo al catálogo de tanque de aire comprimido de la marca Manchester

Tank. Como resultado, se seleccionó el siguiente modelo de tanque:

Tabla 16. Características del tanque de aire comprimido seleccionado

Marca	Manchester Tank
Capacidad nominal	1000 gal
Diámetro	1250 mm
Altura	3850 mm

Fuente: Manchester Tank (2014). Pressure Vessels & Air Receivers.

Elaboración propia



Figura 37. Tanque de aire comprimido

Fuente: Manchester Tank (2014). Pressure Vessels & Air Receivers

1.5.13 Selección de los generadores de oxígeno

De acuerdo a los cálculos obtenidos, se obtuvo un consumo de oxígeno de al menos $30 \text{ m}^3/\text{h}$ (17.7 scfm). Si bien se exige una pureza mínima de oxígeno de 93%, se seleccionó un concentrador que garantice al menos un 95% de pureza debido a recomendación del supervisor de Instalaciones Mecánicas del proyecto. La marca seleccionada fue Oxymat, ya que cuenta con modelos de generador que producen oxígeno medicinal con hasta

un 95% de pureza para una amplia gama de demanda. Como resultado, se seleccionó el siguiente modelo de generador:

Tabla 17. Características del generador de oxígeno seleccionado

Marca/Modelo	Oxymat / O640
Capacidad a 95% de O ₂	31.52 Nm ³ /h
Consumo de aire	381 Nm ³ /h
Presión de entrada	Mínima 6 bar Máxima 10 bar
Presión de salida	4 bar
Punto de rocío	Máximo 3°C
Temperatura de operación	5 - 45 °C
Dimensiones (LxAxH)	1500x1250x1030 mm
Peso	1985 kg

Fuente: Oxymat (2020). Oxygen Generators. Elaboración propia



Figura 38. Generador de oxígeno al 95%

Fuente: Oxymat (2020). Oxygen Generators.

1.5.14 Selección de los tanques de oxígeno

A partir de los cálculos realizados, se obtuvo una capacidad de al menos 1000 galones. Por ello, se seleccionó el equipo de acuerdo al catálogo de tanque de almacenamiento de la marca

Kaeser. Como resultado, se seleccionó el siguiente modelo de tanque:

Tabla 18. Características del secador seleccionado

Marca	Kaeser
Capacidad nominal	3000 litros (800 gal)
Diámetro	1250 mm
Altura	2710 mm
Peso	605 kg

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Tanques de oxígeno.

Elaboración propia

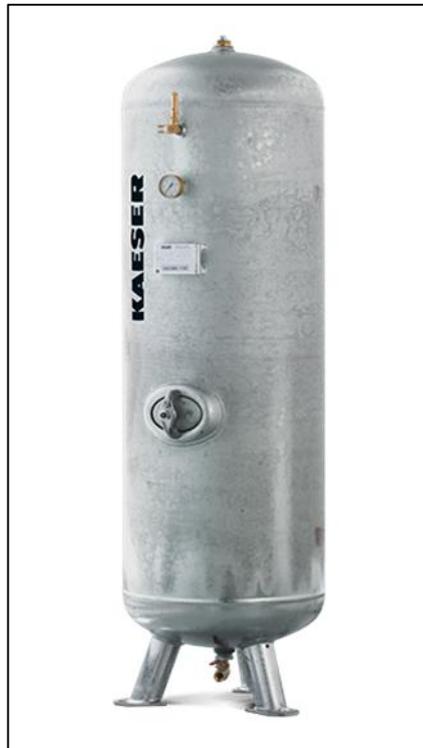


Figura 39. Tanque de oxígeno

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Tanques de oxígeno

1.5.15 Selección del compresor de llenado de cilindros

De acuerdo a los requerimientos para la rampa de llenados, se seleccionó un compresor de oxígeno con una capacidad de llenado mayor a $10 \text{ m}^3/\text{h}$, ya que el llenado se debe realizar en un tiempo no muy considerable, considerando situaciones de emergencia donde se requiera una disponibilidad inmediata de estos. Por ello, se

seleccionó el equipo de acuerdo al catálogo de compresores de oxígeno de la marca Rix Industries, con las siguientes características:

Tabla 19. Características del compresor seleccionado

Marca/Modelo	Rix Industries / 2V3B
Tipo	Pistón de dos etapas
Presión de admisión	2.75-3.5 bar (40-50 psi)
Presión de descarga	207 bar (3000 psi)
Flujo	14-17 m ³ /h (235-283 litros/min)
Potencia nominal	10 HP (7.5 kW)
Alimentación eléctrica	380 V / Trifásico / 60 Hz
Dimensiones (LxAxH)	1220x600x1145 mm
Peso	327 kg

Fuente: Rix Industries (1999). High Pressure Oxygen Compressors.

Elaboración propia



Figura 40. Compresor de llenado

Fuente: Rix Industries (1999). High Pressure Oxygen Compressors

1.5.16 Selección de los dispositivos de protección

De acuerdo a los cálculos realizados para hallar la corriente de diseño de los equipos, se determinó la capacidad de los interruptores termomagnéticos. De acuerdo a la NFPA 70 y los equipos presentados en el Anexo 10, la capacidad para cada uno de los equipos es la siguiente:

-) Compresor: Interruptor de 3 x 90 A
-) Secador: Interruptor de 3 x 15 A
-) Compresor de llenado: Interruptor de 3 x 20 A

Del mismo modo, la capacidad de los relevadores seleccionados, de acuerdo a los equipos presentados en el Anexo 11 es la siguiente:

-) Compresor: Relevador de 95 a 120 A
-) Secador: Relevador de 12 a 18 A
-) Compresor de llenado: Relevador de 16 a 24 A

1.5.17 Ubicación de los equipos en la central.

Luego de haber seleccionado los equipos, se procedió a ubicarlos considerando de acuerdo a lo siguiente:

-) Se consideró una distancia mínima de seguridad de 60 cm para mantenimiento y movilización de personal en la central.
-) Los compresores se ubicaron cerca de una zona con ventilación natural para evitar sobrecalentamiento y posible riesgo de incendio.
-) Los compresores se colocaron cerca de una pared para la ubicación de su toma de aire. Esta pared debe estar lo más cerca posible del exterior.
-) Se consideró un punto de drenaje para los equipos que puedan producir derrames.
-) Debe haber una fácil movilización cerca de los cilindros de oxígeno para su transporte o reemplazo.
-) La ubicación del tablero de fuerza de la central debe ser en una zona de fácil acceso y con una distancia mínima de seguridad de 1 m para su operación y mantenimiento.
-) Las tuberías que conectarán los equipos irán colgadas del techo o adosadas a muro.

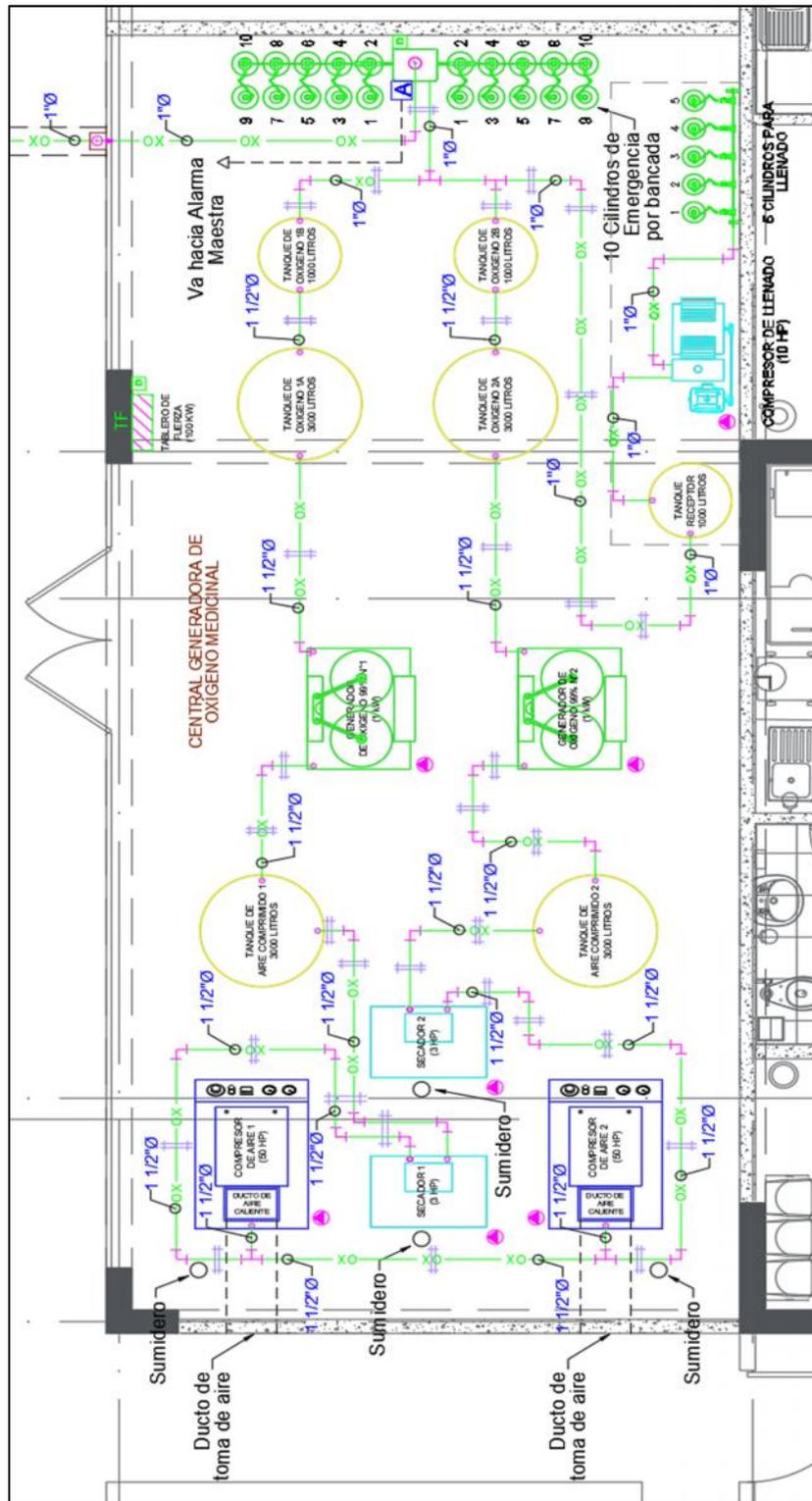


Figura 41. Central de Oxígeno Medicinal del Hospital

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. El valor de la demanda de oxígeno del hospital obtenido fue de 30 m³/h. Este cálculo se realizó considerando un abastecimiento de oxígeno continuo durante todo el día hacia todos los puntos que lo requieran.
2. El dimensionamiento de los equipos se realizó considerando un suministro de oxígeno medicinal de al menos un 95% de pureza. Estos equipos fueron seleccionados de acuerdo a las capacidades obtenidas mediante los cálculos
3. Se distribuyó los equipos en la Central de Oxígeno de acuerdo a las distancias de seguridad, asegurando una adecuada movilización del personal para futuros mantenimiento u operación de equipos.

RECOMENDACIONES

1. Es posible aumentar el valor de la demanda de Oxígeno Medicinal, considerando un factor para futuras ampliaciones.
2. Se debe asegurar un mantenimiento continuo para los equipos que garanticen un tiempo de vida más óptimo. Este se realizará de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
3. La selección de los equipos se realizó en base a catálogos de fabricantes especializados; sin embargo, esto no garantiza que los equipos seleccionados sean los que se utilicen para la obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria (AIEH). (2018). *Procedimiento de gestión de gases medicinales - Estándares de calidad de gases medicinales en el ámbito hospitalario*.
- Atlas Copco. (2011). *Manual de aire comprimido* (Séptima ed.). Wilrijk, Bélgica.
- Bilbao, R., & Cardenas, R. (2016). Proyecto de una Planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el Hospital Regional Honorio Delgado de Arequipa. *Tesis de grado*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Boldrini, M., & Palacios, G. (2019). Generador de Oxígeno para uso Hospitalario - PSA - Adsorción por variación de presión. *RINFI - Universidad Nacional Mar de Plata*.
- Buenache, A. (2010). *Tecnología Neumática - Teoría, diseño y simulación de componentes y circuitos para la docencia interactiva via web*. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
- Congreso de la República. (1 de Julio de 2020). Ley N°31026: "Ley que autoriza de manera permanente el uso de Oxígeno Medicinal a una concentración no menor al 93%". Perú: Diario el Peruano.
- Farmacopea Americana. (2015). Oxygen 93 Percent. *U.S. Pharmacopeia National Formulary Volume III (USP 39 NF 34)*.
- Farmacopea Europea. (2017). Oxygen (93 per cent). *European Pharmacopeia 9.0*.
- Frankel, M. (2010). *Facility Piping Systems Handbook* (Tercera ed.). New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Instituto Mexicano de Seguro Social. (1997). ND-01-IMSS-HSE-1997. *Normas de Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales*. México.
- Instituto de Evaluación de Tecnologías en Salud e Investigación - ESSALUD. (2017). Uso de Oxígeno Medicinal al 93 por ciento en pacientes oxígeno requirentes. *Dictamen Preliminar de Evaluación de Tecnología Sanitaria N° 029-SDEPFyOTS-IETSI-2017*. Lima, Perú.
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). *Código Nacional de Electricidad*. Lima, Perú.

- Ministerio de Salud. (1 de Setiembre de 2014). Norma Técnica de Salud N°110-MINSA/DGIEM-V.01. *Infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud del segundo nivel de atención*. Lima, Perú: Resolución Ministerial N° 660-2014/MINSA.
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (24 de Julio de 2015). Ley de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios. Boletín Oficial del Estado. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2015/07/24/1>
- National Fire Protection Association. (2014). NFPA 70. *National Electrical Code*. Estados Unidos.
- National Fire Protection Association. (2018). NFPA 99. *Health Care Facilities Code*. Estados Unidos.
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *WHO Guidelines for Safe Surgery - Safe Surgery Saves Lives*.
- Oxymat A/S. (2014). *Instruction manual - Oxygen generator system*. Helsingør, Dinamarca.
- Quintero, E. (2010). *Gestión de Gases Medicinales - Perspectiva Legal, Clínica, Económica e Industrial*. Madrid, España.
- Ramírez, R., Huertas, N., Rudas, G., & Parra, L. (2008). Evaluación de los beneficios de la producción in situ de oxígeno medicinal de la ESE Hospital Universitario La Samaritana de Bogotá, por el sistema PSA (Adsorción por Fluctuaciones de Presión). *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano - Dirección de Investigaciones*.
- Ruthven, D., Farooq, S., & Knaebel, K. (1994). *Pressure Swing Adsorption*. New York: VCH.
- Sanz de Juan, A. (2012). Diseño de ciclos PSA para la captura de CO₂ de gases de combustión con adsorbentes comerciales. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Smith, A., & Klosek, J. (2001). A review of air separation technologies and their integration with energy conversion processes. *Fuel Processing Technology*.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de Cálculo para la Demanda de Oxígeno Medicinal

CÁLCULO DE LA DEMANDA DE OXÍGENO MEDICINAL							
PROYECTO:	HOSPITAL MARIA REICHE	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO			
		MARCONA	NAZCA	ICA			
PROPIETARIO	ESSALUD	ALTITUD (msnm)	23				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE SALIDAS	TIPO DE USO	FACTOR DE CONVERSIÓN	Nº EQUIVALENTE DE SALIDAS "B"			
		TABLA 13.1		AREA CRÍTICAS	NO CRÍTICAS		
PRIMER NIVEL							
UNIDAD DE VIGILANCIA INTENSIVA	2	A	2		4		
TOPICO DE GINECO-OBSTETRICIA	1	B	1		1		
TOPICO DE CIRUJIA GENERAL	1	B	1		1		
TOPICO DE MEDICINA INTERNA	1	B	1		1		
TOPICO DE PEDIATRIA	1	B	1		1		
HABITACION AISLADO	1	A	2		2		
SALA DE OBSERVACIÓN HOMBRES	2	A	2		4		
SALA DE OBSERVACIÓN MUJERES	2	A	2		4		
SALA DE OBSERVACIÓN PEDIATRICO	2	A	2		4		
SEGUNDO NIVEL							
SALA DE DILATACIÓN	3	A	2		6		
ATENCIÓN AL RECIÉN NACIDO	1	A	2		2		
SALA DE PARTOS	2	A	2		4		
PURPERIO INMEDIATO	2	A	2		4		
SALA DE OPERACIONES MULTIFUNCIONALES	2	A	4	8			
SALA DE RECUPERACIÓN POST-ANESTESICA	2	A	2		4		
INDUCCIÓN ANESTESICA	1	A	2		2		
TERCER NIVEL							
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 1	2	B	1		2		
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 2	2	B	1		2		
HABITACIÓN CIRUGIA (2 CAMAS) 3	2	B	1		2		
HABITACIÓN CIRUGIA (1 CAMA)	1	B	1		1		
HABITACIÓN MEDICINA (1 CAMA)	1	B	1		1		
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 1	2	B	1		2		
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 2	2	B	1		2		
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 3	2	B	1		2		
HABITACIÓN MEDICINA (2 CAMA) 4	2	B	1		2		
HABITACIÓN AISLADO MEDICINA	1	A	1		1		
HABITACIÓN PEDIATRICA (1 CAMA)	1	B	1		1		
HABITACIÓN PEDIATRICA - 2 LACTANTES + LACTARIO	2	B	1		2		
HABITACIÓN AISLADO PEDIATRICA	1	A	1		1		
HABITACIÓN GINECO-OBSTETRICIA A/C (2 CAMAS)	2	B	1		2		
HABITACIÓN R.N. CON PATOLOGÍA	1	B	1		1		
			TOTALES =	8	68		
CÁLCULO DEL CONSUMO DIARIO (GAS):			INTERPOLACIÓN: Tabla 13.2: A. CRÍTICA				
TOTAL N° EQUIVALENTES SALIDAS "B": ÁREA CRÍTICA	8	Salidas	N° SALIDAS	lpm			
TOTAL GASTO (GAS) ÁREA CRÍTICA: (TABLA 13.2-IMSS)	302	lpm	7	283			
FACTOR DE SIMULTANEIDAD: ÁREA CRÍTICA	1.00		8	X			
TOTAL N° EQUIVALENTES SALIDAS "B": CRÍTICA	302	lpm	9	320			
TOTAL N° EQUIVALENTES SALIDAS "B": NO CRÍTICA	68	Salidas		X = 302			
GASTO (GAS) ÁREA NO CRÍTICA: (TABLA 13.2-IMSS)	770	lpm	INTERPOLACIÓN: Tabla 13.2: NO CRITICA				
FACTOR DE SIMULTANEIDAD: NO CRÍTICA	0.25		N° SALIDAS	lpm			
TOTAL GASTO (GAS) ÁREA NO CRÍTICA:	193	lpm	66	760			
TOTAL GASTO (GAS) ÁREA CRÍTICA + ÁREA NO CRÍTICA:	494	lpm	68	X			
TIEMPO DE USO DIARIO	24	horas	68	770			
CONSUMO TOTAL DIARIO (GAS):	711	m3/día		X = 770			
CONSUMO TOTAL POR HORA	494	lpm	DIMENSIONES APROXIMADAS DE LA PLANTA DE OXÍGENO (m)				
	29.6	m3/h	LARGO	13.80	ANCHO	6.10	ALTURA
	30.0	m3/h	LA PLANTA GENERADORA DE OXÍGENO ESTARÁ COMPUESTA DE DOS UNIDADES DE GENERACIÓN (DÚPLEX) PARA UNA PUREZA DE OXÍGENO DE 99%.				
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y NÚMERO DE CILINDROS			Factor de O2 líquido (m3 a kg): 1.337				
CONSUMO DE GAS PARA EMERGENCIA:			30	m3/h	CONSIDERAR PARA EL PROYECTO:		
ABASTECIMIENTO CON CILINDROS: (C/CILINDRO)			10	m3	MANIFOLD DÚPLEX DE		
TIEMPO DE CONSUMO DE EMERGENCIA			3	horas	10	CILINDROS	
FACTOR POR REMANENTE DE GAS EN EL CILINDRO			1.04	POR BANCADA (1 DÍA)			
N° DE CILINDROS EN SERVICIO POR BANCADA			9	Cilindros	N° de Cilindros máximo por bancada: 16		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Datos técnicos de Compresores Kaeser Serie BSD

Versión básica

Modelo	Sobrepr. de servicio bar	Caudal* instalación compl. a sobrepresión m³/min	Sobrepr. máx. bar	Pot. nominal motor kW	Dimensiones an x al x prof mm	Conexión aire comprimido	Nive de presión acústica ** dB(A)	Masa kg
BSD 65	7,5	5,65	8,5	30	1590 x 1030 x 1700	G 1½	69	970
	10	4,52	12					
	13	3,76	15					
BSD 75	7,5	7,00	8,5	37	1590 x 1030 x 1700	G 1½	70	935
	10	5,60	12					
	13	4,43	15					
BSD 83	7,5	8,16	8,5	45	1590 x 1030 x 1700	G 1½	71	1060
	10	6,85	12					
	13	5,47	15					



Kaeser Compresores (2020). Compresores de tornillo serie BSD.

Anexo 3. Factores de corrección para secadores refrigerativos Kaeser

A sobrepresión máx. servicio diferente (bar)														
bar	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Factor	0,75	0,84	0,90	0,95	1,00	1,04	1,07	1,10	1,12	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23

Temperatura de entrada del aire comprimido T _d							
T _d (°C)	30	35	40	45	50	55	60
k _{td}	1,20	1,00	0,83	0,72	0,60	0,49	

Temperatura ambiente T _a					
T _a (°C)	25	30	35	40	45
k _{ta}	1,00	0,99	0,97	0,94	0,92

Ejemplo.			
Sobrepr. de servicio:	10 bar _g	(ver tabla)	k _p = 1,10
Temperatura de entrada del aire comprimido:	40 °C	(ver tabla)	k _{td} = 0,83
Temperatura ambiente:	30 °C	(ver tabla)	k _{ta} = 0,99

Secador frigorífico TC 44 con un flujo volumétrico de 4,7 m³/min	
Flujo volumétrico máx. en condiciones de servicio	
V _{max. servicio} = V _{referencia} x k _p x k _{td} x k _{ta}	
V _{max. servicio} = 4,7 m³/min x 1,1 x 0,83 x 0,99 = 4,25 m³/min	

Fuente: Kaeser Compresores (2020). Secadores frigoríficos de bajo

Anexo 4. Datos técnicos de Secadores Kaeser Serie TD

Modelo	Serie TA			Serie TB		Serie TC			Serie TD			
	5	8	11	19	26	31	36	44	51	61	76	
Flujo volumétrico ¹⁾	m³/min	0,60	0,85	1,25	2,10	2,55	3,20	3,90	4,70	5,65	7,00	8,25
Pérdida de presión del secador frigorífico ¹⁾	bar	0,07	0,14	0,17	0,19	0,20	0,15	0,16	0,15	0,11	0,15	0,17
Pot. eléct. absorbida al 100 % del volumen ¹⁾	kW	0,29	0,29	0,28	0,55	0,64	0,76	0,88	0,92	0,96	1,10	1,40
Pot. eléct. absorbida al 50 % del volumen ¹⁾	kW	0,17	0,15	0,15	0,30	0,34	0,41	0,48	0,49	0,47	0,61	0,77
Peso	kg	70	80	85	108	116	155	170	200	251	251	287
Dimensiones an x prof x al	mm	630 x 484 x 779			620 x 540 x 963		764 x 660 x 1009			1125 x 759 x 1187		
Conexión de aire comprimido	G	¾			1		1 ¼			1 ½		2
Conexión de purga de condensado	G	¾			¾		¾			¾		
Alimentación eléctrica		230 V/1 Ph/50 Hz			230 V/1 Ph/50 Hz		230 V/1 Ph/50 Hz			400 V/3 Ph/50 Hz		
Masa de agente frigorífico R-134a	kg	0,28	0,22	0,26	0,60	0,58	0,76	0,85	1,13	1,25	1,28	1,50
Masa de agente frig. R-134a equivalente en CO ₂	t	0,4	0,3	0,5	0,9	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,8	2,1
Circuito de agente frigorífico hermético acorde a la normativa sobre gases F		sí			sí		sí			sí		
Opciones/accesorios												
Contactos libres de potencial: Compresor de trío en marcha, punto de rocío alto		Opción			Opción		Estándar			Estándar		
Contactos libres de potencial: Compresor de trío en marcha, punto de rocío alto, alarma en el purgador de condensado		No disponible			Opción		Opción			Opción		
Pies de máquina atornillables		Opción			Opción		Opción			Opción		
Autotransformador separado para adaptación a otras tensiones de red		Opción			Opción		Opción			Opción		
Colores especiales (tonos RAL)		Opción			Opción		Opción			Opción		
Versión sin silicona (norma VW 3.10.7)		Opción			Opción		Opción			Opción		

Atención: Adecuado para temperaturas ambientales de +8 °C a +43 °C. Temperatura máx. de entrada del aire comprimido = 55 °C; sobrepresión mín./máx. 3 hasta 16 bar, contiene gas fluorado de efecto invernadero R-134a (GWP = 1.430).

¹⁾ Acorde a la ISO 7185, opción A1: Punto de referencia: 1 bar(a), 20 °C, 0 % de humedad relativa; Punto de servicio: Punto de rocío +8 °C, sobrepresión de servicio 7 bar, temperatura de entrada del aire comprimido 35 °C, temperatura ambiente 25 °C, 100 % de humedad relativa.



Fuente: Kaeser Compresores (2020). Secadores frigoríficos de bajo

Anexo 5. Datos técnicos de Generador de Oxígeno Oxymat O640

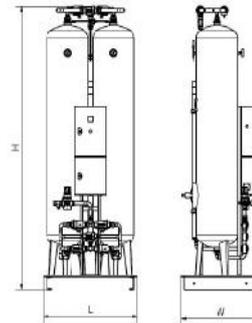


model Oxymat O640

Oxygen purity rate [%, ppm]	92%	93%	94%	95%
Nm ³ /hour (*)	37.43	35.46	33.29	31.52
Air feed [m ³ /min.] F.A.D. at min. 6 bar	6.35			
Power consumption generator [kW]	0.1			
Oxygen outlet pressure [bar] (g) (**)	4			
Minimum Oxygen receiver tank [litres]	750			
Minimum Air receiver tank [litres]	1500			
Hose connection [DN] Inlet / Outlet	40/20			
Dimensions L x W x H [cm]	134x125x232			
Shipping dimensions L x W x H [cm]	147x125x235			
Maintenance area L x W x H [cm]	194x185x292			
Weight [kg] net, excl. Control cabinet	1747			
Weight [kg] brutto	1985			

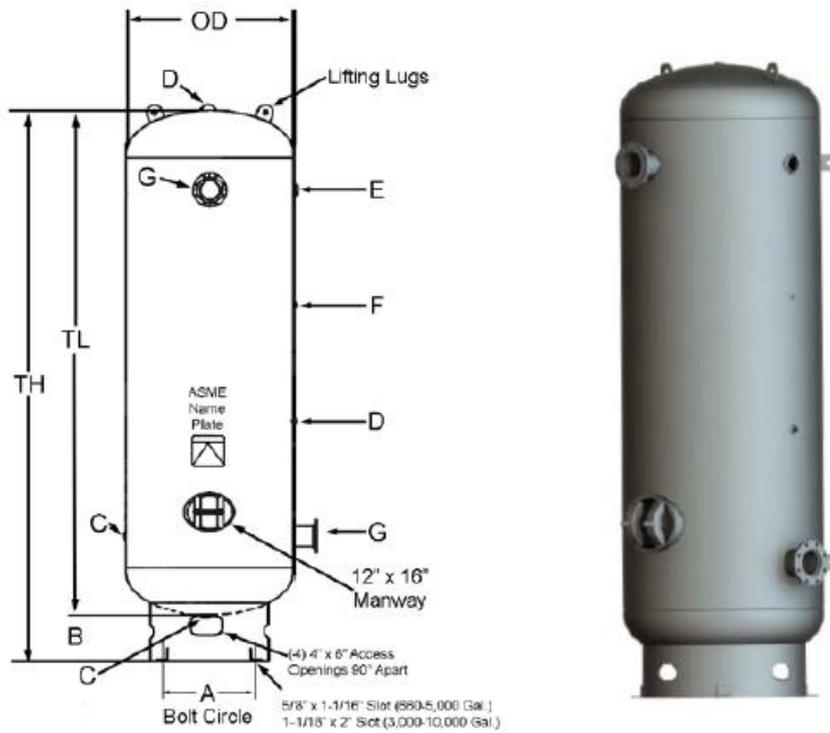
COMPRESSED AIR SPECIFICATIONS

Maximum operating pressure	10 bar (g)
Operating temperature	5-45°C
Minimum inlet pressure	6 bar (g)
Dew point	max +3°C
Air quality ISO Specification	ISO 8573.1:2010.2.4.1



Oxymat (2020). Oxygen Generators.

Anexo 6. Datos técnicos de Tanques de Aire Comprimido Manchester Tank



NOM CAP		Part #	MAWP	TW	DIMENSIONS IN INCHES					NPT OPENINGS				
Gal	Cu Ft				OD	TL	TH	A	B	C	D	E	F	G
660	88.24	302439	165	1365	42	117	125	36.50	8	1	1	3	1/4	3
660	88.24	302440	200	1570	42	117	125	36.50	8	1	1	3	1/4	3
1060	141.71	302443	165	1780	48	144	152	42.50	8	1	1	3	1/4	6"RF50
1060	141.71	302444	200	2036	48	144	152	42.50	8	1	1	3	1/4	6"RF50
1550	207.22	302446	165	2580	54	166	174	42.50	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
1550	207.22	302447	200	3089	54	166	174	42.50	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
2200	294.12	302449	165	3932	60	190	198	48.50	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
2200	294.12	302450	200	4100	60	190	198	48.50	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
2560	242.25	302452	165	4362	60	220	228	48.50	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
2560	242.25	302453	200	4375	60	220	228	48.50	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
3000	401.07	302454	137	5700	66	214	222	53.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
3000	401.07	302455	165	5700	66	214	222	53.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
3800	508.02	302457	165	6800	72	228	236	59.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
5000	668.45	305653	165	8500	72	305	313	59.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
5000	668.45	305995	200	11200	72	305	313	59.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
5000	668.45	302459	165	10500	84	232	240	70.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
5000	668.45	304718	200	10800	84	232	240	70.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
8000	1069.52	305138	150	12300	84	355	363	70.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
8000	1069.52	304807	137	14000	96	276	284	78.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50
10000	1336.90	303970	137	15700	108	275	283	87.00	8	1 1/4	1	3	1/4	6"RF50

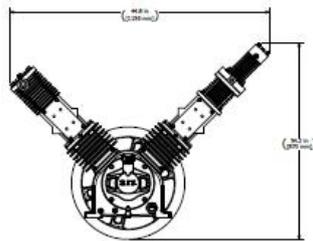
Manchester Tank (2014). Pressure Vessels & Air Receivers

Anexo 7. Datos técnicos de Tanques de Oxígeno Kaeser

Volumen del depósito l / gal	Sobrepr. máx. admisible bar / psi				Superficie galvanizada	Versión		Resumen datos técnicos versión galvanizada						Peso kg
	11 / 160	16 / 232	45 / 653	50 / 725		Vertical	Horizontal	Versión vertical 11 bar / 160 psi			Versión horizontal 11 bar / 160 psi			
								Altura mm	Ø mm	Tubos de entrada/ salida	Longitud mm	Ø mm	Tubos de entrada/ salida	
90 / 24	●	-	-	-	●	●	-	1160	350	2 × G ½	-	-	-	-
150 / 40	○	○	-	-	●	○	○	1190	450	2 × G ¾ atrás	1050	450	2 × G 2	55
250 / 70	○	○	-	-	●	○	○	1580	500	2 × G ¾ atrás	1465	500	2 × G 2	75
350 / 90	○	○	-	-	●	○	○	1810	550	2 × G 1 atrás	1640	550	2 × G 2	80
500 / 130	○	○	-	-	●	○	○	1925	600	2 × G 1 atrás	1780	600	2 × G 2	110
900 / 230	●	-	●	-	●	●	○	2210	795	2 × G 2; 2 × G 1½	-	-	-	215
1000 / 270	○	○	-	-	●	○	○	2265	800	2 × G 1½; 2 × G 2	2150	800	1 × G 2; 1 × G ½	215
2000 / 530	○	○	●	-	●	○	○	2375	1150	4 × G 2½	2180	1150	2 × G 2	420
3000 / 800	○	○	-	-	●	○	○	2710	1250	4 × G 2½	2610	1250	2 × G 2 ½	605
5000 / 1350	○	○	-	-	●	○	○	3570	1400	4 × DN 100	3470	1400	4 × DN 100	950
8000 / 2100	○	○	-	-	●	○	○	4400	1600	4 × DN 200	4400	1600	4 × DN 200	1680
10000 / 2650	○	○	-	-	●	○	○	5415	1600	4 × DN 200	5400	1600	4 × DN 200	2100

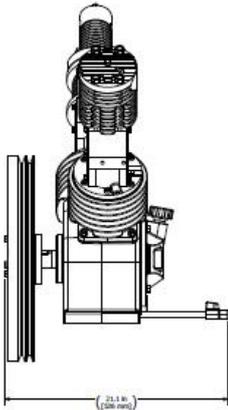
Fuente: Kaeser Compresores (2020). Tanques de oxígeno

Anexo 8. Datos técnicos de Compresor de Llenado de Oxígeno Rix Industries



2V3B-4.IV-PI

SIZE	48" L x 22" W x 45" H / 1219mm L x 59mm W x 1143mm H
WEIGHT	720 Lbs. / 327 Kgs.
SHIP DIMENSIONS AND WEIGHT	57"l x 36"w x 53"h, 900 Lbs. / 409 kgs.
INLET PRESSURE.....	30-40 psig / 2.07-2.76 barg
DISCHARGE PRESSURE	2500 psig / 172 barg
FLOW CAPACITY	400-600 scfh / 187-283 L/M
DISCHARGE PORT	1/4" female NPT
COOLING	Air
APPLICATIONS.....	Oxygen and Inert Dry Gas Cylinder Filling
MOTOR.....	10 HP / 7.5 kW
DRIVE	Belt Driven
POWER REQUIREMENTS	230/460 380-415 VAC 50/60 Hz. 3 Phase
MOISTURE CONTENT	Minus 40F Dew Point
CONTROLS	High Pressure Safety Shut Down
OPERATION	Continuous
FILTRATION	60 Micron



2V3B-4.IV-HP-PI

SIZE	48" L x 22" W x 45" H / 1219mm L x 59mm W x 1143mm H
WEIGHT	720 Lbs. / 327 Kgs.
SHIP DIMENSIONS AND WEIGHT	57"l x 36"w x 53"h, 900 Lbs. / 409 kgs.
INLET PRESSURE.....	40-50 psig / 2.75-3.45 barg
DISCHARGE PRESSURE	3000 psig / 207 barg
FLOW CAPACITY	500-600 scfh / 235-283 L/M
DISCHARGE PORT	1/4" female NPT
COOLING	Air
APPLICATIONS.....	Oxygen and Inert Dry Gas Cylinder Filling
MOTOR.....	10 HP / 7.5 kW
DRIVE	Belt Driven
POWER REQUIREMENTS	230/460 380-415 VAC 50/60 Hz. 3 Phase
MOISTURE CONTENT	Minus 40F Dew Point
CONTROLS	High Pressure Safety Shut Down
OPERATION	Continuous
FILTRATION	60 Micron

2 V3B OXYGEN COMPRESSOR FLOW RATE CHART



STANDARD COMPONENTS

THREE-STAGE COMPRESSOR	HIGH PRESSURE SAFETY SHUT DOWN
ELECTRIC MOTOR	LOW PRESSURE SAFETY SHUT DOWN
BELT DRIVE	SAFETY RELIEF VALVE FOR EACH STAGE
ON / OFF SWITCH	BELT GUARD
PRESSURE GAUGES	HEAT EXCHANGER
HOUR METER	COOLING FAN

Fuente: Rix Industries (1999). High Pressure Oxygen Compressors

Anexo 9. Capacidad de amperaje de los conductores eléctricos

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]					
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
18**	—	—	14	—	—	—
16**	—	—	18	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25
10**	30	35	40	25	30	35
8	40	50	55	35	40	45
6	55	65	75	40	50	55
4	70	85	95	55	65	75
3	85	100	115	65	75	85
2	95	115	130	75	90	100
1	110	130	145	85	100	115
1/0	125	150	170	100	120	135
2/0	145	175	195	115	135	150
3/0	165	200	225	130	155	175
4/0	195	230	260	150	180	205
250	215	255	290	170	205	230
300	240	285	320	195	230	260
350	260	310	350	210	250	280
400	280	335	380	225	270	305
500	320	380	430	260	310	350
600	350	420	475	285	340	385
700	385	460	520	315	375	425
750	400	475	535	320	385	435
800	410	490	555	330	395	445
900	435	520	585	355	425	480

Fuente: Código Nacional de Electricidad – Tomo Utilización (2011).

Anexo 10. Datos técnicos de interruptores termomagnéticos trifásicos

Marco "H" - 150 Amperes PowerPact

Amperes	Disparo magnético amperes		Un polo		Dos polos		Tres polos		Juego de zapatas (incluido)
	Sostiene	Dispara	No. catálogo	No. catálogo	No. catálogo	No. catálogo	No. catálogo	No. catálogo	
HDL Capacidad de interrupción normal (18 kA@480 V c.a.)									
	Sostiene	Dispara			600 Vc.a., 250 Vc.d.	600 Vc.a., 250 Vc.d.			
15	350	750	---		HDL26015	HDL36015			AL150HD # 14 - # 3/0 AWG Cu ó Al
20	350	750	---		HDL26020	HDL36020			
30	350	750	---		HDL26030	HDL36030			
40	400	850	---		HDL26040	HDL36040			
50	400	850	---		HDL26050	HDL36050			
60	800	1450	---		HDL26060	HDL36060			
70	800	1450	---		HDL26070	HDL36070			
80	800	1450	---		HDL26080	HDL36080			
90	800	1450	---		HDL26090	HDL36090			
100	900	1700	---		HDL26100	HDL36100			
125	900	1700	---		HDL26125	HDL36125			
150	900	1700	---		HDL26150	HDL36150			
HGL Capacidad de interrupción alta (35 kA@480 V c.a.)									
	Sostiene	Dispara			600 Vc.a., 250 Vc.d.	600 Vc.a., 250 Vc.d.			
15	350	750	---		HGL26015	HGL36015			AL150HD # 14 - # 3/0 AWG Cu ó Al
20	350	750	---		HGL26020	HGL36020			
30	350	750	---		HGL26030	HGL36030			
40	400	850	---		HGL26040	HGL36040			
50	400	850	---		HGL26050	HGL36050			
60	800	1450	---		HGL26060	HGL36060			
70	800	1450	---		HGL26070	HGL36070			
80	800	1450	---		HGL26080	HGL36080			
90	800	1450	---		HGL26090	HGL36090			
100	900	1700	---		HGL26100	HGL36100			
125	900	1700	---		HGL26125	HGL36125			
150	900	1700	---		HGL26150	HGL36150			
HJL Capacidad de interrupción extra alta (65 kA@480 V c.a.)									
	Baja	Alta			600 Vc.a., 250 Vc.d.	600 Vc.a., 250 Vc.d.			
15	350	750	---		HJL26015	HJL36015			AL150HD # 14 - # 3/0 AWG Cu ó Al
20	350	750	---		HJL26020	HJL36020			
30	350	750	---		HJL26030	HJL36030			
40	400	850	---		HJL26040	HJL36040			
50	400	850	---		HJL26050	HJL36050			
60	800	1450	---		HJL26060	HJL36060			
70	800	1450	---		HJL26070	HJL36070			
80	800	1450	---		HJL26080	HJL36080			
90	800	1450	---		HJL26090	HJL36090			
100	900	1700	---		HJL26100	HJL36100			
125	900	1700	---		HJL26125	HJL36125			
150	900	1700	---		HJL26150	HJL36150			



Fuente: Schneider Electric (2020)

Anexo 11. Datos técnicos de relevadores térmicos trifásicos



LRD 08●●



LRD 21●●



LRD 3●●



LRD 3●●6

Relés de protección térmica diferenciales

a asociar con fusibles y disyuntores magnéticos GV2 L y GV3 L

- Relés compensados, de rearme manual o automático.
- Con visualización del disparo.
- Para corriente alterna o continua.

Zona de ajuste del relé (A)	Fusibles a asociar al relé elegido			Para asociación con el contactor LC1	Referencia	Peso kg
	aM (A)	gG (A)	BS88 (A)			
Clase 10 A (1) con conexión por tornillos de estribo o conectores						
0,10...0,16	0,25	2	–	D09...D38	LRD 01	0,124
0,16...0,25	0,5	2	–	D09...D38	LRD 02	0,124
0,25...0,40	1	2	–	D09...D38	LRD 03	0,124
0,40...0,63	1	2	–	D09...D38	LRD 04	0,124
0,63...1	2	4	–	D09...D38	LRD 05	0,124
1...1,6	2	4	6	D09...D38	LRD 06	0,124
1,6...2,5	4	6	10	D09...D38	LRD 07	0,124
2,5...4	6	10	16	D09...D38	LRD 08	0,124
4...6	8	16	16	D09...D38	LRD 10	0,124
5,5...8	12	20	20	D09...D38	LRD 12	0,124
7...10	12	20	20	D09...D38	LRD 14	0,124
9...13	16	25	25	D12...D38	LRD 16	0,124
12...18	20	35	32	D18...D38	LRD 21	0,124
16...24	25	50	50	D25...D38	LRD 22	0,124
23...32	40	63	63	D25...D38	LRD 32	0,124
30...38	40	80	80	D32 y D38	LRD 35	0,124

Clase 10 A (1) con conexión por conectores EverLink®, con tornillo BTR (3)

9...13	16	25	25	D40A...D65A	LRD 313	0,375
12...18	20	32	35	D40A...D65A	LRD 318	0,375
16...25	25	50	50	D40A...D65A	LRD 325	0,375
23...32	40	63	63	D40A...D65A	LRD 332	0,375
25...40	40	80	80	D40A...D65A	LRD 340	0,375
37...50	63	100	100	D40A...D65A	LRD 350	0,375
48...65	63	100	100	D50A...D65A	LRD 365	0,375

Clase 10 A (1) con conexión por tornillos de estribo o conectores

55...70	80	125	125	D50...D95	LRD 3361	0,510
63...80	80	125	125	D65...D95	LRD 3363	0,510
80...104	100	160	160	D80 y D95	LRD 3365	0,510
80...104	125	200	160	D115 y D150	LRD 4365	0,900
95...120	125	200	200	D115 y D150	LRD 4367	0,900
110...140	160	250	200	D150	LRD 4369	0,900
80...104	100	160	160	(2)	LRD 33656	1,000
95...120	125	200	200	(2)	LRD 33676	1,000
110...140	160	250	200	(2)	LRD 33696	1,000

Clase 10 A (1) con conexión por terminales cerrados

Elegir la referencia del relé entre los de tornillo de estribo o conectores y añadir al final de la referencia:

- El número 6 para los relés de LRD 01 a LRD 35 y los relés LRD 313 a LRD 365.
- A66 para los relés de LRD 3361 a LRD 3365.

Los relés LRD 43●● son compatibles de fábrica con la utilización de terminales cerrados.

Relés de protección térmica para redes no equilibradas

Clase 10 A (1) con conexión por tornillos de estribo o terminales cerrados

En la referencia elegida anteriormente, sustituir LRD (excepto LRD 4●●●) por LR3 D.

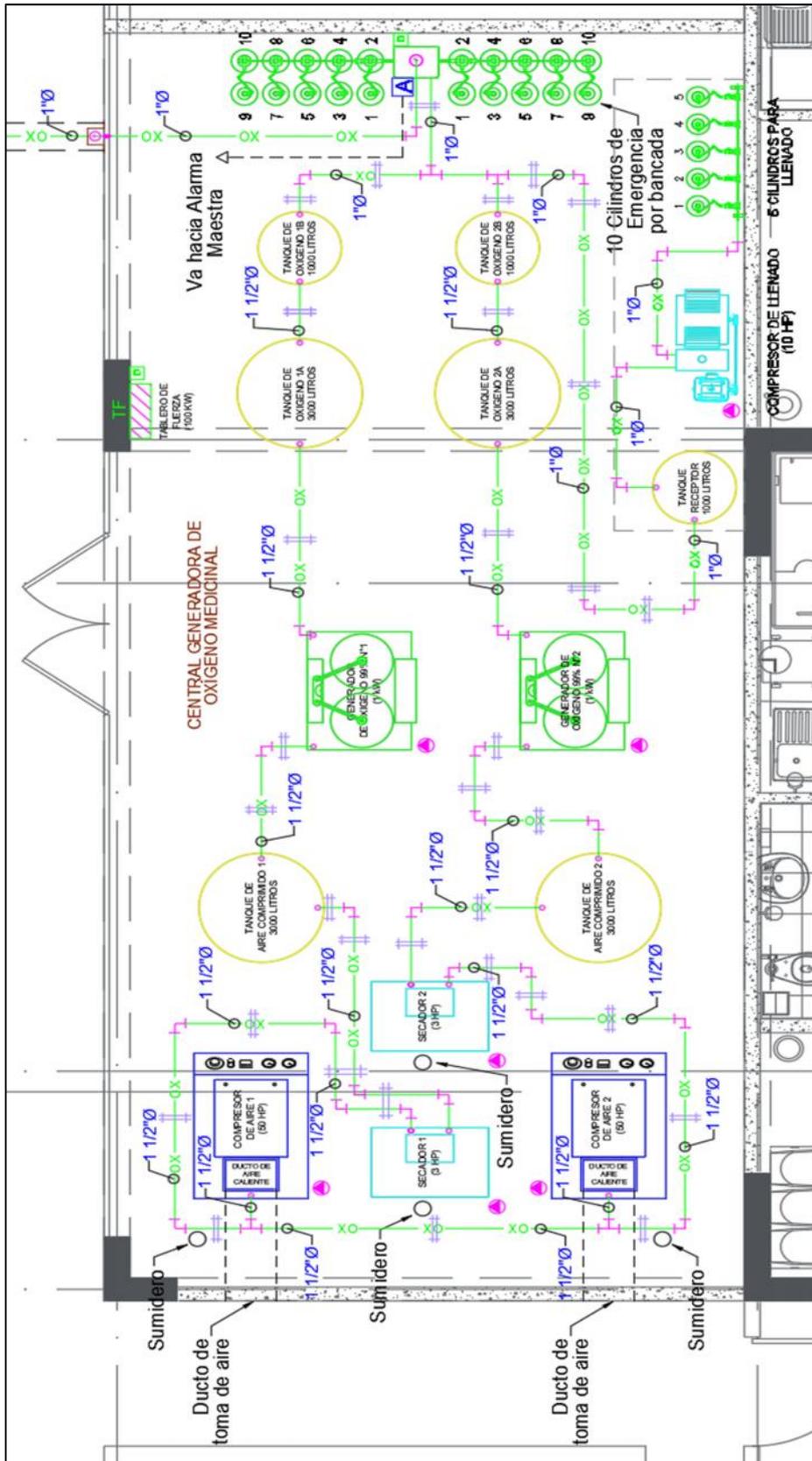
Ejemplo: LRD 01 pasa a ser LR3 D01.

Ejemplo con tornillos de estribo: LRD 340 pasa a ser LR3D 340.

Ejemplo con terminales cerrados: LRD 3406 pasa a ser LR3 D 3406.

Fuente: Schneider Electric (2020)

Anexo 12. Distribución de equipos en Central de Oxígeno



Fuente: Elaboración propia