

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PSA
GENERADORA DE OXÍGENO MEDICINAL IN SITU
PARA EL HOSPITAL SANTA GEMA-
YURIMAGUAS”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

EDER CESAR SILVA VARGAS

**Callao, 2019
PERÚ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

ACTA DE EXPOSICIÓN

**I CICLO TALLER PARA TITULACION POR LA MODALIDAD DE
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2019**

Siendo, las 1:05:00 PM horas del día 30 de noviembre del 2019 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los trabajos del I ciclo taller para titulación por la modalidad de trabajo de suficiencia profesional 2019, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 164-2019-CF-FIME de fecha 26/11/2019, conformado por los siguientes docentes:

Presidente	:	Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
Secretario	:	Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
Vocal	:	Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
Suplente	:	Ing. JUAN GUILLERMO MANCO PEREZ.

Así mismo, contando con la presencia del Dr. Hernán Ávila Morales – Decano de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad nacional del Callao (Supervisor General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad) y el Ing. Juan Adolfo Bravo Félix, Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos).

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la Directiva N° 014-2019-R de ciclo taller para titulación por la modalidad de trabajo de suficiencia profesional, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución Rectoral N° 795-2019-R de fecha 13 de agosto del 2019 concordante con la Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU de fecha 30/10/2018.

Se procede con el acto de exposición del trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PSA GENERADORA DE OXÍGENO MEDICINAL IN SITU PARA EL HOSPITAL SANTA GEMA-YURIMAGUAS"**, presentado por el bachiller **SILVA VARGAS Eder Cesar**, contando con el asesoramiento del **Mg. Páez Apolinario Eliseo**.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación.

Este jurado acordó calificar al bachiller **SILVA VARGAS Eder Cesar**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO** por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
<i>14 (CATORCE)</i>	<i>BUENO</i>

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 1:40:00 PM horas del sábado 30 de noviembre del 2019.

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

[Firma]
Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
PRESIDENTE DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL
SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
SECRETARIO DEL JURADO
Copia fiel del original. Se expide la presente en (a) interesado (a) para los fines que me que convenga
Callao, 07 FEB 2020 del 20...

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

[Firma]
Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
VOCAL DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General
[Firma]
Mg. César Guillermo Jauregui Villafuerte
Secretario General

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, quien gracias a su esfuerzo y dedicación en todo momento me han estado encaminando hasta alcanzar siempre todo mis objetivos y para ser un profesional con valores.

A mi hermana por su ejemplo de superación y perseverancia.

A mi novia, por todo el apoyo que me brindo para seguir adelante con el desarrollo de este trabajo, a pesar de los inconvenientes que se presentaron.

AGRADECIMIENTO

En primero lugar agradezco a Dios, por ser mi guía y cuidarme en todo momento.

A mis padres y hermana, por todos los consejos que me han dado durante toda la vida.

A mi novia, por su apoyo incondicional y por creer en mí.

Y por las personas que me han apoyado para el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE

I. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos Específicos:.....	2
1.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCION	3
1.2.1 Antecedentes Históricos.....	3
1.2.2 Filosofía Empresarial.....	3
1.2.2.1 Perfil de la Empresa:	3
1.2.2.2 Misión:	5
1.2.2.3 Visión:.....	5
1.2.2.4 Valores:.....	5
1.2.3 Estructura Organizacional	6
II. FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....	9
2.1 MARCO TEORICO	9
2.1.1 Bases teóricas.....	10
2.1.1.1 Oxígeno Medicinal	10
2.1.1.2 Producción de Oxígeno mediante un Sistema Criogénico (licuefacción)	12
2.1.1.3 Producción de Oxígeno mediante un Sistema PSA (absorción).....	15
2.1.2 Aspectos Normativos	19
2.1.3 Simbología técnica.....	20
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas.....	21
2.2.1 Etapas de las actividades.....	24
2.2.1.1 Etapa 01:	24
2.2.1.2 Etapa 02:	27
2.2.1.2.1 Compresor:.....	27
2.2.1.2.2 Secador y filtros:	28
2.2.1.2.3 Tanque de almacenamiento de aire medicinal:	31
2.2.1.2.4 Generador de Oxígeno:	32
2.2.1.2.5 Tanque de almacenamiento de oxígeno:.....	33
2.2.1.2.6 Regulador de Presión:	34

2.2.1.2.7 Sistema de llenado de Cilindros:	34
2.2.1.2.8 Sistema de suministro de manifold de emergencia:	35
2.2.1.3 Etapa 03:	35
2.2.1.4 Etapa 04:	38
2.2.2 Diagrama de flujo	39
2.2.3 Cronograma de actividades	40
III. APORTES REALIZADOS	42
3.1 Planificacion, ejecucion y control de las etapas	42
3.2 Evaluacion tecnica – económico	55
3.3 Analisis de resultados	58
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	61
4.1 Discusion:.....	61
4.2 Conclusiones:.....	62
V. RECOMENDACIONES.....	63
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	64
VII. ANEXOS.....	65
7.1 Anexo para el calculo de consumo.....	65
7.2 Cuadro de modelos para la selección de una planta PSA, según capacidad de consumo de oxígeno. Proveedor ULTRAC ONTROLO.....	67
7.3 Plano de distribucion de los componentes de una Planta PSA, proporcionado por la empresa ULTRA CONTROLLO	68
7.4 Diagra de flujo de una planta PSA, proporcionado por la empresa ULTRA CONTROLLO.....	69
7.5 Catalogo de una planta ULTRAOX de la empresa ULTRA CONTROLLO...	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes del aire	11
Tabla 2: Especificaciones de calidad para oxígeno medicinal de una planta PSA	28
Tabla 3: Tabla de conexiones de planta de oxígeno	37
Tabla 4: Tabla de mantenimiento referencial de cada componente según las horas de trabajo.	38
Tabla 5: Cronograma de actividades para la implementación de una planta PSA	40
Tabla 6: Cronograma de mantenimiento de la planta PSA.	41
Tabla 7: Tabla de salidas equivalentes de oxígeno.	44
Tabla 8: Tabla de salidas equivalentes de oxígeno.	48
Tabla 9: Tabla de resumen de la capacidad de producción de dos líneas.....	53
Tabla 10: Cuadro de detalle de cada kit según su componente.....	55
Tabla 11: Cuadro de resumen de kits según las horas de trabajo.	55
Tabla 12: Cuadro de costos de los kits según las horas de trabajo.	56
Tabla 13: Presupuesto económico por el suministro de la planta de oxígeno....	57
Tabla 14: Comparación de gastos Acumulados por año entre una Planta PSA vs Cilindros	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de la estructura organizacional de la empresa Oxyman S.A.C.	6
Figura 2: Organigrama del Proyecto	8
Figura 3: Diagrama de producción de oxígeno medicinal por el sistema criogénico	14
Figura 4: Diagrama referencial en bloque de un sistema de generación de oxígeno.	16
Figura 5: Mapa ubicación Hospital Santa Gema, Yurimaguas.	22
Figura 6: Imágenes del Nuevo Hospital Santa Gema, Yurimaguas.	22
Figura 7: Plano de instalación de los componentes de una la planta de oxígeno	36
Figura 8: Diagrama de flujo de Etapas y sus actividades.....	39
Figura 9: Representación de una compresor de aire.	49
Figura 10: Representacion referencial de la planta PSA generadora de oxígeno.	54
Figura 11: Diagrama de gasto anual entre una Planta PSA y Cilindros.	60

I. ASPECTOS GENERALES

Un suministro de oxígeno continuo y suficiente salva vidas en cualquier entorno clínico. Por lo que se requiere de una fuente confiable de este gas.

Hoy en día, el oxígeno de grado medicinal es abastecido por empresas, que para la producción de este gas, utilizan las plantas criogénicas de separación del aire. Este método consiste en separar el oxígeno, nitrógeno y otros gases que integran el aire mediante su licuefacción y posterior destilación fraccionaria.

En los Centros de Salud se consume gran cantidad de oxígeno medicinal, lo cual representa un alto costo en la compra de este medicamento farmacéutico para dichos centros, por esta razón se requiere implementar una planta PSA generadora de oxígeno medicinal in situ para reducir costos, lo que permitirá mejorar la situación financiera del sector salud y garantizar un producto continuo.

Hoy en día, hay un mayor porcentaje de Centros de Salud a nivel nacional, que afrontan el problema de los altos costos por la compra de Oxígeno medicinal, ya que actualmente el mercado de este producto esta monopolizado por dos (2) grandes multinacionales (PRAXAIR-LINDE e INDURA-MESSER). Lo cual implica el planteamiento de una alternativa accesible y eficaz.

Este proyecto propone implementar una estación de producción de oxígeno medicinal in situ en el Nuevo Hospital Santa Gema, ubicado en el Departamento de Yurimaguas provincia Alto Amazonas; utilizando la técnica PSA (Pressure Swing Adsorption) que consiste en someter el aire atmosférico comprimido a un proceso de purificación utilizando filtros específicos y posteriormente a la separación del oxígeno del resto de componentes a través de la absorción.

Este trabajo va a demostrar que con la implementación de la planta PSA, este Centro de Saludo ahorrará un gran porcentaje de costo en comparación a la compra de oxígeno medicinal en cilindros abastecido por un proveedor externo, mediante una evaluación económicamente dentro de los 3 primeros años.

También servirá como sustento para el cambio de suministro mediante una planta PSA en los hospitales que cuentan con el sistema de abastecimiento mediante cilindros y para la inclusión en las bases de los nuevos hospitales y clínicas en construcción a nivel nacional.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Implementar una planta PSA generadora de oxígeno medicinal IN SITU, para el Hospital Santa Gema de Yurimaguas.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la cantidad de consumo de oxígeno medicinal para cubrir la demanda en las diferentes instalaciones requeridas del Hospital, en función a la normatividad vigente.
- Seleccionar el equipo necesario para el funcionamiento de la planta PSA, asegurando una pureza mayor del 93% de oxígeno, según la Farmacopea Europea en el Hospital Santa Gema.
- Instalar y conectar los componentes de la planta PSA.
- Implementar un sistema de mantenimiento de los componentes de la planta PSA, para garantizar un trabajo continuo.

1.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCION

1.2.1 Antecedentes Históricos

La empresa Oxyman Comercial S.A.C es una empresa productora de gases, con más de 20 años de experiencia en el mercado, especializada en proveer Servicios de Diseño de Ingeniería, Consultoría, Instalación, Mantenimiento y Suministro de equipos afines en todo relacionado con las Redes de Gases Medicinales, Industriales y Especiales, basados en la normatividad Nacional e Internacional vigente, comprometida con la demanda nacional, apoyados en nuestro talento humano y el marco de Responsabilidad Social Empresarial.

Contamos con oficinas en las principales ciudades del país, brindando y abasteciendo gases medicinales de alta calidad y llegando con atención inmediata a nuestros clientes

Comprometida con el desarrollo del país, llevamos a cabo negocios en forma responsable siendo una prioridad la protección a la salud y seguridad de nuestros colaboradores como de nuestros clientes, como el constante compromiso con el cuidado del medio ambiente. Siempre dando un paso adelante gracias a una dinámica gestión que se identifica con las necesidades e inquietudes de nuestros clientes, ofreciendo alternativas innovadoras que permiten mejorar la rentabilidad en sus procesos.

1.2.2 Filosofía Empresarial

1.2.2.1 Perfil de la Empresa:

La empresa Oxyman Comercial S.A.C, le ofrece oxígeno de la más alta pureza para uso en clínicas, hospitales y centros médicos. El uso más frecuente del oxígeno es en casos de deficiencia respiratoria, que en determinadas situaciones clínicas, requieren el uso de técnicas de terapia y procedimientos.

Actualmente este producto es el principal insumo para la aplicación de la medicina hiperbárica, que es una rama de la Medicina, que emplea el oxígeno a presión superior a la atmósfera como base para el tratamiento coadyuvante de

diversas enfermedades, mediante su aplicación en las cámaras hiperbáricas se utilizan las cualidades desinflamantes y regenerativas del oxígeno. Dentro de los usos más aplicados se encuentra el tratamiento para los ataques al corazón, gangrena, peritonitis, osteomielitis, diabetes, apoplejía, envenenamiento por monóxido de carbono, quemaduras y lesiones graves. También es un Inductor fisiológico del sueño, estimula el sistema Inmunológico, aumenta la oxigenación cerebral y previene la insuficiencia coronaria, entre otras.

Las cualidades cosméticas del oxígeno también están siendo cada vez más difundidas, ya que ayuda retardar el proceso de envejecimiento celular, las que precisamente sufren este fenómeno por la disminución en la capacidad de captación del oxígeno.

La empresa Oxyman Comercial S.A.C, ha asumido el compromiso de apoyar el avance de la medicina, brindando un producto de insuperable calidad, ayudando así a salvar vidas y mejorando la calidad de la misma.

Nos encontramos trabajando en nuevas aplicaciones que permitan utilizar cada vez mejor los gases industriales, las que le permitirán ampliar nuestra industria, haciéndola más competitiva, dando seguridad a nuestros clientes, contribuyendo al éxito de sus negocios e inversiones al ver sus costos controlados y sus estructuras y fabricaciones metálicas fortalecidas con productos de calidad.

En OXYMAN estamos conscientes que los contactos directos con gases industriales requieren cuidado, por eso garantizamos envases de reciente fabricación, que cumplan con las normas internaciones C.G.A. Y D.O.T. de transporte, almacenamiento y uso de gases industriales.

Nuestros personales especializados respaldan el producto que le ofrecemos, siendo lo más importante su constante capacitación y especialización tanto en producción como en comercialización; apoyados dentro de una tecnología totalmente sistematizada con herramientas de gestión del más alto nivel.

1.2.2.2 Misión:

La empresa Oxyman Comercial S.A.C, es una compañía dedicada a la obtención, procesamiento y comercialización de gases industriales y medicinales de alta calidad, cumpliendo con las especificaciones técnicas que satisfacen con eficacia los requerimientos de nuestros clientes, brindando calidad, servicio, seguridad y servicio oportuno.

1.2.2.3 Visión:

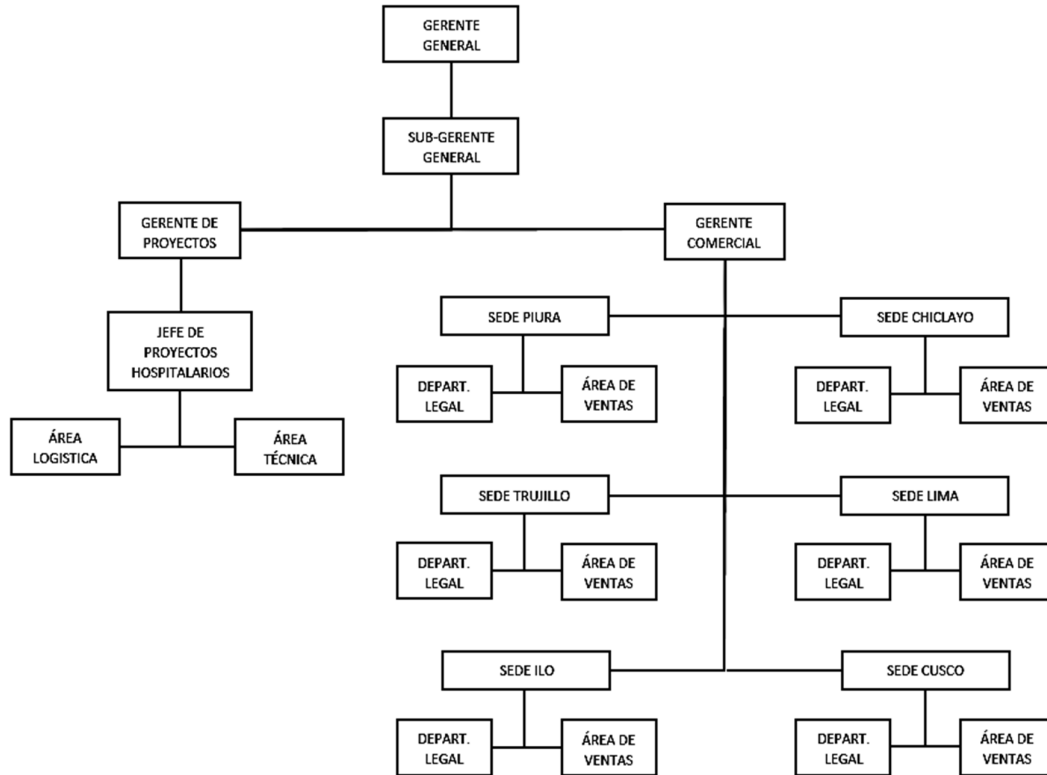
Constituirnos como la empresa líder en el país en producción y comercialización de gases industriales y medicinales que satisfaga plenamente las necesidades del mercado, guiada por la integridad, el trabajo en equipo y el compromiso de nuestra gente.

1.2.2.4 Valores:

La empresa Oxyman Comercial S.A.C, es una empresa que cuenta con tecnología criogénica, comprometida con proporcionar gases industriales y medicinales de acuerdo a las necesidades de sus clientes, cumpliendo los requisitos legales, los de la organización y buscando la mejora continua de sus procesos.

1.2.3 Estructura Organizacional

Figura 1: Diagrama de la estructura organizacional de la empresa Oxyman S.A.C.



Fuente: Empresa Oxyman S.A.C.

La empresa Oxyman S.A.C., está representada de la siguiente manera:

- Gerente General: La sede principal se encuentra en Arequipa, por lo que la Gerente General dirige y gerencia desde ese lugar.
- Sub-gerente General: Es la persona que coordina con el Gerente de proyectos y con el Gerente Comercial, todo tema relacionado con la empresa para sustentar al Gerente General.
- Gerente Comercial: Es la persona que administra todas las sedes que hay a nivel nacional relacionado a la venta de oxígeno medicinal.

- Sedes: Cada sede tiene su Gerente administrativo el cual informa al Gerente comercial, todo lo relacionado a las ventas.
- Depart. Legal: Cada sede cuenta con un departamento legal el cual consiste en Director Químico Farmacéutico y sus asistentes, para la elaboración de documentos y declaraciones ante la entidad (DIGEMID).
- Área de Ventas: Dicha área se encarga de vender los cilindros de oxígeno a los hospitales y empresas.
- Gerente de Proyectos: Es el encargado de los proyectos de ingeniería para la instalación de equipos y redes de gases medicinales para los hospitales, clínicas y constructoras.
- Jefe de Proyectos: Se encarga de evaluar las especificaciones técnicas, memoria descriptiva, memoria de cálculo y planos de cada proyecto, para su desarrollo.

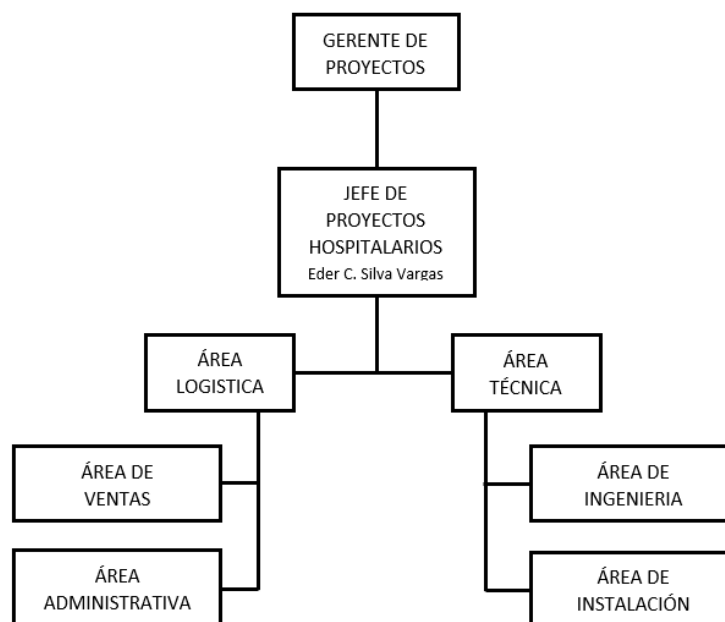
Yo vengo desempeñando en el cargo de Jefe de Proyectos Hospitalarios y mis demás funciones son las siguientes:

- ✓ Revisión de los presupuestos técnicos y económicos para los proyectos de gases medicinales.
- ✓ Supervisar los proyectos de gases medicinales en ejecución.
- ✓ Revisión del Dossier de calidad de los proyectos gases medicinales ejecutados para su entrega al cliente.
- ✓ Realizar visita a los hospitales, para desarrollar un presupuesto según la demanda de gases medicinales.

Para este proyecto yo me encargue de desarrollar la propuesta técnica y económica de una planta PSA generadora de oxígeno y la justificación económica. Ya que el hospital iba a tener un gasto administrativo muy elevado por la compra de cilindros de oxígeno.

- Área logística: Se encarga de realizar la compra e importación de los equipos y accesorios. Además se encarga de realizar los cobros por los trabajos ejecutados y de pagar a todo el personal.
- Área técnica: Se encarga de ejecutar la instalación de los proyectos.

Figura 2: Organigrama del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

II. FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1 MARCO TEORICO

Para la elaboración de dicho informe de trabajo de suficiencia profesional, se tomó como referencia y antecedentes las siguientes tesis:

- Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Gerencia integral de proyectos, titulado **“Estudio de viabilidad para la implementación de un sistema de generación de oxígeno medicinal IN SITU en el Hospital Militar Central”**, presentado por los bachilleres Jesús Emel Morrón Caballero y Juan Felipe Norato Wilches. Se puede encontrar en la página web de la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá – Colombia, tuvo como objetivo proponer una alternativa viable para reducir costos mediante la implementación de una planta de producción de oxígeno IN SITU utilizando la técnica PSA - (Morrón Caballero, y otros, 2011)
- Trabajo de Grado para optar al título de Profesional de Ingeniero Mecánico – Eléctrico, titulado **“Criterios de diseño y cálculo de sistemas de suministro y distribución de gases medicinales para un hospital”**, presentado por el bachiller Juan Carlos Zelaya Castro. Se puede encontrar en la página web de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) Lima – Perú, tuvo como objetivo proponer una metodología de cálculo de acuerdo a criterios técnicos y/o especificaciones indicadas en las normas nacionales e internacionales - (Castro, 2013).
- Trabajo de investigación, titulado **“Estudio descriptivo-comparativo en la transición tecnológica de generación de oxígeno medicinal mediante el método por PSA”**, presentado por los alumnos Pablo Gongora Bernal y Fátima Ortiz Torres. Se puede encontrar en la página web <https://www.slideshare.net/>, tuvo como objetivo realizar un estudio descriptivo y comparativo sobre el proceso de transición tecnológica para la generación de oxígeno medicinal y comparar su desempeño con el oxígeno medicinal

criogénico considerando aspectos técnicos y económicos – (Gongora Bernal, y otros, 2018)

- Trabajo de Grado para optar al título de Profesional de Ingeniero Mecánico – Electricista y Ingeniero Mecánico, titulado “**Proyecto de una Planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el Hospital regional Honorio Delgado de Arequipa**”, presentado por los bachilleres Rolando Renzo Bilbao Arce y Ronny Christian Cardenas Ccasa. Se puede encontrar en la página en la Universidad Católica de Santa María y en la web <https://www.academia.edu>, tuvo como objetivo proponer la instalación de una planta PSA de generación de oxígeno con el fin de poder reducir los costos que le generaba al suministrar mediante cilindros de oxígeno. - (Bilbao Arce, y otros, 2016)

2.1.1 Bases teóricas

2.1.1.1 Oxígeno Medicinal

El oxígeno es una sustancia natural extraída principalmente del aire del medio ambiente, para lo cual tiene dos métodos de elaboración:

- La licuefacción: Que concentra 99% de la producción.
- Proceso de absorción: Que concentra desde el 93% de la producción.

El oxígeno es incoloro, inodoro e insípido, es un gas medicinal y, como tal, debe cumplir con controles de calidad y trazabilidad, entre otros, y sus procesos productivos deben contar con procedimientos de calidad auditables. (Morrón Caballero, y otros, 2011)

El oxígeno medicinal debe contar con el registro sanitario como producto farmacéutico, el cual exige dossier de producto y respaldo de estudios clínicos que confirmen sus beneficios y aplicaciones. (DIGEMID, 1997)

Tabla 1: Componentes del aire

Componente	Porcentaje en volumen
Nitrógeno (N ₂)	78.085
Oxígeno (O ₂)	20.946
Argón (Ar)	0.934
Dióxido de carbono (CO ₂)	0.0314
Neón (Ne)	0.00182
Helio (He)	0.000524
Metano (CH ₄)	0.00015
Criptón (Kr)	0.000114
Hidrógeno (H ₂)	0.00005
Monóxido de dinitrógeno (N ₂ O)	0.000025
Monóxido de carbono (CO)	0.00001
Xenón (Xe)	0.0000087
Ozono (O ₃)	0.000002
Amoníaco (NH ₃)	0.0000006
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.0000001
Monóxido de nitrógeno (NO)	0.00000006
Dióxido de azufre (SO ₂)	0.00000002
Sulfuro de hidrógeno (SH ₂)	0.00000002

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2016

En la farmacopea de estados unidos (USP), el oxígeno producido por licuefacción debe tener una pureza de 99% y está exento de análisis de CO y CO₂. En el caso de ser producido por adsorción, la farmacopea exige una pureza mayor a la del 93% y un análisis de las impurezas, estableciendo unos límites tolerables para el consumo del organismo, determinando que no debe exceder de un máximo de 300 ppm de CO₂ y de 10 ppm de CO.

La farmacopea europea define como oxígeno medicinal a partir de una pureza del 93%, siempre que se mantengan unos niveles de control y seguimiento para la pureza de que ese oxígeno nunca baje con los siguientes niveles de tolerancia: máximo de 300 ppm de CO₂ y 5 ppm de CO. A este control se suma el análisis de humedad que determina un máximo de 67 ppm. (Morrón Caballero, y otros, 2011)

En el ámbito médico el oxígeno fue utilizado por primera vez 1799, por Thomas Beddoes y Humphry Davy, aprendiz de Thomas, en el Instituto de Neumática, como terapia de inhalación de gases, aunque el Instituto cerró debido a que no obtuvieron éxito por los pocos conocimientos y la creencia en conjeturas erróneas de la época. Sin embargo, su contribución ayudó a considerar este gas como parte del tratamiento en enfermedades. Fue hasta 1859 que el Dr. Birch comenzó a destacar sus observaciones en el uso de breves inhalaciones del gas oxígeno mediante la publicación de su artículo en “British Medical Journal”, titulado Oxígeno como un agente terapéutico. Esto inició más investigaciones sobre el uso terapéutico del oxígeno. (Birch, 1859)

La OMS (Organización Mundial de la Salud) indica que el oxígeno tiene una importancia crucial para atender la hipoxemia (nivel bajo de oxígeno en la sangre), dificultad clínica frecuente en enfermedades de las vías respiratorias, principalmente la neumonía infantil, atención al recién nacido, intervenciones quirúrgicas, anestesia, traumatismos, el triaje de emergencias, asistencia obstétrica y otras situaciones de gravedad respiratorias que suelen acompañar a la morbilidad y mortalidad. (OMS, 2016 pág. 64)

Por lo tanto, el oxígeno es un componente fundamental, esencial e insustituible en los centros médicos, por lo que el suministro de oxígeno debe ser continuo y confiable según estándares mencionados.

2.1.1.2 Producción de Oxígeno mediante un Sistema Criogénico (licuefacción)

Las empresas que provee el oxígeno líquido medicinal, utilizan el sistema criogénico, la cual consiste en separar el oxígeno del nitrógeno y los otros gases que integran el aire.

Dicho proceso se obtiene produciendo a temperaturas de -200°C , que producen la licuefacción del aire, el cual es sometido a destilación logrando así la separación de sus componentes.

El oxígeno así obtenido tiene una concentración nominal de 99,5% y está exento de contaminantes que puedan ser perjudiciales para la salud. Licuar los gases es muy importante para estas empresas, pues facilita su almacenamiento y distribución.

El oxígeno líquido se puede gasificar y envasar en cilindros a alta presión a 2,900 psi equivalentes a 200 bares en botellas de 10 m³. Estas botellas son utilizadas en diferentes centros de salud (hospitales y clínicas), donde el sistema de suministro mediante tanque criogénico no existe.

Por lo general, el sistema de suministro mediante botellas se emplea en provincia, ya que el costo de enviar un camión cisterna a dichos lugares no es conveniente.

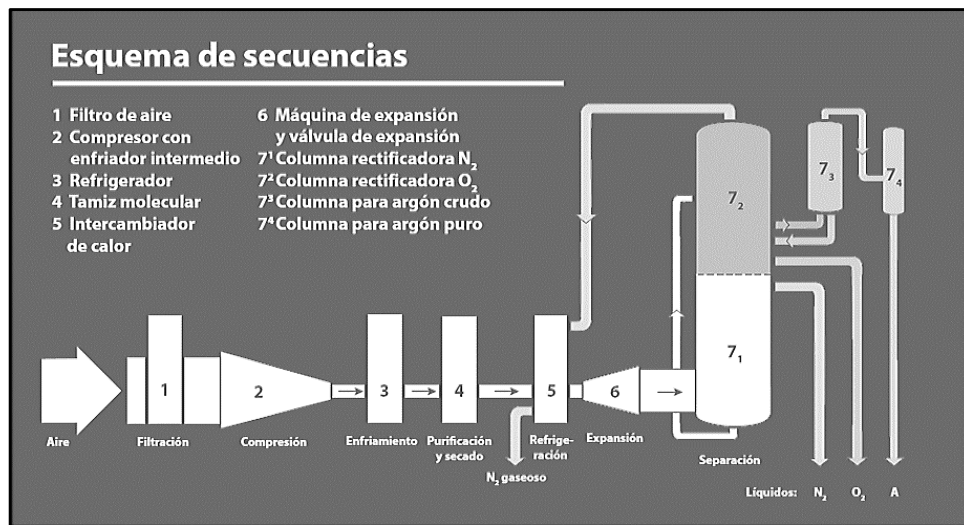
La producción de oxígeno medicinal por el sistema criogénico, se desarrolla en las siguientes etapas:

- Filtración: Elimina impurezas del aire.
- Compresión: Reduce el volumen del aire hasta 150 veces en seis etapas.
- Enfriamiento: Deja el aire a temperatura ambiente.
- Purificación y secado: Remueve la humedad del aire y el bióxido de carbono.
- Refrigeración: Intercambia calor con gases fríos de la planta y lo enfría. Aproximadamente a $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Expansión y licuefacción: El aire se licua o condensa, queda líquido a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Destilación: Se hace en dos procesos:
 - ✓ Se evapora y se condensa el nitrógeno N₂, que se almacena en estado líquido en tanque criogénico.
 - ✓ El condensado restante, enriquecido de oxígeno O₂, es enviado a la parte superior de la columna de rectificación.

Este aire enriquecido se destila de nuevo, se extrae el nitrógeno N₂ restante y el argón Ar, quedando oxígeno medicinal al 99,5%. El N₂ sale en estado gaseoso y se expulsa a la atmósfera después de hacerlo pasar por el Intercambiador de calor. El argón puede ser enviado a una Columna de destilación y envasado para utilizarlo en la industria. (Morrón Caballero, y otros, 2011 pág. 20)

Esquema de secuencias:

Figura 3: Diagrama de producción de oxígeno medicinal por el sistema criogénico



Fuente: AGAFADO S. A. Folleto: Gas, nuestra especialidad. Año: 2010.

Proceso de producción del oxígeno medicinal mediante un sistema criogénico.

1. Se utiliza el aire atmosférico que es filtrado por un compresor.
2. En el compresor se somete hasta seis veces la presión atmosférica.
3. El aire es enfriado por medio de agua refrigerada en un intercambiador de calor. En el refrigerador se baja la temperatura hasta $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
4. Después de lo cual el vapor de agua, bióxido de carbono e hidrocarburos son separados del aire por medio del tamiz molecular
5. El aire comprimido y pre enfriado pasa luego por un intercambiador de calor

6. Por una máquina de expansión (6) y por una válvula de expansión con la cual el aire se enfría hasta muy cerca de su punto de condensación, aproximadamente $-175\text{ }^{\circ}\text{C}$.
7. Esta temperatura es necesaria en el siguiente proceso de separación en la columna y en la producción de los gases en forma líquida.

Los gases se separan del aire por medio de un proceso de destilación con el cual los gases son altamente condensados y vaporizados en las columnas hasta llegar a la concentración que se desee en cada gas. Este proceso se efectúa porque los gases tienen diferentes puntos de ebullición: oxígeno, $183\text{ }^{\circ}\text{C}$; argón, $186\text{ }^{\circ}\text{C}$; nitrógeno, $196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los gases son almacenados en forma líquida en tanques muy bien aislados. (Morrón Caballero, y otros, 2011 pág. 21)

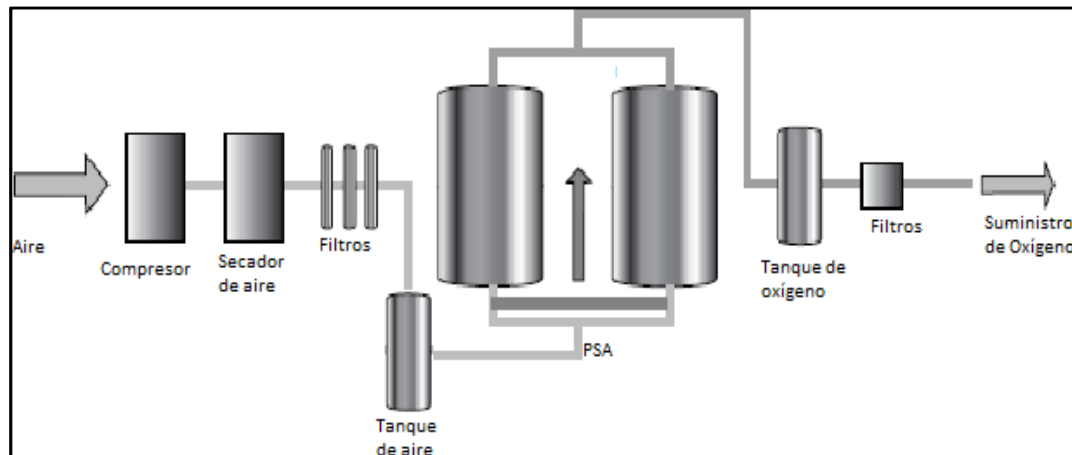
2.1.1.3 Producción de Oxígeno mediante un Sistema PSA (absorción).

Un sistema PSA de generación de oxígeno consiste en separar el oxígeno de nitrógeno que se encuentra en el aire comprimido, por medio de tamices moleculares, para ser almacenado y transportado por las redes (tuberías) existentes como suministro en las diferentes áreas de consumo, bajo condiciones controladas de pureza y presión. (Morrón Caballero, y otros, 2011)

Este proceso tiene 5 grandes etapas:

- Compresión del aire,
- Tratamiento del aire: Secado y filtrado,
- Separación de oxígeno medicinal en las PSA,
- Análisis, registro, regulación, medición y control,
- Alimentación del oxígeno a la red de distribución.

Figura 4: Diagrama referencial en bloque de un sistema de generación de oxígeno.



Fuente: Morron Caballero, y otros, 2011.

- Compresión del aire: Un compresor, comprime el aire ambiente tomado del exterior. Un filtro elimina las impurezas sólidas de la atmósfera. Compresión del aire atmosférico entre 8 y 10 bar.
- Tratamiento del aire comprimido: Se cumple en tres fases:
 - ✓ Separación de fases en un recipiente separador (disminuye la velocidad del flujo del aire), con el fin de remover la fase líquida: agua.
 - ✓ Secado refrigerativo que separa la humedad del aire, enfría el aire comprimido a +2 °C, permitiendo la condensación de la humedad y así se puede extraer del sistema en forma líquida.
 - ✓ Filtración, se efectúa con dos clases de filtros, uno coalescente de remoción de condensado y líquidos al 99,99% y un filtro de carbón activado que retiene partículas volátiles y olores.
- Separación de oxígeno medicinal en las PSA:

La técnica de separación recibe el nombre de PSA por su sigla en inglés Pressure Swing Adsorption o Adsorción por Fluctuaciones de Presión. La planta

consta de dos PSA y en cada una entra el aire con su composición normal y es transformado en oxígeno del 94% ($\pm 1\%$) de concentración. El nitrógeno sobrante es expulsado a la atmósfera.

Cada PSA tiene en la salida una válvula de tres vías que permite descargar a la atmósfera (oxígeno de menos del 93%) y un analizador paramagnético, que mide la concentración del oxígeno medicinal.

Las PSA utilizan zeolitas que constituyen un “tamiz molecular”. La adsorción es la retención por afinidad física (sin reacción química) en la superficie de un cuerpo, de las moléculas o iones de otro elemento. En el caso de este proyecto las zeolitas adsorben el nitrógeno N_2 y otros gases del aire que son expulsados a la atmósfera.

En la absorción no hay afinidad, la retención se genera por características estructurales del otro elemento, por ejemplo, la esponja que absorbe el agua. El tamiz molecular de la PSA adsorbe selectivamente el nitrógeno y permite el paso del oxígeno, el cual, a su vez, es almacenado en otro tanque pulmón.

El primer lecho es entonces sometido a la des adsorción del nitrógeno por medio de la despresurización del recipiente. La concentración del oxígeno está en el rango de 93% a 95%. La generación de oxígeno medicinal exige un filtro esterilizable. Con mantenimiento, el tamiz molecular tiene una vida indefinida.

- Análisis, registro, regulación, medición y control:

En los procesos criogénicos en los cuales se empaca el gas en envases para su distribución, hay mayor riesgo de contaminación cruzada y confusión del producto que se reduce considerablemente en la técnica de producción in situ debido a que se desarrolla en un sistema cerrado y continuo hasta que llega al paciente.

Por motivos de seguridad, explícitos en la Norma ISO 10083 y la norma canadiense (NFPA 99), se deben tener dos respaldos independientes: un tanque de reserva de oxígeno medicinal y un manifold de emergencia, para que garantice el suministro automático del oxígeno en caso de interrupción de la planta.

- Alimentación del oxígeno a la red de distribución:

El sistema PSA debe cumplir con las siguientes exigencias:

- ✓ Válvula anti-retorno en la línea de suministro del sistema concentrador de oxígeno.
- ✓ El sistema concentrador de oxígeno tiene un sistema doble de regulación de presión, que provee una presión estable y nominal entre 55 a 60 psig y con válvulas de alivio de presión diseñadas para abrirse a 75 psig. Es decir, el oxígeno debe entrar a la red de distribución con una presión de 55 a 60 PSI y una concentración de oxígeno del 94% ($\pm 1\%$) y el manifold de emergencia debe entrar en funcionamiento, cuando cae la presión emitida por la planta desde 50 a 55 PSI.

2.1.2 Aspectos Normativos

- Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú).
- Farmacopea Europea – PH. EUR. (EUROPEAN PHARMA COPOEIA).
- Asociación Nacional de Protección contra el Fuego - NFPA (National Fire Protection Association).
- Standard for HealthCare Facilities (Norma para establecimientos de salud), capítulo 5 – NFPA 99.
- Norma de diseño de ingeniería, división de proyectos. Criterios normativos de ingeniería, ingeniería hidráulica, sanitaria y especiales; capítulo 13 - IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social).
- Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Segundo Nivel de Atención - NORMA TÉCNICA DE SALUD N°110-MINSA/DGIEM-V01
- Categorización de Establecimientos del Sector Salud - RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 546-2011/MINSA
- Lineamiento para la elaboración de programas y estándares arquitectónicos en proyectos de inversión en infraestructura de ESSALUD - Resolución N° 038-OCPD-ESSALUD-2008
- Manual de Buenas Prácticas de Manufactura - RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 055-99.SA/DM
- Catálogo de la marca ULTRA CONTROLLO.

2.1.3 Simbología técnica

#Días	: Cantidad de días proyectados, días.
% v/v	: Porcentaje de volumen.
ACFM	: Pies cúbicos reales por minuto (IN SITU)
B.A.E.	: Número de botellas de abastecimiento en emergencia
B.D.	: Cantidad de botellas por día.
C.B.	: Capacidades estándar de botella o cilindro (10m ³).
C.D.	: Consumo diario según las horas de abastecimiento, m ³ .
C.D. (gas)	: Volumen de gas consumo por día, m ³ .
C.G.	: Consumo de Oxígeno gaseoso, m ³ .
C.H. (gas)	: Consumo por horas, m ³ /hr.
C.T.	: Volumen total del tanque de almacenamiento, gal.
Consumo	: Consumo en L/min.
F.C	: Factor de corrección
F.S.	: Factor de simultaneidad.
HR	: Humedad relativa, %.
T _{uso}	: Tiempo de uso, horas
T.A.E.	: Tiempo de Abastecimiento en emergencia, h.
P _o	: Presión atmosférica estándar, PSIA.
SCFM	: Pies cúbicos estándar por minuto (Condiciones estándar)
T _o	: Temperatura atmosférica estándar, °R.
P	: Presión atmosférica en la localidad, PSIA.
T	: Temperatura atmosférica en la localidad, °R.
ρ _o	: Densidad del aire estándar, kg/m ³
PSI	: Pound-force per Square Inch (libras de fuerza por pulgada cuadrada).
P _{Vsat}	: Presión de vapor saturado, PSIA.
G	: Gravedad, m/s ²
Z	: Altitud, m.s.n.m.

2.2 Descripción de las actividades desarrolladas

El Hospital Santa Gema en Yurimaguas es el primer edificio en la selva que contará con aisladores sísmicos. Posee una distribución de espacios a través de bloques que, en algunos casos, comparten la cimentación y un uso de corredores que permite un correcto funcionamiento del hospital sin interferencias.

El Hospital Santa Gema de Yurimaguas se ubica en el Lote 01 de la Manzana G del Asentamiento Humano Moralillos - Aguamiro I Etapa, en el distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto. Es un terreno parcialmente ocupado, cuya área total es de 24,567 m².

El proyecto, actualmente en construcción, posee un nivel de Categoría II-1, por lo que tendrá capacidad de prestar servicios de atención ambulatoria, hospitalización y emergencia en las especialidades de medicina interna, ginecología y obstetricia, cirugía general y pediatría. También se desarrollarán atenciones obstétricas y neonatales esenciales.

La edificación se plantea independiente respecto de la edificación existente en la parcela y separándose de la línea del canal de desagüe que atraviesa el terreno por la mitad.

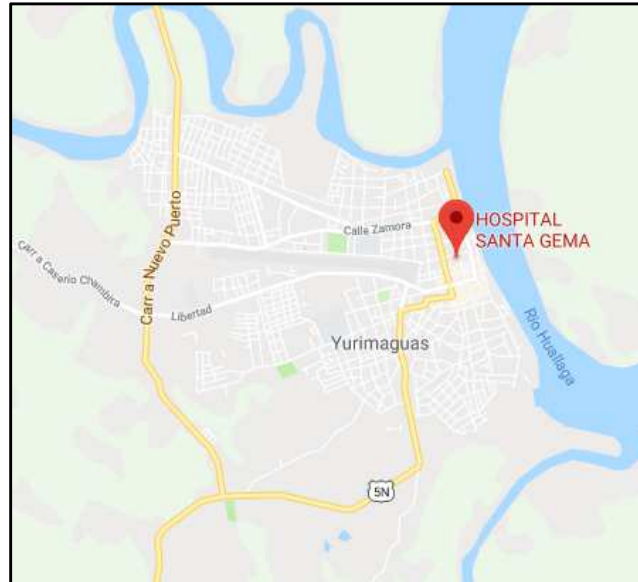
Una condicionante del diseño era concentrar la edificación en la menor superficie posible con la finalidad de reducir al máximo la ocupación de la obra en la parcela. Igualmente, era importante no forzar ningún tipo de excavación en el edificio hospitalario para facilitar su funcionamiento, teniendo en cuenta, además, la escasa diferencia topográfica del terreno.

El edificio se compone de 12 bloques, uno de ellos correspondiente al “Centro Materno Infantil Aguamiro” ya existente en el terreno. Los otros 11 restantes se distribuyen en Bloques 1, 2, 3 y 4 que conforman la Plataforma del Hospital de dos pisos; Bloques 5, 6 y 7 correspondiente a la Torre de Hospitalización de cuatro niveles; Bloque 8A, 8B y 8C de Servicios Generales de dos pisos y Bloque

9 de un nivel destinada a los pacientes con TBC.

El Hospital Santa Gema de Yurimaguas se divide en 12 bloques. Algunos bloques comparten la cimentación para evitar juntas mayores entre estructuras. Por ejemplo, los bloques 2 y 3 comparten la cimentación al igual que el 5,6 y 7.

Figura 5: Mapa ubicación Hospital Santa Gema, Yurimaguas.



Fuente: Google maps.

Figura 6: Imágenes del Nuevo Hospital Santa Gema, Yurimaguas.



Fuente: Pagina web - www.hsgy.gob.pe/nuevo-hospital.html

Descripción de la problemática:

En la actualidad el suministro de gases medicinales en el Nuevo Hospital Santa Gema, según sus especificaciones técnicas y bases del proyecto estaba para ser suministrado por un Tanque Criogénico y un manifold de emergencia de 14 cilindros por bancada, la cual cada cilindro tiene una capacidad de 10 m³ a 200 PSI aproximadamente.

Este sistema no permite cubrir la demanda de servicios médicos al 100%, debido a la complejidad del acceso que hay para suministrar el Tanque Criogénico mediante un tanque cisterna.

El Tanque Criogénico tiene que ser suministrado periódicamente por medio de un camión cisterna que abastecerá dicho tanque criogénico, por lo que necesita tener viabilidad de traslado desde su punto de origen (proveedor de dicho gas) hasta el hospital. Pero en la carretera que conecta Tarapoto a Yurimaguas, siempre se presenta problemas climáticos tales como deslizamiento de tierra en las carreteras exactamente en el tramo de Tarapoto – Yurimaguas, la cual dificulta el libre tránsito durante un día y en algunas ocasiones puede prolongarse hasta dos días.

Por lo que actualmente se considera el manifold de emergencia, como principal sistema de abastecimiento de oxígeno para el Nuevo Hospital. Siendo esto, un tema de preocupación para el gobierno regional ya que se tendría que contar con un presupuesto mensual para abastecer el hospital durante todo el año. El costo del m³ en dicho lugar es de S/ 22.50

2.2.1 Etapas de las actividades

2.2.1.1 Etapa 01:

Criterios para obtener el cálculo de consumo de oxígeno medicinal, para suministrar el Hospital Santa Gema, según las normas vigentes (NFPA, IMSS, etc.).

- Identificación de consumo de oxígeno por áreas del Hospital:

Las áreas de consumos, son aquellas en las que se requiere abastecer de oxígeno medicinal. Esto varía de acuerdo a la infraestructura de cada hospital.

Es muy importante identificar la cantidad de salidas por cada área de consumo, lo cual es necesario para calcular la capacidad de la central de oxígeno, teniendo en cuenta de que cada área tiene su tipo de salida de acuerdo a la Tabla A.1 (Ver anexo 7.1).

- Tipos de Hospitales:

Los hospitales según la norma nacional, se pueden clasificar por:

- ✓ Número de Camas:

- Hospital Pequeño: Consiste hasta 49 camas.
- Hospital Mediano: Consiste entre 50 a 149 camas.
- Hospital Grande: Consiste entre 150 a 399 camas.
- Hospital Extra Grande: Consiste de 400 a más camas.

- ✓ Por el Ámbito Geográfico:

- Hospital Nacional.
- Hospital de Apoyo Departamental.
- Hospital de Apoyo Local.

- Institutos Especializados.

✓ Por grado de Complejidad:

- Hospital Tipo I: Brinda atención general en las áreas de medicina, cirugía, pediatría, gineco-obstetricia y odonto-estomatología.
- Hospital Tipo II: Además de lo señalado para el Hospital Tipo I, da atención básica en los servicios independientes de medicina, cirugía, gineco-obstetricia y pediatría.
- Hospital Tipo III: A lo anterior se suma atención en determinadas sub-especialidades.
- Hospital Tipo IV: Brinda atención de alta especialización a cosas seleccionados.

• Criterios de calcular la capacidad de consumo del oxígeno:

Para determinar la capacidad de la central de oxígeno que consumen todas las salidas equivalente contadas en el hospital, es importante calcular lo siguiente:

Calcular el consumo por horas (C.H.) en m³/ hr de gas.

$$C. H. (gas) = \frac{Consumo \times 60}{1000} \times F.S. (m^3/hr) \dots\dots\dots (Ecuación 1)$$

Teniendo en cuenta el tiempo de uso (24 horas) y el caudal en horas que consumen todas las salidas equivalentes, se calcula el consumo diario para el abastecimiento mediante una planta PSA de generación de oxígeno.

$$C. D. (gas) = T_{uso} \times C. H. (gas) (m^3) \dots\dots\dots (Ecuación 2)$$

Calculo de consumo gaseoso para la cantidad de días proyectas.

$$C. G. = C. D. (gas) \times \# Dias (m^3) \dots\dots\dots (Ecuación 3)$$

Calculo de la capacidad de abastecimiento mediante botellas (cilindros). Según el mercado, el C.B. es de 10 m³.

$$B. D. = \frac{C.D.(gas)}{C.B.} (botellas de 10 m^3) \dots\dots\dots (Ecuación 4)$$

Calculo de la capacidad de abastecimiento mediante un tanque criogénico.

$$C. T. = \frac{1.162 \times C.G.}{3.78} (gal) \dots\dots\dots (Ecuación 5)$$

Teniendo en cuenta de que el valor de 1.162 es la conversión del oxígeno gaseoso al oxígeno líquido.

Calculo de consumo diario, según la cantidad de horas que se requiere abastecer en el manifold de emergencia.

$$C. D. = \frac{T.A.E. \times Consumo \times 60}{1000} \times F.S. (m^3) \dots\dots\dots (Ecuación 6)$$

Calculo de botellas que irán depositadas en el almacén.

$$B. A. E. = \frac{T.A.E. \times C.D.(gas)}{C.B. \times 24} (botellas de 10 m^3) \dots\dots\dots (Ecuación 7)$$

2.2.1.2 Etapa 02:

Seleccionar una planta PSA generadora de oxígeno medicinal, según los requerimientos de la demanda del hospital.

2.2.1.2.1 Compresor:

El aire comprimido medicinal debe ser tratado, para remover vapores de agua y otros contaminantes sólidos, la calidad del aire puede tener un efecto significativo en la fiabilidad y el costo de mantenimiento del sistema. El tratamiento del aire es una operación importante y los errores en ésta área por falta de mantenimiento son muy comunes.

Los separadores de agua (secadores) y filtros, todos ellos utilizan directamente energía o crean restricciones de flujo que incrementan la energía necesaria para el suministro de aire comprimido medicinal. La mayoría de estos dispositivos son olvidados después de ser instalados y un mantenimiento inadecuado puede originar un excesivo uso de energía.

Los contaminantes pueden entrar al sistema de compresión de aire desde tres fuentes: la atmósfera, el compresor y el sistema de tuberías de distribución.

Cada fuente potencial debe ser tomada en cuenta al momento de especificar el tipo y ubicación del equipo de tratamiento del aire. Un equipo de filtrado puede incluir pre-filtros, filtros coalescentes, filtros desecantes, filtros de carbón, filtros de partículas y otros equipos adicionales de filtrado, necesarios para asegurar la calidad del producto. (Parr, 2006)

Los tipos principales de contaminantes a los que la instalación es susceptible son contaminantes sólidos y agua.

Tabla 2: Especificaciones de calidad para oxígeno medicinal de una planta PSA.

Calidad de Oxígeno de acuerdo con Pharmacopoeia Europea	
Pureza del O ₂	94% +/- 1%
Partículas	< 1 µm
Aceite (fase fluida)	Exempt
Vapor de aceite y hidrocarburos	Exempt
CO ₂	< 300 ppm
CO	< 5 ppm
SO ₂	< 1 ppm
NO _x	< 2 ppm
Punto de rocío de trabajo	- 46 ° C
Sabores y olores	Exempt
Contenidos residuales en condiciones iniciales de operación.	

Fuente: Catálogo de la empresa ULTRA CONTROLLO.

2.2.1.2.2 Secador y filtros:

Al comprimir el aire éste se calienta y por tanto su capacidad para retener vapor de agua aumenta. Mientras el aire se comprime en el compresor, la alta temperatura evita que el agua se condense, pero una vez en los conductos, el descenso de temperatura, mantenido a presiones altas, sí conlleva a la condensación de agua en las tuberías.

Es por ello que se coloca un Post-enfriadores del tipo de refrigerados, los cuales son un intercambiador de calor de flujo cruzado. Normalmente al post-enfriador va acoplado, a la salida, un deshumidificador, encargado de drenar el agua de condensación que se extrae de la corriente de aire comprimido.

Los post-enfriadores (y enfriadores intermedios) suelen formar parte del sub conjunto de compresión.

Los secadores de agua son usados para remover vapores restantes del aire comprimido luego de la acción de los filtros y usa una cantidad significativa de energía. Si se desea una reducción adicional del contenido de vapor de agua, se realizará mediante el uso de un secador.

El secador deberá estar instalado entre el post-enfriador y el tanque receptor. Será necesario revisar que el sistema colector de condensado no esté constantemente perdiendo aire tratado.

Existen principalmente cuatro métodos usados en tecnología de secado:

- Alta presurización del aire comprimido.
- Condensación.
- Absorción.
- Calor de compresión.

Lo que diferencia estas tecnologías es la calidad del aire que se obtiene, teniéndose aire más seco en los secadores de adsorción. Para medir la sequedad del aire se emplea el llamado punto de rocío: temperatura por debajo de la cual condensa el agua contenida en el aire. Cuanto más baja sea ésta temperatura, más seco es el aire.

Para clasificar el aire comprimido según la calidad en función del contenido de agua se utiliza la norma ISO 8573- 1:2001, que describe distintas clases de calidad de aire para contenido en partículas, aceite y agua.

Los tipos más comunes usan un refrigerante (R134a) y son denominados secadores refrigerativos.

Las ventajas son que tienen un costo operativo muy bajo y no introducen impurezas. El costo inicial es de gama media, comparado con el resto de secadores. La pérdida de presión a través de un secador refrigerativo es

aproximadamente 5 psi. Para lograr la remoción de humedad deseada, se requiere un mínimo del 20% de su flujo nominal.

La eficacia del sistema de control se pondrá de manifiesto cuando la eficiencia del sistema de compresión se prueba al 10% y al 0% del flujo de diseño del sistema. La fiabilidad y el rendimiento de un sistema de secado debe ser responsabilidad del fabricante, ya que este elemento es fundamental para el rendimiento general del sistema del compresor. El sistema de control del secador debe incluir un higrómetro (instrumento para medir la humedad del aire) de punto de rocío y mostrar una precisión mínima del $\pm 3^{\circ}\text{C}$ en un rango de -20°C a -60°C , ajustado a -46°C . Debe estar previsto que, en caso de circuito abierto, se iniciará una alarma de "emergencia en planta".

El propósito de cualquier filtro es reducir o remover las impurezas o contaminantes en la corriente de aire a un nivel determinado o aceptable.

Los filtros de admisión, pre-filtros, post-filtros y filtros de final de línea son algunos ejemplos. Generalmente nada impide que cualquiera de estos filtros sea usado para cualquier aplicación, siempre que la reducción requerida de contaminantes sea lograda y sea adecuada para los propósitos de la instalación

- Los filtros de admisión: remueven grandes cantidades de contaminantes en la entrada de aire hacia el compresor.
- Los pre-filtros: Son generalmente usados antes que el aire entre al secador, para remover varios contaminantes que podrían obstruir la unidad. Estos pre-filtros son usualmente del tipo coalescente a fin de eliminar partículas y vapores, tales como aceite, hidrocarburos y agua. Cuando estos filtros se combinan, en este punto, con los separadores, se denominan filtros separadores.
- Los Post-filtros: Son usados generalmente después del proceso de secado, para remover partículas más pequeñas que el pre-filtro no pudo remover.

Algunos secadores producen partículas de polvo de diámetro muy pequeño (finos) que deben ser removidos de la corriente de aire.

- Los filtros de final de línea: Son usados inmediatamente antes de cualquier herramienta o equipo individual del sistema que requiera una remoción adicional de partículas en mayor medida que el post-filtro.

Puede instalarse un sistema dual de filtros de bacterias antes del regulador final de presión, junto con válvulas de aislamiento adecuadas. Los filtros deben proporcionar una eliminación de partículas bacteriológicas hasta 0.01 mg/m³. (Frankel, 2010)

2.2.1.2.3 Tanque de almacenamiento de aire medicinal:

Los tanques son depósitos de metal, las cuales proporcionan almacenamiento de reserva para permitir a los compresores liberarse de su carga de trabajo, cuando tienen la suficiente demanda.

Permiten que el sistema haga frente a las altas demandas transitorias. Los tanques suavizan las pulsaciones de generación y actúan como un enfriador secundario para el aire comprimido medicinal. La capacidad del tanque se basa siempre en la cantidad de consumo y el tiempo de almacenamiento.

Para la mayoría de aplicaciones, el compresor de aire es regulado por arranque/parada, con un recibidor usado para almacenar el aire y evitar que el compresor realice ciclos con demasiada frecuencia.

A pesar de que estas funciones son vitales, muy a menudo son ignorados y rara vez son considerados como un equipo crítico. Deberán tenerse las siguientes consideraciones:

- Un mal dimensionamiento del tanque provocara un ciclo de trabajo excesivo en los compresores.

- Los tanques deben ser regularmente inspeccionados y provistos con una válvula de seguridad operativa.
- Los tanques deben tener un manómetro de presión de trabajo.
- Si el sistema es grande, vale la pena considerar instalar tanques secundarios más pequeños.

Los tanques deben cumplir con la norma ASME para contenedores presurizados. Deberán estar dimensionados sobre la base de la demanda del sistema y tamaño del compresor, usando los arranques por hora y tiempo de funcionamiento más adecuados para el proyecto. Tener en cuenta que el compresor funcionará para cumplir con la presión establecida en el interruptor de presión más que con el uso del aire y que el tanque es una parte integral del sistema que funciona con respecto a las condiciones locales, cantidad de almacenamiento y presión diferencial. (Frankel, 2010)

2.2.1.2.4 Generador de Oxígeno:

Deben ser instalados tamices moleculares duales, provistos en pares, para permitir la generación continua de oxígeno. Uno de los pares de tamices duales estará en la etapa de adsorción, mientras que el otro se regenera.

La unidad de control del tamiz molecular puede estar montada en los propios recipientes de adsorción o puede estar situada junto con la unidad de control de la planta.

La unidad de control de tamiz molecular debe contener lo siguiente:

- Un selector de tipo de funcionamiento (en servicio/en espera).
- Un selector encendido/automático.
- Un sistema de ciclo separado para cada par de tamices.
- Un sistema de control de regeneración de los tamices en función a la demanda.

- Sensores de concentración de oxígeno, sequedad y presión.
- Un cambio automático hacia el tamiz molecular en espera, en caso de fallo de la unidad en servicio por baja concentración de oxígeno, defectos en la sequedad o en la presión.
- Un sistema a prueba de fallos que, en caso de fallo del suministro de energía, se encienda automáticamente con el grupo electrógeno, previo aviso mediante la alarma ubicada en un tablero de control.

Además debe de incluir un sistema de analizador de oxígeno para que la concentración de oxígeno proveniente de cada fuente de suministro sea medida continuamente.

Las unidades de control deberán estar provistas de tal modo que cada fuente de suministro se apague automáticamente si la concentración de oxígeno producido baja según lo especificado, para que opere el sistema colector de emergencia.

Cada analizador de oxígeno deberá estar equipado con una alarma de baja concentración en la cual mande señal al tablero de control de la planta. (Bilbao Arce, y otros, 2016)

2.2.1.2.5 Tanque de almacenamiento de oxígeno:

La capacidad de los tanques de cualquiera de los sistemas de suministro se basará en el uso estimado y la frecuencia de entrega de oxígeno hacia las redes del hospital.

Se debe proveer de depósitos apropiados y recubiertos, para asegurar que los tanques recibidores se mantengan en condiciones seguras, protegidos y en un entorno limpio. Referirse a la norma BS EN 286-1:1998 para tanques presurizados.

2.2.1.2.6 Regulador de Presión:

Un regulador es un dispositivo que reduce una alta y variable presión de ingreso a otra más baja y constante. Pueden ser instalados en la línea de suministro y en los cilindros. El regulador es el primer dispositivo instalado en el sistema de distribución. Son de dos tipos: de una y doble etapa.

El regulador de una etapa es menos costoso y menos preciso. Se debe escoger este tipo de regulador si la fluctuación del sistema no es un factor importante en la operación del sistema, por lo que se considera en la regulación de la salida del tanque de almacenamiento de oxígeno hacia la red, ya que se reduce de 6 bar hasta 4.5 bar.

El de doble etapa es más costoso y preciso, capaz de lograr una salida de presión constante en un estrecho rango de operación. La precisión del regulador es proporcional a la presión de entrada y a la tasa de flujo, por lo que se considera este tipo de regulación en los manifold de emergencia, ya que se reduce la presión en la primera etapa desde 3000 PSI hasta 200 PSI y en la segunda etapa desde 200 PSI hasta 50 PSI.

2.2.1.2.7 Sistema de Llenado de Cilindros:

Este sistema brinda la necesidad de poder llenar cilindros utilizando el oxígeno obtenido de la planta.

Los componentes que conforman dicho sistema son:

- Tanque de recepción de oxígeno.
- Compresor de alta presión: 150 bar hasta 200 bar
- Sistema de llenado múltiple: Tuberías de alta presión, pigtail, válvulas check y cilindros de 8 o 10 m³.

2.2.1.2.8 Sistema de suministro de manifold de emergencia:

Este sistema brindara oxígeno en caso de emergencia o para realizar trabajos de mantenimiento al suministro principal (planta PSA generadora de oxígeno).

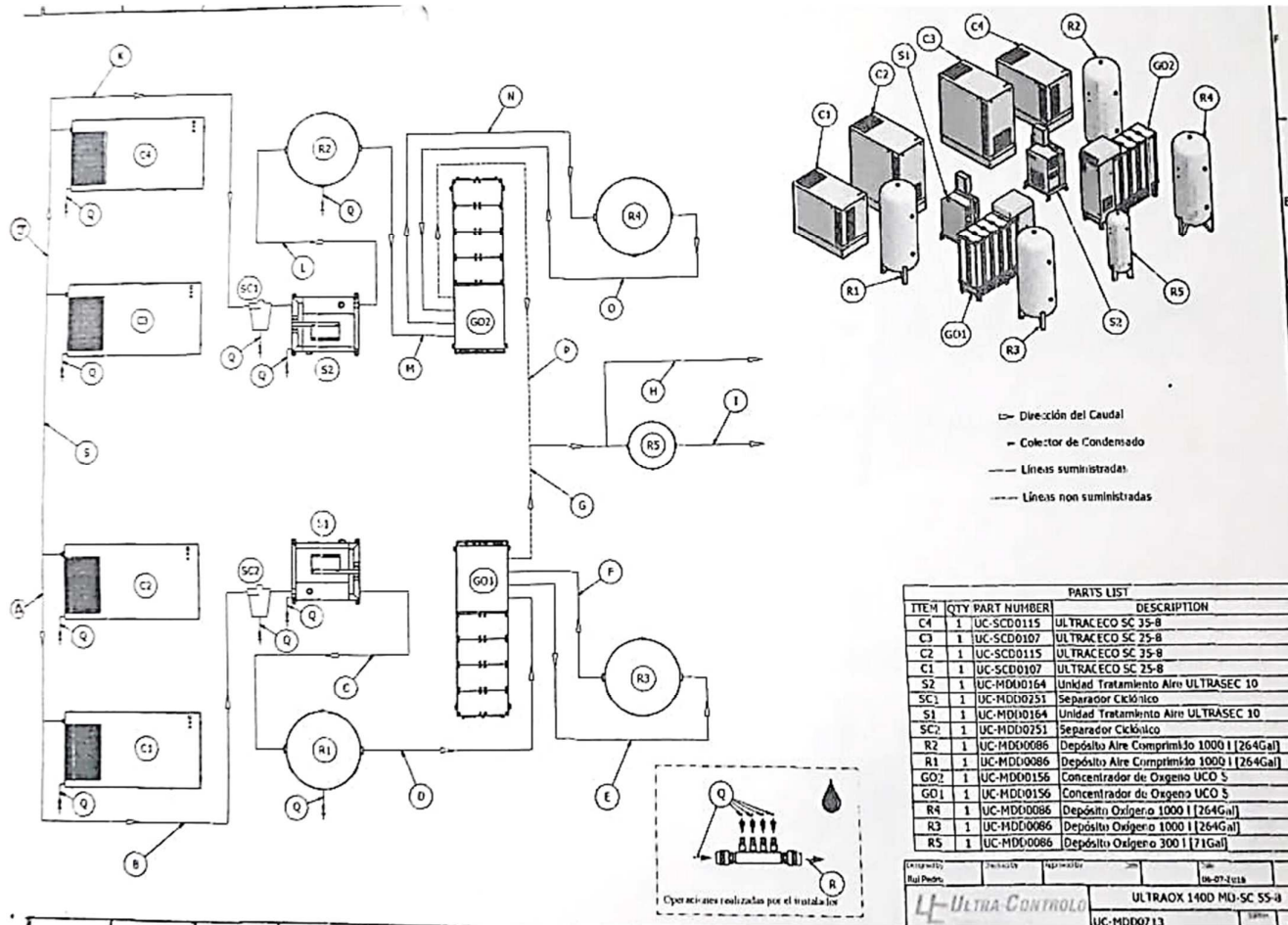
Este manifold de emergencia deberá estar permanentemente conectado a la red y deberá colocarse una válvula check antes de llegar a la red principal.

2.2.1.3 Etapa 03:

En esta etapa, se realizara la Instalación de los equipos que conforman la planta PSA generadora de oxígeno, según los planos, procedimientos de instalación y el manual de operación alcanzados por el proveedor.

En la Figura 7, se visualiza un plano de instalación de la planta de oxígeno, la cual fue obtenida del dossier de calidad del Hospital de Tarapoto II.

Figura 7: Plano de instalación de los componentes de una la planta de oxígeno



Fuente: Proporcionada por la empresa ULTRA CONTROLLO.

Tabla 3: Tabla de conexiones de planta de oxígeno

Etiqueta	Desde	Para	Observaciones
A	Compresor de Aire ULTRACECO SC35-8 (C2)	Compresor de Aire ULTRACECO SC25-8 (C1)	
B	Compresor de Aire ULTRACECO SC25-8 (C1)	Unidad Tratamiento Aire ULTRASEC 10 (S1)	
C	Unidad Tratamiento Aire ULTRASEC 10 (S1)	Depósito Aire Comprimido 1000 L (264 gal) (R1)	
D	Depósito Aire Comprimido 1000 L (264 gal) (R1)	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO1)	Entrada de Aire
E	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO1)	Depósito Oxígeno 1000 L (264 gal) (R3)	Envío de Oxígeno
F	Depósito Oxígeno 1000 L (264 gal) (R3)	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO1)	Retorno de Oxígeno
G	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO1)	Depósito Oxígeno 300 L (71 gal) (R5)	Descarga de Oxígeno
H	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO1 & UCO2)	Sistema de Distribución de los Gases Medicinales	
I	Depósito Oxígeno 300 L (71 gal) (R5)	Estaciones de llenado	
J	Compresor de Aire ULTRACECO SC35-8 (C3)	Compresor de Aire ULTRACECO SC25-8 (C4)	
K	Compresor de Aire ULTRACECO SC25-8 (C4)	Unidad Tratamiento Aire ULTRASEC 10 (S2)	
L	Unidad Tratamiento Aire ULTRASEC 10 (S2)	Depósito Aire Comprimido 1000 L (264 gal) (R2)	
M	Depósito Aire Comprimido 1000 L (264 gal) (R2)	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO2)	Entrada de Aire
N	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO2)	Depósito Oxígeno 1000 L (264 gal) (R4)	Envío de Oxígeno
O	Depósito Oxígeno 1000 L (264 gal) (R4)	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO2)	Retorno de Oxígeno
P	Concentrador de Oxígeno UCO 5 (UCO2)	Depósito Oxígeno 300 L (71 gal) (R5)	Descarga de Oxígeno
Q	Elementos de Purga	Evacuación de Condensados	
R	Evacuación de Condensados	Red Alcantarilla	
S	Compresor de Aire ULTRACECO SC*5-8 (C1&C2)	Compresor de Aire ULTRACECO SC*5-8 (C3&C4)	

Fuente: Proporcionada por la empresa ULTRA CONTROLLO.

2.2.1.4 Etapa 04:

En esta etapa se indica según la tabla 4, el plan de mantenimiento de cada componente de los equipos de la planta PSA generadora de oxígeno hasta las 20,000 horas de trabajo.

Tabla 4: Tabla de mantenimiento referencial de cada componente según las horas de trabajo.

Equipamientos	Operaciones	CALENDARIZAÇÃO								
		500 horas o 2 meses	2500 horas o 1 año	5000 horas o 2 años	7500 horas	10000 horas o 4 años	12500 horas	15000 horas	17500 horas	20000 horas o 8 años
Compresor e armo de aceite ULTRACECO SC	Cooler	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Filtros			●		●		●		●
	Correas			●		●		●		●
	Válvula de Seguridad		○	○		○		○		○
	Revisión					●				
	Substitución									●
Secador Frigorífico ULTRASEC	Filtro	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Circuito Eléctrico		○	○	○	○	○	○	○	○
	Circuito Refrigeración		○	○	○	○	○	○	○	○
CONCENTRADOR de OXIGENO	Filtro Aire			●		●		●		●
	Filtro Oxígeno		●	●	●	●	●	●	●	●
ULTRACOOOL	Depuraciones Automáticas		○	○	○	○	○	○	○	○

○ Limpieza/Inspección

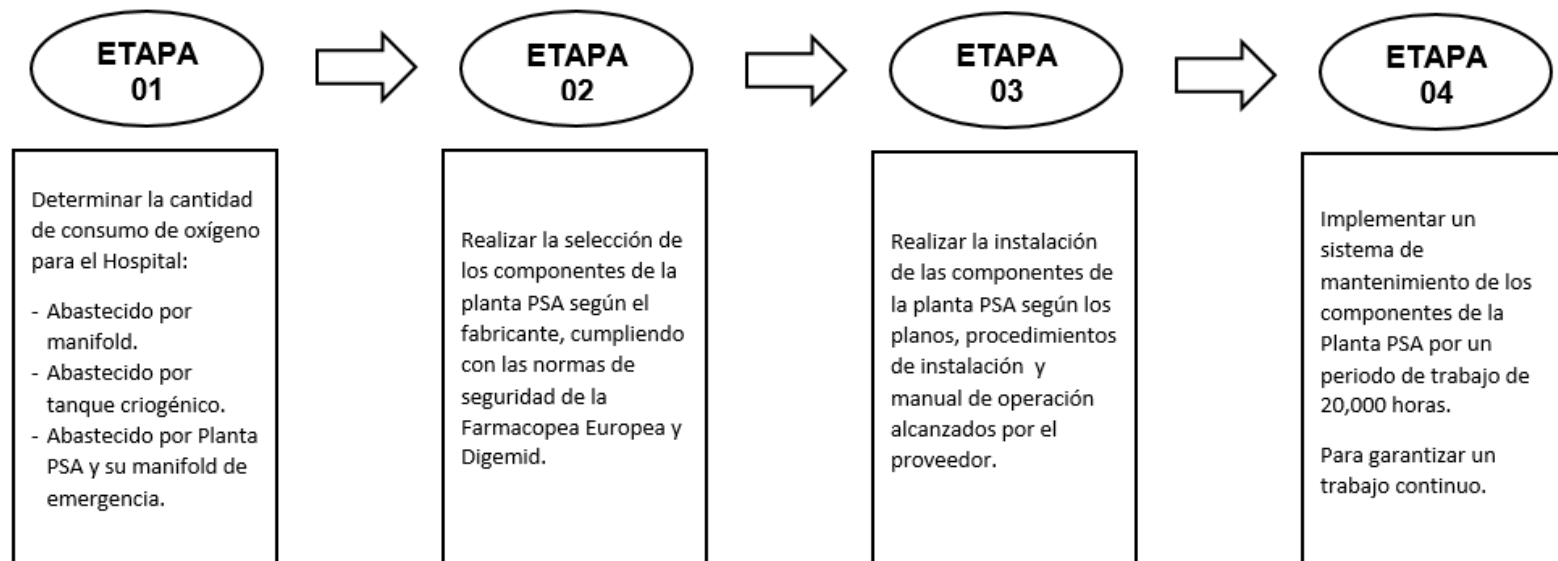
● Substitución

Fuente: Manual de mantenimiento de una planta de oxígeno, por ULTRA CONTROL.

2.2.2 Diagrama de flujo

Para lograr el objetivo del presente trabajo, se realizó un orden específico de actividades según las etapas. El cual se muestra en la figura un flujo de etapas con sus tareas a ejecutar.

Figura 8: Diagrama de flujo de Etapas y sus actividades.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Cronograma de actividades

- Cronograma de actividades para implementación de una planta PSA generadora de oxígeno IN SITU, para el hospital Santa Gema. En el cual se considera desde la construcción de área para colocar la planta hasta el arranque y capacitación.

Tabla 5: Cronograma de actividades para la implementación de una planta PSA

ITEM	ETAPAS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR	TIEMPO	PERIODO (POR DIA)											
				1 dia	2 dia	3 dia	4 dia	5 dia	6 dia	7 dia	8 dia	9 dia	10 dia	11 dia	
1	1	Calculo de consumo de oxigeno para el Hospital.	2 dias												
2	2	Seleccionar una planta de oxigeno para el Hospital.	1 dia												
3	3	Instalar los componentes de la planta	5 dias												
4		Conectar la alimentacion electrica al tablero general.	3 dias												
5	4	Elaboracion del plan de mantenimiento de la planta	1 dias												

Fuente: Elaboración propia.

- Cronograma de actividades para el mantenimiento de una planta PSA generadora de oxígeno IN SITU, para el hospital Santa Gema. En el cual se considera desde el arranque hasta los primeros 3 años o 20,000 horas de trabajo de los equipos.

Tabla 6: Cronograma de mantenimiento de la planta PSA.

OXÍGENO		AIRE COMPRIMIDO		
A - Generador de oxígeno UCOS <i>(Cada kit indicado incluye material para 1 generador)</i>		B - Tratam. De Aire <i>(incluye material para 1 unid. Tratam.)</i>	C - Purgas <i>(incluye material para purgas de 1 ULTRAOX 140 SQ)</i>	
A1	A2	B1	C1	
<i>Cada 8.000h</i>	<i>Cada 4.000h*</i>	<i>Cada 6.000h</i>	<i>Cada 8.000h</i>	
Elementos filtrantes: 1x ref. 020.80.00005 1x ref. 020.80.00006	8x bobina de valvula SOV ref. 203002140007	1x filtros de aire ref. 020.80.00001 1x filtros de aire ref. 020.80.00002 1x filtros de aire ref. 020.80.00003	3x kit de mantenimiento de purga ref. 058.53.00036	
AIRE COMPRIMIDO				
D - Compresor ULTRACECO SC 55-8 <i>(Cada kit indicado incluye material para 1 compresor SC 55-8)</i>				
D1	D2	D3	D4	D5
<i>Cada 5.000h</i>	<i>Cada 10.000h</i>	<i>Cada 20.000h</i>	<i>Cada 4.000h*</i>	<i>Cada 4.000h*</i>
10x filtros de aire ref. 013.00.00001 10x correas ref. 022.89.00009	5x Kit de revision del skid ref. 082.01.00015	5x Bloco completo ref. 082.01.00016	5x Válvula de seguridad ref. 203102010015	5x Válvula antirretorno ref. 203102020014

* Cada 4.000h revisar y reemplazar si necesario

NOTA:

- El número de horas mencionado encima es solo un valor estimado y depende de las condiciones de funcionamiento del equipo y debe adaptarse de acuerdo con esas mismas condiciones. Por favor, póngase en contacto con nuestros servicios técnicos si tiene alguna duda sobre este asunto.
- Los precios están sujetos a actualización anual.

Fuente: Elaboración propia.

III. APORTES REALIZADOS

3.1 Planificación, ejecución y control de las etapas

En este capítulo se desarrolla el diseño de cálculo de oxígeno que se requiere brindar a todo el hospital según los datos obtenidos.

Datos iniciales:

Condiciones ambientales de la zona:

- Altitud: 104 m.s.n.m.
- Humedad Relativa: 75 %
- Temperatura promedio: 30°C
- Temperatura máxima: 38°C
- Temperatura mínima: 21°C

Condiciones del hospital:

- Tipo de Hospital: TIPO II a
- Cantidad de camas: 173

Los sectores en los cuales se han considerado el abastecimiento de oxígeno en los 4 pisos, son los siguientes ambientes:

- Primer piso: Sala de TBC, Sala de Rayos, Sala de apoyo prueba esfuerzo, Sala de Endoscopia, Tópico de procedimientos, Neurología y espirometría, Sala de Rehidratación, Sala de Nebulizaciones, Tópico gineco – obstétrico, Tópico de medicina, Tópico de cirugía y yesos, Sala de reanimación y trauma

shock, Sala de aislados, Sala de observación adultos hombres y mujeres, Tópico de atención pediátrica y Sala de observación pediátrica.

- Segundo piso: Hospitalización pediatría Pre- escolares, Hospitalización pediatría escolares, Hospitalización pediatría adolescentes, Hospitalización pediatría lactantes, Habitación de aislado Tópico neonatología, UCI y UCIN patológicos, Aislado patológico, Sala de tratamientos, Aislado de tratamiento, Sala de inducción anestésico y preparación, Sala de Recuperación, Sala de operaciones, Sala de dilatación preparación, Sala de monitoreo y vigilancia fetal, Sala de recuperación, Sala de trabajo de parto y obstétrico, Sala de legrados, Sala de partos.
- Tercer piso: Hospitalización ginecología, Sala de monitoreo de gestantes con complicaciones, Habitación de aislado, Sala de neonatos fisiológicos y Tópico gineco.
- Cuarto piso: Hospitalización cirugía Hombres, Hospitalización cirugía mujeres, Habitación de aislado, Hospitalización medicina hombres, Hospitalización medicina mujeres y Tópico.

Realizando una identificación de las áreas de consumo según la cantidad de camas o salidas desarrollando la tabla

Tabla 7: Tabla de salidas equivalentes de oxígeno.

DESCRIPCIÓN	Cantidad Salidas	Tipo de Uso	Factor de Conversión	Total Nº Salidas Equivalentes
1º Piso				
Sala de TBC	5	A	2	10
IMAGEN				
Sala de Rayos X	1	B	1	1
Sala de apoyo prueba esfuerzo	1	B	1	1
Endoscopia	1	B	1	1
CONSULTA EXTERNA				
Topico de procedimientos	2	B	1	2
Neurología y espirometría	1	B	1	1
EMERGENCIAS				
Sala de Rehidratacion	3	B	1	3
Sala de Nebulizaciones	4	B	1	4
Topico gineco - obstetrico	1	B	1	1
Topico medicina	1	B	1	1
Topico cirugía + yesos	1	B	1	1
Sala de reanimacion + trauma shock	2	A	2	4
Sala de aislados (infectados)	1	A	2	2
Sala de obs. Adultos hombres	6	B	1	6
Sala de obs. Adultos mujeres	6	B	1	6
Topico de atencion pediatrica	1	B	1	1
Sala de obs. Pediatrica	6	B	1	6
2º Piso				
HOSPITALIZACION PEDIATRICA				
Hosp. Pediatría Pre-Escolares	2	B	1	2
Hosp. Pediatría Escolares	2	B	1	2
Hosp. Pediatría Adolescentes	2	B	1	2
Hosp. Pediatría Lactantes	4	B	1	4
Hab. Aislado	1	A	2	2

NEONATOLOGIA				
Topico	3	B	1	3
UCI / UCIN Patologicos	5	A	2	10
Aislado Patologico	1	A	2	2
UVI				
Sala de Tratamientos	5	A	2	10
Aislado de Tratamiento	1	A	2	2
CENTRO QUIRURGICO				
Sala de Induccion Anestésico y Preparacion	1	A	2	2
Sala de Recuperacion	6	A	2	12
Sala de Operaciones	2	A	4	8
CENTRO OBSTETRICO				
Sala de Dilatacion Preparacion	6	B	1	6
Sala de Monitoreo y Vigilancia Fetal	2	B	1	2
Sala de Recuperacion o Sala de Puerperio Inmediato	6	A	1	6
Trabajo parto + Trabajo Obstetrico	1	A	1	1
Sala de legrados (AMEU)	2	A	2	4
Sala de Partos	2	A	2	4
3º Piso				
HOSPITALIZACION GINECO OBSTETRICIA				
Hosp. Ginecologia	30	B	1	30
Monitoreo de Gestantes con complicaciones	2	B	1	2
Hab. Aislado	1	B	1	1
Neonatos Fisiologicos	7	B	1	7
Topico	1	B	1	1
4º Piso				
HOSPITALIZACION ADULTOS				
Hosp. Cirugia Hombres	8	B	1	8
Hosp. Cirugia Mujeres	8	B	1	8
Hab. Aislado	2	A	2	4
Hosp. Medicina Hombres	8	B	1	8
Hosp. Medicina Mujeres	8	B	1	8
Topico	1	B	1	1
Total	173			213

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo realizado el conteo total de salidas equivalentes, según la tabla utilizada del Anexo A.1, se obtiene 213 salidas equivalentes.

Por lo que se emplea la tabla del Anexo A.2 para obtener la capacidad de gasto equivalente.

$$213 \text{ salidas} = 1232.5 \text{ l/min}$$

Empleando la Ecuación 1, se obtiene el consumo por horas (C.H.) en m³/hr de gas, considerando el consumo 1232.5 l/min y un factor de simultaneidad (F.S.) de 0.25, se obtiene lo siguiente:

$$C. H. (\text{gas}) = \frac{1232.5 \times 60}{1000} \times 0.25 = 18.4875 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Empleando la Ecuación 2, se calcula el consumo diario considerando un tiempo de uso de 24 horas y el caudal en horas que consumen todas las salidas equivalentes contadas en dicho hospital, se obtiene lo siguiente:

$$C. D. (\text{gas}) = 24 \times 18.4875 = 443.7 \text{ m}^3$$

Empleando la Ecuación 3, se calcula el consumo gaseoso para 30 días (1 mes) proyectas.

$$C. G. = 443.7 \times 30 = 13,311 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Empleando la Ecuación 4, se calcula la capacidad de botellas por día que tendrá el manifold, si es abastecido mediante cilindros o botellas, considerando que la capacidad de botella (C.B.) es de 10 m³:

$$B. D. = \frac{443.7}{10} = 44 \text{ botellas/día}$$

Empleando la Ecuación 5, se calcula la capacidad que tendrá un tanque, si es abastecido mediante tanque criogénico:

$$C. T. = \frac{1.162 \times 13.311}{3.78} = 4,091.9 \text{ galones}$$

Teniendo en cuenta que en el mercado la capacidad estándar de tanque más próximo a dicho consumo es de 4,500 galones.

Empleando la Ecuación 6, se calcula el consumo que tendrá el abastecimiento del manifold de emergencia, considerando un tiempo de abastecimiento de emergencia (T.A.E.) de 16 horas por cada bancada y un factor de simultaneidad de 0.25:

$$C. D. = \frac{16. \times 1232.5 \times 60}{1000} \times 0.25 = 295.8 \text{ m}^3$$

Empleando la Ecuación 7, se calcula la cantidad de botellas que irán depositadas en el almacén.

$$B. A. E. = \frac{16. \times 443.7}{10. \times 24} = 29.58 \text{ botellas}$$

Por lo que se recomienda un manifold de emergencia de 14 botellas por lado para tener un total de 28 botellas de respaldo aproximadamente.

En resumen se tiene el siguiente cuadro con todos los resultados de cálculos.

Tabla 8: Tabla de salidas equivalentes de oxígeno.

Consumo	1,232.50 l/min
Factor de Simultaneidad	
Consumo por hora (gas)	18.4875 m³/hr
Uso	24 hrs
Consumo diario (gas)	443.7 m³
Consumo de gas (30 días)	13,311.00 m ³
Consumo de liquido (30 días)	15,467.38 l
	4,092 Gal
Capacidad Estándar del Tanque	4,500.00 Galones
Tiempo de Abastecimiento en Emergencia	16 hrs
Abastecimiento con Botellas de 10 m ³	14.79
Botellas de Abastecimiento en Emergencia	14 botellas

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el consumo de m³ por hora, se procede a la selección de la planta de oxígeno, para lo cual se solicita al fabricante de la marca ULTRA CONTROL, las características de cada componente de la planta.

Según el Anexo 7.3 el modelo del fabricante para nuestro requerimiento es:

ULTRAOX 140D – SC – MD- 55-8

Configuración de la Planta

1. Compresor de aire:

- Dos skit de 03 electro-compresores de espiral totalmente exentos de aceite ULTRACECO SC 35-8, equipados con motores de alta eficiencia de 5,5 kW cada uno (22 HP total), con aislamiento de clase F, aprobado por la Directiva CE.

- Dos skit de 02 electro-compresores de espiral totalmente exentos de aceite ULTRACECO SC 35-8, equipados con motores de alta eficiencia de 5,5 kW cada uno (15 HP total), con aislamiento de clase F, aprobado por la Directiva CE. (Pompeia)

Cada uno con las siguientes características:

- Correa de transmisión, exenta de aceite, aire refrigerado, marcado CE.
- Refrigerado con aire con radiador de grande superficie de paso.
- Preparado para ser conectado y operar.
- Aislador anti vibración montados en la estructura base de cada compresor.
- Con carcasa con pocas requisiciones de servicio.
- Motor de accionamiento eléctrico TEFC.
- Combinación refrigeración de aire.
- Válvula de alivio de descarga de presión.
- Filtro de entrada de aire.
- Ventilador de enfriamiento montado en el eje principal del compresor.
- Separador ciclónico con drenaje electrónico de condensados.

Figura 9: Representación de una compresor de aire.



Fuente: Memoria descriptiva de una ULTRAOX, empresa ULTRA CONTROL

2. Panel de control eléctrico (1 unidad):

- Gestión centralizada para las tres líneas de producción;
- Fuente principal con interruptores de circuito para las unidades de tratamiento de aire;
- Fuente principal con interruptores de circuito para el drenaje automático electrónico;
- Señalización de mantenimiento preventivo;
- Control remoto de los compresores de operación y alarmas;
- Todas las alarmas disponen de una potencial interfaz de contacto para señalización remota;
- Preparados para recibir cables de alarma sin necesidad de herramientas de perforación.

3. Tanque de almacenamiento de aire (2 unidades):

El tanque o depósito de aire de 1000 litros, galvanizado en caliente, incluye válvula de seguridad, válvula de drenaje manual, manómetro.

Capacidad depósito de aire : 1000 litros

Presión Máxima : 11,5 bar

4. Filtros de aire:

Con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento y pequeña degradación del PSA, siempre se incluye un set de filtros de alta eficiencia de origen Alemán. Estos filtros son caracterizados por presentar una muy pérdida de presión y se encargan de preparar el generador de oxígeno para recibir aire de muy elevada calidad. Incluye separador ciclónico con drenaje electrónico de condensados.

5. Secador de Refrigeración de Alta eficiencia ULTRASEC 10 (2 unidades):

Para poder suministrar aire seco al concentrador de oxígeno, se incluye un secador de refrigeración de alta eficiencia con drenaje automático de

condensados. El secador está capacitado para trabajar con temperaturas de entrada de aire de hasta 70°C.

La central está equipada con un secador de refrigeración de alta eficacia con las siguientes características:

- Sin pérdidas de aire que resulta en una reducción de los costos de operación.
- Equipado con un termo cambiador de aluminio de alta gama diseñado para un secado ideal.
- Alarma de contacto seco para funcionamiento económico y seguro.
- Montado en un armario metálico para la protección contra daños mecánicos y acumulación de polvo.
- Purga de condensados con control electrónico.

El punto de rocío se mantiene constante independientemente de la presión de trabajo. Aunque existan cambios en las condiciones de operación la pérdida de presión se mantendrá siempre baja. Todos los elementos de este secador fueron escogidos con el máximo respeto por el medio ambiente y son fabricados a partir de materiales reciclables.

6. Generador de oxígeno o concentrador de oxígeno UCO 5 (2 unidades):

El concentrador de oxígeno UCO-5 PSA suele contener los siguientes componentes de proceso:

- Series modulares de PSA, cada una consiste en dos torres llenas de tamiz molecular.
- Silenciadores de gases residuales, dimensionados para amortiguar el nivel de ruido al nivel deseado.
- Cuadro de control, incluyendo controlador de procesos con HMI y pantalla táctil
- Conjunto de válvulas y reguladores electro-neumáticos.

- Interconexión de las tuberías, de los cables eléctricos y dispositivos de instrumentación.
- Conjunto de válvulas de seguridad a un nivel de presión apropiado.
- Todas las tuberías, válvulas e instrumentación son montadas en un cuadro de acero al carbono.
- Analizador de oxígeno basado en células de circonio con pantalla digital (0-95%).
- Medidor electrónico del flujo producido (0-60 Nm³/h)
- Ejecución de acuerdo con la Directiva Europea 93/42/EEC para producción de Oxígeno Medicinal.

7. Tanque de almacenamiento de oxígeno (2 unidades):

Depósitos de oxígeno vertical de 1000 litros cada uno, galvanizados en caliente. Con manómetro de presión certificado, brida de control, válvula de seguridad aprobada y con certificación del fabricante de acuerdo con la Directiva Europea, incluyendo:

- Recipiente vertical de presión de aleación de carbono.
- Conjunto de válvulas de seguridad a nivel de presión adecuado.

Capacidad del depósito : 1000 litros

Presión Máxima : 11,5 bar

8. Sistema de filtración esterilizada de oxígeno (2 unidades):

Un sistema de filtración equipado con un filtro de esterilización de oxígeno, con una eficiencia del 99.999998 % a 0.01 micras, que asegura que sea suministrado a la red de oxígeno 100% estéril. Este conjunto también incluye válvulas de corte de flujo aguas arriba y aguas abajo.

Tabla 9: Tabla de resumen de la capacidad de producción de dos líneas.

Calidad del Oxígeno de acuerdo con la Farmacopea y garantizada por la ULTRAOX [®] de ejecución médica:	
Capacidad de producción:	2 x 12 Nm ³ /h
Pureza del oxígeno:	94% +/- 1%
Presión de salida del oxígeno:	5,9 - 6,0 bar (g)
Presión entrada de aire:	7,5 bar (g)
Punto de rocío nominal:	-40°C

Fuente: Memoria descriptiva de una ULTRAOX, empresa ULTRA CONTROLLO

9. Llenado de cilindros:

- Compresor de oxígeno de alta presión ULTRASECO HP

Un compresor de alta presión ULTRASECO HP3, completo con interruptores de presión a la entrada y salida para el llenado de cilindros de 10 m³ o 200 bar. Los compresores de oxígeno de alta presión funcionan de forma completamente automática.

Tasa de flujo máxima por unidad: 16 Nm³/h.

Presión de descarga máxima: 200 bar.

- Colector de llenado de cilindros 12G

Puede incluir colectores para el llenado de cilindro, capaces de llenar cilindros de tamaño estándar de 50 Litros así como tamaños más pequeños. El sistema permite el llenado de cilindros mientras se realiza la alimentación del hospital.

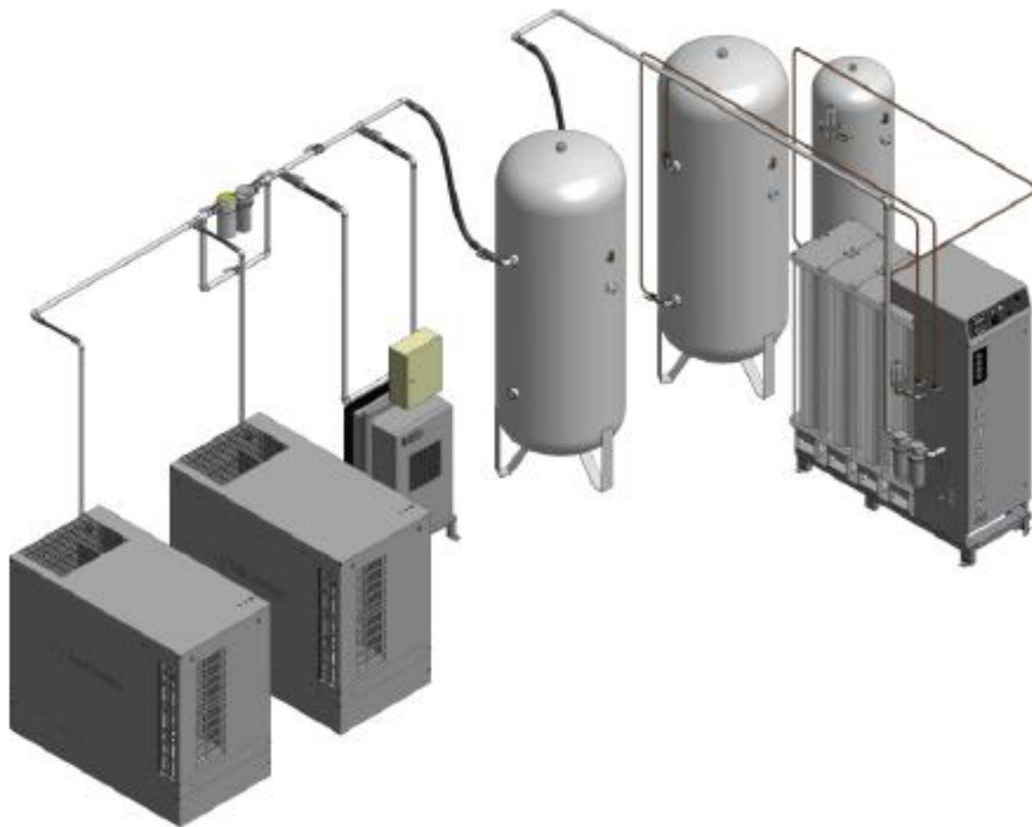
Número de bancos de cilindros: 8

- Deposito BUFFER de oxígeno (1 unidad)

Depósito BUFFER de 500 L de capacidad, en versión vertical, galvanizado en caliente. Con manómetro de presión certificado, brida de control, válvula de seguridad aprobada así como posesión del certificado de fabricante de acuerdo con la Directiva Europea, incluyendo:

- Recipiente vertical de presión de aleación de carbono.
- Conjunto de válvulas de seguridad a nivel de presión adecuado.

Figura 10: Representación referencial de la planta PSA generadora de oxígeno.



Fuente: Memoria descriptiva de una ULTRAOX, empresa ULTRA CONTROLLO.

3.2 Evaluacion tecnica – económico

Para brindar un mantenimiento por 3 años aproximadamente o a las 20,000 horas de trabajo, se identifica los accesorios para dicho mantenimiento según las horas de trabajo.

Por lo cual se describirá los tipos de kits para cada componente de la planta.

Tabla 10: Cuadro de detalle de cada kit según su componente.

DESCRIPCION	TIPO	CONTENIDO	CANT.	PRECIO
KIT A: GENERADOR DE OXIGENO UCO5	A1	Elementos filtrantes	2 und	S/. 7,464.60
	A2	Bobina de valvula SOV	8 und	S/. 7,238.40
KIT B: TRATAMIENTO DE AIRE	B1	Filtros de aire	3 und	S/. 7,238.40
KIT C: PURGAS DE AIRE	C1	Kit de mantenimiento de purga	3 und	S/. 1,470.30
KIT D: COMPRESOR ULTRASECO SC 55-8	D1	Filtros de aire y correas (fajas)	10 und	S/. 5,956.60
	D2	Kit de revision del skid	5 und	S/. 29,406.00
	D3	Bloque completo	5 und	S/. 188,500.00
	D4	Valvula de seguridad	5 und	S/. 1,696.50
	D5	Valvula antirretorno	5 und	S/. 4,712.50

Fuente: Plan de mantenimiento de la ULTRAOX, empresa ULTRA CONTROLLO.

Tabla 11: Cuadro de resumen de kits según las horas de trabajo.

EQUIPOS	HORAS DE TRABAJO							
	5000	6000	8000	10000	12000	15000	16000	20000
Generador de oxigeno UCO5 N.1			KIT A1 + A2				KIT A1 + A2	
Generador de oxigeno UCO5 N.2			KIT A1 + A2				KIT A1 + A2	
Unidad de tratamiento de aire UTRASEC 10 N.1		KIT B1			KIT B1			
Unidad de tratamiento de aire UTRASEC 10 N.2		KIT B1			KIT B1			
Compresor ULTRASECO SC 55-8 N.1	KID D1 + D4 + D5		KID D4 + D5	KID D1 + D2	KID D4 + D5	KID D1	KID D4 + D5	KIT D3
Compresor ULTRASECO SC 55-8 N.2	KID D1 + D4 + D5		KID D4 + D5	KID D1 + D2	KID D4 + D5	KID D1	KID D4 + D5	KIT D3
Purga ULTRAOX N.1			KIT C1				KIT C1	
Purga ULTRAOX N.2			KIT C1				KIT C1	

Fuente: Plan de mantenimiento de la ULTRAOX, empresa ULTRA CONTROLLO.

Tabla 12: Cuadro de costos de los kits según las horas de trabajo.

EQUIPOS	HORAS DE TRABAJO							
	5000	6000	8000	10000	12000	15000	16000	20000
Generador de oxígeno UCOS N.1			S/. 14,703.00				S/. 14,703.00	
Generador de oxígeno UCOS N.2			S/. 14,703.00				S/. 14,703.00	
Unidad de tratamiento de aire UTRASEC 10 N.1		S/. 7,238.40			S/. 7,238.40			
Unidad de tratamiento de aire UTRASEC 10 N.2		S/. 7,238.40			S/. 7,238.40			
Compresor ULTRASECO SC 55-8 N.1	S/. 12,365.60		S/. 6,409.00	S/. 35,362.60	S/. 6,409.00	S/. 5,956.60	S/. 6,409.00	S/. 188,500.00
Compresor ULTRASECO SC 55-8 N.2	S/. 12,365.60		S/. 6,409.00	S/. 35,362.60	S/. 6,409.00	5956.6	S/. 6,409.00	S/. 188,500.00
Purga ULTRAOX N.1			S/. 1,470.30				S/. 1,470.30	
Purga ULTRAOX N.2			S/. 1,470.30				S/. 1,470.30	
Total	S/. 24,731.20	S/. 14,476.80	S/. 45,164.60	S/. 70,725.20	S/. 27,294.80	S/. 11,913.20	S/. 45,164.60	S/. 377,000.00

Fuente: Plan de mantenimiento de la ULTRAOX, empresa ULTRA CONTROL.

Por lo que la compra de los kits hasta las 20,000 horas de trabajo, para las 2 líneas de la planta será por un monto de:

S/. 616,470.40 + IGV.

En base a dicho cuadro se realizara la programación del personal técnico para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo. La cual costara

S/. 34,323.60 + IGV.

El costo de suministro e instalación de la planta de oxígeno cuesta:

S/ 1, 156,000.00 + IGV.

Teniendo los costos de mantenimiento hasta las 20,000 horas, costo del personal técnico y costo de suministro e instalación de la planta se obtiene un precio global de:

S/ 1, 806, 794.00 + IGV.

Por lo que el presupuesto económico por el suministro e instalación de la planta y su mantenimiento preventivo dentro de las 20, 000 horas, se visualiza en la tabla 13.

Tabla 13: Presupuesto económico por el suministro de la planta de oxígeno.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P. UNIT.	P. PARCIAL
01	Suministro de Planta de oxígeno Medicinal	Glb	1	S/ 1,806,794.00	S/1,806,794.00
	<p>Central de producción de oxígeno medicinal totalmente exenta de aceite, en duplex, con certificación medicinal, CE-0120 elaborada conforme con la Directiva Europea 93/42/CEE.</p> <p>Fabricante: ULTRA CONTROLLO Modelo: ULTRAOX 140d MD-SC-55-8</p> <p>Capacidad de producción de oxígeno: 2 x (11.2 - 12.2) Nm³/hr @ 5.9 - 6.0 bar. Pureza del oxígeno (testado en fábrica): 94% (+/- 1%)</p> <p>Incluye lo siguiente componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> -02 und. Grupo electro compresores de producción de aire totalmente exento de aceite, equipados con 3 electro compresores de 7,4 HP cada uno (22 HP total), 380V, 60Hz, montados en una estructura metálica vertical. Marca: ULTRA CONTROLLO, Modelo: ULTRACECO SC 35-8 - 02 und. Grupo electro compresores de producción de aire totalmente exento de aceite, equipados con 2 electro compresores de 7,4HP cada uno (15HP total) , 380V, 60Hz, montados en una estructura metálica vertical, Marca: ULTRA CONTROLLO, Modelo: ULTRACECO SC 25-8, - 02 und Depósitos verticales, galvanizados, de aire comprimido medicinal, Capacidad: 264 GL, 145 PSI. - 02 und Secadores de refrigeración de alta eficiencia, Modelo: ULTRASEC 10, - 02 und Sistema de alta eficiencia para filtrado y esterilización del oxígeno. - 02 und Concentradores de oxígeno modulares, incluyendo indicador de pureza de oxígeno. Modelo: UCO 5 - 02 und Depósitos de oxígeno medicinal, Capacidad: 264 GL, 145 PS - 02 und Conjunto completo de accesorios, válvulas y dispositivos de seguridad para el buen funcionamiento y larga duración de la central - 02 und Montaje de la unidad de tratamiento de aire y del cuadro eléctrico sobre un chasis metálico. - 01 sistema de llenado. - Arranque de los componentes de la planta - Capacitación al personal del hospital. - Suministro de kits para mantenimiento hasta las 20,000 horas. - Mano de obra especializada por técnicos capacitados para garantizar la producción continua del oxígeno. 				

RESUMEN	
Sub Total	S/1,806,794.00
Igv 18 %	S/325,222.92
PRECIO TOTAL	S/2,132,016.92

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Analisis de resultados

Este informe realizado demuestra lo siguiente:

El gasto económico que se emplea por abastecer dicho hospital según la ecuación 4 en el cual se obtiene una capacidad de 44 cilindros de 10 m³ al día y sabiendo que el costo de compra de un m³ es de S/ 22.50.

Se obtiene el siguiente gasto por día.

$$(22.5 \text{ soles/ m}^3) \times (10 \text{ m}^3/\text{cilindro}) \times 44 \text{ (cilindros/día)} = 9,900 \text{ soles/día}$$

Al mes estaría costando el abastecimiento lo siguiente:

$$(9,900 \text{ soles/día}) \times (30 \text{ días/meses}) = 297,000 \text{ soles/mes.}$$

Al año es:

$$(297,000 \text{ soles/mes}) \times (12 \text{ meses/año}) = 3, 564,000 \text{ soles/año.}$$

Y dentro de los 3 años se gastaría lo siguiente:

$$(3, 564,000 \text{ soles/año}) \times 3 \text{ años} = \text{S/ } 10, 682,000.00 \text{ (Incluido IGV.)}$$

Teniendo en cuenta de que el costo de energía eléctrica es de S/ 1.50 por KW/h, entonces para un consumo de 55 KW/hr dentro de los 3 primeros años sería de:

$$\text{S/ } 2, 138,400.00 \text{ (Incluido IGV.)}$$

Haciendo un resumen:

El costo de la planta PSA mas su consumo de energía para los 3 primeros años (20,000 horas) estaría costando:

S/ 2, 132,016.92 + S/ 2, 138,400.00 = S/ 4, 270,416.92 (Incluido IGV.)

Lo cual es una diferencia entre el suministro de la planta y el abastecimiento por cilindros en los 3 primeros años de:

S/ 6, 411,583.08 (Incluido IGV.)

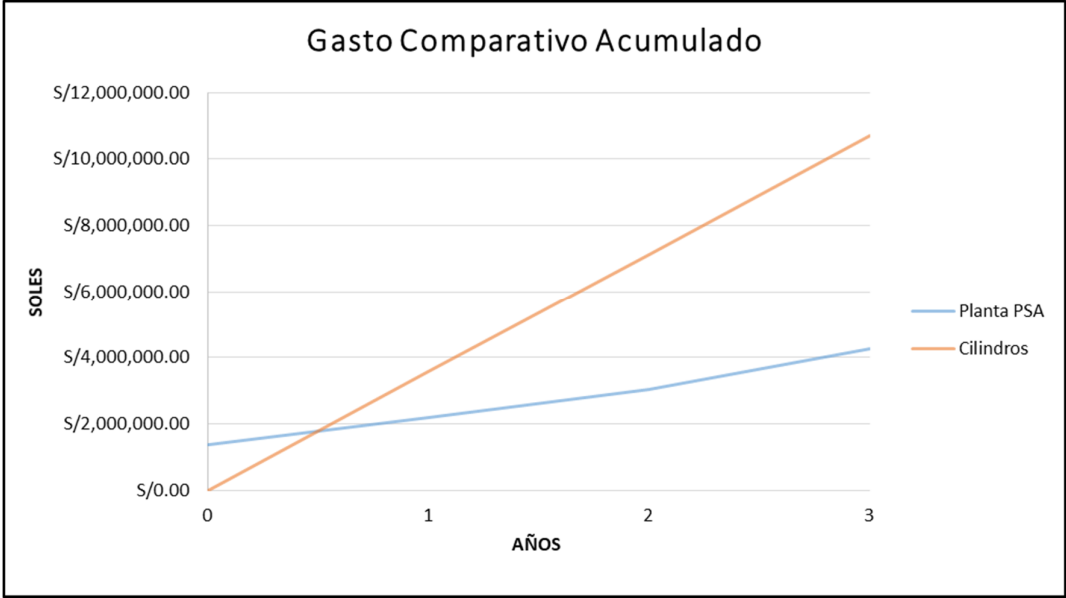
Por lo que anualmente se estaría ahorrando un monto de: S/ 2, 137,194.36 (Incluido IGV.)

Tabla 14: Comparación de gastos Acumulados por año entre una Planta PSA vs Cilindros

Años	Gasto total Acumulado	
	Por planta	Por cilindros
0	S/1,364,080.00	S/0.00
1	S/2,189,940.28	S/3,564,000.00
2	S/3,031,904.50	S/7,128,000.00
3	S/4,270,416.92	S/10,692,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11: Diagrama de gasto anual entre una Planta PSA y Cilindros.



Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discussion:

- La generación de oxígeno con sistemas de adsorción es, en líneas generales, un proceso más eficiente que la obtención de oxígeno a partir de sistemas criogénicos. Las plantas criogénicas gastan gran cantidad de energía eléctrica para comprimir aire a muy alta presión y, además, incluyen otro gasto energético y económico, como es el transporte desde el productor al consumidor.
- Las plantas no necesitan personal especializado para su manejo ya que son automatizadas, solo basta con ser capacitados por el fabricante o instalador para su arranque. Las exigencias de mantenimiento también son mínimas, reduciéndose a las específicas del compresor (cambios de filtros de aire y limpieza) y, a muy largo plazo, la sustitución de la carga de zeolita.
- Los sistemas de adsorción representan ahorros importantes en el coste por m³ de oxígeno consumido por el usuario. Los ahorros económicos conseguidos se calculan en función de la diferencia entre el coste del KWh de energía eléctrica consumida por la planta PSA más los costos de operación y mantenimiento versus el costo de m³ suministrado por el sistema convencional (botellas de oxígeno de 10 m³). Lo usual es que la amortización de la inversión se estime entre 3 años.
- Los componentes de la planta PSA, se pueden comprar y entregar rápidamente por el fabricante.
- Los generadores de oxígeno requieren sólo de 5 minutos para el arranque y no hay necesidad de que siga funcionando cuando no hay consumo del gas. Esto contradice al sistema criogénico dónde la unidad debe estar funcionando para mantener la pureza del oxígeno, haya o no consumo de éste.
- En la actualidad, se puede conseguir plantas PSA de sistemas modulares (container). Este sistema se puede plantear, cuando el centro de salud no cuenta con espacios o áreas suficientes para la instalación de la planta. Además de que permite su fácil transporte e instalación.

4.2 Conclusiones:

- Los principales conceptos, análisis y conclusiones de este informe demuestran que el proyecto beneficioso, porque la producción in situ de oxígeno medicinal representa ahorros importantes en el Hospital Santa Gema y garantiza un suministro continuo de oxígeno.
- Este informe puede ser aplicable a la situación actual de los demás hospitales o instituciones prestadoras de servicios de salud, con lo cual se contribuye a mejorar la eficiencia de la red hospitalaria del país.
- Actualmente se están comprando balones de oxígeno de 10 m³, en el Hospital de Contingencia, por un costo de S/ 22.50 el metro cúbico de oxígeno, al implementar el sistema de generación de oxígeno in situ, costaría inicialmente un monto de S/ 1, 156,000.00 (mas Igv.) y posteriormente durante los 3 primeros años se estaría pagando un monto de S/ 2, 906,336.92 por el mantenimiento. Mientras que por la adquisición de balones estaría gastando anualmente S/ 3, 564,000.00. Esto equivale a un ahorro de S/ 2, 140,527.69 anualmente durante los 3 primeros años.
- Desde el punto de vista ambiental la mayoría de los impactos son positivos, como por ejemplo el ruido ambiental, que es controlado por medio de reductores de ruido (cabina o skit) y el drenaje de agua de los secadores es controlado por medio de ductos instalados mediante tuberías de PVC que irán conectados al sistema de drenaje.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomiendan al director del Hospital Santa Gema y/o Gobierno Regional de Loreto implementar el sistema de generación de oxígeno medicinal in situ, dado que los estudios y conclusiones de este trabajo arrojan que los ahorros al implementar el sistemas son superiores al 50.37 % en los 3 primeros años, posteriormente se aumentaría el ahorro.
- También se sugiere que estos ahorros significativos, sean utilizado para satisfacer otras necesidades; tales como: Equipos Biomédicos, materiales o insumos para el hospital, etc.
- Otro beneficio importante por el cual se debe implementar este sistema de generación de oxígeno in situ, es la capacidad de producción del sistema que se propone en el informe, ya que este sistema se le puede implementar una línea de mayor capacidad de producción sin modificar las conexiones de tuberías instaladas y con esto se puede solucionar las futuras demandas en el oxígeno, debido a un posible crecimiento de consumo en el hospital.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Bilbao Arce, Rolando Renzo y Cardenas Ccasa, Ronny Christian. 2016.** *Proyecto de una Planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el Hospital regional Honorio Delgado de Arequipa.* Arequipa - Perú : s.n., 2016.
- Birch, S. B. 1859.** *On oxygen as a Therapeutic Agent.* 1859.
- Castro, Juan Carlos Zelaya. 2013.** *Criterios de diseño y calculo de sistemas de suministro y distribucion de gases medicinales para un hospital.* Lima - Perú : Consorcio Digital del Conocimiento MebLatam, Hemisferio y Dalse, 2013.
- DIGEMID, Ministerio de Salud -. 1997.** *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de productos farmacéuticos.* Lima - Perú : s.n., 1997.
- Frankel, Michael. 2010.** *Facility piping systems handbook.* New York : Mc Graw Hill, 2010. 978-0-07-159722-7.
- Gongora Bernal, Pablo y Ortiz Torres, Fátima. 2018.** *Estudio descriptivo-comparativo en la transición tecnológica de generación de oxígeno medicinal mediante el método por PSA.* Mexico : s.n., 2018.
- Morrón Caballero, Jesus Emel y Norato Wilches, Juan Felipe. 2011.** *Estudio de viabilidad para la implementación de un sistema de generación de oxígeno medicinal in situ en el Hospital Militar Central.* Bogota D.C. : <http://hdl.handle.net/10654/3243>., 2011.
- OMS, Organismo Mundial de la Salud -. 2016.** *Especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno.* Suiza : s.n., 2016.
- Parr, Andrew. 2006.** *Hydraulics and Neumatics - A technician and Engineers Guide.* Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006.
- Pompeia, Ing. Sabino.** Ultra Controllo. [En línea] [Citado el: 23 de Setiembre de 2019.] <http://www.ultracontrollo.com/es/specifications.html>.

VII. ANEXOS

7.1 Anexo para el calculo de consumo

Tabla A.1: Guía de salidas murales y tipos de uso.

LOCAL	Nº DE SALIDAS				TIPO DE USO	OBSERVACIONES
	OXIGEN O	AIRE COMP.	OXIDO NITROSO	VACIO DIRECTO		
Sala de cirugía (1)	4	4	2	4+1 (5)	A	Por sala excepto H. Esp. (6)
Sala de cirugía de gineco(2)	4	4	2	4+1(5)	A	Por sala
Sala de expulsión (3)	2	2		2	A	Por sala
Recuperación post-operatoria (4)	1	1		1	A	Por cama (100%)
Cuidados intensivos	2	2		2	A	Por cama (100%)
Trabajo de parto	1	1			A	Por cama (100%)
Recuperación post-parto (4)	1	1		1	A	Por cama (100%)
Cuidados intermedios	1	1		1	A	Por cama
Terapia intracavitaria	1	1		1	A	Por cama o camilla
Observación urgencias adultos (4)	1	1		1	A	Por cama o camilla
Rehidratación mesa Karam	1	2		1	A	Por cada cuna
Aislados adultos en H.G.Z.	1	1		1	A	Por cada aislado
Aislados adultos en H.G.E.	1	1		1	A	Por cada aislado
Aislado pediatría en H.G.Z.	2	2		1	A	Por aislado
Aislado pediatría en H.G.E.	2	2		1	A	Por aislado
Observación pediatría (4)	1	1		1	A	1 por cama o cuna
Cuarto de shock	2	2		2	A	Por cama
Recuperación de transición cuneros	1	1			B	Por cada 3 cunas
Encamados adultos H.G.Z.	1	1		1	B	Por cama
Encamados adultos H.G.E.	1	1		1	B	Por cama
Encamado gineco	1	2			B	En dos de cada 3 camas
Encamados generales pediatría H.G.Z.	1	2			B	Por cama
Encamados generales pediatría H.G.E.	1	1		1	B	Por cama
Encamados generales pediatría gineco	1	2			B	En dos de cada 3 camas
Prematuros	1	1		1	B	Por incubadora
Cunero fisiológico	1	1		1	B	Por cada 3 cunas
Cunero patológico	1	1		1	B	Por cuna
C.E.Y.E.		1			B	
Laboratorio clínico					B	Ver quía mecánica
Mesa de autopsias		1			B	
Estomatología		1			B	Cuando sean mas de 2 sillones
Bomba de cobalto	1	1			B	Por sala
Dialisis	1	1		1	B	Por cada 3 sillones
Hemodiálisis	1	1		1	B	Por sillón
Inhaloterapia	1	1			B	Por sillón
Quimioterapia	1	1			B	Por cada 4 sillones
Endoscopia	1	1			B	Por qabinete
Tomografía	1	1			B	Por sala
Resonancia magnética	1	1			B	Por sala
Rayos "X"	1	1			B	Por sala
Hemodinamia	1	1			B	Por sala
Centellografía	1	1			B	Por sala
Gamagrafía	1	1			B	Por sala
Cirugía ambulatoria	1	1			B	50% de camas
Puerperio de bajo riesgo	1	1			B	50% de camas
Primer contacto	1	1			B	Por cama
Curaciones	1	1			B	Por cama

Se instalarán bombas de vacio en unidades con más de 2 salas de operaciones ó 2 salas de expulsión.

1.- En dos torretas.

2.- En dos torretas y aerear 1 toma de oxigeno y 1 toma de aire para el recién nacido

3.- En una torreta y aerear 1 toma de oxigeno y 1 toma de aire para el recién nacido

4.- Si no hay línea de succión, instalar dos tomas de aire comprimido

5.- La salida adicional de vacio indicada en las salas de cirugía será para conectar evacuaciones de gases anestésicos de desechos.

6.- En hospitales de especialidades consultar quía mecánica, lo mínimo que llevaran es lo establecido en esta tabla.

Fuente: Tabla 13.1 – IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social).

Tabla A.2: Gastos de oxígeno en litros por minuto 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	1461
2	148	37	586	94	890	340	1495
3	181	38	593	96	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	2206
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	2826
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: Tabla 13.2 – IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social).

7.2 Cuadro de modelos para la selección de una planta PSA, según capacidad de consumo de oxígeno. Proveedor ULTRAC ONTROLO.

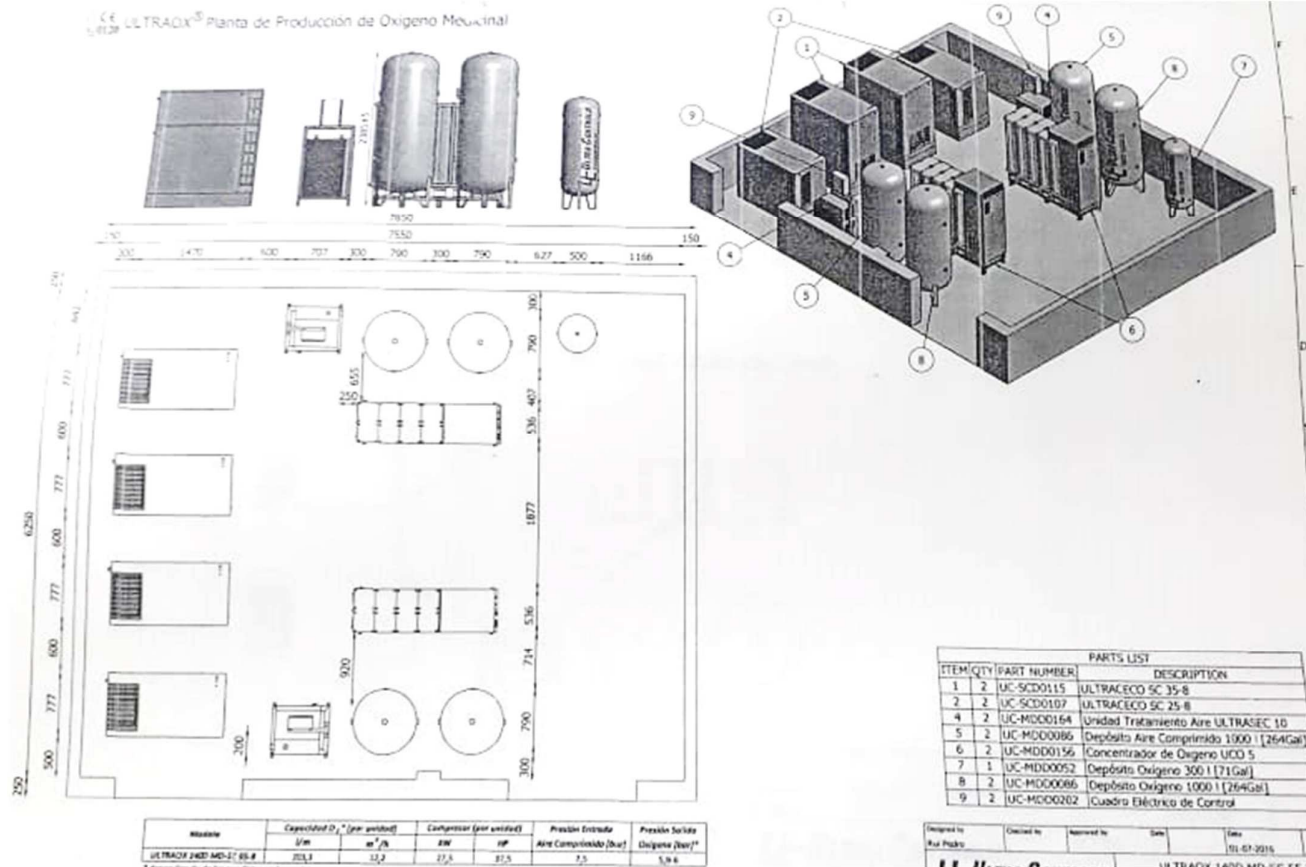
Tabla A.3: Modelo según capacidad de consumo de una planta de oxígeno

**PLANTA DE OXIGENO MEDICINAL ULTRAOX®
EN ISO 10083:2006
380V - 400V / 50Hz -60Hz
DUPLEX**

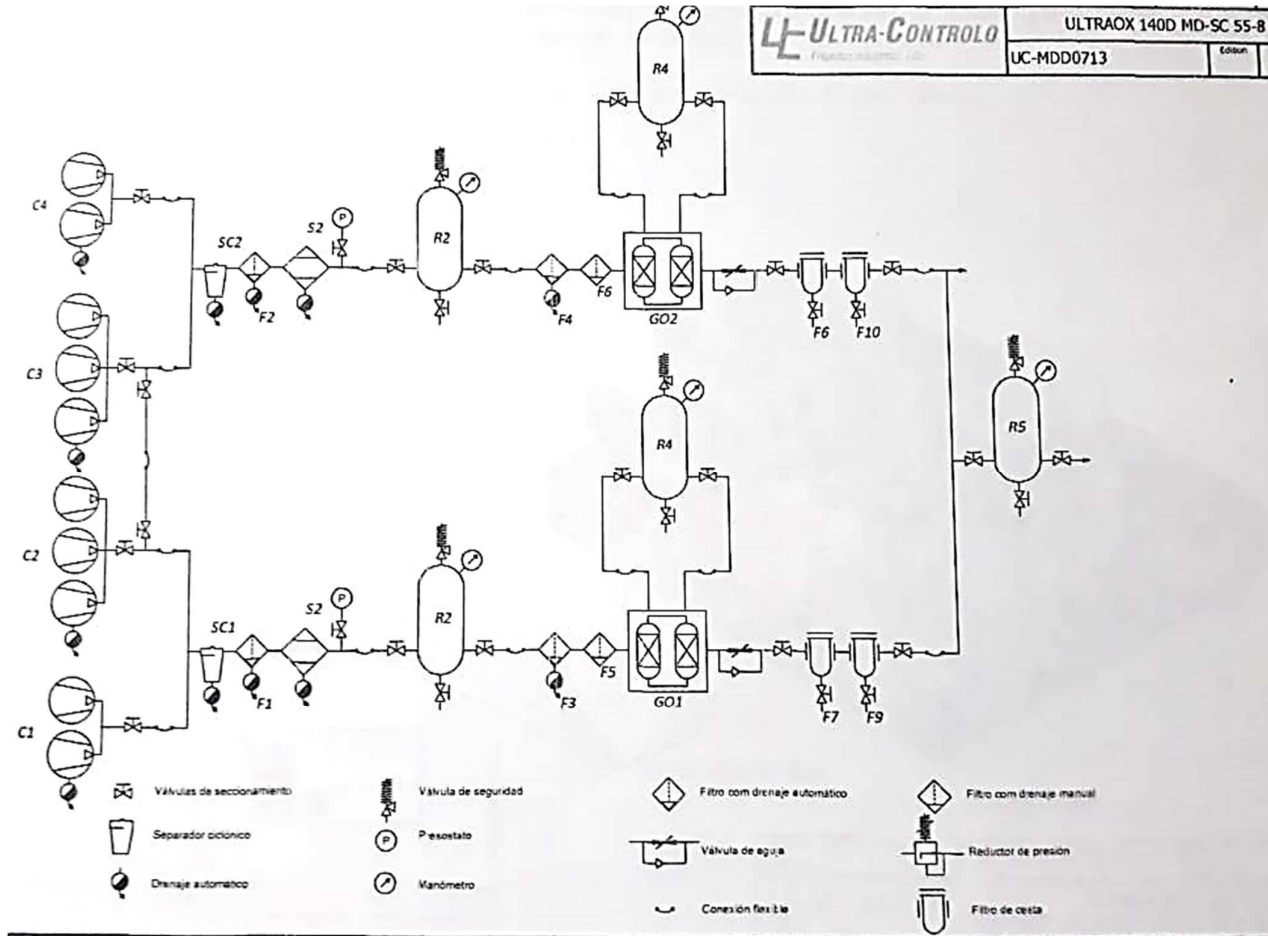
Modelo	ULTRAOX					
	380V - 400V / 50Hz – 60Hz					
	Capacidad O ² (por unidad)		Compresor (per unidad)	Presión de entrada (AC)	Presión de salida (O ²)	Referencia del Artículo
	l/m	m ³ /h	Kw	bar	bar	
30D	40	2,4	5,5	7,5	6	307.01.00500
60D	81,7	4,9	7,5	7,5	6	307.01.00501
80D	123,3	7,4	11	7,5	6	307.01.00502
120D	163,3	9,8	15	7,5	6	307.01.00503
140D	203,3	12,2	18,5	7,5	6	307.01.00504
160D	241,7	14,5	18,5	7,5	6	307.01.00505
180D	286,7	17,2	22	7,5	6	307.01.00506
200D	326,7	19,6	22	7,5	6	307.01.00507
220D	366,7	22	26	7,5	6	307.01.00508
260D	406,7	24,4	29	7,5	6	307.01.00509
280D	445	26,7	29	7,5	6	307.01.00510
320D	483,3	29	37	7,5	6	307.01.00511
340D	530	31,8	37	7,5	6	307.01.00512
360D	570	34,2	45	7,5	6	307.01.00513
380D	610	36,6	45	7,5	6	307.01.00514
400D	648,3	38,9	45	7,5	6	307.01.00515
420D	686,7	41,2	55	7,5	6	307.01.00516
500D	725	43,5	55	7,5	6	307.01.00517

Fuente: Especificación técnica de una ULTRAOX, empresa ULTRA CONTROLLO.

7.3 Plano de distribución de los componentes de una Planta PSA, proporcionado por la empresa ULTRA CONTROL.



7.4 Diagrama de flujo de una planta PSA, proporcionado por la empresa ULTRA CONTROLLO.



7.5 Catalogo de una planta ULTRAOX de la empresa ULTRA CONTROLLO



ULTRAOX® Plantas de Oxígeno Medicinal

ULTRAOX®

Plantas ULTRAOX®

ULTRAOX® es un sistema destinado a la producción de oxígeno de un alto nivel de pureza para uso medicinal, de acuerdo con los parámetros de la farmacopea europea y americana.

La producción de oxígeno medicinal se realiza en el mismo local, a través de un concentrador de oxígeno integrado en ULTRAOX® garantizando

un ahorro en los costes anuales con el oxígeno que se suministra a la red hospitalaria.

La planta ULTRAOX® mantiene el suministro continuo de oxígeno medicinal con una pureza del 95%, y viene equipada con dispositivos de seguridad para mantener el nivel de pureza constante.

Así ULTRAOX® garantiza una total seguridad en el uso de oxígeno medicinal por parte del personal hospitalario.



Usina de producción de oxígeno medicinal ULTRAOX®

Compatibilidad

El sistema está diseñado de forma que podrá mantener la instalación existente y conectar la central ULTRAOX® como si se tratase de una nueva fuente de suministro de oxígeno, siguiendo unos simples procedimientos.

Con la planta ULTRAOX® puede establecer su propia autonomía de suministro continuo de oxígeno medicinal tal y como hace con las restantes centrales de gases medicinales (aire medicinal; vacío medicinal).

Reglamentación

Las plantas de producción de oxígeno, ULTRAOX® son dispositivos médicos certificados, clase IIb, y siguen los requisitos de la norma internacional ISO 10083:2006.

Su construcción cumple con los requisitos implementados por el sistema de gestión de calidad ISO 13485:2003.



Compresor de alta presión HP1

Alta presión / Reserva

Las plantas de producción de oxígeno medicinal ULTRAOX-HP permiten realizar el llenado de cilindros (tubos) de alta presión en simultáneo con el suministro de oxígeno a la red hospitalaria.



Rack de relleno de cilindros G4

Conozca también las centrales de aire medicinal
ULTRAAR® con compresores totalmente exentos de aceite!
ULTRAVAC® Central de Vacío Medicinal
ULTRASEG® Aspiración de gases de quirófanos

La option más inteligente

Construcción modular

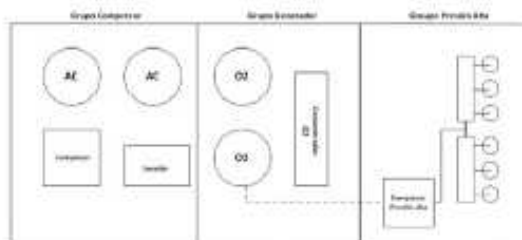
Las plantas de producción de oxígeno ULTRAOX® se pueden construir teniendo en cuenta el espacio físico disponible.

Dependiendo de las características de cada uso concebimos el sistema de producción más compatible en la relación coste/beneficio.

En las centrales con más de una línea de producción de oxígeno disponible, el sistema de funcionamiento es completamente automático, realizando una alternancia entre los compresores y el arranque de los generadores, en cascada, de forma que se garantiza el suministro continuo a la red o línea de llenado.

Configuración básica

- 1 o 2 analizadores de oxígeno con sonda de óxido de circonio
- 1, 2 o más compresores
- 1, 2 o más depósitos de aire
- 1, 2 o más cadenas de tratamiento de aire comprimido
- 1, 2 o más concentradores de oxígeno
- 1, 2 o más depósitos de oxígeno
- 1 conjunto de válvulas y dispositivos de seguridad para el buen funcionamiento y larga duración del equipo



Esquema de construcción de la planta de oxígeno, ULTRAOX®

Simplificado y seguro de montaje

La central de producción de oxígeno medicinal, ULTRAOX® están en fábrica electrificada y siendo solicitado, con todos los órganos interconectados, de modo que la montaje en el lugar se vuelve muy simple.

El equipo está parametrizada y probado en fábrica y estará listo para comenzar.

En plantas grandes, la instalación y puesta en marcha inicial y formación del personal, es bajo la supervisión de técnicos de la fábrica.



Contenedores con sistema de llenado de cilindros

Una gama completa y seleccionada de equipos e accesorios para redes de gases medicinales!

- Compresores de velocidad variable para un mayor ahorro de energía
- Medidores de caudal, digitales
- Registradores de pureza del oxígeno
- Cuadro complementario de información para la gestión centralizada
- Compresores de alta presión para llenado de cilindros (tubos, botellas)
- Cilindros e válvulas de alta presión
- Accesorios para redes de gases (Tomas medicinales, regulador de segunda etapa, manifolds a inversión automática, reguladores de línea, sondas de presión y temperatura.
- Accesorios para oxigenoterapia, aspiración y anestesia, medidores de caudal, reguladores de presión, reguladores de vacío, nebulizadores.

ULTRAOX®

Elevando los estándares de calidad en los gases medicinales

Sistemas llave en mano y ejecuciones especiales

Gracias a la gran experiencia en el sector de los gases medicinales, podemos suministrar el sistema de producción de oxígeno en versiones compactas, e incluso, sistemas modulares.

Ventajas ULTRAOX®

- ▶ Bajo consumo de energía
- ▶ Mayor presión de oxígeno disponible
- ▶ Expansible sin necesidad de sustituir el concentrador
- ▶ Pocas piezas para intervenir mantenimiento simples
- ▶ Ciclo de vida útil muy largo



Versiones montadas en plataformas metálicas

Compresores de alta presión para el relleno de cilindros a 152-207 bar modelo HP4

Modelo	Capacidad O ₂		Compresor 400V/50Hz	Presión entrada AC	Presión salida O ₂	Dimensiones Central C x L x A	Peso
	L/min	m ³ /h					
30	45	2,7	5,5	7,5	6	5,7 x 3,7 x 2,3	805
60	90	5,4	7,5	7,5	6	5,8 x 3,7 x 2,3	1058
80	137	8,2	11	7,5	6	5,8 x 4 x 2,5	1225
120	180	10,8	15	7,5	6	6 x 4 x 2,5	1635
140	225	13,5	18,5	7,5	6	6 x 4 x 2,5	1813
160	266	15,9	22	7,5	6	6,2 x 4 x 2,5	1975
220	360	21,6	30	7,5	6	6 x 4 x 2,5	2783
280	450	27	37	7,5	6	6,6 x 5 x 2,5	4156
320	533	32	45	7,5	6	6,6 x 5 x 2,5	4483
340	540	32,4	45	7,5	6	6,6 x 5 x 2,5	4483
420	675	40,5	55	7,5	6	11,3 x 5,5 x 2,5	5685
500	798	47,9	55	7,5	6	12,5 x 5,5 x 2,5	6494



Instalador autorizado:



Capacidad individual disponible: 45 - 3945 l/min y soluciones hechas a la medida!

Otras tensiones y frecuencias disponibles.

Nota: las dimensiones útiles incluyen el espacio adecuado para el mantenimiento de los equipos e inspecciones obligatorias.

Para el proyecto de un sistema de producción de oxígeno para el hospital, por favor consulte nuestro Departamento de Ingeniería: internacional@ultra-controllo.com

ULTRA-CONTROLLO - Projectos Industriais, Lda
Parque Industrial Quinta Lavi, Armz B
Abrunheira
2710-089 Sintra - PORTUGAL

Tel. +351 219154350 GSM: 913010819
Fax. +351 219259002
Email: internacional@ultra-controllo.com
Web: www.ultracontrollo.com



IC_090_11.0019