



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

Ampliación de la producción de la planta de generación de oxígeno  
del Hospital las Mercedes

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Riojas Rodríguez, Carlos Eduardo (ORCID: 0000-0002-5750-5910)

**ASESOR:**

Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño y Modelamiento De Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

## DEDICATORIA

A DIOS nuestro creador, por lo bueno y fiel que es a su palabra; porque él permite cosas maravillosas y coloque sendas donde no las hay. Por su amor infinito y su admirable poder.

A cada uno de mis Catedráticos por la enseñanza impartida.

Riojas Rodríguez, Carlos Eduardo

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al todo poderoso por ser mi guía incondicional por iluminarme y permitirme la fuerza para poder seguir luchando por mis anhelos. También agradezco a mis padres y familia en general por su incansable apoyo moral por sus sabios consejos, a mis hermanos por estar conmigo en la abundancia y en los escasos y a la orientación, asesoría y acompañamiento del Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza que desde su amplio entender integral me proporciono la asesoría correcta para poder desarrollar este trabajo que me satisface y enriquece en mi vida profesional y a mis condiscípulos de la Universidad y de mi centro laboral que con sus gestos magnánimos y filántropos me brindaron el apoyo para la finalización de la presente investigación con la cual estoy convencido ayudo a la creación del conocimiento en esta apasionante especialidad que es la Ingeniería Mecánica Eléctrica

Riojas Rodríguez, Carlos Eduardo

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCO TEÓRICO .....	5
III.- METODOLOGÍA .....	29
3.1. Diseño de Investigación.....	29
3.2. Variables, Operacionalización.....	29
3.2.1. Independiente .....	29
3.2.2. Dependiente.....	30
3.2.3. Operacionalización de las Variables.....	30
3.3. Población y Muestra.....	31
3.3.1. Población.....	31
3.3.2. Muestra.....	31
Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.....	31
3.3.3. Técnicas de Recolección de datos .....	31
3.3.4. Instrumentos de Recolección de Datos .....	32
3.4. Métodos de Análisis de Datos.....	32
3.5. Aspectos eticos.....	33
IV.- RESULTADOS .....	34
4.1 . - Diagnosticar el estado actual de los generadores de oxígeno que están en operación dentro del Hospital.....	34

4.2 . - Implementar el sector de generación para cumplir con la demanda de oxígeno medicinal de forma económica y durable con el paso de los años gracias a un plan de mantenimiento dirigido por el fabricante y cumplido correctamente por el personal técnico capacitado .....	44
4.3.- La propuesta de la adición de un generador con tecnología de VSA a la planta de generación de oxígeno medicinal propiciará un replanteo de las cañerías y aumento de ellas en áreas faltantes. ....	52
4.4.- Realizar la evaluación económica – financiera de la propuesta de investigación, con los criterios VAN y TIR. ....	55
V.- DISCUSIÓN.....	59
VI.- CONCLUSIONES.....	61
VII.- RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Propiedades del aire. Fuente: Elaboración propia .....	6
Figura 2.- PLANTA CRIOGÉNICA DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO Fuente : Elaboración propia .....	9
Figura 3.- PLANTA DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO MÉTODO PSA Fuente : Elaboración propia .....	10
Figura 4.- TECNOLOGÍA PSA VS TECNOLOGÍA VSA. Fuente : Elaboración propia .....	13
Figura 5.- CUADRO COMPARATIVO PSA VS VSA. Fuente : Elaboración propia .	14
Figura 6.- RESUMEN DE NORMAS. Fuente: NFPA 99 (2010 Edition)-Healthcare Facility Management. Society of New Jersey.....	17
Figura 7.- COLORES Y PRESIONES DE OPERACIÓN PARA GASES Fuente : Elaboración propia .....	19
Figura 8.- TUBERÍAS HORIZONTALES Fuente : Elaboración Propia.....	20
Figura 9.- CAJA DE CORTE. Fuente : Elaboración propia .....	22
Figura 10.- DESPIECE DE CAJA DE CORTE. Fuente : Elaboración propia .....	23
Figura 11.- UNIDAD DE EMPALME EMPOTRADA. Fuente : Elaboración propia ...	24
Figura 12.- FLUJOMETRO. Fuente : Elaboración propia.....	26
Figura 13.- Ubicación del Hospital Las Mercedes. Fuente Google Earth , Elaboración Propia.....	36
Figura 14.- Red Asistencial Lambayeque Fuente : Elaboración Propia .....	37
Figura 15.- Datos de Flujo de Oxigeno HRDLMCH. Fuente : Elaboración Propia ..	38
Figura 16.- Producción actual de Oxigeno - 100 % Fuente : HRDLMCH , Elaboración Propia.....	39
Figura 17.- Producción de Oxigeno con Proyecto. Fuente : HRDLMCH , Elaboración Propia.....	39
Figura 18.- Inventario de Tomas de Oxigeno – HRDLMCH Fuente : HRDLMCH , Elaboración Propia.....	40
Figura 19.- Resumen de Consumo de Oxigeno por Áreas.Fuente : HRDLMCH , Elaboración Propia.....	41
Figura 20.- Resumen Técnico. Fuente : HRDLMCH , Elaboración Propia .....	41
Figura 21.- Consumo de Oxigeno por Áreas. Fuente : Elaboración Propia.....	42
Figura 22.- Cálculos Diámetro 1/2 Pulgada.....	43

Figura 23.- Cálculos Diámetro 3/4 Pulgadas.....	43
Figura 24.- Cálculos Obstetricia de alto Riesgo .....	44
Figura 25.- Especificaciones Técnicas Equipo PSA. Fuente : Elaboración Propia ..	46
Figura 26.- Especificaciones Técnicas Equipo VSA. Fuente : Elaboración Propia	46
Figura 27.- Costos de Mantenimiento de ambas Alternativas. Fuente : Elaboración propia .....	47
Figura 28.- Análisis Comparativo Tecnología PSA vs VSA. Fuente : Elaboración propia .....	48
Figura 29.- Metrado de Ductos Necesarios. Fuente : Elaboración propia .....	49
Figura 30.- Inventario de Accesorios de Tuberías. Fuente : Elaboración propia .....	50
Figura 31.- Relación de Gases Medicinales. Fuente : Elaboración propia .....	50
Figura 32.- Identificación de Gases Medicinales. Fuente : NFPA , elaboración Propia .....	51
Figura 33.- Generador VSA , Marca PCI – 12 MT3/Hr. Fuente : PCI , elaboración propia .....	52
Figura 34.- Presupuesto de Generador VSA. Fuente : Elaboración propia .....	53
Figura 35.- Cilindros para almacenar oxígeno. Fuente : Elaboración propia .....	53
Figura 36.- Coche Transportador. Fuente : Elaboración propia .....	54
Figura 37.- Tasas de interés de la Reserva USA.Fuente : BCR , Elaboración propia .....	56
Figura 38.- Tasas de interés Riesgo Negocio. Fuente : BCR , Elaboración propia .	57

## RESUMEN

La Producción de Oxígeno Medicinal para usos Medicinales, es siempre una ayuda para la recuperación de las enfermedades respiratorias agudas, y para la recuperación de post operatorios, para los procesos quirúrgicos, y en general para solucionar una serie de patologías del ser Humano, en la actualidad están permitidos dos Métodos de obtención de Oxígeno en los Hospitales del Perú, Primero el Oxígeno Criogénico, el cual luego de producido es almacenado en grandes tanques isotérmicos y de alta presión y trasladado en Vehículos tanques especiales a los tanques de almacenamiento también isotérmicos y alta presión que existen en los Hospitales (Hay que resaltar que estos tanques son propiedad de las empresas productoras y entregadas en Comodatos a los Centros asistenciales), luego por medio de una red de distribución hecha de tubos de cobre, es distribuida a todos los servicios del Hospital, a todas las camas en donde se suministran al paciente, previa regulación de Presión y volumen, la composición de este oxígeno llega hasta el 99 % de Pureza, libre de humedad, aceites y otros gases. Segundo el Oxígeno comprimido en Plantas compresoras in situó, ubicadas en el área de servicio y mantenimiento de los mismos hospitales, por medio de compresores de doble o simple tornillo, libre de aceite y con los respectivos procesos de filtrado, en donde luego el oxígeno contenido en el aire es separado del Nitrógeno y otros gases, por filtros de resina zeolíticas, aprovechando que el oxígeno tiene un menor diámetro molecular que el Nitrógeno, este proceso tiene dos vertientes, el proceso PSA (A Presión) y el proceso VSA (A Volumen), para luego ser almacenado y distribuido a los diversos servicios por medio de las tuberías de cobre y las tomas reguladores que existen a cada lado de las camas hospitalarias, también existe el abastecimiento a un Manifold para llenar cilindros de oxígeno a presión de una capacidad de 10 mt<sup>3</sup>. Es pues que este trabajo de investigación se centra en la ampliación de la planta generadora de oxígeno del Hospital Regional Docente Las Mercedes, en tiempos de la Pandemia del COVID 19, en donde la necesidad del oxígeno se ha hecho más latente, expansión tanto en la capacidad de producción de oxígeno por el procedimiento PSA, así como en las redes de distribución y consumo de oxígeno medicinal

**PALABRAS CLAVES:** Oxígeno Medicinal, Redes distribución, Proceso PSA, Filtros Zeolíticas



## ABSTRACT

The Production of Medicinal Oxygen for Medicinal uses, is always an aid for the recovery of acute respiratory diseases, and for the recovery of postoperative, for surgical processes, and in general to solve a series of pathologies of the Human being, in the Currently, two Methods of obtaining Oxygen are allowed in Hospitals of Peru, First Cryogenic Oxygen, which after produced is stored in large isothermal and high pressure tanks and transferred in special tanks to storage tanks, also isothermal and high pressure that exists in the Hospitals (It should be noted that these tanks are owned by the production companies and delivered in Comodatos to the Healthcare Centers), then through a distribution network made of copper tubes, it is distributed to all the services of the Hospital, to all the beds where they are supplied to the patient, previous regulation of Pressure and vo lumen, the composition of this oxygen reaches 99% purity, free of moisture, oils and other gases.

Second, the compressed oxygen in compressor plants in situ, located in the service and maintenance area of the same hospitals, by means of double or single screw compressors, free of oil and with the respective filtering processes, where then the contained oxygen in the air it is separated from Nitrogen and other gases, by zeolitic resin filters, taking advantage of the fact that oxygen has a smaller molecular diameter than Nitrogen, this process has two aspects, the PSA process (A Pressure) and the VSA process (A Volume ), to be later stored and distributed to the various services by means of the copper pipes and the regulating sockets that exist on each side of the hospital beds, there is also a supply to a Manifold to fill pressurized oxygen cylinders of a capacity 10 mt<sup>3</sup>

It is therefore that this research work focuses on the expansion of the oxygen generating plant of the Teaching Regional Hospital Las Mercedes, in times of the Covid 19 Pandemic, where the need for oxygen has become more latent, expansion both in the oxygen production capacity by the PSA procedure, as well as in the distribution networks and consumption of medicinal oxygen

**KEYWORDS:** Medicinal Oxygen, Distribution Networks, PSA Process, Zeolitic Filters

## I.- INTRODUCCIÓN

La Escuela Profesional de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo – Sede Chiclayo y la dirección del Centenario hospital facilitan la gerencia optima de los fondos involucrados en la programación, formulación de los probables proyectos de inversión y la correspondiente puesta en marcha de aquellos, garantizando también la intercomunicación sobre la evolución a los actores sociales y la gestión de las decisiones correctas para el logro del objetivo, el cual es la manifestación de la solución de la problemática del desarrollo que ha sido identificado en la respectiva Matriz de causa efecto .

Uno de los tópicos de acción es la Evaluación Financiera y Social de las Inversiones que permite a las autoridades de la distribución de los recursos del gasto pública inclinarse a que éstos generen el óptimo nivel de bienestar a la población a través de la determinación, formulación y ejecución de proyectos o programas de impacto económico y social.

«El Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo, es la institución de mayor importancia y complejidad del departamento de Lambayeque, tal es así que actualmente ha sido catalogado al nivel II-2. » (NakasakiC, 2012)

El presente estudio de mejoramiento se escoge debido al interés que tiene los integrantes de la dirigencia del hospital por optimizar la calidad de sus servicios de salud, dicho mejoramiento se logrará con una buena inversión y gestión de los recursos del estado, es por esto por lo que se autorizó y realizó la investigación para cumplir con la demanda de Oxígeno Medicinal en cada sala donde es requerido y urgido por su directiva, doctores y pacientes. Con esto obtendremos una reducción de sobrecostos producido por las adquisiciones de tanques criogénicos extras y una correcta distribución del gas medicinal dentro de las áreas del hospital.

Este proyecto de grado va dirigido a realizar el estudio para la implementación de la planta de generación de oxígeno medicinal en el Hospital Regional Docente De Las Mercedes, Chiclayo-Lambayeque, Perú, tema que ha aumentado su necesidad y urgencia con motivo de la crisis Mundial del Coronavirus, del cual el oxígeno Medicinal es un insumo de mucha importancia

El Hospital “Las Mercedes” de la provincia de Chiclayo, posee una planta de oxígeno compuesta por 02 generadores de oxígeno que produce cada una de ellas alrededor de 5,5 m<sup>3</sup>/h (según datos del fabricante) que deberían funcionar uno después del otro cada 1 hora. Estos 2 generadores utilizan el método de PSA, que es económicamente más rentable que adquirirlo a través de cilindros de oxígeno aprovisionados por empresas externas que producen este elemento medicinal usando el sistema criogénico. Sin embargo, por aumento de la demanda de oxígeno medicinal y por falta de aumento de generadora(s) del gas, las 2 que posee el nosocomio han empezado a desempeñarse sin descanso alguno lo que genera un desgaste en los componentes electromecánicos y fallas recurrentes que al hospital no le conviene económicamente.

La demanda se seguirá incrementando sin poder solventarse de no corregir la producción y la red de distribución pues hay áreas críticas que no están siendo abastecidas correctamente, esto nos lleva a hacer un estudio de los generadores presentes en el mercado actual rediseño de la red de tuberías instaladas y verificar la cantidad de tomas adecuadas para cada área requirente. (HuchiyamaT, 2011)

La salud de los pacientes del Hospital Regional Docente de las Mercedes corre riesgos de complicaciones y/o mortalidad debido al actual estado en que se presenta la planta de producción del gas medicinal O<sub>2</sub>.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo obtener una producción y distribución de oxígeno medicinal en el Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo (HRDLMDC) apropiado para abastecer las diferentes áreas del hospital?

### **Justificación del Estudio.**

#### **Técnica.**

La presente investigación es muy importante ya que va a permitir el desarrollo de tecnología adaptada a nuestra realidad y normatividad vigente, optimizando el proceso de diseño para solucionar una necesidad de oxígeno medicinal en los Hospitales Públicos, además permitirá más ayuda de oxígeno en tiempos de crisis como los actuales.

## **Económica**

Tiene un impacto positivo ya que va a permitir brindar nuevos servicios a los pacientes de los hospitales, en el proceso de recuperación de sus enfermedades y recuperación de procesos post operatorios, sin necesidad de tener que incurrir en onerosos gastos por la adquisición de oxígeno medicinal en las entidades privadas propietarios.

## **Social**

Esta investigación tiene un positivo impacto social, ya que permitirá a los usuarios poder tener a su alcance el servicio de oxígeno medicinal, ahora más necesario en tiempos de pandemia.

## **Ambiental.**

El impacto ambiental consiste en que se va a poder monitorizar la producción en sitio de oxígeno medicinal, con lo cual se identificará aquellos que han perdido su rango de eficiencia de producción, para que se le realice las actividades de mantenimiento correspondiente evitando mayor contaminación al medio ambiente.

## **HIPÓTESIS.**

Si se realiza una ampliación y el hospital adquiere nueva tecnología en sus generadores de oxígeno medicinal en el Hospital Regional docente Las Mercedes de Chiclayo se podría garantizar la satisfacción de la demanda de oxígeno en todas las áreas del hospital que ya tienen red de distribución de este gas y las que necesitan ser agregadas.

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo General**

Satisfacer la demanda de oxígeno medicinal a todas las áreas del Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo que lo requieren.

## **Objetivos Específicos**

Diagnosticar el estado actual de los generadores de oxígeno que están en operación dentro del Hospital.

Implementar el sector de generación para cumplir con la demanda de oxígeno medicinal de forma económica y durable con el paso de los años gracias a un plan de mantenimiento dirigido por el fabricante y cumplido correctamente por el personal técnico capacitado.

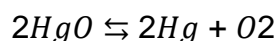
La propuesta de la adición de un generador con tecnología de VSA a la planta de generación de oxígeno medicinal propiciará un replanteo de las cañerías y aumento de ellas en áreas faltantes.

Realizar la evaluación económica – financiera de la propuesta de investigación, con los criterios VAN y TIR.

## II.- MARCO TEÓRICO

### Oxígeno- Descubrimiento

«El oxígeno fue descubierto entre 1772 y 1773 por el sueco químico, de origen germano, Karl Scheele.» (LavoisierC, 2014) El resultado fue la formación de mercurio metálico y un gas. Se expresa a continuación en la ecuación N° 01:



«El inglés observó que una vela ardía con mayor vivacidad en este gas, en comparación al aire ordinario. Así fue como Priestley descubrió el oxígeno, denominándolo: “aire desflogisticado” sin darle aún el nombre que ahora tiene.» (PriestleyJ, 2017), Lavoisier reitero este experimento logrando la misma conclusión. Él llegó al resultado que este gas era un elemento. Lavoisier lo denominó al elemento como “oxígeno”.

«En el año 1799 el uso del oxígeno en la medicina lo describió por primera vez por Thomas Beddoes en el instituto de Neumática» (HofferL, 2016)

En 1859 el Dr. Brish escribió sobre algunas de sus observaciones en su artículo titulado: “On oxygen as a therapeutic agent” donde atribuye curas con breves usos de oxígeno.

«En 1878 el autor Paul Bert escribió acerca de sus propiedades tóxicas cuando se respira a presiones superiores a las 3 ATA<sup>1</sup> ⇔ 45 PSI» (YoungN, 2016)

### Definición

«El oxígeno esta segundo como constituyente proporcional en la atmósfera (21% en volumen y 23% en peso).» (ScottA, 2017)

Este gas se puede obtener en una concentración casi al 100% por 3 diferentes procesos de purificación del aire y así pueda ser aplicado en forma directa en instituciones de salud e industrial como otros.

«Para que este gas se pueda almacenar y transportar a los lugares que es requerido en su mayoría se usa contenedores criogénicos de acero y aluminio con variadas capacidades dependiendo de las empresas fabricantes» (Ministerio de Salud , 2018)  
 Posee las siguientes propiedades el oxígeno (Efrain, 2014)

<b>Fórmula Química</b>	<b>O2</b>
Pesos Moleculares	31.9988 g/mol
Densidad del gas a 70 °F y 1 Atm	1.326 Kg./m <sup>3</sup>
Gravedad específica del gas a 70 °F y 1 Atm	1.105
Volumen específico a 70 °F a 1 Atm	0.7541 m <sup>3</sup> /Kg.
Punto de ebullición a 1 Atm	- 182.96° C
Punto de congelamiento a 1 Atm	- 218.78 °C
Temperatura crítica	- 118 °C
Presión crítica	5043 kpa (abs)
Densidad crítica	436.1 kg/m <sup>3</sup>
Punto triple	- 218.79 °C a 0.1480 kpa(abs)
Calor latente de vaporización en pto.de ebullición	213 kj/kg
Calor latente de fusión en el pto de fusión	13.86 kj/kg
Calor específico del gas a 70 °F y 1 Atm	
Cp (P= cte)	0.9191 kj./kg °C
Cv (Vol=cte)	0.6578 kj./kg °C
Relación de calor específico cp/cv	1.40
Densidad del líquido a pto.de ebullición	1.141 Kg./m <sup>3</sup>
Densidad del gas en el pto de ebullición	4.483 Kg./m <sup>3</sup>

**Figura 1.- Propiedades del aire. Fuente: Elaboración propia**

## **Aplicaciones del oxígeno**

### **Uso industrial y químico:**

«Por su característica que lo distingue al oxígeno de mantener la combustión, es usado en el ámbito industrial como, por ejemplo, en la industria metalúrgica, donde hace posible el reemplazo parcial del oxígeno» (BradlyO, 2017) .

«Desde otro punto de vista en las industrias petroquímicas y del petróleo, con las bases de construcción de hidrocarburos.» (PattersonQ, 2015).

En la industria alimenticia para acelerar los procesos de fermentación. También la industria del vidrio y cemento hacen uso de este gas.

### **Otros usos**

«En el tratamiento de agua residuales se utiliza el aire ya que la luz solar y el oxígeno son muy buenos agentes para destruir los agentes patógenos.» (DonavanM, 2014)

«Una valiosa aplicación del O<sub>2</sub> como gas respirable a muy baja presión se encuentra en los trajes espaciales actuales, que envuelven el cuerpo de sus astronautas con aire a presión alta» (AnstrongN, 2012).

## **Uso Medicinal**

«La respiración es una actividad biológica en donde se hace intercambio de gases con el medio externo, donde elimina el dióxido de carbono por oxígeno(oxigenación). En los seres humanos al inhalar el oxígeno es captado por los alveolos pulmonares y estos intercambian con la hemoglobina para la futura exhalación y cerrar el ciclo. La hemoglobina lo distribuirá a todas las partes del organismo, donde se realizará la respiración celular o respiración interna.» (HamiltonB, 2016).

«La oxigenoterapia en el siglo XXI es una herramienta terapéutica fundamental para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria, y ha tenido vigencia durante la actual crisis del COVID 19 .» (DumlerM, 2016).

«Se denomina hipoxemia a la caída en la presión parcial del gas oxígeno en el flujo de sangre arterial.» (NixonR, 2013),

«Este monto cambia si se respira una mezcla vaporosa con menor concentración de oxígeno (poblaciones de la puna) o con mayor concentración, tal como ocurre cuando el O<sub>2</sub> es obtenido con fines terapéuticos.» (SolopulosA, 2015).

«La contribución del oxígeno a los tejidos está en función de la interacción de tres factores: 1) Proporción de oxígeno de la sangre, determinado por la hemoglobina; 2) flujo de sangre que irriga los tejidos, y 3) gasto de oxígeno, lo cual es función esencialmente del grado de actividad metabólica.» (MacArturhD, 2017).

«La OMS (Organización Mundial de la Salud) reconoce la importancia de la oxigenoterapia en las áreas de neonatología, pediatría, obstetricia, medicina de urgencias, cirugía, y otras más dentro de un hospital para atender y disminuir la tasa de mortalidad y morbilidad de los pacientes. Lo que nos da una conclusión que este gas en su forma concentrada es esencial e insustituible dentro de los establecimientos de salud, así que su suministro debe ser continuo y confiable.



Hoy en día existen empresas productoras de oxígeno medicinal y centros de salud que se autosatisfacen teniendo plantas generadoras de este. En las instalaciones de salud contar con un suministro de oxígeno medicinal las 24 horas es fundamental ya que este salva vidas.» (HarrisonR, 2016)

### **Método criogénico de producción de oxígeno:**

La historia de este método se remota con Louis Paul Caillelet que pudo obtener unas gotas de oxígeno líquido esto dio origen a lo que en física se llama la “criogenia” en 1908 se pudo condensar el helio, el gas simple más difícil de condensar.

«El complejo criogénico, consiste en distanciar el oxígeno del nitrógeno y los otros vapores que están en el aire.» (ZamaoraF, 2016)

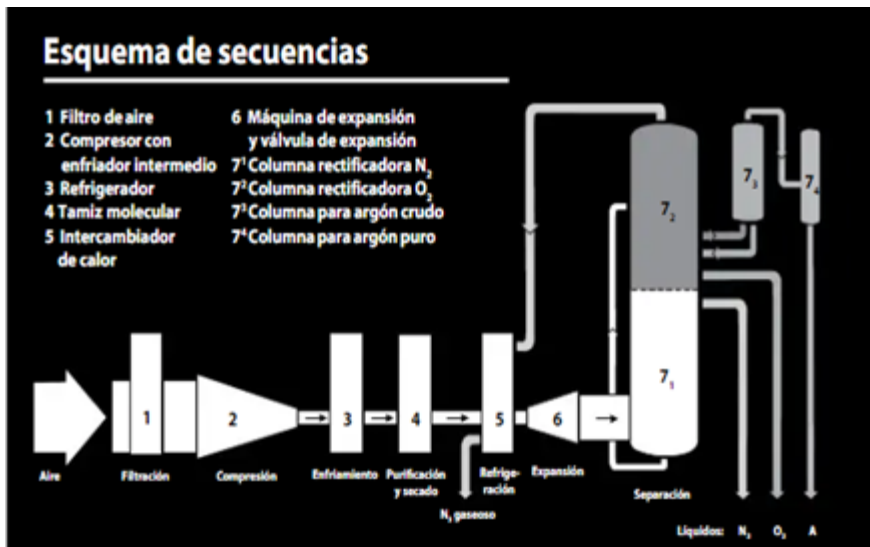
«Los procedimientos criogénicos para la producción del medicinal oxígeno se fundamentan en la compresión del aire y luego su enfriamiento a temperaturas bajas, para de esta manera producir su licuefacción parcial.» (MalthusJ, 2018)

«La fabricación industrial del oxígeno medicinal por el sistema criogénico se desarrolla en las siguientes etapas:

Filtración, Compresión, Enfriamiento, Purificación y secado, Refrigeración y

Expansión y licuefacción: el aire se licua o condensa, líquido a  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .» (RamirezR, 2018)

«Este aire rico se extrae el  $\text{N}_2$  restante y el argón Ar, restando solo oxígeno medicinal al 99,5%.» (VaronaC, 2017)



**Figura 2.- PLANTA CRIOGÉNICA DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO Fuente: Elaboración propia**

«El elemento es turbocompresor, luego se traslada al compresor, donde se sujeta hasta seis veces la presión del aire atmosférico. El aire es enfriado a través de agua refrigerada en un enfriador de calor. En el refrigerador, se disminuye la temperatura hasta  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  luego de lo cual el vapor de agua, bióxido de carbono e hidrocarburos son distanciados del aire por medio de un tamiz molecular.» (BaylyM, 2016) .

El oxígeno se produce con una calidad del 99,5%, en cambio simultáneamente se obtiene nitrógeno como producto adicional con una calidad del 99,9%.

**Método de Adsorción por Oscilación de Presión (PSA):**

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

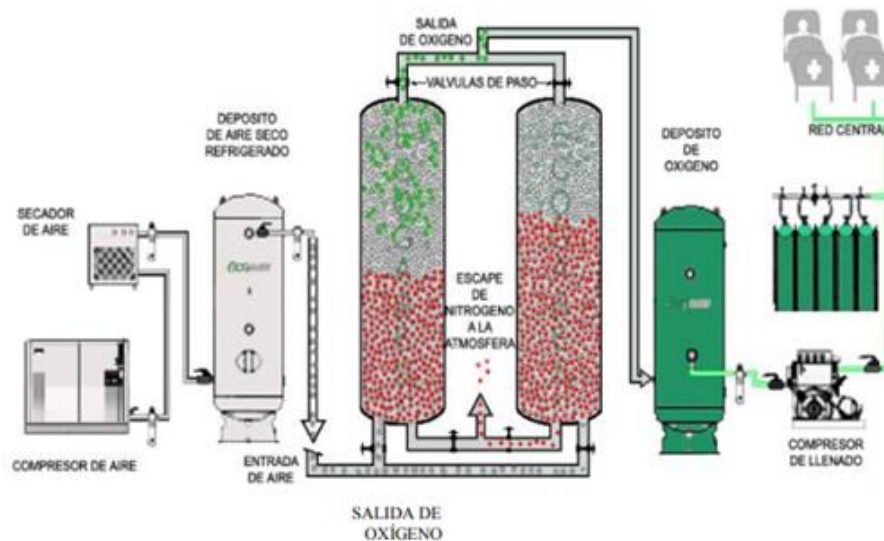
Este método utiliza el principio de adsorción el cual emplea ciertos materiales o productos naturales denominados zeolitas , estos tamices moleculares diseñados de una manera específica son los adsorbentes que separan los diferentes agentes de una mezcla, en función de sus distintos tamaños moleculares.» (StanleyL, 2017)

Los gases que toman contacto con las resinas zeolitas, en el proyecto que nos atarea son los que integran el aire corriente, cuyas dimensiones moleculares se describen a continuación:

Radio nitrógeno molécula 1,8 Å (Armstrong)

Radio oxígeno molécula 1,7 Å.

Radio argón molécula 1,65 Å.



**Figura 3.- PLANTA DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO MÉTODO PSA Fuente: Elaboración propia**

### **Primer Paso**

«El aire comprimido pasa desde un compresor de aire de la atmósfera, es alimentado a la primera etapa de tamiz molecular, donde el Nitrógeno es capturado por la zeolita, mientras que el Oxígeno sigue su camino a través del conjunto una salida que lo lleva a un tanque de guardado» (HarrizJ, 2017).

### **Segundo Paso**

Luego que el primer matiz está lleno de Nitrógeno, la corriente del aire se dirige al segundo tamiz. Las válvulas de compuerta se apertura en la cámara siguiente y se clausuran en la inicial.

### **Tercer Paso**

Luego que la segunda columna divide el Oxígeno del Nitrógeno, el primer filtro lo libera hacia el medio ambiente, que al instante se regenera con el aire del Medio ambiente.

## **Cuarto Paso**

Nuevamente el aire comprimido es suministrado a la cámara inicial y este proceso es repetido de manera sucesiva. De esta manera un flujo uniforme de Oxígeno es fabricado las 24 horas del día, 365 días del año.

«El proceso PSA utiliza un tamiz molecular de zeolitas sintéticas, las que tienen la particularidad de juntar, adsorber, el nitrógeno del aire cuando se lo hace pasar a alta presión y luego lo libera (desorción) a muy baja presión.» (FernandezJ, 2014).

«El ciclo completo vuelve a repetirse, entrando el conjunto en un régimen de constante balanceo de presiones. Como consecuencia de este proceso se obtiene gas oxígeno con una pureza del 95,5 % cumpliendo con la Farmacopea de USA» (PulgarM, 2017).

### **Método por oscilación de presión de vacío (VPSA, VSA o PVSA):**

«El ciclo del proceso es similar al descrito anteriormente para las plantas de PSA, excepto que se utilizan sopladores de vacío para reducir la presión de desorción. La presión de desorción más baja reduce la presión de entrada requerida, en comparación con un PSA. Como consecuencia, un VPSA de oxígeno típico produce oxígeno a solo unos pocos PSI (aproximadamente 0.2 atmósferas, calibre). Cuando se requieren presiones de suministro de oxígeno más altas, se agrega un compresor o soplador de refuerzo de oxígeno al sistema.» (EspinizaG, 2016)

En general, los sistemas VPSA son más costosos de construir, pero más eficientes energéticamente que los sistemas PSA para las mismas condiciones de flujo, presión y pureza del producto.

Las unidades VPSA regeneran el material del tamiz en condiciones de vacío porque da como resultado un material de tamiz molecular más completamente regenerado, que es más selectivo que el material sometido al proceso clásico de regeneración de PSA. Como resultado, se recupera un mayor porcentaje de oxígeno disponible y se debe procesar menos aire. La potencia del compresor de aire se reduce considerablemente en comparación con una unidad de PSA de oxígeno debido a un flujo de aire más bajo y una presión de descarga del compresor más baja (generalmente menos de la mitad de una atmósfera, manómetro). Sin embargo, existe

un desplazamiento del ahorro de energía de compresión de aire, debido a la potencia necesaria para operar la maquinaria de generación de vacío.

Las unidades de oxígeno VPSA suelen ser más rentables que las unidades de oxígeno PSA cuando la tasa de producción deseada es mayor de aproximadamente 20 toneladas por día. A menudo son la opción de producción de oxígeno más rentable de hasta 60 toneladas por día o más, ya que no se requiere oxígeno de alta pureza. Por encima de aproximadamente 60 toneladas por día, las plantas criogénicas suelen ser la tecnología de producción de oxígeno elegida, aunque en algunos casos, dos plantas de VPSA de oxígeno permiten una mejor coincidencia de grandes cambios escalonados en la demanda.

El poder específico de VPSA es aproximadamente un tercio menor que el de las plantas de PSA de oxígeno. Por lo general, es similar al poder específico de una planta de oxígeno criogénico de capacidad comparable. Las unidades que utilizan este tipo de proceso de producción de oxígeno no criogénico pueden denominarse sistemas VPSA (adsorción por oscilación de presión de vacío), VSA (adsorción por oscilación de vacío) o PVSA (adsorción por oscilación de presión-vacío).

### **Comparación de los métodos**

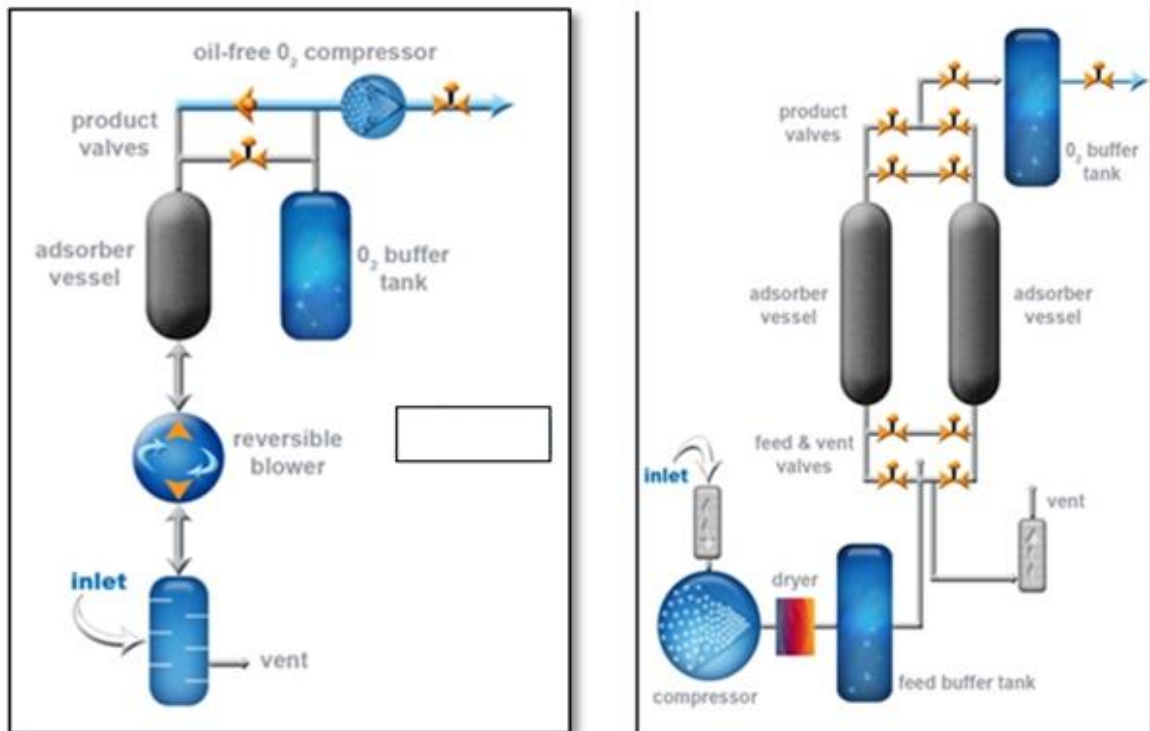
«El proceso PSA ha sido superado en calidad y costo de producción de oxígeno medicinal por el proceso VSA (Adsorción por Oscilación de Volumen), que, para producir oxígeno del aire, elimina muchos de los problemas de diseño asociados con los sistemas tradicionales de adsorción por oscilación de presión (PSA). Menciono algunas ventajas del sistema de obtención de oxígeno medicinal usando el método de Adsorción por oscilación de vacío (VSA), esta tecnología tiene varias ventajas sobre el proceso de PSA más comúnmente utilizado:» (FariasF, 2016)

Para captar aire del medio ambiente utiliza un soplador o Ventilador, los ejes del ventilador giran sobre rodajes sellados, evitando así cualquier transferencia de aceite o lubricante con el aire, a diferencia de los compresores lubricados con aceite. Esta forma de producir oxígeno es ideal para aplicaciones médicas.

Al trabajar a baja presión de operación, minimiza el potencial de condensación de agua. El proceso VSA elimina todas las válvulas y electroválvulas de proceso y colectores necesarios. Al trabajar este sistema con presión baja, se reduce el polvo de tamiz (zeolita), y el deterioro de este elemento, lo que resulta también en un menor costo de operación y mantenimiento.

Al trabajar el soplador con menor presión y trabajar sin aceite, los recipientes de zeolita del sistema VSA tendrán una vida útil mucho más larga que los tanques de zeolita del PSA – lo que comúnmente se necesita volver a embalar de material de tamiz cada 3 años, algo similar a pasado con los equipos del hospital, que ya se ha cambiado de zeolita por contaminación con aceite.

Cumple con la norma USP 93% y puede ser tan alta como 95%.



**Figura 4.- TECNOLOGÍA PSA VS TECNOLOGÍA VSA. Fuente: Elaboración propia**

«En ambas figuras se muestra a grandes rasgos, el número de componentes que participan en la producción de oxígeno medicinal. Ya se ha mencionado las ventajas del sistema VSA.

Comparando ambos sistemas generadores de oxígeno por adsorción  
El sistema PSA necesita de mayor energía eléctrica que el sistema VSA

El número de componentes del sistema PSA es 6 y el VSA es 4. El proceso PSA ocupa mayor espacio que el proceso VSA.» (MacanidR, 2016).

- Su proceso del PSA es más largo que del sistema VSA.
- Por estos motivos expuestos, el sistema de generación de oxígeno por adsorción método VSA es más rentable económicamente que el sistema PSA.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE PROCESOS PSA Y VSA		
Características	PSA	VSA
Potencia (Khw/m3)	1,6	0,8
Número de componentes	6	4
Número de válvulas que emplea	10	3

**Figura 5.- CUADRO COMPARATIVO PSA VS VSA. Fuente: Elaboración propia**

### **CONCENTRACIÓN DEL OXÍGENO (93% y 99%)**

Según el Instituto de evaluación de tecnologías en Salud del Perú concluye en su investigación acerca de la adecuada concentración de oxígeno para pacientes requirentes en:

Para la práctica quirúrgica, la OMS recomienda que la fracción de oxígeno inspirado (FiO2) a ser administrado por los suministros de oxígeno médico, puede variar entre 0,93 y 0,99. La guía de la Sociedad Canadiense de Anestesiología concuerda con esta recomendación.

«La descripción técnica de la composición de oxígeno al 93% en la farmacopea mexicana, europea y estadounidense, las cuales evidencian que existe un uso autorizado con esta concentración de oxígeno.

La investigación no encontró evidencia en ninguna guía práctica clínica de anestesiología o de intervención quirúrgica, que indique una preferencia de uso en términos de eficacia o seguridad del oxígeno medicinal al 93% en comparación al 99%.» (Sociedad Canadiense de Medicina Interna , 2012).

El IETSI, conforme a su investigación aprueba el uso de oxígeno medicinal al 93% en pacientes oxígeno requirentes, en aquellos contextos en los que el oxígeno medicinal al 99% pueda tener dificultades de acceso o disponibilidad, o en los que se cuente con capacidad tecnológica instalada para el uso del oxígeno medicinal al 93%.

### **Toxicidad**

La toxicidad por O<sub>2</sub> ocurre por una exposición larga a condiciones de hiperoxia que afecta a varios seres y/o tejidos, dependiendo estos efectos, de la susceptibilidad al O<sub>2</sub>.

Se origina a presiones superiores a 42,5 PSI como también se presenció en pacientes expuestos en presiones bajas con una exposición prolongada (de 28,5 a 42,5 PSI durante más de 2 horas).

«Los primeros efectos son variables, contracciones no voluntarias de músculos pectorales y pequeños de las extremidades superiores» (GottusoS, 2016).

Las convulsiones son generalmente tónico-clónicas. Los factores que agravan la toxicidad del SNC son aumento de la pCO<sub>2</sub>, el estrés, la fatiga, el frío y la deficiencia de oligoelementos como el selenio, zinc y magnesio.

Se pueden identificar tres fases:

1. Traqueo bronquitis.
2. Síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA).
3. Fibrosis intersticial pulmonar.

«En la gran parte de los pacientes, estas características desaparecen 4 horas después del término de la contaminación.» (JhonsonB, 2016)

En neonatos:

### **Carlo. W y M. Vento. (2019) dice:**

«La transición fetal neonatal implica el paso de un ambiente de medida hipoxia a uno de hiperoxia en pocos minutos, habiéndose demostrado experimental y



clínicamente la presencia de una fuerte tensión oxidativo asociado a la misma. »  
(VentoC, 2016)

### **Normas relacionadas.**

Las Reglas internacionales más usadas como referencia son las reglas de seguridad de la NFPA 99 y “Las Normas de Diseño de Ingeniería” de la IMSS. De manera siguiente, se enumera las normas aplicables a generadores y conjuntos de gases medicinales:

Normas de Seguridad de la NFPA 99: *Código para Instalaciones de Cuidado de la Salud*, ha sido el libro de referencia para auxiliar a establecer el sistema eléctrico, el sistema de ductos de oxígeno medicinal, el manejo de urgencias, la seguridad de los artefactos médicos y para planificar los conceptos para suministrar el cuidado de la salud. Sus reglas, como en la mayoría de los códigos y reglamentos de NFPA, se expresaban en forma y 16 ngstr ya establecidos para las diferentes ocupaciones para el cuidado de la salud.

«CSA 7396 – 2002 (Canadá).

Normas de Diseño de Ingeniería de la IMSS. (México).

HTM 02-01-2002 (Reino Unido).

ISO 7396: Especifica los requisitos para el diseño, la instalación, la función, el rendimiento, las pruebas, la puesta en marcha y la documentación de los sistemas de tuberías utilizados en las instalaciones sanitarias

ISO 13485: normatividad referida al conjunto de gestión de la calidad en dispositivos internos médicos

ISO 9001: Especial, norma que se utiliza en los **Sistemas de Gestión de Calidad** de entidades públicas y privadas, a aparte de su tamaño o actividad empresarial.» (SanchezP, 2016).

## Alcances de las normas

«Estas normas son ideas de seguridad que involucran distintos tipos de sistemas ingenieriles, en donde se especifican dichos criterios de seguridad referidos a sistemas de vacío y gases» (DoderoA, 2017).

	CATEGORÍA	CONFIABILIDAD DE SISTEMAS
1	Instalación de líneas en el cual la falla de cualquier aparato o sistema tenga la posibilidad de causar perjuicio mayor o fallecimiento de pacientes.	Se espera que los conjuntos estén libres en todo momento para la ayuda de las necesidades de pacientes.
2	Instalación de líneas en el cual la falla de cualquier maquina o sistema puede causar menor perjuicio a pacientes.	Se espera que las líneas provean un alto nivel de confiabilidad, con breves periodos de inactividad permitidos sin un impacto importante en el cuidado del paciente.
3	Instalación de líneas en el cual la paralización de cualquier maquina o sistema puede causar perjuicio a pacientes.	La falla de estos sistemas no perjudicara inmediatamente al cuidado del paciente.
4	Instalación de máquinas en el cual la falla de cualquier maquina o sistema no causa perjuicio en los pacientes.	Estos sistemas no tienen perjuicio en el cuidado del paciente y no debería ser perceptible a los pacientes en eventos de paralización

**Figura 6.- RESUMEN DE NORMAS. Fuente: NFPA 99 (2010 Edition)-Healthcare Facility Management. Society of New Jersey.**

Las diversas normas internacionales (Canadá, Reino Unido, Australia, México, etc.) tienen un origen común en las normas NFPA.

## Red de distribución del oxígeno medicinal

### Tuberías

Es el elemento principal de la red de distribución debido a la función que ejerce, el de transportar el gas medicinal desde el punto de generación a los diferentes ambientes requirentes. Los tubos deberán ser de cobre sin costuras, de extracción dura y del tipo K y/o L dependiendo de las condiciones (presiones y diámetros

solicitados). Las tuberías deberán ser protegidas contra congelación, corrosión, altas temperaturas (un máximo de 54°C) y de cualquier daño físico. Los conductos principales y sus ramales de las tuberías del oxígeno no pueden ser menos de ½” de tamaño.

Es importante mencionar que por distancia no mayores a 6 metros de tubería se proporcione una identificación con etiquetas o que esté pintando con el color respectivo dependiendo del gas que transporta. Para los tramos donde se deriva, también serán reconocidas y por habitación habrá una calcomanía como mínimo, las cuales tengan el nombre de oxígeno e indique la dirección y sentido de flujo.

### **Colores de las tuberías**

#### **Según la figura 5.1.11**

Los colores de tubería que identifican la distribución de cada gas medicinal serán los que se muestran en la siguiente tabla:

Gas Service	Abbreviated Name	Colors (Background/Text)	Standard Gauge Pressure
Medical air	Med Air	Yellow/black	345–380 kPa (50–55 psi)
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	Gray/black or gray/white	345–380 kPa (50–55 psi)
Helium	He	Brown/white	345–380 kPa (50–55 psi)
Nitrogen	N <sub>2</sub>	Black/white	1100–1275 kPa (160–185 psi)
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	Blue/white	345–380 kPa (50–55 psi)
Oxygen	O <sub>2</sub>	Green/white or white/green	345–380 kPa (50–55 psi)
Oxygen/carbon dioxide mixtures	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> n% (n is % of CO <sub>2</sub> )	Green/white	345–380 kPa (50–55 psi)
Medical–surgical vacuum	Med Vac	White/black	380 mm to 760 mm (15 in. to 30 in.) HgV
Waste anesthetic gas disposal	WAGD	Violet/white	Varies with system type
Other mixtures	Gas A%/Gas B%	Colors as above Major gas for background/ minor gas for text	None
Nonmedical air (Level 3 gas-powered device)		Yellow and white diagonal stripe/black	None
Nonmedical and level 3 vacuum		White and black diagonal stripe/black boxed	None
Laboratory air		Yellow and white checkerboard/black	None
Laboratory vacuum		White and black checkerboard/black boxed	None
Instrument air		Red/white	1100–1275 kPa (160–185 psi)

**Figura 7.- COLORES Y PRESIONES DE OPERACIÓN PARA GASES Fuente: Elaboración propia**

### Lavado de tuberías

Antes de empezar el montaje de cada tubo y accesorio estos deben ser limpiados con una solución alcalina en agua caliente “Carbonato de Sodio o Fosfato Trisódico”

### Soldadura

Las uniones de las tuberías deben ser soldadas dentro de ocho horas luego que las superficies hayan sido limpiadas. Esto es debido a que la superficie preparada (pulida con el paño abrasivo) se oxidará de nuevo al estar expuesto al aire; este oxido si se manifiesta, dificultará la adherencia de la soldadura (materia de aporte),

favoreciendo la presencia de poros y fugas. Para las soldaduras de las uniones, no usaremos fundentes que tengan alcohol o bórax. Usaremos soldadura que contenga un 35% de plata y un punto de fusión de por lo menos de 537.8 ° C

Las características de las uniones son:

- La Mejor resistencia mecánica
- Estanqueidad a prueba de presiones
- Buen aspecto

Facilidad de colocación de aislamiento térmico o recubrimiento de pintura

No se necesite Mantenimiento.

### **Soportería**

Fabricados en su totalidad por aluminio para cubrir la resistencia y calidad que se necesita de acuerdo con las longitud y diámetros de las tuberías. Estos estarán dados en las formas de ganchos, platinas o ángulos quienes cumplen con la función de soportar las tuberías horizontales y verticales. Todas las tuberías deberán estar sostenidas con soportes aprobados por el IMSS de acuerdo con la separación siguiente:

<b>HORIZONTE</b>	
Diámetro de la tubería (mm)	Separation (m)
15	1,90
18	2,20
24	2,50
31	2,90
31 o mayor	3,20

**Figura 8.- TUBERIAS HORIZONTALES Fuente: Elaboración Propia**

## **Accesorios**

Estos serán de alto y bajo temple para las tuberías de cobre de tipo “K”, hechos específicamente para conexiones soldadas. En las uniones no se usa lija y serán de tipo campana – copa o socket, las soldaduras tienen que ser oxiacetilénicas. Los codos, cambios de dirección, reducciones o tees, serán sin costura, a la vez tienen que estar correctamente limpias.

## **Componentes de control**

Todo sistema de suministro de gases medicinales tiene que estar compuesto de elementos que permiten su manejo adecuado y distribución específica hasta las áreas necesarias.

## **Alarmas**

Dispositivos que cumplen con la función de Indicar por intermedio de una señal luminosa o auditiva que se ha producido una falla en la alimentación del gas por parte del panel central, luego se debe habilitar el Manifold de tanques de stock de emergencia que se debe reconectar directo con las 21ngstr de distribución.

Cumplirán con las siguientes características:

Se ubicarán en zonas adecuadas de acuerdo con los planos de redes de gases medicinales. Empotradas en las paredes respectivas a una altura de 1.80m sobre el nivel del piso terminado.

Estarán fabricados bajo las normas NFPA-99, U.L. y C.S.A.

«Los rangos de operación serán preestablecidos de usina para activación al exceder por un porcentaje +/-20% de variación sobre los rangos normales de operación.» (QuispeJ, 2016).

## **Cajas de corte**

Serán de utilidad para cuando se haga mantenimiento o una eventualidad que requiera el corte del suministro del gas que está siendo transportado por dicha tubería, es necesario para la seguridad y operatividad del sistema.

Cada caja de corte empotrada está compuesta de lo siguiente: Una válvula de bola para uso de oxígeno con extensiones para tubos, un marco de aluminio y una ventana removible. Los manómetros de presión están incluidos dentro de la cabina. Las cajas deben tener el tamaño suficiente para que se pueda pasar la tubería y la operación de las válvulas. Estas irán empotradas en la pared y de forma vertical. Según la norma NFPA 5.1.11.2 obliga a la identificación de cada caja de corte de la siguiente forma:

- Stickers en el plástico con el nombre del gas señalando la entrada de Corriente.
- Stickers con señal o figura química (Nombre del gas medicinal)
- Stickers con señal de “No cerrar”, sin incluir en caso de emergencia.

Esta válvula maneja el suministro al servicio de (Neonatología 1 ejm.)

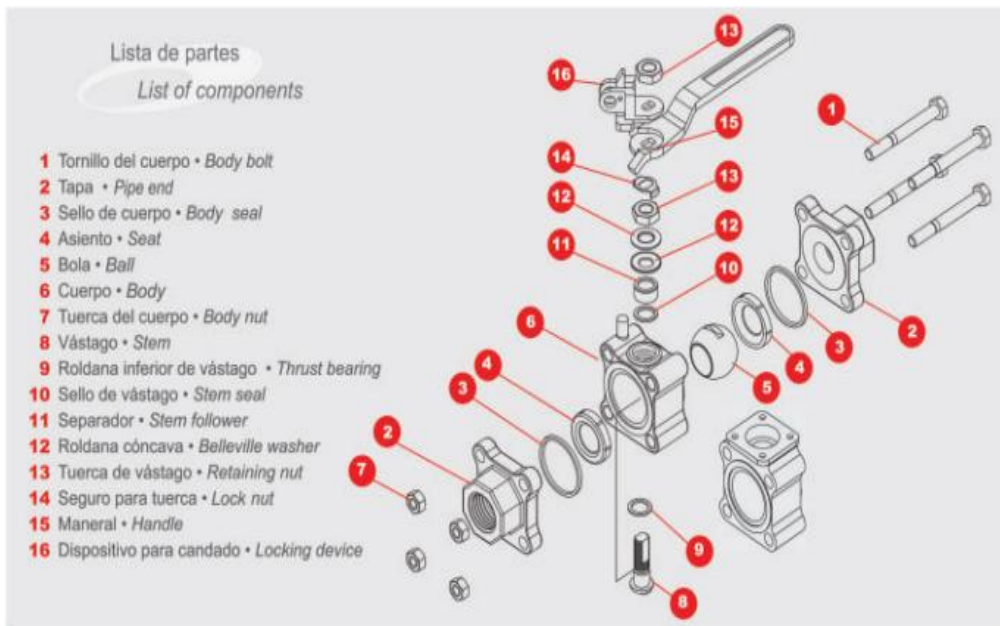


**Figura 9.- CAJA DE CORTE. Fuente: Elaboración propia**

### **Válvulas de corte**

Dispositivo de cierre que deberán ser utilizadas para aislar secciones o porciones del sistema de distribución de tuberías para mantenimiento, reparaciones, o necesidad de expansión futura planificada, y para facilitar pruebas periódicas.

El montaje de cada válvula deberá venir lavado y desgrasado para servicio de gas medicinal.



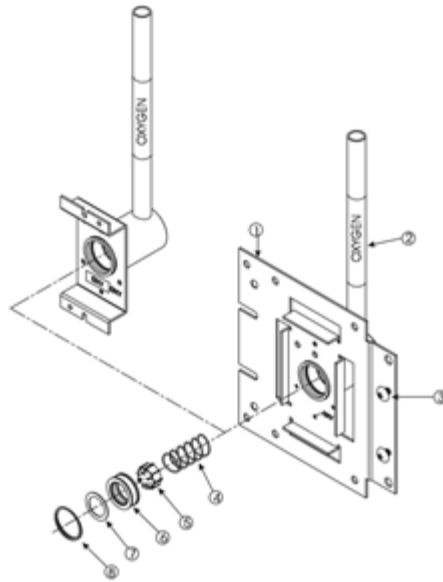
**Figura 10.- DESPIECE DE CAJA DE CORTE. Fuente: Elaboración propia**

### Tomas de gases medicinales

Las tomas para gases medicinales que se instalarán, son para servicio de oxígeno, aire, vacío, óxido nitroso y evacuación gases. Su instalación será empotrada en las paredes de las salas requerientes y cumplirán todas las normas aplicables de la NFPA, «situación que contribuye a un montaje acabado que se parece a un panel completo de salidas.» (MontezaC, 2017).

«El conjunto de válvula de traba se compone de las siguientes piezas: un conector con una válvula de retención total integral, un conjunto de indexación completo con pasadores de bloque» (GarciaM, 2018).





**Figura 11.- UNIDAD DE EMPALME EMPOTRADA. Fuente: Elaboración propia**

**Precaución:**

Se recomienda no apretar demasiado los tornillos de la instalación de la válvula de cierre puesto que puede ocasionar una distorsión en ella.

Las salidas/entradas enroscadas deberán tener conexiones no intercambiables cumpliendo con la norma: CGA V-5

**Tipos de tomas:**

**Tomas de pared**

Serán instaladas a una altura apropiada de 1,50m sobre el nivel del piso, con una distancia entre ejes de 20 cm entre tomas.

**Tomas cielíticas**

Mas conocidas como instalaciones de techo, igualmente de los tipos empotrada o expuesta de acuerdo con la instalación.

**INSTALACIÓN DE LA TOMA**

En todas las entradas (de pared y de consola), el tubo de alimentación puede girar en 360° para facilitar la conexión a la tubería de oxígeno.

## **FLUJÓMETRO O CAUDALÍMETRO Y MANÓMETRO:**

«Algunos aparatos y sistemas terapéuticos alimentados por gases medicinales (incubadoras, máscaras de respiradores, etc.) requieren que se conozca la cantidad de fluido suministrado al paciente. Para ello existe el medidor de flujo, el cual tiene un cuerpo que generalmente consiste en una escala graduada entre los 0 y los 15 [litros/min] (puede variar la escala según la utilidad, por ejemplo, los de uso pediátrico son menores), posee una bolilla, y generalmente traen incorporada una llave o válvula micrométrica de cierre y regulación.

Al circular el fluido por su interior desplaza la bolilla, la cual queda suspendida por causa de la circulación del gas, en una posición que indica la medida de la cantidad de fluido que se está entregando. Estos medidores están coloreados de acuerdo con el gas con el que serán empleados y vienen provistos por un plug de conexión rápida con pernos guía que impiden errores de montaje (esta denominación corresponde al conector y su forma específica, el cual está construido de tal forma que solo pueda encastrar de una manera, reduciendo así posibles malas conexiones o conexiones equivocadas a conectores que no corresponden).» (WatsonB, 2017).

Los colores utilizados en los fluxómetros para cada tipo de gas son los siguientes:

Verde para el oxígeno

Amarillo para aire comprimido

En vacío no se emplean este tipo de dispositivo.



**Figura 12.- FLUJOMETRO. Fuente: Elaboración propia**

## **INSPECCIÓN Y PRUEBAS**

Entradas de oxígeno medicinal, son inspeccionadas frecuentemente, dos veces al año como mínimo. La prueba se realiza de acuerdo con los conjuntos de gas y de vacío NFPA 99.

### **PRUEBA DE FLUJO:**

#### **LIMPIEZA DE PRUEBA EN LA RED**

La limpieza en las redes se lleva acabo con Nitrógeno gaseoso, sin de aceite y deben ser efectuados por áreas.

Esta se realiza con el fin de quitar partículas que se hayan añadido a la red en el momento de su instalación y puedan afectar el buen funcionamiento de la misma.

#### **DETECCIÓN DE FUGAS, PRUEBAS REALIZADAS**

Mediante la utilización de agua jabonosa se busca encontrar y corregir fugas en la red de gases en el sistema, la prueba se desarrollará utilizando el gas nitrógeno a 150 PSIG.

## **DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA EMPLEADA**

Generador de medicinal oxígeno: La tecnología utilizada en el proceso de fabricación de oxígeno consiste en llenar aire a presión en un recipiente que contiene zeolita. Según la presión de trabajo, las plantas de adsorción se dividen en dos:

Fabricas VSA (0,2 bar).

Fabricas PSA (4-5 bar).

En el hospital como ya se mencionó, utiliza generadores que funcionan con el método PSA (“pressure swing adsorption”- “Adsorción por oscilación de Presión”) de la marca Penta Gas. Su generador de oxígeno necesita de una fuente de aire comprimido seco para producir oxígeno con una pureza del 90% al 95%.

El sistema del VSA (adsorción de la oscilación del vacío) es separar el gas O<sub>2</sub> de los otros gases contenidos en aire. El ciclo de proceso es similar al PSA. Por otra parte, el VSA utiliza una bomba de vacío para la ventilación y los gases de la absorción y el VSA trabaja en una presión más baja que el del PSA. Éstas son la fuente que el VSA es económicamente superior al PSA en las eléctricas del coste. La torre adsorbente consiste en uno o dos con la capacidad de producción de 200 a 3000 nm<sup>3</sup> y pureza del oxígeno de 90 al 93%

### **Oxígeno al 93%, 95%, 98% y 99,5%**

En USA y Canadá, las normas, establecen como fundamento el oxígeno concentrado al 93% +- 3 %, que saben cómo conveniente para el uso médico. Luego, normalizaron también el de 95%. Y no hablamos de una concentración superior de oxígeno debido a que el cuerpo humano solamente puede recibir oxígeno hasta una concentración determinada, y si la sobrepasamos genera daños, como ceguera y afecciones cerebrales irreversibles.

**Adsorción:** Proceso por el cual un cuerpo sólido o un líquido atrae y junta en su superficie vapores, gases, cuerpos o líquidos disueltos.

**Bombas de vacío:** Su funcionamiento de una bomba de vacío está representado por su rapidez de bombeo.

### III.- METODOLOGÍA

#### 3.1. Diseño de Investigación.

La investigación presente es no experimental, porque no se realiza una manipulación intencional de la variable independiente para ver su efecto en otras variables.

De acuerdo con el fin que se persigue la presente investigación es de tipo investigación descriptiva, en la cual se analizó la situación actual que presenta HRDLM en cuanto al consumo estimado mensual de Oxígeno Medicinal en cada una de sus áreas; porque se utilizan los conocimientos y bases teóricas de la ingeniería para el entendimiento de la situación problemática y posteriormente un mejoramiento a la planta de generación y diseño de cañerías de oxígeno. Se utilizará un diseño no experimental y la técnica de contrastación es de tipo explicativa

#### **Descriptiva**

Se define la investigación, como descriptiva, porque se observa y se menciona la problemática tal como se presenta de forma natural sin la manipulación o voluntad del investigador.

<b>Estudio</b>	<b>T1</b>
A1	P1
A2	P2

De dónde:

A1 y A2 son resultado del muestreo

P1 y P2 son observaciones

#### 3.2. Variables, Operacionalización

##### 3.2.1. Independiente

Producción de Oxígeno

### 3.2.2. Dependiente.

Apropiado abastecimiento de Oxígeno a las distintas 30ngst del Hospital  
Las Mercedes

### 3.2.3. Operacionalización de las Variables.

CLASE	CONCEPTO	ARTE	HERRAMIENTA	ÍNDICES
DEPENDIENTE Apropiado abastecimiento a diferentes áreas Distribución del gas medicinal	Capacidad de los generadores de oxígeno medicinal necesitado por el hospital y red de distribución del gas.	Análisis documental Observación Entrevista	Análisis Documental Tablas para cálculos de cañerías del gas Especificaciones Técnicas	Determinación de los horarios de mayor demanda Determinación de equipos para implementación
INDEPENDIENTE Producción de Oxígeno	Dimensiones y características de la planta de generación de oxígeno y generadores	Análisis documental Ubicación de las áreas a proveer	Análisis de Contenido	Puntos de abastecimiento en el hospital

### 3.3. Población y Muestra.

#### 3.3.1. Población.

Plantas Generadoras de Oxígeno de la Región Lambayeque

#### 3.3.2. Muestra.

Ampliación de Planta Generadora del Hospital Las Mercedes

#### Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

<b>TÉCNICAS</b>	<b>USO</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Observación	Determinar las características relevantes de las Plantas de Oxígeno Medicinal.  Evaluación del diseño de la Planta de Oxígeno	Ficha de parámetros  Ficha de control de diseño
Revisión Documentaria	Ubicación de datos técnicos y estándares para el diseño.	Ficha de documentaria revisión

#### 3.3.3. Técnicas de Recolección de datos

##### Observación

La aplicación de esta técnica nos va a permitir determinar los diversos parámetros relevantes y pertinentes para el diseño la ampliación de la planta de producción de oxígeno Medicinal, esta técnica también se va aplicar para realizar la evaluación del diseño del medidor de la planta.

##### Documentos Revisión

Esta técnica nos permitirá la búsqueda de los parámetros del diseño del medidor de torque portátil, como la búsqueda de los materiales adecuados para las diversas partes de la máquina, selección de diversos elementos de máquinas estandarizados, tales como ejes, cadenas, rodamientos, fajas en v, fajas planas catalinas, etc.



### **3.3.4. Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **Ficha de control de diseño**

Es una herramienta de control de diseño que permite la evaluación de la capacidad, funcionalidad y operatividad del diseño de la Planta de Oxígeno.

#### **Ficha de parámetros**

Este instrumento va a permitir llevar un registro de los parámetros pertinentes de los motores de combustión interna necesarios para el diseño de medidor de torque. Este instrumento consta de 02 partes en la primera los datos generales de la persona que va a realizar el registro, así como también la fecha y hora del registro. En la segunda parte se registrará los diversos parámetros de operación de un motor de combustión interna necesario para el diseño de medidor.

#### **Ficha documentaria de revisión.**

Es el documento que nos va a permitir llevar un control de los diversos documentos que serán verificados para diseñar el Dinamómetro, tales como manuales de elementos normalizados, información técnica de equipos existentes en el mercado. Será validada la presente tesis, por ingenieros, mecánicos electricistas especialistas en la materia y por el jefe responsable designado por la empresa donde se realizará la investigación. Será dada la confiabilidad por los ingenieros que validarán las herramientas, si se requiere la modificación de acuerdo a sus necesidades se dará prioridad a sus opiniones.

### **3.4. Métodos de Análisis de Datos.**

El análisis matemático, estadístico sirve para determinar si existe una relación entre las dos variables, además a través de la estadística inferencial aplicada a las variables de estudio, trabajando los datos y

evaluando factores singulares, que servirán de parámetros de entrada para el diseño del medidor de torque portátil.

### **3.5. Aspectos éticos.**

Como tesista me comprometo a respetar la propiedad industrial e intelectual, la confiabilidad de los datos obtenidos por la empresa y la veracidad de los resultados y en la tesis que presento.

## IV.- RESULTADOS

### 4.1. - Diagnosticar el estado actual de los generadores de oxígeno que están en operación dentro del Hospital.

La situación actual del aprovisionamiento de oxígeno en el Hospital Las Mercedes, la podemos resumir de la siguiente Manera y forma. El Hospital Las Mercedes posee una planta de oxígeno compuesta por 02 generadores de oxígeno que produce cada una de ellas alrededor de 6.3 m<sup>3</sup>/h ,según datos del fabricante y del Tipo PSA ( Pressure Swing adsorption – Adsorción por Oscilación de Presión , que resulta más económico que comprarlo en forma de cilindros de Oxígeno y tiene un aprovisionamiento más seguro y que significa salvar vidas , como en la actual coyuntura de Pandemia COVID – 19, también resulta más conveniente , que el sistema de abastecimiento de Oxígeno Criogénico.

Es decir los equipos PSA están instalados en el Centro del Hospital, de manera aproximada, es decir se evitan los inconvenientes de la recepción, o las demoras de los camiones de transporte , el precio final es menor , dado que aparte del CAPEX inicial, que se amortiza rápidamente, el costo variable es el costo de la energía eléctrica (Energía y Potencia Necesaria) y los costos de mantenimiento Preventivo y Correctivo, que por lo general lo tiene a cargo el proveedor de los mismos, equipos), pero que por desgaste de los componentes electromecánicos (Compresores Alternativos Vilter, la producción está alrededor del 35% de su producción nominal expost.

Como ya se explicó, este equipo de la marca Penta Gas (Lima – Perú), utiliza la tecnología de adsorción por cambio de presión (PSA) aísla las moléculas de oxígeno de otras moléculas del aire comprimido., con una pureza del 93% +- 3%. (Sin aceite y otras impurezas como CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>). El necesario equipamiento no es complejo, y consta de dos torres que contienen un tamiz o filtro molecular de zeolita sintética (Colador con huecos de tamaños microscópicos, del tamaño a nivel de angstrom. Los equipos son complementados por un *compresor sin lubricante* y un secador de aire , calculado para proporcionar la humedad, necesaria, además de los filtros

necesarios para obtener aire comprimido, habiendo eliminado contaminantes habitualmente existentes en el aire ambiente, como humedad, hidrocarburos volátiles (HV), micro partículas sólidas en suspensión (PM), etc.; hay válvulas que cumplen la función de direccionar a los gases y su sistema de control de ciclos, tanques de almacenaje del gas producido, sistema de escape del gas descartado, medidores de pureza o concentración, y Presostato de control, aparte de sistemas de alarmas auditivas y visuales, que alertan de disminución de presión y flujo másico y volumétrico.

La producción de oxígeno a partir del aire atmosférico (que lo contiene en un porcentaje del 21 %), se fundamenta en el pasaje de aire comprimido debidamente purificado a través de un tamiz molecular, para paso de moléculas, para retener o adsorber determinado gas, liberando el o los otros para su compresión y almacenaje. Se tiene en cuenta que el oxígeno tiene un diámetro molecular de 3,43 Å (35ngstrom), el nitrógeno, de 3,68 Å, y el argón, de 3,3 Å, es decir que la selección se hace por el tamaño de los poros y de las moléculas. Aclaremos que 1 angstrom es igual a un millonésimo de milímetro.

Los fabricantes de equipos PSA usan dos etapas o módulos, el primero de zeolitas y el segundo de carbones especiales, para llegar al 98% como estándar, con hasta el 99% en la operación. *Los equipos del hospital producen oxígeno con una pureza del 93% +- 3 %.* Sin embargo, las diferencias no implican que el de mayor concentración sea el “mejor para uso médico”, ya que el resto del contenido está compuesto por gases inertes al cuerpo humano (que por lo tanto no causan daño alguno).

Finalmente, recordemos que el cuerpo humano solamente puede recibir oxígeno hasta una concentración determinada, ya que los niveles mencionados antes son de imposible aplicación por los daños que se han verificado, como ceguera y afecciones cerebrales irreversibles.

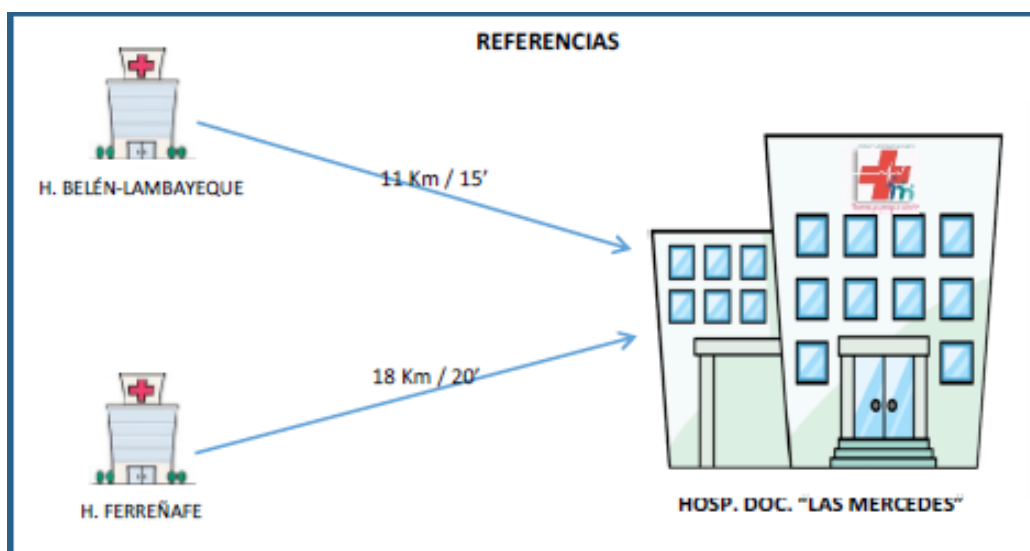
## Ubicación del proyecto

El lugar de la Planta Generadora de Oxígeno, se encuentra dentro de los linderos del Hospital, en el área consignada del Plano aprobado y entregado por la Dirección General del Hospital, en la que se ha tenido en cuenta el centro de gravedad de los Servicios Críticos del Hospital, tales como UCI, Centros Quirúrgicos, Emergencia, Neonatología, Salas de Partos, etc. Los mismos que serán atendidos mediante la red de distribución de oxígeno. Asimismo, se encuentra cercana a la Sub Estación existente y que generará ahorros al Hospital en los costos del tendido de la Red Eléctrica, además de que su construcción se ajusta a los requerimientos para un buen funcionamiento de la Planta.



**Figura 13.- Ubicación del Hospital Las Mercedes. Fuente Google Earth, Elaboración Propia**

Las capitales de las provinciales de la Región Lambayeque están unidas por carreteras y Autopistas de primer orden, con un servicio de transporte público vehicular permanente. Para el caso de la provincia de Lambayeque la distancia es de 11 Km, el tiempo que demora este recorrido es de 18 minutos; y para el caso de Ferreñafe la distancia es de 18 Km, con un tiempo de viaje de 25 minutos.



**Figura 14.- Red Asistencial Lambayeque Fuente: Elaboración Propia**

Es muy complicado el cuantificar con precisión la cantidad exacta de oxígeno medicinal que consume las diferentes áreas del Hospital las Mercedes. Los generadores no tienen un instrumento de medición para cuantificar la cantidad de oxígeno que producen estos generadores. El personal de servicio tampoco lleva un control de la producción y consumo exacto de oxígeno de las áreas del hospital que consumen este gas medicinal, por áreas operativas y en total.

Para estimar el consumo de oxígeno que utiliza el hospital partimos de la siguiente premisa: Se ha realizado 08 mediciones (Tamaño Muestral y aleatorio) del flujo en unidades de SCFH (pies cubico por hora estándar), el mayor consumo de oxígeno se da por las tardes hasta llegar al punto crítico de producción de oxígeno, sobre exigiendo la capacidad mecánica, eléctrica e hidráulica de los equipos generadores

Tabla de Control de Flujo Diario								
Lectura de datos en diferentes fechas y horarios								
Nº Mediciones	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha	08/12/2015	09/12/2015	10/12/2015	11/12/2015	13/12/2015	14/12/2015	18/12/2015	19/12/2015
Hora	09:00 a.m.	10:00 a.m.	12:00 a.m.	04:00 p.m.	05:00 p.m.	05:30 p.m.	05:00 p.m.	05:30 p.m.
Psi	50.00	55.00	52.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
SOFH	130	110	140	185	190.0	200.0	190.0	200.0
Pureza O <sub>2</sub> (%)	99.00	99.90	97.70	96.50	96.50	96.00	96.00	96.00
Resultado (m <sup>3</sup> /hr)	7.79	6.84	6.59	11.01	12.34	12.88	12.34	12.88

**Figura 15.- Datos de Flujo de Oxígeno HRDLMCH. Fuente: Elaboración Propia**

El consumo Horario promedio de oxígeno podría estar en el rango de 10 a 12m<sup>3</sup>/hr, pero lo correcto es que en las horas punta (Mayor Consumo), los 02 equipos no son suficientes para atender la demanda de oxígeno; en estos casos la administración del hospital compra oxígeno a empresas externas para atender la demanda de este elemento medicinal. (En Balones de 10 mt<sup>3</sup>, con los correspondientes riesgos al suministro y a la seguridad física, Se puede ver en la Figura N.º 16, que la pureza de O<sub>2</sub> marca 99%, esto indicaría que el medidor digital de pureza de O<sub>2</sub> tiene fallas en su sistema, ya que estos equipos llegan a de pureza 93 +/-3%.

La presente Tesis, trabajara con la alternativa de la compra de 02 equipos de similares características (más de 6 m<sup>3</sup>/h c/u), o un equipo que genere 12 m<sup>3</sup>/h de oxígeno (Dentro de ese rango). Para este caso, existen dos 02 cotizaciones de proveedores que ofertan equipos generadores de oxígeno, uno de ellos es la empresa Penta Gas que ha propuesto 02 equipos similares, pero el compresor que opera en estos equipos son de tornillo lubricado, mecánicamente más confiable que los compresores alternativos o de pistones de los que usan actualmente los generadores existentes (Tecnología Antigua ya superada) , pero, este tipo de equipos no son recomendables para uso médico, ya que los compresores de los generadores utilizan aceite como lubricante ( Por lo tanto contaminan el oxígeno y crean peligro de incendio y explosión) . La otra empresa, Oxitec Sac, ha presentado su propuesta con un generador de oxígeno con sistema VSA, de procedencia, EEUU y con certificación de calidad ISO 13485, norma que aprueba la calidad de equipos

médicos. (Norma Complementaria a la certificación de calidad general ISO 9001) Considerando que los equipos generadores actuales funcionan al 100%, estos producirían 12.6 m<sup>3</sup>/hr. La empresa Penta Gas ha propuesto 02 equipos similares para la tesis proyecto, veamos la siguiente figura que muestra la producción de oxígeno medicinal funcionando primero 01 generador de oxígeno, luego funcionando 02 generadores al mismo tiempo (Ver figura N.º 16). La Figura N.º 16 considera la premisa que los 02 equipos actuales funcionan al 100% y en todo caso, sería después de la reparación general al que será sometido los 02 generadores. Con esta capacidad de producción, se superará la demanda de oxígeno medicinal requerida por las áreas de servicio de salud del hospital.

Descripción	Cantidad	Producción Ideal unitaria (m <sup>3</sup> /hr)	Producción Ideal (m <sup>3</sup> /hr)	Eficiencia	Producción real (m <sup>3</sup> /hr)	Producción real (m <sup>3</sup> /día)	Producción real (m <sup>3</sup> /mes)
Generador de oxígeno medicinal 01	1	6.3	6.3	100.00%	6.3	151.2	4536
Generador de oxígeno medicinal 01, 02	2	6.3	12.6	100.00%	12.6	302.4	9072

**Figura 16.- Producción actual de Oxígeno - 100 % Fuente: HRDLMCH, Elaboración Propia**

Descripción	Cantidad	Producción Ideal unitaria (m <sup>3</sup> /hr)	Producción Ideal (m <sup>3</sup> /hr)	Eficiencia	Producción real (m <sup>3</sup> /hr)	Producción real (m <sup>3</sup> /día)	Producción real (m <sup>3</sup> /mes)
Generador de oxígeno medicinal 01	1	6.3	6.3	100.00%	6.3	151.2	4536
Generador de oxígeno medicinal 01, 02	2	6.3	12.6	100.00%	12.6	302.4	9072
Generador de oxígeno medicinal 01, 02 y 03	3	12	24.6	100.00%	24.6	590.4	17712

**Figura 17.- Producción de Oxígeno con Proyecto. Fuente: HRDLMCH, Elaboración Propia**

De acuerdo a la Figura N.º 17, Oxitec oferta un generador con proceso VSA que produce 12 m<sup>3</sup>/h y es equivalente a 02 equipos generadores de 6m<sup>3</sup>/h c/u. Se destaca en este producto la generación de oxígeno sin riesgo de contaminación de aceite porque usa un ventilador para introducir aire a presión de 10 psi en el tanque de zeolita, a diferencia que el sistema PSA usa un compresor lubricado con aceite, que con el transcurrir del tiempo contamina la zeolita y con muchas probabilidades de contaminar el oxígeno.



El generador con proceso VSA tiene certificación ISO 13485, que garantiza que este equipo es un dispositivo medico seguro para el ser humano y muy útil en tiempos de pandemia COVID – 19, como en la actualidad

La demanda actual de las diferentes áreas de servicio que utiliza oxígeno medicinal son las áreas que se describe en el siguiente cuadro, con un total de 157 tomas, considerando los puntos nuevos de oxígeno dentro de la ampliación de las redes de oxígeno.

Inventario de Tomas por Area de Servicio - Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo	
<b>Primer Piso</b>	
Area	Oxigeno
Medicina Mujeres	17
Medicina Varones	18
Cirugia Mujeres	6
Cirugia Varones	6
Tópico de curaciones	2
Obstetricia de alto riesgo	2
Emergencia	20
Pediatría	19
Sala de partos	5
Sala de puerperio	8
Sala de operaciones	18
<b>Total 1er Piso</b>	<b>121</b>
<b>Segundo Piso</b>	
Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)	10
Neonatología	23
Neumología (TBC)	3
<b>Total 2do Piso</b>	<b>36</b>
<b>TOTAL DE TOMAS DE OXIGENO - HOSPITAL</b>	<b>157</b>

**Figura 18.- Inventario de Tomas de Oxígeno – HRDLMCH Fuente: HRDLMCH, Elaboración Propia**

La demanda total aproximada por áreas de servicio, numero de tomas y factor de uso promedio es aproximadamente 13.87 m<sup>3</sup>/h (De acuerdo a cálculos efectuados), los equipos tendrán la capacidad para producir un flujo superior a 13.87 metros cúbicos de oxígeno por hora, para atender la demanda con holgura y capacidad de reserva para variaciones y tener la flexibilidad de atención. La producción proyectada de los equipos generadores es de 22 m<sup>3</sup>/h, superando con holgura la demanda de oxígeno del hospital en la actual crisis del COVID 19

El consumo de oxígeno por áreas, lo podemos resumir en la figura adjunta:

Consumo de Oxígeno Por Áreas							
Item	Descripción por Áreas de Servicio	Cant.	Flujo permitido (m <sup>3</sup> /hr)			Factor de Uso (%)	Flujo total de área
			Toma	Cama	Sala		
1	Medicina Mujeres	1	17	0.3		5.00%	0.255
2	Medicina Varones	1	18	0.3		5.00%	0.27
3	Grugía Mujeres	1	6	0.3		5.00%	0.09
4	Grugía Varones	1	6	0.3		5.00%	0.09
5	Tópico de curaciones	1	2	0.3		5.00%	0.03
6	Obstetricia de alto riesgo	1	2	0.3		5.00%	0.03
7	Emergencia	1	20	0.3		50.00%	3
8	Pediatría	1	19	0.3		70.00%	3.99
9	Sala de partos	1	5		0.9	70.00%	3.15
10	Sala de puerperio	1	8		0.9	70.00%	5.04
11	Sala de operaciones y recuperación	1	18		0.9	100.00%	16.2
12	Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)	1	10	0.3		20.00%	0.6
13	Neonatología	1	23	0.45		70.00%	7.245
14	Neumología (TBC)	1	3	0.3		5.00%	0.045
		Total de tomas	157			34.64%	40.035

**Figura 19.- Resumen de Consumo de Oxígeno por Áreas. Fuente: HRDLMCH, Elaboración Propia**

Con el correspondiente cuadro Técnico Resumen:

Calculo de Consumo de Oxígeno Medicinal del Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo		
Q <sub>b</sub>	Flujo de oxígeno requerido por áreas de servicio (m <sup>3</sup> /hr)	40.035
F <sub>u</sub>	Factor de uso promedio (%)	34.64%
Q <sub>r</sub>	Requerimiento de flujo (m <sup>3</sup> /hr)	13.87
Q	Oxígeno / Periodo de abastecimiento por día (m <sup>3</sup> )	332.86
q	Consumo previsto (m <sup>3</sup> /mes)	9985.87
T <sub>i</sub>	Tiempo de trabajo (días/mes)	30

**Figura 20.- Resumen técnico. Fuente: HRDLMCH, Elaboración Propia**

### Cálculo de los principales Parámetros de funcionamiento

#### Caída de presión

Es la caída de presión en dos puntos dentro de un ducto o tubería, este fenómeno se presenta por el aumento de velocidad que presenta el gas cuando recorre la tubería (Por lo general debido a un aumento del caudal a presión constante). Para calcular la caída de presión se ha tomado información de la empresa TLV, compañía especialista en vapor. La fórmula para calcular la caída de presión entre dos puntos de una tubería está dada por la siguiente

ecuación (Derivada de la Ecuación General de los Fluidos Newtonianos, Navier Stockes):

$$\Delta P = \rho \times \mu \times L \times V^2 / 2d \quad (1)$$

De dónde:

d: Diámetro interno de la tubería (m), se supone una velocidad constante, en contra de lo que ocurre en la realidad, donde existe un perfil de velocidades,

L: Longitud de la tubería (m), contemplado las futuras ampliaciones por aumento de la capacidad de camas

V: Velocidad del gas (m/seg), promedio, no perfil de velocidades

$\Delta P$ : Caída de presión (Kp), (Altura Total, Topográfica + Presión + Velocidad)

$\mu$ : Coeficiente de fricción, de acuerdo al Nomograma de Moddy y ecuación de Colebruck

$\rho$ : Densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>), a las condiciones ambientales

El consumo de oxígeno, por áreas de trabajo del hospital Regional Docente Las Mercedes será:

Consumo de Oxígeno Por Areas								
Item	Descripcion por Areas de Servicio	Cant.	Flujo permitido (m <sup>3</sup> /hr)			Factor de Uso (%)	Flujo total de area	Longitud de tuberia (m)
			Toma	Camra	Sala			
1	Grugia Mujeres	1	6	03		5.00%	0.09	105
2	Grugia Varones	1	6	03		5.00%	0.09	
3	Tópico de curaciones	1	2	03		5.00%	0.03	
4	Obstetricia de alto riesgo	1	2	03		5.00%	0.03	62

**Figura 21.- Consumo de Oxígeno por Áreas. Fuente: Elaboración Propia**

### Calculo de tuberías de flujo de oxígeno medicinal

*Para el cálculo de las tuberías, se deberá tener en consideración que la caída de presión permitida en los sistemas de flujo de oxígeno medicinal será como*

**máximo 5 PSI.**

Para las diversas áreas del hospital se considerará lo siguiente:

**Montantes:**

Planos principales obtenemos que la longitud total del montante (Troncal) de la red es la siguiente:

Largo de tubería: m

Flujo másico: m<sup>3</sup>/Hr

Peso del Oxígeno molecular: 32

Temperatura de promedio: 15°C

Operación de la presión: 3.5 Bar equivalente a 50 Psi

Viendo el diámetro de la tubería para los departamentos de Cirugía de Mujeres, Hombres y Tópico de Curaciones que están ubicadas en ambientes comunes y tomando de manera inicial un diámetro interno nominal de ½”:

Seccion	Caudal (m <sup>3</sup> /hr)	Velocidad del flujo (m/seg)	Longitud de tuberia (m)	Diametro interior (m)	Perdida de presion (Pascales)
Cirugia mujeres, hombres y topico de curaciones	0.21	0.516	105	0.012	219382.8

**Figura 22.- Cálculos Diámetro 1/2 Pulgada**

Se determina que la disminución de presión es de 32 PSI, por lo tanto, el diámetro pre seleccionado no está dentro del rango. por lo que optamos por escoger un diámetro interno de ¾”:

Seccion	Caudal (m <sup>3</sup> /hr)	Velocidad del flujo (m/seg)	Longitud de tuberia (m)	Diametro interior (m)	Perdida de presion (Pascales)
Cirugia mujeres, hombres y topico de curaciones	0.21	0.516	105	0.019	19115.3

**Figura 23.- Cálculos Diámetro 3/4 Pulgadas**

Para el caso del departamento de obstetricia de alto riesgo, tenemos:

Seccion	Caudal (m <sup>3</sup> /hr)	Velocidad del flujo (m/seg)	Longitud de tubería (m)	Diametro interior (m)	Perdida de presión (Pascuales)
Obstetricia de alto riesgo	0.03	0.0737	62	0.012	2243.7

**Figura 24.- Cálculos Obstetricia de alto Riesgo**

Determinamos que la disminución de presión es de 3.25 PSI, por lo tanto, el diámetro de 1/2" o 12 mm es el más adecuado para esta aplicación en particular. De acuerdo a los cálculos reiterativos realizados, las tuberías de cobre tipo "K" tendrían los diámetros de 19 mm y 12 mm para el departamento de cirugía hombres, Departamentos cirugía mujeres, tópico de curaciones y Departamento de obstetricia de alto riesgo respectivamente.

**4.2. - Implementar el sector de generación para cumplir con la demanda de oxígeno medicinal de forma económica y durable con el paso de los años gracias a un plan de mantenimiento dirigido por el fabricante y cumplido correctamente por el personal técnico capacitado**

El plan de implementación de la Generación de oxígeno Medicinal en el Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo, es el siguiente:

**Proceso PSA y VSA**

No solo es necesario analizar y comentar el proceso PSA (*Adsorción por Oscilación de Presión*), por ser el método más antiguo de generar oxígeno, pues en el mercado de la Región Lambayeque y por ende en el mercado nacional también existen generadores de oxígeno medicinal que utiliza el sistema VSA (*Adsorción por Oscilación de Volumen*), utilizan resinas llamadas tamices moleculares para filtrar el nitrógeno contenido en el aire, obteniéndose el oxígeno al 95% +- 3 % de pureza.

Sin embargo, el proceso PSA ha sido superado en calidad y costo de producción de oxígeno medicinal por el proceso VSA (*Adsorción por Oscilación de Volumen*), que, para producir oxígeno del aire, elimina muchos de los problemas de diseño asociados con los sistemas tradicionales de adsorción por oscilación de presión (PSA).

Se analizan algunas ventajas del sistema de obtención de oxígeno medicinal usando el método de Adsorción por oscilación de vacío (VSA), esta nueva tecnología tiene varias ventajas sobre el proceso de PSA más comúnmente utilizado y que pasaremos a enumerar:

Para capturar el aire del medio ambiente se utiliza un soplador o Ventilador (Turbomáquinas de menor salto de presión, los ejes macizos del ventilador giran sobre rodamientos sellados, evitando así cualquier transferencia de aceite o lubricante con el aire, a diferencia de los compresores lubricados con aceite. Esta forma de producir oxígeno es ideal para aplicaciones médicas, pues contamina mucho menos el proceso.

Al trabajar a baja presión de operación, minimiza el potencial de condensación de agua. (Es decir que la presión parcial de vapor, disminuya hasta el límite, del punto de condensación y se produzca el fenómeno de cavitación y sus consecuencias metalográficas sobre las paredes de las tuberías y los rotores de los compresores). El proceso VSA elimina todas las válvulas y electroválvulas de proceso y colectores necesarios y de acuerdo al teorema del límite central, disminuye la probabilidad de falla.

Al trabajar este sistema con presión baja, se reduce el polvo de tamiz (zeolita), y el deterioro de este elemento, lo que resulta también en un menor costo de operación y mantenimiento y una mayor vida útil económica a esta resina zeolíticas, que es el mayor costo de estos procesos. Al trabajar el soplador con menor presión y trabajar sin aceite, los recipientes de zeolita del sistema VSA tendrán una vida útil mucho más larga que los tanques de zeolita del PSA – lo que comúnmente se necesita volver a embalar de material de tamiz cada 3 años, algo similar a pasado con los equipos del hospital, que ya se ha cambiado de zeolita por contaminación con aceite.

Cumple con la norma USP 93%  $\pm$  3 % y puede ser tan alta como 95%.  $\pm$  3 %.

Las especificaciones técnicas de los equipos PSA, serán las siguientes:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE GENERADOR DE OXIGENO PSA	
Características Técnicas	Valores
Marca	Penta Gas
Sistema Generador de Oxígeno	PGL - 250
Capacidad	06 m <sup>3</sup> /h
Pureza	93% +/- 3
Presión de entrega	45 - 55 psi
Voltaje necesario	230V 60 Hz 3 Fases
Dimensiones del Generador de Oxígeno (c/u)	1.70 x 1.10 x 1.88 (m)(L x A x H)
Ubicación Recomendada	Interior, exterior bajo techo
Compresor de Oxígeno	Tipo Tornillo Rotativo Lubricado
Tanque de Aire	Capacidad 53 gl, con secador de alta eficiencia
Nivel de ruido	65 db
Potencia	15 HP c/u
Unidad de control	PLC de 10 entradas y 8 salidas
Panel de control	Panel eléctrico y control generador de O <sub>2</sub>
	Panel electromagnético compresor
Peso estimado del Sistema	1040 Kg
Consumo estimado eléctrico	No menciona
Costo Estimado de Mantenimiento	El costo de mantenimiento por 02 años está incluido en el precio del generador

**Figura 25.- Especificaciones Técnicas Equipo PSA. Fuente: Elaboración Propia**

En cuanto a las principales especificaciones técnicas de los equipos VSA, son resumidas en la Fig. N° 26, adjunta:

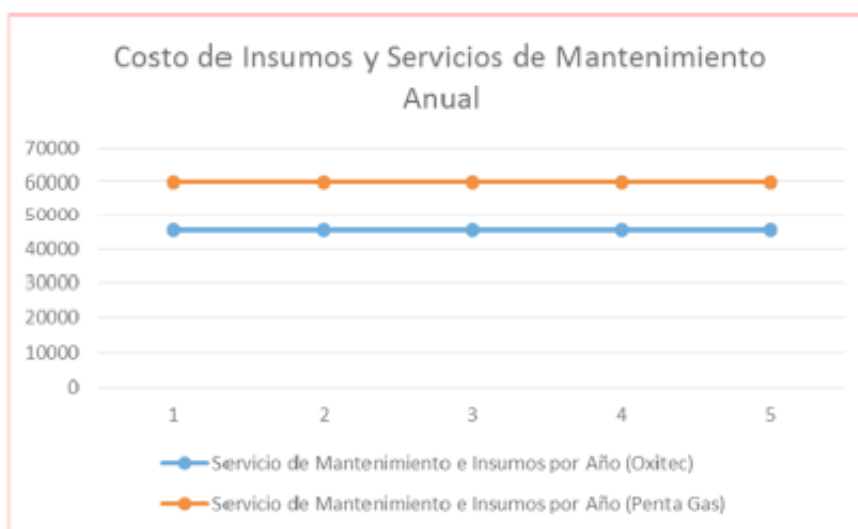
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE GENERADOR DE OXIGENO VSA	
Características Técnicas	Valores
Proceso de Generación	VSA (Adsorción Oscilante por Vacío)
Marca	PCI (Pacific consolidated industries)
Modelo	MDOCS 200
Capacidad	12 m <sup>3</sup> /h
Configuración	Modular montado sobre skids de acero. Ensamblado y probado en fábrica.
Pureza	93% +/- 3
Presión de entrega	Hasta 100 psi
Capacidad de tanque de O <sub>2</sub> de suministro a compresor	240 gl
Presión de diseño tanque de suministro	150 psi
Voltaje necesario	460V60 hz 3 Fases (Opcional 220V 60 Hz 3 Fases con Transformador Seco incluido)
Dimensiones del Generador de Oxígeno	1.85 x 2.16 x 1.68 (m)(L x A x H)
Ubicación Recomendada	Interior, exterior bajo techo
Compresor de Oxígeno	Cámara de compresión exenta de aceite
Eficiencia (Consumo eléctrico / m <sup>3</sup> producido)	0.83 kW-h/m <sup>3</sup>
Potencia de motor	30 Hp
Peso estimado del Sistema	1385 Kg
Consumo estimado eléctrico	9.5 kW @ 55 psig 10 kW @ 100 psig
Certificación	ISO 9001 e ISO 13485
Costo Estimado de Mantenimiento - Anual	US\$ 3,500 por año en consumibles
Opción de Monitoreo Remoto	El equipo cuenta con sistema para monitoreo remoto desde oficina post venta de Oxitec - Lima

Fuente: Datos de Manual de Fabricante

**Figura 26.- Especificaciones Técnicas Equipo VSA. Fuente: Elaboración Propia**

En lo relativo a gastos de mantenimiento de estas dos tecnologías alternativas para la producción de oxígeno medicinal, podemos decir lo siguiente: De las dos propuestas de equipos generadores, que tenemos como alternativas, debemos de mencionar que Penta gas ha propuesto 02 equipos generadores de oxígeno de 6.3 m<sup>3</sup>/hr cada uno (12.6 m<sup>3</sup>/hr entre los 02 equipos). La propuesta de costo de mantenimiento e insumos por año es de S/. 60,000.00 soles.

La otra propuesta lo obtenemos de la empresa Oxitec Sac, con un equipo generador de oxígeno medicinal de sistema VSA, produciendo hasta 12 m<sup>3</sup>/hr. El costo de mantenimiento e insumos por año es de S/. 45,677.8 soles. A continuación, la Figura siguiente nos muestra las tendencias de costos de mantenimiento VS años entre los 02 proveedores.



**Figura 27.- Costos de Mantenimiento de ambas Alternativas. Fuente: Elaboración propia**

Un análisis comparativo de las ventajas y desventajas de las alternativas, tecnológicas PSA y VSA, serán:



CUADRO COMPARATIVO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Características Técnicas	PCI	PENTA GAS
Proceso de Generación	VSA (Adsorción Oscilante por Vacío)	PSA (Adsorción por Oscilación de Presión)
Marca	PCI (Pacific consolidated industries)	Penta gas
Modelo	MDOCS 200	PGL - 250
Procedencia	EEUU - California	No indica
Capacidad	12 m <sup>3</sup> /h (01 solo equipo)	6.3 m <sup>3</sup> /h (se considera 02 equipos iguales)
Configuración	Modular montado sobre skids de acero. Ensamblado y probado en fábrica.	Modular montado sobre skids de acero. Ensamblado y probado en fábrica.
Pureza	93% +/- 3	93% +/- 3
Presión de entrega	Hasta 100 psi	(45 - 55) PSI
Capacidad de tanque de O <sub>2</sub> de suministro a compresor	240 Gl	80 Gl
Presión de diseño tanque de suministro	150 psi	
Voltaje necesario	460V60 hz 3 Fases (Opcional 220V 60 Hz 3 Fases con Transformador Seco Incluido)	230V 60 Hz 3 Fases
Dimensiones del Generador de Oxígeno	1.85 x 2.16 x 1.68 (m)(L x A x H)	1.70 x 1.10 x 1.88 (m)(L x A x H) por C/U
Ubicación Recomendada	Interior, exterior bajo techo	Interior, exterior bajo techo
Compresor de Aire	Utiliza Ventilador	De tronillo lubricado
Eficiencia (Consumo eléctrico / m <sup>3</sup> producido)	0.83 kW-h/m <sup>3</sup>	No indica
Potencia de motor	30 Hp	15 Hp por cada equipo
Peso estimado del Sistema	1385 Kg por 01 equipo de 12 m <sup>3</sup> /h	1040 Kg /cada equipo
Certificación para equipos médicos	ISO 9001 e ISO 13485	No indica
Costo Estimado de Mantenimiento - Anual	S/. 40,250 Soles / año	S/. 60,000 soles /año
Opción de Monitoreo Remoto	El equipo cuenta con sistema para monitoreo remoto desde oficina post venta de Oxitec - Lima	No tiene esta opción
Precio de Equipo generador	748,025.60 Soles (01 equipo de 12 m <sup>3</sup> /h). Precio incluye insumos y servicio de mantenimiento por 02 años	840,140.00 Soles (Por 02 equipos de 6.3 m <sup>3</sup> /h). Precio incluye insumos y servicio de mantenimiento por 02 años
Garantía del producto	24 meses	12 meses

**Figura 28.- Análisis Comparativo Tecnología PSA vs VSA. Fuente: Elaboración propia**

### Instalación de redes de oxígeno

La otra gran componente de los trabajos a ser realizados en el Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo, es la ampliación del sistema de tuberías, que conducen flujos de oxígeno y aire comprimido. También existe instalación de redes de oxígeno por donde no fluye este elemento medicinal por limitada producción de la planta de oxígeno, como es el caso del área de TBC, que tiene tuberías instaladas sin flujo de oxígeno, pero que con la ampliación de la capacidad de producción serán atendidas.

La Tesis considera duplicar la producción de oxígeno con la adquisición de nuevos generadores, por efecto también se ha considerado la instalación de nuevas redes de oxígeno para los servicios que aún no tienen ductos para llevar oxígeno, estos servicios son: Cirugía Mujeres, Cirugía Varones, Tópico

de Curaciones, Obstetricia de Alto Riesgo y las colocaciones de tomas de oxígeno y accesorios en el área de TBC, ubicado en el segundo piso del Hospital.

<b>Inventario de Tomas por Area de Servicio - Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo</b>	
<b>Primer Piso</b>	
Area	Oxigeno
Medicina Mujeres	17
Medicina Varones	18
Cirugia Mujeres	6
Cirugia Varones	6
Tópico de curaciones	2
Obstetricia de alto riesgo	2
Emergencia	20
Pediatría	19
Sala de partos	5
Sala de puerperio	8
Sala de operaciones	18
<b>Total 1er Piso</b>	<b>121</b>
<b>Segundo Piso</b>	
Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)	10
Neonatología	23
Neumología (TBC)	3
<b>Total 2do Piso</b>	<b>36</b>
<b>TOTAL DE TOMAS DE OXIGENO - HOSPITAL</b>	<b>157</b>

**Figura 29.- Metrado de Ductos Necesarios. Fuente: Elaboración propia**

En lo referente al diseño y disposición de las redes, se ha considerado que toda la tubería será de cobre tipo “K” pesado y sin costura para facilitar las uniones y de acuerdo a normas de la NFPA 99 (Normas contra Incendio), en lo referente a redes de oxígeno medicinal. El sistema contará con cajas de corte con válvulas de 03 cuerpos y manómetro para medir la presión que circula en estos tramos.

La red proyectada tendrá alarmas de presión en 02 zonas del hospital (Cirugía Mujeres y Cirugía Varones), además se coordinó con el personal de servicios de mantenimiento para colocar las alarmas maestras en la pared externa a la entrada de casa de fuerza del hospital y en los principales servicios abastecidos

Inventario de Valvulas, Cajas y Alarmas para Oxigeno Medicinal					
Nº	VALVULA	MEDIDA	UBICACION	CANTIDAD	GAS
1	Caja de Corte TBC	1/2"	3er piso, pared	1	Oxigeno
2	Caja de Corte Cirugia Mujer	1/2"	1er piso, pared Stand Enfermeras	1	Oxigeno
3	Caja de Corte Cirugia Hombre	1/2"	2do piso, pared Stand Enfermeras	1	Oxigeno
Nº	ALARMA	MEDIDA	UBICACION	CANTIDAD	GAS
1	Alarma maestra audio visual	1"	Pared externa de Casa Fuerza	1	Oxigeno
2	Alarma de zona	1/2"	1er piso, pared Stand Enfermeras - Cirugia	1	Oxigeno
3	Alarma de zona	1/2"	1er piso, pared Stand Enfermeras - Cirugia	1	Oxigeno

Fuente: Elaboracion propia

**Figura 30.- Inventario de Accesorios de Tuberías. Fuente: Elaboración propia**

Este trabajo de tesis, solamente se refiere a equipos generadores de oxígeno, reparación de los generadores de oxígeno y su distribución de las redes de oxígeno a través de redes faltantes. Pero de acuerdo a Normas, debemos de mencionar que en el hospital Las Mercedes, queda pendiente el trabajo de gestionar sistemas similares, como adquirir equipos para generar aire comprimido, equipos de vacío, dióxido de carbono, nitrógeno líquido y otros que se explica en la siguiente figura N° 31.

Gas medicinal	Aplicación
Oxigeno medicinal	Oxigenoterapias
	Vehiculo transportador de medicamentos
	Gas motor de equipos biomédicos (a falta de otro gas)
Aire Medicinal	Gas motor de equipos biomédicos: Ortopedia y ventiladores mecánicos
	Limpieza de campos quirúrgicos
	Productor de vacío por técnica Ventury
	Terapia respiratoria
Vacío y evacuación	Succión de líquidos en procedimientos
	Evacuación de gases anestésicos Oxido nitroso
Oxido Nitroso	Anestesia
	Analgesia
Nitrogeno Liquido	Terapias reumáticas
	Conservación de órganos, tejidos y fluidos
Dioxido de carbono	Aplicación en cirugías laparoscopicas por insuflación
	Terapias y cirugías de frio oftálmicas
	Fotocoagulación

**Figura 31.- Relación de Gases Medicinales. Fuente: Elaboración propia**

Los gases medicinales contemplados en este trabajo de tesis es solamente por el momento el oxígeno medicinal. Pero hacemos mención del aire medicinal, óxido nitroso o nitrógeno o dióxido de carbono y vacío, (N<sub>2</sub>O o N<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>), pueden ser distribuidos por el mismo diseño de red, pero deberán ser identificados y pintados de forma diferente (De acuerdo a las correspondientes normas de seguridad), dependerá de lo que requiera el Hospital.

### **Material de la tubería**

El material utilizado según normas internacionales NFPA 99 y CGA para la conducción de gases medicinales obedece. a códigos internacionales

### **Código de colores tubería**

Los colores de tubería que identifican la distribución de cada gas medicinal serían los que se muestran en el siguiente cuadro.

<b>Identificación de Gases Medicinales</b>	
<b>Oxígeno</b>	<b>(Verde)</b>
<b>Aire</b>	<b>(Amarillo)</b>
<b>Vacio</b>	<b>(Blanco)</b>
<b>Óxido Nitroso</b>	<b>(Azul)</b>
<b>Evacuación gases</b>	<b>(Violeta)</b>

**Figura 32.- Identificación de Gases Medicinales. Fuente: NFPA, elaboración Propia**

### **Soldadura**

Para la realización de las uniones soldadas se utilizará una soldadura de aleación de plata al 45%, con alto punto de fusión (por lo menos 537.8 °C).

No se deben usar fundentes de resina o aquellos que contengan mezclas de bórax y alcohol.

**4.3.- La propuesta de la adición de un generador con tecnología de VSA a la planta de generación de oxígeno medicinal propiciará un replanteo de las cañerías y aumento de ellas en áreas faltantes.**

**Propuesta de generador de Oxígeno Proceso VSA – Oxitec Sac**

El generador de oxígeno medicinal propuesto por la empresa Oxitec Sac, es un equipo de fabricación Norte Americana, de la marca PCI, de 12 m<sup>3</sup>/h, cuenta con certificación de calidad para equipos médicos (ISO 9001, ISO 13485), **su costo es de S/. 748,025.6 soles**, este precio incluye además del equipo generador, 01 transformador de voltaje acorde al voltaje del hospital, kit de repuesto para 02 años y servicio de mantenimiento también para 02 años, instalación y puesta en Operación, además de una garantía del producto por dos (02) años.



*Generador de Oxígeno Medicinal Modelo DOCS 200, Proceso VSA, Marca PCI – Capacidad hasta 12 m<sup>3</sup> /h*

**Figura 33.- Generador VSA, Marca PCI – 12 MT<sup>3</sup>/Hr. Fuente: PCI, elaboración propia**

De acuerdo al siguiente presupuesto, que procederemos a detallar:

Item	Nombre del producto	Modelo/Marca, Procedencia	Capacidad	Precio Unitario (\$)	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio Venta	Precio Costo (IGV)
1	GENERADOR DE OXIGENO						633920	748025.6
1.01	GENERADOR DE OXIGENO TIPO VSA	MDOC 200 - 55/ PCI / USA	12 m <sup>3</sup> /h	150000	525000	1	525000	619500
1.02	TRANSFORMADOR 220/460 V 3 FASES/60 HZ - 20KVA	S/N	S/N	2500	8750	1	8750	10325
1.03	KIT DE REPUESTOS DE MDOCS 200-55 / 2 AÑOS	797409-016	S/N	3060	10710	2	21420	25275.6
1.04	SERVICIO MANT. EN CHICLAYO - 2 AÑOS	S/N	S/N	8000	28000	2	56000	66000
1.05	TRANSPORTE E INSTALACION	SN	S/N	6500	22750	1	22750	26845
TOTAL (S/.) Incluye IGV								805432.6
2	CILINDRO DE O2 MEDICINAL	S/N	8 m <sup>3</sup>	300	1050	30	31500	37170
3	COCHES PARA TRANSPORTE DE CILINDROS DE GASES MEDICINALES	SN	240 Kg / 3 ruedas	200	700	2	1400	1652
4	MEDIDOR DE FLUJO CON TOTALIZADOR	AREA VARIABLE - H250 - KROHNE	500 SLPM	4500	15750	1	15750	18585

**Figura 34.- Presupuesto de Generador VSA. Fuente: Elaboración propia**

Se considera, en el proyecto, los siguientes bienes adicionales:

### Cilindros de Oxígeno Medicinal

También se describe las características mínimas y costos de cilindros de oxígeno con capacidad de 8 m<sup>3</sup>, que según requerimientos es de 30 unidades a un costo de S/. 37,170.00 soles



**Figura 35.- Cilindros para almacenar oxígeno. Fuente: Elaboración propia**

### **Coches para Transporte de Cilindros de Gases Medicinales**

También se describe las características mínimas y costos de coches para transportes de cilindros de gases medicinales con capacidad de carga de 240 kg, de 03 ruedas, que según requerimientos es de 02 unidades a un costo de **S/. 1,652.00 soles.**



**Figura 36.- Coche Transportador. Fuente: Elaboración propia**

### **Medidor de Flujo Másico con Totalizador**

También se describe las características mínimas y costo de 01 Fluxómetro másico con totalizador, ideal para medir la cantidad de oxígeno producido en el momento y el acumulado en el tiempo de producción, su capacidad es de hasta 500 litros por minuto de flujo de oxígeno que fluye por la cañería de salida, que según requerimiento es de 01 unidad a un costo de **S/. 18,585.00 soles**

Y por último el presupuesto referencial, de las redes de tuberías de oxígeno, a costos unitarios, a la fecha, vendría dados por el siguiente cuadro de análisis:

CLIENTE: RAVADI SAC  
 PROYECTO: HOSPITAL DOCENTE LAS MERCEDES  
 LUGAR: CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 PARTIDA: RED DE OXÍGENO



Item	Descripción	Und.	MTC000	V. Unitario		V. Total	
				S/.	S/.		
01	INSTALACIONES MECANICAS						
01.01	SALIDAS DE GASES MEDICINALES						
01.01.01	TOMA DE PARED DISE PARA OXIGENO	und	16.00	S/.	263.17	S/.	4,090.78
01.01.02	CONECTOR "Y" PARA SALIDA DOBLE DE OXIGENO - CONEXION DISE	und	16.00	S/.	160.85	S/.	2,400.77
01.01.03	FLUJOMETRO DE OXIGENO 0-15 LPM, CONEXION DISE & ESPIGA	und	32.00	S/.	134.95	S/.	4,318.82
01.01.04	FRASCOS HUMIDIFICADORES PARA OXIGENO	und	32.00	S/.	84.80	S/.	2,713.58
01.02	TUBERIAS DE OXIGENO						
01.02.03	TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1" (INST.MEC.)	m	112.00	S/.	81.80	S/.	9,151.45
01.02.04	TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 3/4" (INST.MEC.)	m	63.00	S/.	67.65	S/.	4,259.25
01.02.06	TUBERIA DE COBRE TIPO K DE 1/2" (INST.MEC.)	m	78.00	S/.	48.60	S/.	3,404.18
01.03	ACCESORIOS & COLGADORES						
01.03.01	ACCESORIOS DE COBRE COMO CODOS 90°, TEE, REDUCCIONES, UNION SIMPLE, ETC.	gb	1.00	S/.	2,376.94	S/.	2,376.94
01.03.02	COLGADORES PTUBERIAS DE GASES	gb	1.00	S/.	5,587.22	S/.	5,587.22
01.04	VALVULAS DE TRES CUERPOS - APLICACION MEDICINAL						
01.04.01	VALVULA ESFERICA DE BRONCE DE 1" (INST. MEC.)	und	3.00	S/.	387.98	S/.	1,153.95
01.04.03	VALVULA ESFERICA DE BRONCE DE 1/2" (INST. MEC.)	und	12.00	S/.	286.75	S/.	3,429.47
01.05	CAJA DE CORTE - APLICACION MEDICINAL						
01.05.01	CAJA DE CORTE DE UNA (01) VALVULA (02 - 1/2") (INST. MEC.)	und	1.00	S/.	1,028.50	S/.	1,028.50
01.06	PANEL DE ALARMAS AUDIOVISUALES						
01.06.01	ALARMA DE ZONA PARA OXIGENO (INST.MEC.)	und	2.00	S/.	3,718.78	S/.	7,437.52
01.06.02	ALARMA MAESTRA DE 10 PUNTOS (INST.MEC.)	und	1.00	S/.	9,025.33	S/.	9,025.33
01.07	PRUEBAS ELECTROMECANICAS						
01.07.01	PRUEBAS DE REDES	gb	1.00	S/.	3,551.32	S/.	3,551.32
01.08	GASTOS GENERALES Y CONSUMIBLES						
01.08.01	SOPORTE TECNICO Y SUPERVISION DE INSPECTOR E INSTALADOR DE REDES DE GASES MEDICINALES ACREDITADO CON ASSE 6000 Y ASSE 6010, RESPECTIVAMENTE.	gb	1.00	S/.	21,408.57	S/.	21,408.57
01.08.02	GASTOS GENERALES, VIATICOS, ANDAMIOS, MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION EN RUTA LIMACHICLAYO-LIMA (Carpas, herramientas, accesorios, equipos, tuberías, etc)	gb	1.00	S/.	23,756.79	S/.	23,756.79
01.08.03	CONSUMIBLES COMO SOLVENTE PARA LAVADO DE TUBERIAS, SOLDADURA DE PLATA 45%, FUNDENTE, OXIGENO, ACETILENO Y NITROGENO	gb	1.00	S/.	13,189.29	S/.	13,189.29
				<b>SUB - TOTAL</b>		<b>S/.</b>	<b>123,604.62</b>
				<b>I.G.V. (18%)</b>		<b>S/.</b>	<b>22,248.83</b>
				<b>TOTAL VENTA</b>		<b>S/.</b>	<b>145,853.45</b>

#### 4.4.- Realizar la evaluación económica – financiera de la propuesta de investigación, con los criterios VAN y TIR.

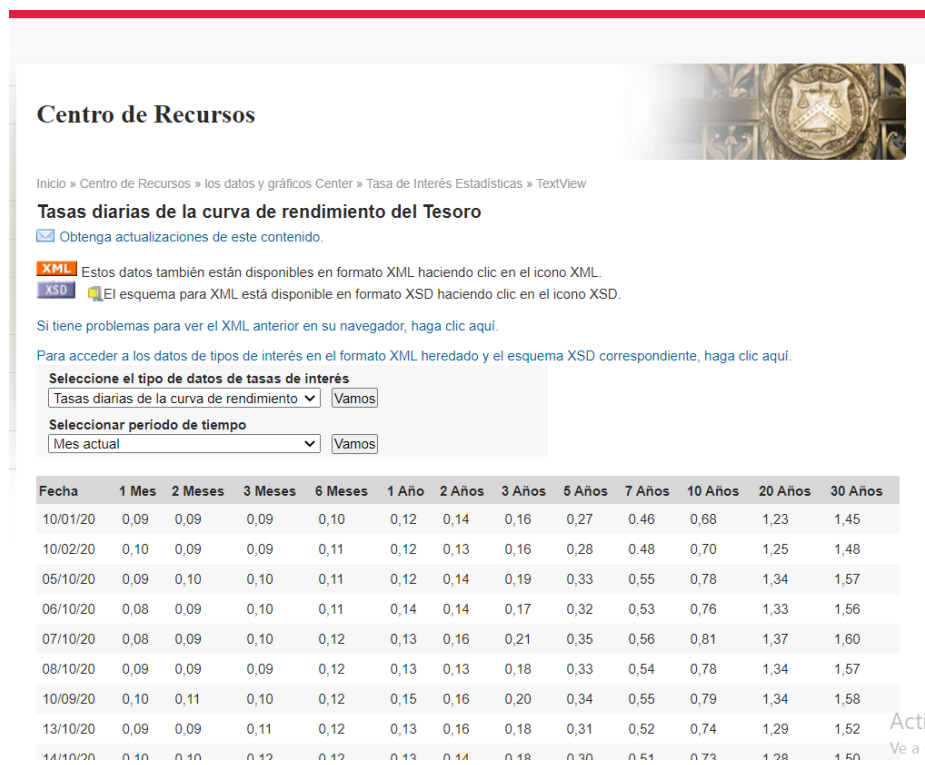
La medida de la evaluación económica – financiera del proyecto, como medida efectiva de la viabilidad del proyecto, la vamos a realizar con base a medidas de valor en soles privados, es decir tener como ingresos los ahorros efectuados en la compra de gas medicinal en botellas, a precios privados de mercado, y considerando los costos de desabastecimiento, que puede hasta el costo social de la vida humana, como ingresos se consideran los costos de amortización o depreciación contable, de los equipos, más los costos de operación – energía eléctrica, grasas, lubricantes, mano de obra, entre otros, más los costos de mantenimiento , periódicos, programados, no programados, correctivos, preventivos, predictivos, entre otros, a tener en cuenta.



Para la determinación del costo promedio de capital, utilizaremos la siguiente expresión matemática:

Tasa de interés: tasa base (oferta LM, demanda IS), en base a los bonos del tesoro de la FED USA a 30 años de plazo vista y sin ningún riesgo colateral + Tasa riesgo país, es decir resultado de riesgos macroeconómicos y de populismo irresponsable + tasa riesgo negocio y riesgo personal que toma en cuenta los factores micro económicos y de historial crediticio de la personas jurídicas y naturales.

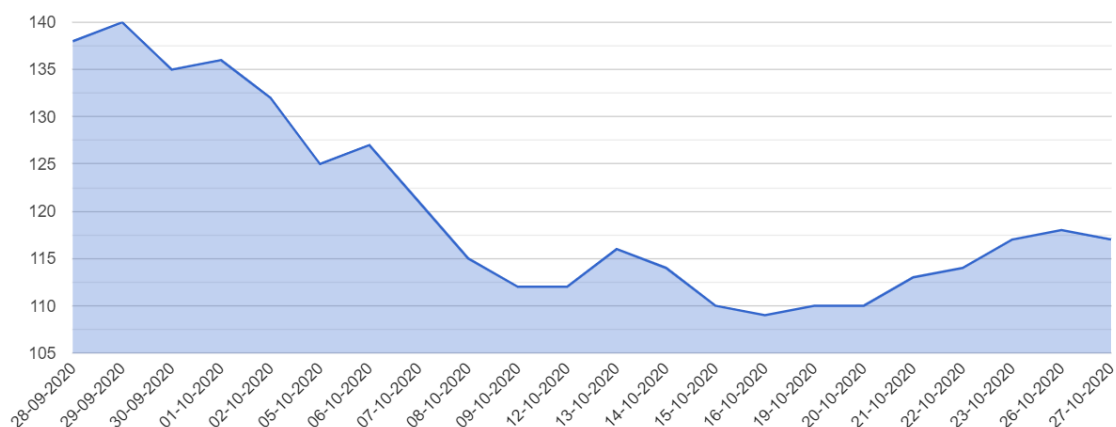
Al respecto debemos de considerar:



**Figura 37.- Tasas de interés de la Reserva USA. Fuente: BCR, Elaboración propia**

Así mismo en lo que se refiere a riesgo negocio, tendríamos que:

Country	Moody's rating	Default Spread	Country Risk Premium	Equity Risk Premium	Sovereign CDS
Abu Dhabi	Aa2	0.58%	0.73%	5.96%	0.97%
Albania	B1	5.28%	6.61%	11.84%	NA
Algeria	NA	14.08%	17.63%	22.86%	NA
Andorra (Principality of)	Baa2	2.23%	2.80%	8.03%	NA
Angola	B3	7.63%	9.56%	14.79%	10.46%
Argentina	Ca	14.08%	17.63%	22.86%	NA
Armenia	Ba3	4.22%	5.29%	10.52%	NA
Aruba	Baa1	1.87%	2.35%	7.58%	NA
Australia	Aaa	0.00%	0.00%	5.23%	0.32%
Austria	Aa1	0.47%	0.58%	5.81%	0.22%
Azerbaijan	Ba2	3.53%	4.41%	9.64%	NA
Bahamas	Ba2	3.53%	4.41%	9.64%	NA
Bahrain	B2	6.46%	8.09%	13.32%	4.11%
Bangladesh	Ba3	4.22%	5.29%	10.52%	NA
Barbados	Caa1	8.80%	11.02%	16.25%	NA
Belarus	B3	7.63%	9.56%	14.79%	NA
Belgium	Aa3	0.71%	0.89%	6.12%	0.31%
Belize	Caa1	8.80%	11.02%	16.25%	NA
Benin	B2	6.46%	8.09%	13.32%	NA
Bermuda	A2	1.00%	1.25%	6.48%	NA
Bolivia	B1	5.28%	6.61%	11.84%	NA
Bosnia and Herzegovina	B3	7.63%	9.56%	14.79%	NA
Botswana	A2	1.00%	1.25%	6.48%	NA
Brazil	Ba2	3.53%	4.41%	9.64%	3.01%
Brunei	NA	1.00%	1.25%	6.48%	NA
Bulgaria	Baa2	2.23%	2.80%	8.03%	0.91%
Burkina Faso	B2	6.46%	8.09%	13.32%	NA
Cambodia	B2	6.46%	8.09%	13.32%	NA
Cameroon	B2	6.46%	8.09%	13.32%	8.41%
Canada	Aaa	0.00%	0.00%	5.23%	0.37%
Cape Verde	B2	6.46%	8.09%	13.32%	NA
Cayman Islands	Aa3	0.71%	0.89%	6.12%	NA
Chile	A1	0.83%	1.03%	6.26%	1.27%
China	A1	0.83%	1.03%	6.26%	0.80%



**Figura 38.- Tasas de interés Riesgo Negocio. Fuente: BCR, Elaboración propia**

En cuanto a la tasa de interés riesgo país, este se basa en las clasificaciones de las agencias internacionales, como, por ejemplo:

Los niveles de ingresos por la producción de oxígeno en la planta de oxígeno VSA, serán dada por la siguiente serie de tiempo:

Año	Ingresos
2021	1'110,000
2022	1'134,000
2023	1'157,000
2024	1'194,000
2025	1'214,000
2026	1'256,000
2027	1'267,000
2028	1'281,000
2029	1'296,000
2030	1'312,000

Lo cual me determina el siguiente flujo de caja:

#### FLUJO DE CAJA

ITEM/AÑO	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
S. INICIAL C	105.478	3.679.154	4.665.571	5.672.718	6.714.560	7.774.057	8.873.172	9.980.867	11.100.102	12.231.836
VENTAS	1.110.000	1.134.000	1.157.000	1.194.000	1.214.000	1.256.000	1.267.000	1.281.000	1.296.000	1.312.000
PRESTAMC	3.414.459									
S. DISPONIE	4.629.937	4.813.154	5.822.571	6.866.718	7.928.560	9.030.057	10.140.172	11.261.867	12.396.102	13.543.836
<b>EGRESOS</b>										
MAT. PRIM/	35.000	35.354	35.711	36.072	36.437	36.805	37.177	37.553	37.933	38.317
MATERIALE	7.650	7.837	8.029	8.226	8.428	8.634	8.846	9.062	9.284	9.512
MAND OBR	11.500	11.641	11.785	11.930	12.076	12.225	12.375	12.527	12.682	12.838
COMPRA EI	805.433									
TOTAL EGF	859.583	54.833	55.525	56.228	56.941	57.664	58.398	59.143	59.899	60.666
IMPUESTO:	91.200	92.750	94.327	95.931	97.562	99.220	100.907	102.622	104.367	106.141
TOTAL + Ily	950.783	147.583	149.853	152.159	154.503	156.885	159.305	161.765	164.266	166.807
S. FINAL	3.679.154	4.665.571	5.672.718	6.714.560	7.774.057	8.873.172	9.980.867	11.100.102	12.231.836	13.377.029

#### PERDIDAS Y GANANCIAS

ITEM/AÑO	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
VENTAS	1.110.000	1.134.000	1.157.000	1.194.000	1.214.000	1.256.000	1.267.000	1.281.000	1.296.000	1.312.000
<b>TOTAL ING</b>	<b>1.110.000</b>	<b>1.134.000</b>	<b>1.157.000</b>	<b>1.194.000</b>	<b>1.214.000</b>	<b>1.256.000</b>	<b>1.267.000</b>	<b>1.281.000</b>	<b>1.296.000</b>	<b>1.312.000</b>
MAT. PRIM/	35.000	35.354	35.711	36.072	36.437	36.805	37.177	37.553	37.933	38.317
MATERIALE	7.650	7.837	8.029	8.226	8.428	8.634	8.846	9.062	9.284	9.512
MAND OBR	11.500	11.641	11.785	11.930	12.076	12.225	12.375	12.527	12.682	12.838
IMPUESTO:	11.200	11.390	11.584	11.781	11.981	12.185	12.392	12.603	12.817	13.035
<b>TOTAL EGF</b>	<b>65.350</b>	<b>66.223</b>	<b>67.109</b>	<b>68.009</b>	<b>68.922</b>	<b>69.849</b>	<b>70.791</b>	<b>71.746</b>	<b>72.716</b>	<b>73.701</b>
<b>UTILIDAD</b>	<b>1.044.650</b>	<b>1.067.777</b>	<b>1.089.891</b>	<b>1.125.991</b>	<b>1.145.078</b>	<b>1.186.151</b>	<b>1.196.209</b>	<b>1.209.254</b>	<b>1.223.284</b>	<b>1.238.299</b>
-805.433	986.650	1.007.777	1.019.891	1.036.991	1.065.078	1.081.151	1.093.209	1.101.254	1.109.284	1.119.299
<b>VAN</b>	<b>8.112.124</b>									
<b>TIR</b>	<b>124%</b>									

## V.- DISCUSIÓN

El uso del oxígeno medicinal en los procedimientos hospitalarios, cada vez se hace más necesario y frecuente, esto en los tiempos de la pandemia del COVID, se ha hecho mucho más de manifiesto, el oxígeno medicinal a la fecha está regulado en una concentración del 93 %, habiendo sido en algún momento regulado a una concentración del 99 %, esto permite que el oxígeno criogénico (únicamente producible en instalaciones especiales y almacenado en contenedores especiales), puedan ser sustituidas por Plantas generadoras de oxígeno , ya sea por medio del proceso PSA (Proceso a presión), como con el proceso VSA (Proceso a volumen)

En el hospital Regional docente Las Mercedes de Chiclayo, existe desde el año 2010, una planta de generación de oxígeno de una capacidad de 12 mt<sup>3</sup>/hora , que por el constante uso y su falta de un adecuado mantenimiento, bajo su producción, razón por la cual en el año 2017, sufrió una reparación general, que le devolvió sus características iniciales de funcionamiento y productividad e incluso se pudo ampliar sus tomas de aire a 25 tomas adicionales, con el aumento de las prestaciones de salud, que puede brindar el hospital.

La repotenciación, básicamente consistió en cambiar los dos compresores alternativos, por dos compresores de tornillo, marca atlas Copco, cambio de la resina zeolíticas, reprogramación de los PLC (Controladores lógicos Programables), reparación del compresor de oxígeno, reparación de sistemas de protección eléctrica, reparación de tanques de almacenamiento de Oxígeno.

Esto ha permitido un ahorro sustancial en la compra de oxígeno en balones, y sobre todo haber afrontado la escasez en época de pandemia, donde no se podría obtener oxígeno por ningún lado, a menores costos, los cuales nos servirán para determinar la viabilidad del presente proyecto.

Las nuevas redes han sido confeccionadas con tubos de cobre tipo K, con recubrimientos termoplásticos, en los lugares en donde no van empotrados en las antiguas paredes del hospital docente Las Mercedes de Chiclayo, se han instalado con válvulas de corte, con alarmas visuales y audibles por corte, con un Manifold,

que, en horas de poca demanda, sirva para llenar balones de oxígeno de reserva para adsorber los picos de demanda de oxígeno, por las tareas propias de sus actividades.

## VI.- CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo Número uno, se llega a la conclusión, que el Hospital Las Mercedes posee una planta de oxígeno compuesta por 02 generadores de oxígeno que produce cada una de ellas alrededor de 6.3 m<sup>3</sup>/h, según datos del fabricante y del Tipo PSA (Pressure Swing adsorption – Adsorción por Oscilación de Presión, que resulta más económico que comprarlo en forma de cilindros de Oxígeno y tiene un aprovisionamiento más seguro y que significa salvar vidas, como en la actual coyuntura de Pandemia COVID – 19, también resulta más conveniente, que el sistema de abastecimiento de Oxígeno Criogénico, es decir los equipos PSA están instalados en el Centro del Hospital.

En cuanto al objetivo número dos, se determina que, la otra gran componente de los trabajos a ser realizados en el Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo, es la ampliación del sistema de tuberías, que conducen flujos de oxígeno y aire comprimido. También existe instalación de redes de oxígeno por donde no fluye este elemento medicinal por limitada producción de la planta de oxígeno, como es el caso del área de TBC, que tiene tuberías instaladas sin flujo de oxígeno, pero que con la ampliación de la capacidad de producción serán atendidas.

En cuanto al objetivo número tres, se desecha la alternativa, del generador de oxígeno medicinal propuesto por la empresa Oxitec Sac, es un equipo de fabricación Norte Americana, de la marca PCI, de 12 m<sup>3</sup>/h, cuenta con certificación de calidad para equipos médicos (ISO 9001, ISO 13485), **su costo es de S/. 748,025.6 soles**, este precio incluye además del equipo generador, 01 transformador de voltaje acorde al voltaje del hospital, kit de repuesto para 02 años y servicio de mantenimiento también para 02 años, instalación y puesta en Operación, además de una garantía del producto por dos (02) años. Y en cuanto al objetivo N.º 4, se verifica la viabilidad del proyecto de reparación de la planta de oxígeno con los indicadores económicos, financieros del VAN, que alcanza un valor de 8`112,124 y el TIR, que alcanza un valor del 124 %

## **VII.- RECOMENDACIONES**

La implementación de este proyecto, es de vital importancia social para afrontar la crisis de la pandemia del COVID 19, con el menor número de personas fallecidas y afectadas en su sistema respiratorio de manera permanente, por lo que aumentar la oferta de oxígeno medicinal es de vital importancia

## REFERENCIAS

**AnstrongN. 2012.** *The Use of Oxygen in the Spanish Industry.* Miami : Reverte , 2012.

**Atencio Ortiz, Juan Luis. 2017.** *Exportacion de pulpa de palta a Estados Unidos - California.* Plan de Negocios Internacionales, Universidad San Martin de Porres. Lima : s.n., 2017. pág. 82, Tesis Pregrado.

**BaylyM. 2016.** *PSA Process, Prospective Analysis.* Miami : Reverte, 2016.

**BradlyO. 2017.** *Industrial Uses of Oxygen.* Los Angeles : Reverte, 2017.

**Budynas , Richard G. y Nisbett, J. Keith.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* [ed.] McGraw-Hill. Octava. Mexico : s.n. pág. 1092. 970-10-6404-6.

**Budynas, Richard G., Nisbett, J. Keith y Ríos Sánchez, Miguel Ángel. 2008.** *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.* Octava. D.F. : McGraw-Hill, 2008.

**Choquecondo Pumacota, Ruth Yasmin y Mamani Tarifa, Gladis Vanesa. 2019.** *Evaluación Del Proceso Oxidativo En El Producto Liofilizado Y Pulverizado De Palta (Persea Americana Mill) Variedad Fuerte, Mediante La Adición De Antioxidantes Y Maltodextrina Como Coadyuvante De Secado.* Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa : s.n., 2019. pág. 260, Tesis Pregrado.

**CoroneIM. 2017.** *Latin American and Caribbean Technological Oxygen Research Institute.* New York : Reverte, 2017.

**Delgado Suarez, Antony, Espinoza Guzman, Bryan y Mendoza, Kattia Juarez. 2013.** *Diseño de la línea de producto para la elaboración y envasado de pure de palta en el departamento de Piura.* Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. 2013. pág. 91, Tesis de Pregrado.

*Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático.* **Castillo, Jairo, Rojas, Vicente y Martínez, Jorge. 2017.** 2017, Revista Politécnica.

**DoderoA. 2017.** *Normatividad Biomedica en America Latina.* Buenos Aires : Limusa, 2017.

**DonavanM. 2014.** *Oxygen in the Purification of Water in Africa.* New York : Mac Graw Hill, 2014.



- DumlerM. 2016.** *Oxygen therapy in Modern Industry.* Londres : Limusa, 2016.
- Eduardo, Sevillano Gainza Gonzalo. 2014.** *Diseño Mecánico de un Simulador de Marcha Normal basado en la Plataforma Stewart-Gough.* Lima . Lima : s.n., 2014. pág. 113.
- Efrain, Lazaro. 2014.** *Gases Medicinales .* Bogota : Limusa, 2014.
- Elena, Blanco Romero María. 2018.** *Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contexto de comunidades en desarrollo.* Barcelona : s.n., 2018. pág. 189.
- EspinizaG. 2016.** *The Vacuum Absorption Process in the Generation of Medicinal Oxygen.* Lima : UNI, 2016.
- EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE MATERIAL DE ENVASE SOBRE PALTA (Persea Americana) CV. EDRANOL COMO PRODUCTO IV GAMA.* **Undurraga, P., Olaeta, J. A. y Olivares, C. 2007.** Viña del Mar : s.n., 2007, Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate), págs. 12-16. 978-956-17-0413-8.
- FariasF. 2016.** *Universal Industrial Gases.* Lima : PUCP, 2016.
- FernandezJ. 2014.** *PSA Processes in the Hospital of Havana Cuba.* La Habana : MIR, 2014.
- Formulacion de un producto untable de palta.* **Carvalho, Maria y Schaffeld, Guillermo. 1983.** 4, 1983, Revista "Alimentos", Vol. 8, págs. 9-14.
- GarciaM. 2018.** *Topicos de Redes de Distribucion de Gases Medicinales .* Lima : PUCP, 2018.
- Gestion. 2013.** *Exportaciones de Preparacion de Palta a Estados Unidos Sumaron US\$ 11.7 millones.* Lima : Gestion, 2013.
- GottusoS. 2016.** *Characterization of Hypoxia treatments in invasive lung diseases.* Londres : Reverte, 2016.
- Guizado Diaz, Joel Nicolas. 2018.** *Diseño y Construcción de un Prototipo de Maquina Moledora de Choclo con Capacidad de 25 kg/h.* Ingenieria Mecanica, Universidad de Ingenieria y Tecnologia UTEC. Lima : s.n., 2018. pág. 177, Tesis de Pregrado.
- HamiltonB. 2016.** *The medicinal use of oxygen, modern trends.* Boston : Ma Graw Hill, 2016.

- HarrisonR. 2016.** *Planning of Oxygen Therapy in the World Health Organization.* Los Angeles : MIR, 2016.
- HarrizJ. 2017.** *The use of Zeolite as a filter in PSA Processes.* Los Angeles : Reverte, 2017.
- HofferL. 2016.** *Aplicaciones del Oxígeno Medicinal en la Medicina Moderan .* Los Angeles : UC URVINE, 2016.
- Huarza Taipe, Jhon Alex. 2017.** *Diseño De Máquina Clasificadora De Paltas Tipo Hass Para El Distrito De Omate, Provincia De Sánchez Cerro, Moquegua – Perú.* Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa : s.n., 2017. pág. 204, Tesis de Pregrado.
- HuchiyamaT. 2011.** *La Red Asistencial de Salud de la Región Lambayeque.* Chiclayo : UNPRG, 2011.
- JhonsonB. 2016.** *Behavioral diseases and their treatment with oxygen therapy.* New York : Reverte, 2016.
- LavosierC. 2014.** *El Oxígeno su origen y aplicaciones.* Lima : UNI, 2014.
- MacanidR. 2016.** *Complexity of Operation of PSA VS VSA Systems.* Bogotá : Limusa, 2016.
- MacArturhD. 2017.** *Clinical Simology advances in Science.* Londres : Reverte, 2017.
- MalthusJ. 2018.** *Fractional distillation in the Crigenic Processes.* Miami : Reverte, 2018.
- MIMSA. 2019.** *maquina Processmax.* Mexico : s.n., 2019.
- Ministerio de Salud . 2018.** *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de Productos Farmacéuticos.* Lima : MINSa, 2018.
- MontezaC. 2017.** *Operacion y Mantenimiento de lineas de Oxígeno Medicinal.* Lima : UNI, 2017.
- MullerU. 2016.** *Procesos de Concentracion de Oxígeno en la Industria Farmaceutica.* Mexico : Reverte, 2016.
- NakasakiC. 2012.** *La Historia del Hospital Las Mercedes dentro la atención de la Salud de la Ciudad de Chiclayo.* Chiclayo : UNT, 2012.
- NixonR. 2013.** *Pressure Alterations and Use of Medicinal Oxygen.* Londres : Reverte, 2013.
- PattersonQ. 2015.** *Oxygen in the Petrochemical Industry.* Sidney : Reverte, 2015.

- Peru ProHass. 2019.** ProHass. *Venden pulpa de aguacate congelada que no se oscurece.* [En línea] 2019. <http://www.prohass.com.pe/blog/2017/06/venden-pulpa-de-aguacate-congelada-que-no-se-oscorece>.
- PriestleyJ. 2017.** *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* . Londres : Mac Graw Hill, 2017.
- PulgarM. 2017.** *Procesos de Fabricacion de Oxigeno.* Barcelona : UPC, 2017.
- QuispeJ. 2016.** *Automatizacion de Tableros de Control BioMedicos.* Lima : UPC, 2016.
- RamirezR. 2018.** *Evaluación de los beneficios de la producción in situ de oxígeno medicinal en la ESE Hospital Universitario La Samaritana de Bogotá, por el Sistema PSA. Estimación de posibles efectos en el sector de la salud.* . Bogota : Limusa, 2018.
- Republica. 2012.** *Gastronomia & Cia. rucos para que el aguacate no se oxide.* [En línea] 2 de setiembre de 2012.
- Salvador Reyes, Rebeca. 2016.** *Modelamiento de la Relacion Calibre, Humedad y Contenido de aceite en palta HASS (Persea Americana) de descarte por debajo calibre para la elaboracion de Pulpa.* Escuela Academico Profesional de Ingenieria Agroindutrial, Universida Nacional de Santa. Nuevo Chimbote : s.n., 2016. pág. 141, Tesis de Pregrado.
- SanchezP. 2016.** *Normatividad en la Industria Biomedica.* Mexico : UNAM, 2016.
- ScottA. 2017.** *Oxygen Industry Hazard Identification and Risk Assessment Matrix.* New York : Mac Graw Hill, 2017.
- Sociedad Canadience de Mediicna Interna . 2012.** *Oxygen Therapy Guide of the Canadian Medical Society.* Vancouver : Limusa, 2012.
- SolopulosA. 2015.** *Hypoxic Processes in Neonates under Down Syndrome.* Miami : Mc Graw Hill, 2015.
- StanleyL. 2017.** *VSA Process, Prospective Analysis.* Boston : Limusa, 2017.
- Valenzuela Reyes, Rosa Ester. 1996.** *Evaluacion de Congelado en Palta (Persea Americana Mili) en los Cultivares Fuerte, Hass, Edranol y Bacon Bajo distintas Formulaciones.* Facultad de Agronomia, Universidad Catolica de Valparaiso. Quillota : s.n., 1996. pág. 84, Tesis Pregrado.
- VaronaC. 2017.** *Procesos Unitarios en Ingenieria Quimica.* Lima : UNI, 2017.

**VentoC. 2016.** *Clinicas Neonatales , un analisis historico.* Buenos Aires : Reverte, 2016.

**WAC . 2019.** IX world avocado congress colombia. *Empaque y conservacion de aguacate hass.* [En línea] 23 de septiembre de 2019. <https://worldavocadocongress.co/es/empaque-y-conservacion-del-aguacate-hass/>.

**WatsonB. 2017.** *Handbook de Instalaciones Biomedicas de Gases.* Lima : PUCP, 2017.

**YoungN. 2016.** *Morbilidad debida al uso de oxígeno medicinal a altas presiones.* Miami : Limusa, 2016.

**ZamaoraF. 2016.** *Sistemas Criogenicos para la Produccion de Oxigeno Medicinal* . Lima : Limusa, 2016.