



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**TESIS**

**DISEÑO DE UN CONCENTRADOR DE OXÍGENO  
MEDICINAL DE BAJO COSTO PARA PACIENTES CON  
INSUFICIENCIA RESPIRATORIA**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autor:**

**Bach. Delgado Izquierdo Alexander**

**Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3121-0073>**

**Asesor:**

**Mg. Alvarado Silva, Carlos Alexis**

**Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3588-8869>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura Tecnología Y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2022**

**DISEÑO DE UN CONCENTRADOR DE OXÍGENO MEDICINAL DE BAJO  
COSTO PARA PACIENTES CON INSUFICIENCIA RESPIRATORIA**

**APROBACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

---

Dra. Silvia Yvone Gastiaburú Morales

**Presidente del jurado de Tesis**

---

MSc. Angel Marcelo Rojas Coronel

**Secretario(a) del jurado de tesis**

---

Mg. Carlos Alexis Alvarado Silva

**Vocal del jurado de tesis**

## **Dedicatoria**

*Dedico esta tesis a los seres que me dieron la vida, por sus consejos, dedicación y esfuerzo dados a lo largo de mi formación académica, así mismo a mis amigos y docentes por acompañarme a culminar la carrera de Mecánica Eléctrica.*

*Así mismo también a mis hermanos James y Jimmy por incentivar me a culminar la carrera, quienes siempre estuvieron a mi lado desde que empecé mi este trayecto profesional.*

## **Agradecimiento**

*A Dios por darme la vida y orientarme por el camino correcto, agradezco a mi familia y amigos por brindarme su sabiduría y sus consejos la cual permitieron fortalecerme como persona, Al Mg. Ing. Carlos Alexis Alvarado Silva, exprésale un total agradecimiento por sus consejos, tiempo, dedicación, compromiso y orientación a lo largo del desarrollo de mi tesis, también un grato agradecimiento a todos los docentes de la Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica por tantas enseñanzas brindadas a lo largo de la carrera.*

## RESUMEN

El presente proyecto se toma por la reciente demanda del desabastecimiento de generadores de oxígeno (tanque de oxígeno, concentrador de oxígeno) ocurrido por la pandemia COVID -19. Es por ello que se propone diseñar un concentrador de oxígeno de bajo costo para las personas con insuficiencias respiratorias.

Para determinar el diseño se realizó una encuesta para optimizar las necesidades y los requerimientos del usuario. Por ello se determinó 3 propuesta de diseño la cual se realizó a través de una matriz morfológica, optimizando y minimizando los elementos que se emplea para el ensamblaje del concentrador de oxígeno, por lo que son lo siguiente: placa de control, humidificador, flujómetro, compresor, filtros de aire, tanque de zeolita, tanque de almacenamiento, 3 válvulas.

Debidamente para que el diseño sea favorable se utilizó la metodología adsorción por cambio de presión (PSA) para la obtención del oxígeno, la cual se utilizó dos tanques de mineral de zeolita 13X, la cual actúa por presiones adsorbente del gas de nitrógeno, posteriormente se realizó los cálculos de los tanques de zeolita para desarrollar la simulación mediante el programa SolidWorks.

Así mismo se desarrolló el circuito de control para ver su funcionamiento y la conexión de los elementos que se emplea para el diseño del concentrador de oxígeno.

**Palabras clave:** PSA, zeolita 13X, Oxígeno, placa de control.

## **ABSTRACT**

This project is taken by the recent demand of the shortage of oxygen generators (oxygen tank, oxygen concentrator) caused by the COVID -19 pandemic. That is why it is proposed to design a low-cost oxygen concentrator for people with respiratory insufficiencies.

To determine the design, a survey was carried out to optimize the needs and requirements of the user. For this reason, 3 design proposals were determined, which were carried out through a morphological matrix, optimizing and minimizing the elements that were used for the assembly of the oxygen concentrator are the following: control plate, humidifier, flow meter, compressor, filters of air, zeolite tank, storage tank, 3 valves.

Due to the favorable design, the pressure change adsorption (PSA) methodology was used to obtain oxygen, which was used two tanks of 13X zeolite mineral, which acts by adsorbent pressures of nitrogen gas. performed the calculations of the zeolite tanks to develop the simulation using the SolidWorks program

Likewise, the control circuit was developed to see its operation and the connection of the elements that will be used for the design of the oxygen concentrator.

**Keywords:** PSA, 13X zeolite, Oxygen, control board

## INDICE

CAPÍTULO I.....	13
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Antecedentes de estudio .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Marco Teórico.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.1. Oxígeno .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1.1. Aplicaciones de oxígeno .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1.1.1. Oxígeno en la naturaleza .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1.1.2. En la industria .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1.2. Medicina .....</b>	<b>24</b>
<b>1.1.3. PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO.....</b>	<b>26</b>
<b>1.1.3.1. Sistema criogénico .....</b>	<b>26</b>
<b>1.1.3.2. PSA (adsorción por cambio de presión) .....</b>	<b>27</b>
<b>1.1.3.2.1. Adsorbente de nitrógeno y purificador de oxígeno.....</b>	<b>29</b>
<b>1.1.3.3. VPSA ("Adsorción por oscilación de presión de vacío") .....</b>	<b>31</b>
<b>1.1.4. Diseños propuestos por algunos autores .....</b>	<b>32</b>
<b>1.1.5. Selección de los equipos .....</b>	<b>35</b>
<b>1.1.5.1. Filtro purificador de aire .....</b>	<b>35</b>
<b>1.1.5.2. Compresor de aire medicinal .....</b>	<b>36</b>
<b>1.1.5.3. Tanque de absorbente 1 y 2 o Tanque de Zeolita .....</b>	<b>37</b>
<b>1.1.5.4. Ventilador de enfriamiento .....</b>	<b>38</b>
<b>1.1.5.5. Intercambiador de calor .....</b>	<b>38</b>
<b>1.1.5.6. Circuito de control.....</b>	<b>39</b>
<b>1.1.5.7. Válvula rotativa .....</b>	<b>41</b>
<b>1.1.5.8. Tanque del producto.....</b>	<b>41</b>
<b>1.1.5.9. Flujómetro:.....</b>	<b>42</b>
<b>1.1.5.10. Burbujeador .....</b>	<b>43</b>
<b>1.2. Formulación del Problema. ....</b>	<b>43</b>
<b>1.3. Justificación e importancia del estudio. ....</b>	<b>43</b>
<b>1.3.1. Justificación tecnológica .....</b>	<b>44</b>
<b>1.3.2. Justificación económica .....</b>	<b>44</b>

1.3.3.	Justificación ambiental .....	44
1.4.	Hipótesis .....	44
1.5.	Objetivos .....	44
1.5.1.	Objetivo General. ....	44
1.5.2.	Objetivos específicos: .....	44
CAPÍTULO II.....		45
II.	MATERIAL Y MÉTODO .....	46
2.1.	Tipo y Diseño de Investigación.....	46
2.1.1.	Tipo: .....	46
2.1.2.	Diseño: .....	46
2.2.	Población y muestra. ....	46
2.3.	Variable .....	46
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	48
	Fuente: Elaboración propia .....	48
2.4.1.	Técnicas de recolección de datos .....	49
a)	Observación .....	49
b)	Cuestionario.....	49
c)	Entrevista.....	49
d)	Información bibliográfica.....	49
2.4.2.	Instrumento de recolección de datos. ....	50
2.4.3.	Procedimiento para la recolección de datos.....	50
2.5.	Técnicas de recolección de datos .....	50
2.6.	Criterios éticos .....	50
2.6.1.	Código de ética del colegio de Ingenieros (CIP). ....	51
2.6.2.	Código de ética de investigación de la universidad Señor de Sipán (USS)...	51
2.7.	Criterios De Rigor Científico .....	52
CAPÍTULO III.....		53
III.	Resultados .....	54
3.1.	Recopilar los requerimientos del usuario y recomendaciones de experto.....	54
3.1.1.	Muestra Y Desarrollo De La Encuesta.....	54
3.1.1.1.	Resultados Del Cuestionario.....	54
3.1.2.	Recomendaciones de autores previos .....	60
3.1.2.1.	Especificaciones técnicas de algunos autores.....	60
3.1.2.2.	Recomendaciones de diseño.....	62
3.2.	Determinar la configuración de diseño óptima para la propuesta del equipo.....	63
3.2.1.	Matriz Morfológica. ....	63



3.2.2. Selección de diseños.....	67
3.2.3. Descripción de elementos a utilizar .....	67
3.2.4. Descripción De Conceptos .....	69
3.2.4.1. Combinación 1 .....	69
3.2.4.2. Combinación 2 .....	70
3.2.4.3. Combinación 3 .....	70
3.2.4.4. Criterios de selección de diseño conceptual .....	71
3.2.4.5. Criterios de evaluación .....	71
3.2.4.6. Validación .....	72
3.2.4.7. Comparación.....	72
3.3. Seleccionar los componentes adecuados para el diseño del equipo y optimizar las dimensiones del equipo. ....	73
3.3.1. Tanque de zeolita: .....	73
3.3.1.1. Zeolita.....	73
3.3.1.2. Cálculo de las dimensiones de los recipientes de la zeolita .....	74
3.3.1.3. Cálculo de la presión de los tanques de zeolita .....	76
3.3.1.4. Análisis de simulación del tanque de zeolita .....	78
3.3.2. Almacenamiento Del Tanque De Oxigeno .....	83
3.3.3. Compresor.....	84
3.3.4. Válvulas .....	86
3.4. Desarrollar el diagrama del circuito electrónico para validar el funcionamiento y conexión de los componentes.....	88
3.5. Evaluar la rentabilidad del diseño propuesto.....	91
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	95
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	96
V. REFERENCIAS .....	97
ANEXOS .....	¡Error! Marcador no definido.

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Propiedades Químicas y Termodinámicas Del Oxígeno.....	20
<b>Tabla 2</b> Propiedades Termodinámicas De Elemento Químico O <sub>2</sub> .....	21
<b>Tabla 3</b> Características del elemento químico O <sub>2</sub> .....	21
<b>Tabla 4</b> Ficha Técnica del MOSFET.....	40
<b>Tabla 5</b> Variable Independiente .....	47
<b>Tabla 6</b> Variable Dependiente.....	47
<b>Tabla 7</b> Análisis de Comparaciones de Especificaciones Técnicas de los Diseños Existentes ....	61
<b>Tabla 8</b> Recomendaciones de Autores Previos .....	62
<b>Tabla 9</b> Combinación de Elementos.....	64
<b>Tabla 10</b> Proceso de Evaluación Durante la Fase Conceptual .....	72
<b>Tabla 11</b> Validación .....	72
<b>Tabla 12</b> Comparación de Combinaciones.....	73
<b>Tabla 13</b> Selección Final .....	73
<b>Tabla 14</b> Características Zeolita 13X .....	74
<b>Tabla 15</b> Tanque de Zeolita.....	79
<b>Tabla 16</b> Detalles de Carga del Tanque de Zeolita.....	80
<b>Tabla 17</b> Fuerza de Reacción del Tanque de Zeolita .....	81
<b>Tabla 18</b> Características de Malla .....	81
<b>Tabla 19</b> Especificaciones Técnicas Del Compresor Shenzhen Zhaoli .....	85
<b>Tabla 20</b> Especificaciones técnicas de la válvula 7012.....	87
<b>Tabla 21</b> Presupuesto del Concentrador de Oxígeno .....	91

## INDICE DE FIGURA

<i>Figura 1. Efecto de enriquecer el aire con oxígeno .....</i>	24
<i>Figura 2. Primer ciclo PSA Skarstrom, absorbiendo nitrógeno y liberando nitrógeno.....</i>	29
<i>Figura 3. Variedad de Zeolita .....</i>	30
<i>Figura 4. Capacidad de adsorción zeolita .....</i>	31
<i>Figura 5. Configuración de un sistema VPSA.....</i>	32
<i>Figura 6. Especificaciones técnicas del concentrador.....</i>	33
<i>Figura 7. Diagrama de bloques del concentrador de oxígeno con sistema de transferencia de fallas basado en GPRS.....</i>	34
<i>Figura 8. Prototipo de un concentrador de oxígeno. ....</i>	34
<i>Figura 9. Diseño un concentrador .....</i>	35
<i>Figura 10. Filtro purificador de aire Premium.....</i>	36
<i>Figura 11. Compresor Shenzhen Zhaoli.....</i>	37
<i>Figura 12. Tanque de Zeolita .....</i>	38
<i>Figura 13. Ventilador Refrigerante .....</i>	38
<i>Figura 14. Intercambio de Calor.....</i>	39
<i>Figura 15. Integrado N555 Astable.....</i>	39
<i>Figura 16. Contador de décadas 4017 .....</i>	40
<i>Figura 17. Válvula rotativa .....</i>	41
<i>Figura 18. Tanque de Producto.....</i>	42
<i>Figura 19. Fluviómetro .....</i>	42
<i>Figura 20. Burbujeador.....</i>	43
<i>Figura 21. El concentrador de oxígeno ayuda a los pacientes con insuficiencias respiratorias.....</i>	54
<i>Figura 22. Concentrador de oxígeno o tanque.....</i>	55
<i>Figura 23. Aplicación para el concentrador de oxígeno.....</i>	56
<i>Figura 24. Porcentaje por el interés del equipo.....</i>	56
<i>Figura 25. Vida útil del concentrador de Oxígeno.....</i>	57
<i>Figura 26. Recomendaciones del concentrador de oxígeno.....</i>	58
<i>Figura 27. Porcentaje de saturación del paciente.....</i>	58
<i>Figura 28. Precio del concentrador de oxígeno.....</i>	59

<i>Figura 29. Porcentaje del control del concentrador de oxígeno.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 30. Combinación 1.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 31. Combinación 2.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 32. Combinación 3.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 33. Zeolita 13X.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 34. Tanque de zeolita.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 35. Tensión Von Mises.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 36. Desplazamiento y deformación del tanque de zeolita.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 37. Factor de seguridad del tanque de zeolita.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 38. Tanque de almacenamiento.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 39. Compresor Shenzhen Zhaoli.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 40. Válvula 7012 de émbolo de acción directa de 3/2 vías.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 41. Diseño final del concentrador de oxígeno.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 42. Esquema de circuito electrónico.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 43. Simulación del circuito.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 44. Diseño PCB de circuito.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 45. Esquema 3D del circuito.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 46. Funcionamiento general del concentrador de oxígeno.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 46. Funcionamiento general del concentrador de oxígeno ¡Error! Marcador no definido.</i>	

# CAPÍTULO

# I

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

La reciente demanda de oxígeno médico ha crecido exponencialmente debido a la reciente pandemia de COVID-19. La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha recomendado la oxigenoterapia para todos los pacientes con COVID grave, crítico, sumando a los que tenga neumonía crónica, asma bronquial, bronquitis (etc.), lo que generó una alerta de desabastecimientos de oxígeno. En Europa, Asia y América Latina, han pasado por una crisis muy alto por la falta de oxígeno los principales países afectados fueron Perú, Brasil, México, ya que, A comienzos de este año, enfermos de covid-19 morían por falta de oxígeno, en los hospitales Cerca de un 20% de los enfermos de covid-19 requieran de oxígeno (uno de cada cinco pacientes). De acuerdo con la OMS, un 40% de los contagiados desarrolla una enfermedad leve; otro 40% moderada; un 15% severa (que requiere apoyo de oxígeno); y un 5% crítica.

El oxígeno se usa ampliamente en la medicina, ayuda a mantener la respiración natural, el oxígeno medicinal es usado no solo por los pacientes que se encuentran hospitalizados como casos moderados o en las unidades de cuidado crítico, también a los que presentan problemas en la saturación del oxígeno, por lo que conlleva a una prescripción de recibir una terapia. Según (Richard D. Branson & Jay A. Johannigman , 2016) la oxigenación en circuito cerrado o autónomo (y la ventilación en general), que permite el control informático de la configuración del ventilador para lograr objetivos de oxigenación predeterminados. Los concentradores de oxígeno portátiles (POC) también han llegado a vanguardia como medio de suministro de oxígeno en entornos austeros.

El concentrador de oxígeno médico de adsorción por oscilación ultrarrápida de presión (URPSA) fue unos de los primeros diseños creados basándose en la técnica de análisis de escala desarrollada por Krantz la cual propusieron un ciclo de presión de alta frecuencia de 2 pasos entre 1 y 1,5 atm utilizando partículas adsorbentes de 1 micrón. Posteriormente, Vemula propuso un proceso de adsorción por oscilación de presión pulsada (PPSA) de dos pasos utilizando una sola columna de adsorción

para el diseño de un MOC basado en un modelado y simulación detallados del proceso. Chai y col. publicó un estudio experimental de un proceso PSA tipo Skarstrom de lecho único y 4 pasos para el diseño de un concentrador de oxígeno con 10 g de adsorbente utilizando aire de alimentación sintético y gases de purga en un tiempo de ciclo de 3 a 4 s.

El concentrado de oxígeno ha cumplido y sigue cumpliendo un rol muy importante en la salud, gracias a uso su funcionalidad ha servido para salvar vidas, (Rama RaoVemul & MatthewD. Urich & MayureshV. Kothare , 2021) menciona que el oxígeno médico se ha convertido en un componente clave para el tratamiento de COVID-19. La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es otra enfermedad pulmonar progresiva potencialmente mortal que causa dificultad para respirar. A nivel mundial, más de 3 millones de muertes fueron causadas por EPOC desde el año 2015 al 2020.sin mencionar los que han fallecido por la pandemia. El concentrador de oxígeno hoy en día, viene ser un producto de primera necesidad ya que a nivel mundial hay pacientes que presentan insuficiencias respiratorias lo cual el concentrador de oxígeno cumple un rol muy importante para combatir esta enfermedad, lo cual viene generando un desabastecimiento de este producto.

Debido a la crisis que se ha enfrentado en el Perú, tanto como los ingenieros y los médicos han optado por desarrollar alternativas para el diseño de un concentrador de oxígeno dentro de sus líneas de investigación considerando especialmente las áreas de Diseño Mecánico, mecánica de fluidos, Dinámica, Resistencia de Materiales, Procesos de Manufactura, Ingeniería de Materiales, Elementos de Máquinas y Diseño de Máquinas.

Para ello se propone realizar un diseño de un concentrador de oxígeno medicinal de bajo costo mediante la adsorción por presión alterna "swing adsorption" o PSA) en la cual este método permite la separación y concentración de oxígeno sometiendo el aire ambiente a un tamiz molecular de zeolita a baja presión (3 a 6 bar), durante un período suficiente para absorber monóxido de carbono,

vapor de agua, dióxido de carbono y casi todo el nitrógeno presente en el aire, generando la obtención de oxígeno de una pureza de 95%, a varias escalas, con la finalidad de ayudar a los pacientes que presentes problemas respiratorio.

## **1.2. Antecedentes de estudio**

(Leite, Eduardo de Moraes & José Roberto Simões Moreira & Viviane Otero, 2005) Desarrollaron un prototipo para la producción de Oxígeno "in situ" para unidades hospitalarias, este artículo científico menciona dos métodos para la producción de oxígeno a gran escala y con alta pureza, que son los sistemas de concentración: PSA ("Adsorción por cambio de presión") y VPSA ("Presión de vacío Adsorción por oscilación") y el otro método (sistema criogénico) ambos con una pureza de 95%, Se desarrolló con un sistema criogénico existente, En este proceso clásico, el aire atmosférico se filtra y comprime, luego se eliminan los contaminantes (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> e hidrocarburos), Finalmente, se realiza una destilación fraccionada para separar los gases de nitrógeno y oxígeno, que es un paso en el que se utiliza una propiedad fisicoquímica, el punto de ebullición, para separar los gases. Así mismo la obtención de oxígeno mediante el proceso de presión de adsorción por oscilación" o PSA esta ciencia permite la separación y concentración de oxígeno (aproximadamente 95% O<sub>2</sub>) sometiendo el aire ambiente a un tamiz molecular de zeolita a baja presión (3 a 6 bar) durante un período suficiente para absorber monóxido de carbono, vapor de agua, dióxido de carbono. y casi todo el nitrógeno presente en el aire. Por ello estos sistemas de producir oxígeno si son viables y aceptables para la producción de oxígeno.

(LEITE OTERO, 2006) "producción de oxígeno en hospitales locales", este artículo menciona modelos de oxígeno con una evaluación de las ventajas del sistema para los usuarios donde plantea demostrar las diversas aplicaciones del oxígeno con alto grado de pureza, la cual se encontró dos sistemas principales: sistema criogénico (convencional) y sistema concentrador (PSA o VPSA). Por lo cual realizaron una propuesta para la instalación de un nuevo sistema de producción de oxígeno con un sistema de concentrador tipo PSA para los hospitales.



(CAPOTE SÁNCHEZ, 2018) “DISEÑO DE UN GENERADOR DE OXÍGENO PARA SU APLICACIÓN EN PISCICULTURA”, se desarrolló un prototipo de generación de oxígeno de alta pureza para el tratamiento de aguas de piscicultura. Este dispositivo es capaz de generar o concentrar oxígeno para su uso en el tratamiento. Se elaboró mediante el proceso de concentración del oxígeno por el ciclo de Adsorción por Oscilación de Presión (PSA) la cual se identificó sus características principales. Lo cual este dispositivo es capaz de obtener un producto de oxígeno de alta pureza dentro de su rango de operación, así mismo, se caracterizaron los parámetros de operación más relevantes del dispositivo. Los diferentes métodos de verificación permiten establecer que el dispositivo cumple con todos los requerimientos de ingeniería planteados. Este dispositivo permitirá realizar la conversión de un fluido inicial (agua o aire) a un fluido resultante de alta concentración de oxígeno.

(BAY, ISMAIL ATACAK & MUZAFFER KORKUSUZ & OMER FARUK, 2012) “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONCENTRADOR DE OXÍGENO CON FALLO BASADO EN GPRS SISTEMA DE TRANSFERENCIA”, en este artículo se desarrolló un sistema de un concentrador de oxígeno con un sistema de transferencia de fallas basado en GPRS que contiene varios equipos para obtener el oxígeno requerido, la unidad de controlador que proporciona el control de todo el sistema, los circuitos sensores utilizados para detectar la presión en el tanque de producto, la pureza del oxígeno que se le da al paciente. Los resultados experimentales mostraron que el sistema propuesto suministró oxígeno con una pureza de aproximadamente 94,7% para velocidades de flujo de 13 L / min.

(Jacek Nasilowski & Tadeusz Przybylowski Jan Zielinski y Ryszarda Chazan, 2008) “Comparación de los beneficios de oxígeno suplementario de un concentrador de oxígeno portátil y un dispositivo portátil de oxígeno líquido durante una prueba de marcha en pacientes con EPOC que reciben oxigenoterapia a largo plazo” describe las diferencias en el suministro de oxígeno entre los concentradores de oxígeno portátiles (POC) y las unidades portátiles de oxígeno líquido (LO) plantean la duda de si los POC son igualmente efectivos que los LO para reducir la hipoxemia inducida por el ejercicio. La cual se elaboró un ensayo clínico a 13 pacientes con EPOC. A todos los pacientes se les realizó una serie de pruebas de marcha de 6 min (PM6M) realizadas en orden aleatorio entre uno de los tres dispositivos: POC, cilindro LO y cilindro con aire comprimido (CA).

(EI Akulinin & OO Golubyatnikov & DS Dvoretzsk & SI Dvoretzky, 2020) “El Diseño Óptimo Del Proceso De Adsorción Por Oscilación De Presión Del Enriquecimiento De Aire Oxígeno Bajo Incertidumbre” en este artículo se manifiesta y se formula un problema sobre el diseño óptimo (según el criterio de los beneficios de la producción de oxígeno) de una unidad de adsorción por oscilación de presión (PSA), se ha optimizado el oxígeno del aire bajo una incertidumbre parcial de los datos de la composición del aire, la temperatura, la presión atmosférica, con algunas restricciones en la pureza del oxígeno. Se desarrolló un algoritmo con la finalidad de optimizar las funciones de control continuo mediante las etapas del ciclo de adsorción-desorción por funciones escalonadas y luego se resolvió mediante el método de programación cuadrática secuencial, arrojando una capacidad de 1 a 4 l / min permitiendo obtener oxígeno con una pureza de 40 a 90% vol. (unidades de PSA).

(Richard D. Branson & Jay A. Johannigman , 2016) : En este artículo nos explica sobre la adición de un concentrador de oxígeno a un circuito de control la cual promueve el trabajo previo en el control autónomo de la oxigenación. El software integra la función de concentrador y ventilador desde un único punto de control, lo que garantiza el máximo rendimiento y eficiencia colocando un pulso de oxígeno al comienzo de la respiración. Buscamos verificar este sistema. Los métodos empleados fueron en un pulmón de prueba, fracción de oxígeno inspirado (FIO) Se monitorean los niveles y datos adicionales. Las pruebas se realizaron en una variedad de configuraciones de ventilador clínicamente relevantes en el modo de control de volumen, tanto para flujo y dosis de pulso Flujo de oxigenación. Los resultados mostraron que el concentrador de oxígeno podía mantener la salida máxima de pulsos (192 ml) hasta 16 respiraciones por minuto. La funcionalidad fue verificada a través de rangos de volúmenes típicos y frecuencias respiratorias, con y sin presión espiratoria final positiva, en continuos modos de dosis de flujo y pulso. Para una prueba representativa a una frecuencia respiratoria de 16 respiraciones por minuto, volumen corriente de 550 ml, sin presión espiratoria final positiva, oxigenación con dosis de pulso FIO pico entregado 2 de  $76,83 \pm 1,41\%$  y continuo f flujo  $47,81 \pm 0,08\%$ ; dosis de pulso, proporcionó una FIO más alta 2 en todas las combinaciones de configuración probadas en comparación con el continuo  $p < 0,001$ ). Estas pruebas verifican un sistema que proporciona un control de ciclo cerrado de la oxigenación al tiempo que integra dosis de pulso coordinadas en el tiempo desde un concentrador de oxígeno.

(Rama RaoVemul & MatthewD. Urich & MayureshV. Kothare , 2021)“Diseño experimental de un concentrador de oxígeno de lecho único "Snap-on" e independiente para aplicaciones médicas” Se investigó un nuevo diseño de concentrador de oxígeno médico de lecho único, “Snap-on” e independiente, basado en un proceso de adsorción por oscilación rápida de presión para el suministro continuo de oxígeno. El diseño del concentrador Snap-on es fácil de conectar a una fuente de aire comprimido existente, y la unidad se puede usar fácilmente para producir oxígeno para aplicaciones médicas. Es fácilmente transportable y en comparación con un concentrador de oxígeno tradicional con su compresor dedicado, el concentrador Snap-on es particularmente relevante para las necesidades de terapia de oxígeno de un mayor número de pacientes en situaciones como COVID-19. Se utilizó una zeolita LiLSX disponible comercialmente para la separación de oxígeno del aire ambiente comprimido. Los experimentos se realizaron a diferentes presiones de aire de alimentación utilizando un suministro constante de aire doméstico en el laboratorio. Más, El rendimiento del dispositivo también se analizó utilizando un compresor de aire de tamaño mediano independiente. El factor de tamaño de cama mínimo obtenido con casa comprimida el aire contenía 100 lb / toneladas por día (TPD<sub>C</sub>) O<sub>2</sub> en un tiempo de ciclo de 7 s, mientras que el factor de tamaño mínimo del lecho obtenido con un compresor de aire de tamaño mediano que pesaba alrededor de 12 libras era de 210 libras / TPD<sub>C</sub> O<sub>2</sub> con un tiempo de ciclo de 14,5 s bajo las mismas presiones de alimentación de 3,1 bar con una pureza del producto de oxígeno del 90%. El caudal de oxígeno del producto fue casi el doble para la misma cantidad de adsorbente cuando se usa aire doméstico para el diseño Snap-on. La razón principal de esta producción de oxígeno significativamente mayor fue la capacidad de producción de aire sustancialmente más alta y estable de un compresor de aire doméstico típico que permitió un ciclo rápido del proceso a una presión de alimentación casi constante en comparación con un compresor de tamaño mediano utilizado en un concentrador de oxígeno médico. La recuperación de oxígeno fue aproximadamente del 34% en ambos casos. Por lo tanto, se descubrió que el concentrador de oxígeno Snap-on era más fácil de construir y entregaba más oxígeno para uso médico en comparación con las unidades independientes en lugares donde hay un suministro constante de aire de alimentación comprimido. Este suele ser el caso en instalaciones como hospitales, campamentos médicos militares y cruceros. Además, el diseño Snap-on ofrece otros beneficios como facilidad de transporte,

## 1.3.Marco Teórico

### 1.3.1. Oxígeno

Fue descubierto por el farmacéutico sueco Karl Wilhelm Scheele en 1771, en lo cual no obtuvo un reconocimiento inmediato. Muchos atribuyen a Joseph Priestley su descubrimiento, que ocurrió de forma independiente en 1 agosto de 1774.

El oxígeno es el gas más conocido y más extendido, siendo el elemento más abundante en la corteza terrestre, alrededor del 46,6% en peso. En la naturaleza no se encuentra en estado elemental, se encuentra naturalmente en la atmósfera en forma de molécula biatómica y en la atmósfera superior en moléculas triatómicas. El oxígeno tiene un papel muy importante ya que viene a ser algo vital para los seres vivos, así mismo se usa en la industria, medicina, y las centrales eléctricas. En la tabla 1 y 2 se describe las propiedades químicas y termodinámicas del oxígeno. La tabla 3 nos menciona las características del elemento químico O<sub>2</sub>.

Tabla 1 propiedades químicas y termodinámica del oxígeno

**Tabla 1**

*Propiedades Químicas y Termodinámicas Del Oxígeno*

Propiedades Químicas	Oxígeno
Símbolo químico	O <sub>2</sub>
Número atómico	8
Masa molecular	32 g/mol
Punto de ebullición (a 1 atm)	-183 °C
Punto de fusión (a 1 atm)	-218,8 °C
Temperatura crítica	-118,4 °C
Presión crítica	50,1 atm

*Fuente:* (LEITE OTERO, 2006)

**Tabla 2***Propiedades Termodinámicas De Elemento Químico O<sub>2</sub>*

Propiedades Termodinámicas	Elemento químico O <sub>2</sub>
Densidad del líquido (a PE y 1 atm)	1141 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del líquido (a PE y 1 atm)	1,33 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del gas (a 20°C e 1 atm)	1,10
Peso específico do líquido (a P.E. e 1 atm)	1,14
Volumen específico (a 20°C e 1 atm)	0,75 m <sup>3</sup> /kg
Carlo latente de vaporización	1630 kcal/mol
Coefficiente de expansión (Líquido para gas a P.E. e 20°C)	1 para 857
Solubilidad en agua (a 25°C y 1 atm)	3,16% en volumen

*Fuente:* (LEITE OTERO, 2006)

**Tabla 3**Características del elemento químico O<sub>2</sub>

Características	O <sub>2</sub>
Características físicas	Azulado en la fase líquida y sólida y extremadamente frío en la fase, incoloro e inodoro en fase gaseosa. Bajo las condiciones La temperatura y presión normales (CNTP) está presente en la fase gaseosa.
Características químicas	Acelerador de combustión no inflamable, no tóxico, oxidante, no corrosivo (evitar el contacto con aceite, grasa u otros combustibles).
Pureza mínima	99,5% (fase líquida)
Nº ONU	1073 (fase líquida) 1072 (fase gaseosa)
Clase de risco	Gas altamente refrigerado, no inflamable (fase líquida), gas oxidante (fase gaseosa)

*Fuente:* (LEITE OTERO, 2006)

## **Aplicaciones**

### **1.1.1. Aplicaciones de oxígeno**

El oxígeno es uno de los mecanismos que más se suele utilizar en la medicina, sin embargo, también es de gran importancia en acerías y fundiciones, en la industria automotriz y mecánica y en varios sectores, en la cual se divide en la medicina, en la industrial, en la naturaleza

#### **1.1.1.1. Oxígeno en la naturaleza**

El oxígeno es de gran importancia donde la naturaleza ya no puede absorber el agua contaminada. Por eso se utiliza en el tratamiento de aguas residuales. En este proceso se utiliza oxígeno puro como alternativa innovadora para el saneamiento ambiental, con grandes ventajas tanto en la inversión inicial (construcción e instalación) como en el costo operacional (gastos operativos). Además, la tecnología de uso de oxígeno puro en sistemas de tratamiento de efluentes industriales y sanitarios es segura, fácil de operar y se puede aplicar a tanques, ríos, lagos y estanques. (AMBIENTE BRASIL, 2005)

#### **1.1.1.2. En la industria**

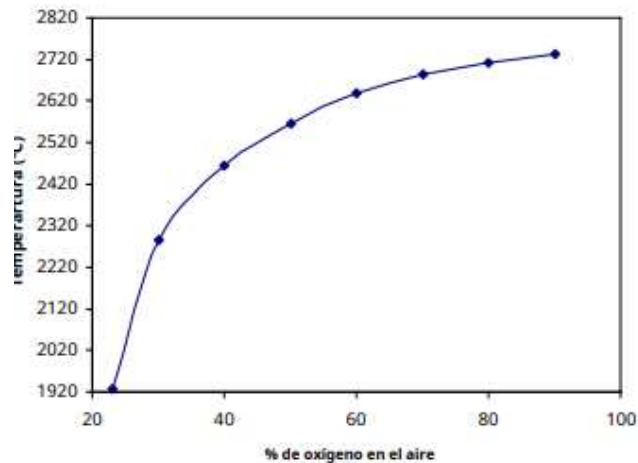
En este caso el oxígeno se puede utilizar en la fabricación de piezas, fundiciones, montaje y también en mantenimiento. En los procesos donde se suele utilizar combustibles, el oxígeno intensifica la transmisión de calor, reduce las pérdidas en los gases de escape y eleva la temperatura.

**Envasado de alimentos:** En el envasado de un alimento a conservar se utiliza la tecnología de atmósfera modificada, la cual consiste en reemplazar el aire que envuelve al producto con un gas o una mezcla de gases de pureza alimentaria. (AMBIENTE BRASIL, 2005) menciona que el oxígeno se utiliza como elemento constituyente de una mezcla. Particularmente en el caso de las carnes rojas, la presencia de oxígeno en la mezcla ayuda a mantener el color rojizo,

tan atractivo en los puntos de venta. También previene la proliferación de organismos estrictamente anaeróbicos como en el caso del pescado fresco.

**Refino petroquímico y de petróleo:** para el proceso de combustión es necesario eliminar el aire del oxígeno. La aplicación de oxígeno para enriquecimiento es una alternativa válida para los sopladores de aire la cual son limitados o cuando la limitación está relacionada con la velocidad del gas en el regenerador. Esta solución también es útil cuando hay variaciones en las estaciones o en el suministro de energía a la unidad.

**Hornos de vidrio:** el oxígeno también se puede utilizar para resolver problemas en el intercambiador de calor, la cual se puede conducir a un menor aporte de calor o menor cambio de calor en el perfil de energía al final del ciclo de vida del horno, como la falla de un regenerador. En la fusión de vidrio, al aumentar la cantidad de oxígeno en el aire por encima del 21% inicial, la temperatura de la llama alcanzada por cualquier combustible aumenta significativamente. Por ejemplo, el gas natural quemado en el aire alcanza una temperatura de llama de 1940 ° C, mientras que la temperatura de llama del gas natural quemado con 23% de O<sub>2</sub> es 2010°C. Este efecto se muestra en la figura 1



**Figura 1.** Efecto de enriquecer el aire con oxígeno

**FUENTE:** (LEITE OTERO, 2006)

Las temperaturas de llama más altas en el horno de vidrio mejoran la transferencia de calor a la carga y al vidrio. Esto se debe a que los tres mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación) dependen de la temperatura de la llama. Por lo tanto, con el enriquecimiento de oxígeno, el producto absorbe más calor, se pierde menos calor cuando se libera el gas de combustión y el proceso de combustión es más efectivo (LEITE OTERO, 2006)

### 1.1.2. Medicina

En el ámbito de la medicina, el oxígeno puro juega un rol muy importante. Las posibilidades de supervivencia aumentan con el enriquecimiento del aire con oxígeno, en las incubadoras de recién nacidos, entre otras.

La mezcla de gases de alta pureza es similar al aire atmosférico, pero está libre de humedad, microorganismos y residuos contaminantes. Por su alta pureza está indicado para uso terapéutico en tratamientos intensivos, nebulizaciones, cirugías, así como en el movimiento neumático de máquinas de anestesia, respiradores de UCI y secado de instrumental quirúrgico. (LEITE OTERO, 2006)

**Terapia de oxígeno – oxigenoterapia:** Es un método que consiste en aumentar el contenido de oxígeno en las células, aumentando la concentración del



gas inspirado, para así evitar y tratar los síntomas de la hipoxemia. Tiene la finalidad de incrementar la tensión de O<sub>2</sub> del plasma sanguíneo y restablecer la oxihemoglobina de los eritrocitos hasta una proporción normal, lo cual genera cantidad de O<sub>2</sub> necesaria a las células; además de mantener una presión arterial parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) superior a 60mm Hg (es decir 7.96kPa) o una saturación de oxígeno en la sangre arterial superior o igual a 90%, ajustando la fracción de oxígeno en el gas inspirado (FiO<sub>2</sub><sup>†</sup>).

Se logra proporcionando O<sub>2</sub> a concentraciones más altas de la que se encuentra el aire del ambiente (concentración superior al 21%). La concentración del oxígeno se lo regula adaptando el flujo de gas de la fuente de suministro, en donde es almacenado bajo presión; generalmente el gas es administrado a presión atmosférica, ya que la elevación de la proporción de O<sub>2</sub> en la mezcla eleva la tensión de oxígeno en los alvéolos, de manera que se absorba una mayor cantidad de O<sub>2</sub> a través de la membrana alveolo-capilar. (Montalvo López, 2010)

Para calcular la tensión de oxígeno alveolar (PAO<sub>2</sub>) será mediante la ecuación del aire alveolar:

$$PAO_2 = PIO_2 - PACO_2 \quad (1)$$

**Donde:**

*PIO<sub>2</sub>* = Presión parcial de O<sub>2</sub> en la inspiración de gas.

*PACO<sub>2</sub>* = Presión parcial de dióxido de carbono en los alvéolos y puede ser asumida como 40 mmHg.

*PIO<sub>2</sub>* se emplea con la siguiente fórmula:

$$PIO_2 = FIO_2 * P_B - P_{H_2O} \quad (2)$$

O también:

$$PIO_2 = (FIO_2 * 100) * 7(P_B - P_{H_2O}) \quad (3)$$

**Donde:**

*FIO<sub>2</sub>* = Fracción inspirada de O<sub>2</sub>.

$P_B$  = Presión barométrica, se asume que es 760 mmHg.

$P_{H_2O}$  = Presión de vapor de agua, 47 mmHg.

2

Cuando se realiza una oxigenoterapia adecuada, se puede observar clínicamente una disminución del trabajo de la respiración y una disminución de la frecuencia cardíaca, satisfaciendo así las necesidades en oxígeno de las células del organismo.

#### **Ventajas de la Oxigenoterapia:**

- Aumento de la tensión de  $O_2$  en el alveolo.
- Proporcionar una  $FiO_2$  constante y definida.
- Disminuir el trabajo ventilatorio necesario para mantener una tensión de  $O_2$  en el alveolo.
- Disminuir el trabajo ventilatorio necesario para mantener una tensión de  $O_2$  y así disminuir el trabajo del miocardio, el cual mantiene la tensión de  $O_2$  arterial.

### **1.1.3. PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO**

El oxígeno producido para uso hospitalario se puede obtener de forma industrial (sistema criogénico) o mediante sistemas concentradores (PSA y VPSA).

El sistema concentrador funciona como una alternativa principalmente para hospitales o industrias que se encuentran alejadas de las industrias de suministro de oxígeno y pagan un alto precio por comprar gas.

#### **1.1.3.1. Sistema criogénico**

En el sistema criogénico existe un parque industrial criogénico, que generalmente no se ubica cerca del consumidor de oxígeno. Este parque criogénico es un conjunto de plantas de separación de aire y gas e involucra grandes recursos y grandes equipos (RADIOBRAS, 1996).

En este proceso clásico, el aire atmosférico se filtra y comprime, luego se eliminan los contaminantes ( $H_2O$ ,  $CO_2$  e hidrocarburos) y enfriar a bajas temperaturas (aproximadamente  $-195,6\text{ }^\circ\text{C}$ ), licuándose. Finalmente, se realiza una destilación fraccionada para separar los gases de nitrógeno y oxígeno, que es un paso en el que se utiliza una propiedad físico-química, el punto de ebullición, para separar los gases.

En este proceso, el oxígeno se suministra de las siguientes formas:

- En estado gaseoso en cilindros de acero de alta presión (200 bar): En comparación con un concentrador, pueden producir caudales más altos, con mayor pureza (99,5%) y no necesitan electricidad. Y en comparación con un tanque estacionario (oxígeno líquido), es más práctico ya que está listo para usarse. (OXIGÊNIO BRASIL, 2005).
- En estado líquido en tanques estacionarios bien aislados Térmicamente (casos de mayor consumo): En este caso, el oxígeno líquido se vaporiza, convirtiéndose en gas, antes de inyectarse en las líneas locales de oxígeno.
- En comparación con los concentradores y bombonas de gas, el pequeño recipiente de oxígeno líquido permite una mejor calidad de vida y su transporte es más sencillo que el de la bombona de gas. (LINDE, 2005).
- A través de tuberías que conectan al fabricante con el consumidor.

Así, el consumidor de oxígeno producido por criogenia (el hospital), compra periódicamente oxígeno en estado líquido y lo mantiene en cilindros criogénicos. Además, el consumidor tiene gastos de transporte, alquiler y manutención. Todo este proceso es bastante caro

### **1.1.3.2. PSA (adsorción por cambio de presión)**

Obtención de oxígeno mediante el proceso de adsorción alternando por oscilación de presión (PSA), que comenzó a fines de la década de 1960, la viabilidad de obtener oxígeno a varias escalas en el sitio y su bajo costo operativo, fueron los principales impulsores de este proceso.

Sin embargo, el alto consumo de electricidad y la alta inversión, en comparación con el sistema criogénico tradicional, fueron características desventajosas. Sin embargo, este escenario ha cambiado radicalmente en los últimos años, principalmente debido a los avances en los materiales utilizados en el sistema de adsorción y en el consumo de electricidad, resultando un proceso altamente económico en la producción de oxígeno. (OXIGEN, 2006).

En este sistema, hay una planta de producción de oxígeno, que se instala con el consumidor ("en el sitio"). Esta tecnología permite la separación y concentración de oxígeno (aproximadamente 95% O<sub>2</sub>) sometiendo el aire ambiente a un tamiz molecular de zeolita a baja presión (3 a 6 bar), durante un período suficiente para adsorber monóxido de carbono, vapor de agua, dióxido de carbono y casi todo el nitrógeno presente en el aire.

El proceso utiliza dos recipientes metálicos que contienen tamiz molecular (zeolita) en antiparalelo, a través de seis válvulas que retiene el nitrógeno del aire a alta presión, que se liberará a baja presión y permitirá que el oxígeno pase a través del lecho adsorbente como producto final.

Además, debe haber una etapa de filtrado y secado en el proceso para el aire comprimido que ingresa a los tamices, protegiendo la zeolita de la contaminación para no comprometer la eficiencia del tamiz.

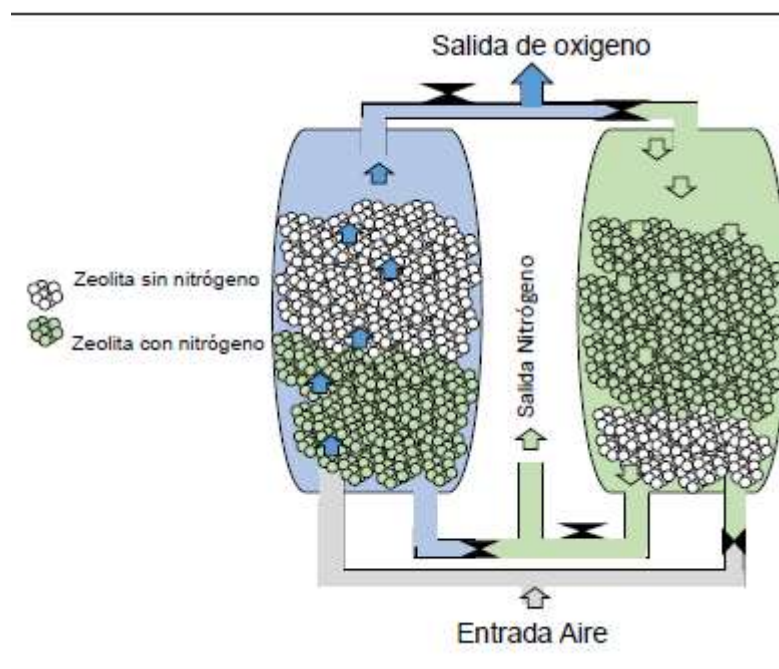
Sin embargo, como no existe la obligación de registrar el sistema concentrador de oxígeno en el Ministerio de Salud y de realizar pruebas que verifiquen el cumplimiento del sistema con las recomendaciones de la norma brasileña, se insertan una serie de variables de riesgo en el contexto hospitalario, como la posibilidad de que los fabricantes y usuarios desconozcan las medidas de seguridad y de producir un gas con mayores impurezas. (UFSC, 2004)

Por tanto, para reducir los riesgos, es necesario utilizar señales de peligro, que impidan la manipulación del equipo, dispositivos de seguridad como alarmas y sensores para el control del producto final y placas con las características del oxígeno que se está utilizando.

Además, en caso de uso en hospitales, es fundamental controlar la concentración de oxígeno (a través de oxímetros de línea) durante los procedimientos de anestesia. (GLOWACKI, 2003)

Por lo tanto, es una alternativa de solución ya que su costo es menor y tiene una mejor eficiencia energética, en comparación con el proceso criogénico, pero produce un gas con menor porcentaje de oxígeno.

En la figura 2 se puede apreciar el primer ciclo del PSA. Así mismo nos muestra un tanque a lado izquierdo la cual consiste en separar el oxígeno y saturando el nitrógeno, mientras que el otro tanque está liberando el nitrógeno acumulado del ciclo anterior. Por otra parte, en el ciclo siguiente se invierte el sentido de aire con el uso de válvulas, ya que de esta manera se hace un sistema de auto regeneración de la zeolita o adsorbentes de nitrógeno.



**Figura 2.**Primer ciclo PSA Skarstrom, absorbiendo nitrógeno y liberando nitrógeno

Fuente: (Lopez Faninthon, 2020)

#### 1.1.3.2.1. Adsorbente de nitrógeno y purificador de oxígeno

Los tamices moleculares, que contienen zeolita, es un mineral que a presiones adsorbe el gas nitrógeno (N<sub>2</sub>) de manera preferencial. Cuando cada tamiz se despresuriza, se libera N<sub>2</sub>. (OMS, 2016).

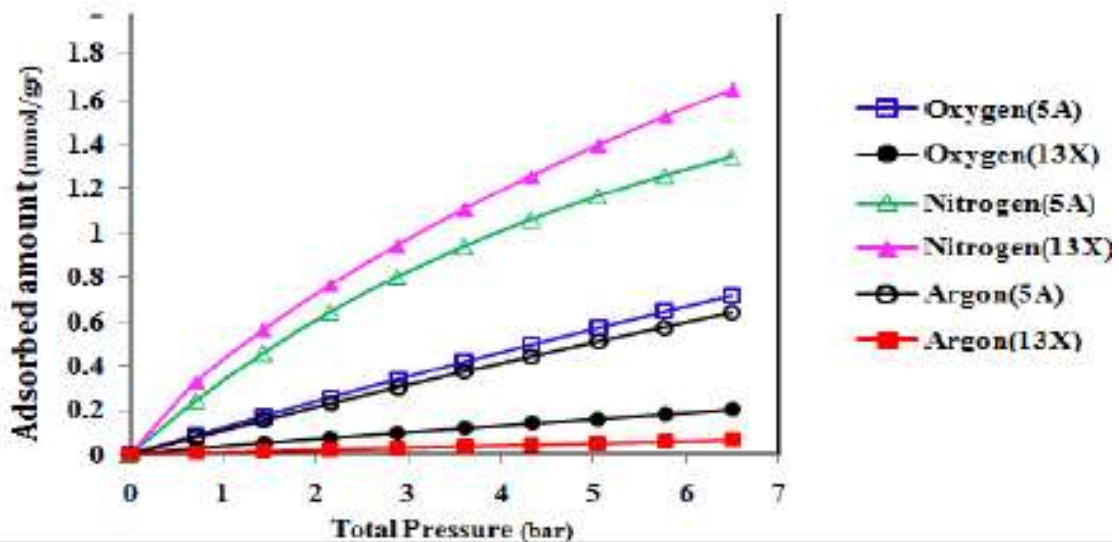
➤ **Zeolita**

Consiste en detener el nitrógeno y liberar el oxígeno, esto se elabora mediante dos recipientes la cual estén llenos de zeolita. Existen una gran variedad de zeolita las cuales son: Zeolita 5A 4X8, Zeolita 13X 12X8, Zeolita 4A 4X8, la cual se visualiza en la siguiente figura 3 La zeolita que se va elegir es la de 13X ya que se usa habitualmente para la purificación de oxígeno debido a que absorbe mayor el nitrógeno. En la figura 4 se muestra la zeolita 13X comparada a otras zeolitas como la de tipo 5A, la cual se visualiza que se puede absorber más nitrógeno y menos oxígeno. (Rama RaoVemul & MatthewD. Urich & MayureshV. Kothare , 2021)



**Figura 3. Variedad de Zeolita**

**Fuente:** (Lopez Faninthon, 2020)



**Figura 4.** Capacidad de adsorción zeolita

**Fuente:** (Lopez Faninthon, 2020)

### 1.1.3.3. VPSA ("Adsorción por oscilación de presión de vacío")

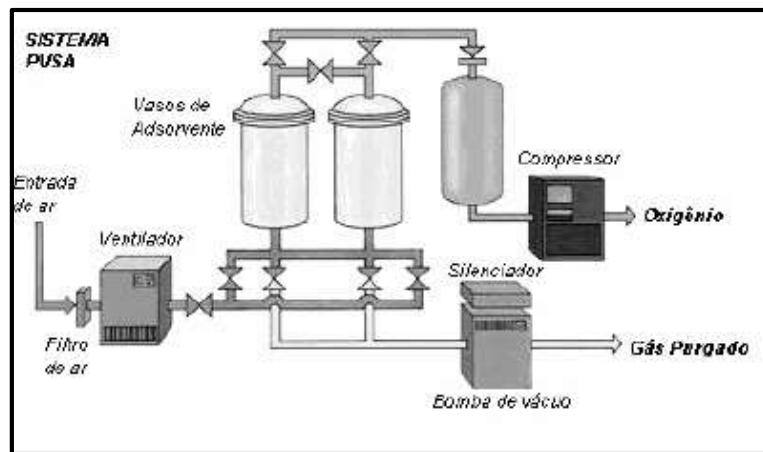
Esta tecnología es una variante de PSA, surge de la aplicación de vacío en el purgar el tamiz, cuando la presión de regeneración debe ser muy baja. Este proceso utiliza un sistema de simple admisión de aire ambiente al concentrador, en lugar de compresión, y una bomba de vacío para forzar la regeneración de la zeolita y la purga de los componentes absorbidos después de cada ciclo. El diagrama de funcionamiento se muestra en la Figura 5. (GLOWACKI, 2003)

Como en este sistema la zeolita se regenerará más completamente, en comparación con el sistema PSA, la eficiencia del proceso aumenta, disminuyendo la cantidad requerida de aire y presión de aire y, en consecuencia, la potencia compresiva del aire. Sin embargo, debido al equipo extra (bomba de vacío) y la complejidad mecánica añadida, tiene un coste superior al PSA y aumenta la necesidad de mantenimiento, además de su menor poder de separación.

Por lo tanto, el sistema VPSA es más rentable que el sistema PSA cuando las tasas de producción son superiores a 20 o 30 toneladas por día, y los factores que interfieren con la elección del sistema concentrador de oxígeno son:

- El tamaño de la planta: Las mayores capacidades favorecen al VPSA;  
Costo de la energía: Las tarifas eléctricas más altas favorecen a VPSA;  
Presión de producto requerida: PSA puede producir oxígeno a 2 o 3 atm, mientras que VSPA produce oxígeno a aproximadamente 1atm. Sin embargo, en el caso de que se requieran presiones más altas (por ejemplo, para suministrar un sistema de distribución a 7 atm), ambos sistemas requieren compresión del producto.

Sin embargo, el prototipo en desarrollo producirá una cantidad de oxígeno menos de 120000 m<sup>3</sup>por mes, ya que este es el consumo promedio mensual del sitio de instalación de la planta y existe una predefinición para la producción de oxígeno para abastecer solo una parte de la demanda, lo que favorece la Sistema PSA.



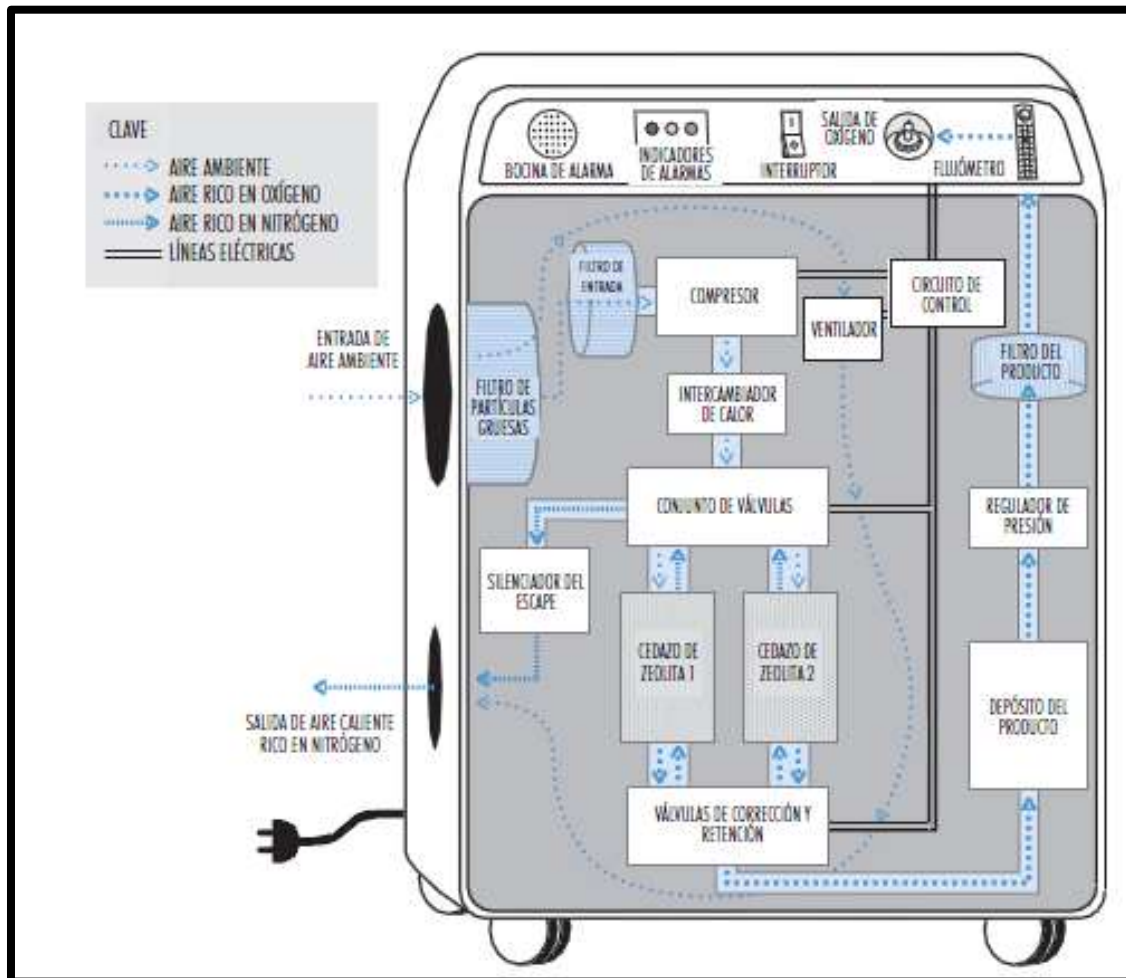
**Figura 5.** Configuración de un sistema VPSA.

**Fuente:**(Glowacki, 2003)

#### 1.1.4. Diseños propuestos por algunos autores

(Lopez Faninthon, 2020) diseñó un concentrador de oxígeno portátil con la metodología PSA (Figura 6), la cual consistió en producir un 95,5% de oxígeno concentrado.

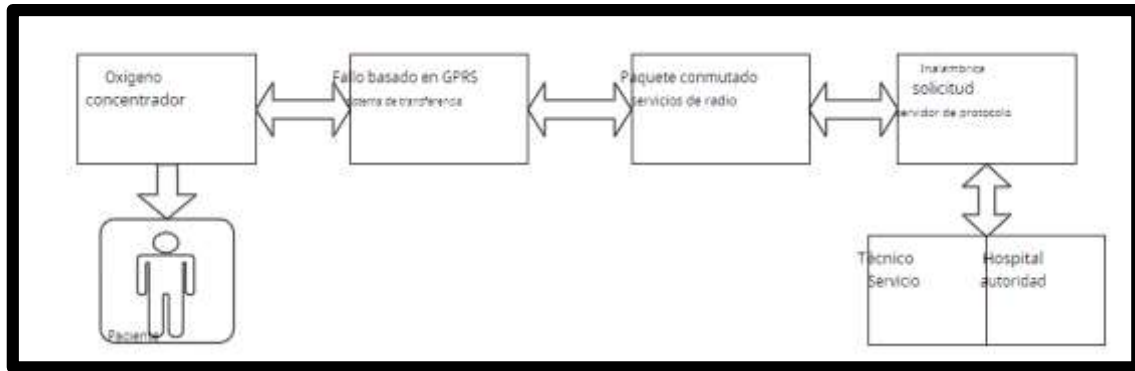




**Figura 6. Especificaciones técnicas del concentrador**

Fuente: OMS

(BAY, ISMAIL ATACAK & MUZAFFER KORKUSUZ & OMER FARUK, 2012) Diseño un concentrador de oxígeno con la metodología PSA.



**Figura 7.** Diagrama de bloques del concentrador de oxígeno con sistema de transferencia de fallas basado en GPRS.

**Fuente:** (BAY, ISMAIL ATACAK & MUZAFFER KORKUSUZ & OMER FARUK, 2012)

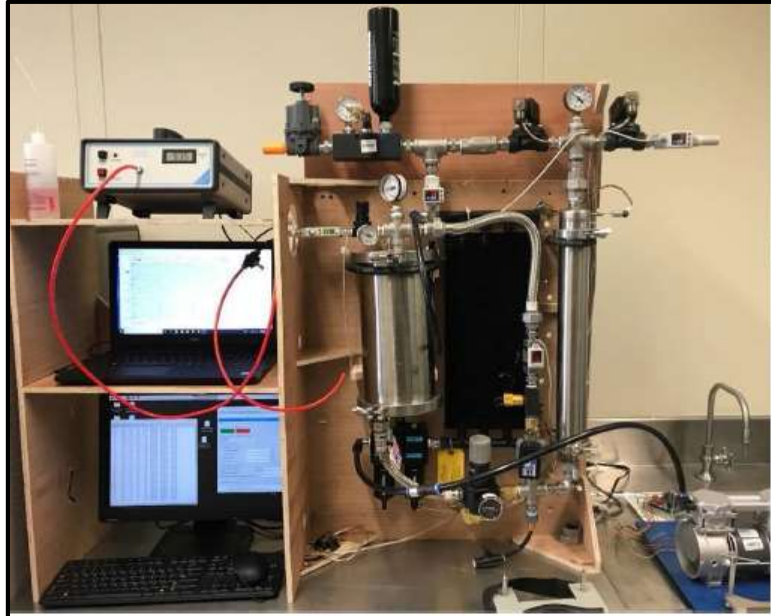
Este prototipo (figura 8) proporciona el control de todo el sistema, los circuitos sensores utilizados para detectar la presión en el tanque de producto, la pureza del oxígeno que se le da al paciente y temperatura ambiente y el sistema de transferencia de fallas basado en GPRS que se utiliza para enviar las fallas del sistema al servicio técnico relacionado.



**Figura 8.** Prototipo de un concentrador de oxígeno.

**Fuente:** (BAY, ISMAIL ATACAK & MUZAFFER KORKUSUZ & OMER FARUK, 2012)

(Rama RaoVemul & MatthewD. Urich & MayureshV. Kothare , 2021)  
Diseñó un concentrador de oxígeno (figura 9) mediante el proceso PSA, la cual este diseño resultó transportable y en comparación con un concentrador de oxígeno tradicional con su compresor dedicado.



**Figura 9.** Diseñó un concentrador

**Fuente:** (Rama RaoVemul & MatthewD. Urich & MayureshV. Kothare , 2021)

### **1.1.5. Selección de los equipos**

#### **1.1.5.1. Filtro purificador de aire**

Un purificador de aire es un dispositivo que sirve para eliminar elementos contaminantes en el hogar, desde humo hasta partículas que flotan en el ambiente. La principal función del purificador de aire es limpiar y purificar el aire que respiramos para brindarnos una mejor calidad de vida.

En este caso se va seleccionar el Filtro purificador de aire Premium, filtro de reemplazo transparente consiste en su filtración de alta eficiencia de 3 etapas elimina eficazmente el 99.97% de las partículas en el aire tan pequeñas como 0.3 micrones para brindarle un aire puro y limpio. En la figura 10 se muestra el filtro la cual tiene un material de protección ambiental y de alta resistencia, diseñado para cumplir con la calidad original, rigurosamente probado para compatibilidad y vida útil.



**Figura 10.** Filtro purificador de aire Premium

**Fuente:** Linio

#### **1.1.5.2. Compresor de aire medicinal**

En una central de producción de aire medicinal por compresor, el aire aspirado llega a través de un filtro de aire, se comprime y pasa al filtro equipado con purgador electrónico, de forma que se atrapen los condensados y se envíen a un separador de agua/aceite antes de entrar en la cadena de filtrado.

Se seleccionó el compresor de marca Shenzhen Zhaoli Motor Co, modelo YJ62-25 con un motor monofásico la cual está compuesta principalmente por un núcleo, además contiene un bajo consumo de energía, la capacidad de escape de alta y mayor presión de aire. La cual se muestra en la figura 11.

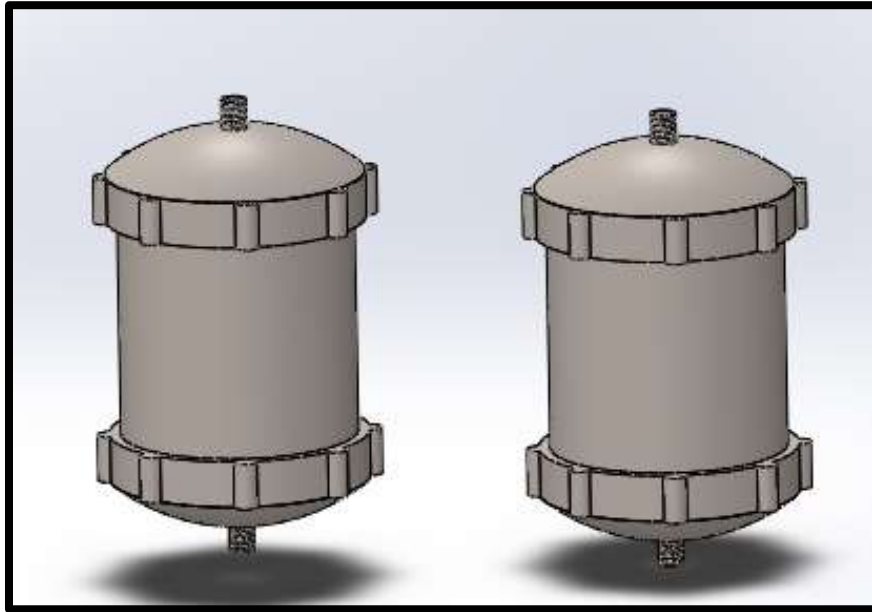


**Figura 11.** Compresor Shenzhen Zhaoli

**Fuente:** (Made In China, 2021)

### **1.1.5.3. Tanque de absorbente 1 y 2 o Tanque de Zeolita**

En este caso se encuentra una sustancia conocida como zeolita que está hecho con unos cristales porosos (es una roca compuesta de aluminio) que actúan como un tabis dado que el oxígeno posee un tamaño molecular ligeramente menor que el nitrógeno dejando pasar el oxígeno y reteniendo el nitrógeno y otros gases, de esta manera la salida de tanque 1 fluye oxígeno puro en un 90 a 95 %. Al mismo tiempo la línea de salida de oxígeno puro alimenta también al cartucho 2 de reserva, pero de esta circula en sentido contrario para limpiar el cartucho 2 de las moléculas de nitrógeno que pudieran ser conducidas a un tubo de escape la cual desemboca a la atmósfera. A continuación, se muestra en la figura 12, los dos tanques de zeolita la cual consta de un material de alta resistencia, diseñado para cumplir con la calidad original, rigurosamente probado para compatibilidad y vida útil.



**Figura 12.**Tanque de Zeolita

**Fuente:** *SolidWorks*

#### **1.1.5.4. Ventilador de enfriamiento**

Sirve para que el aire del gabinete circulé y enfríe el compresor.

Se seleccionó Ventilador De Refrigeración De Metal Ac 220v ~ 240v 12025s 120x120x25mm 50 / 60hz. Como se visualiza en la figura 13, el ventilador de enfriamiento procede de la marca Areyourshop.



**Figura 13.** Ventilador Refrigerante

#### **1.1.5.5. Intercambiador de calor**

El intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos fluidos, encontrándose éstos en contacto o separados por una barrera sólida. En lo que corresponde al concentrador su función se disipa el calor generado por la compresión de los gases. En la figura 14 se muestra un intercambio de calor donde este producto se puede utilizar para la elaboración del concentrador de oxígeno.



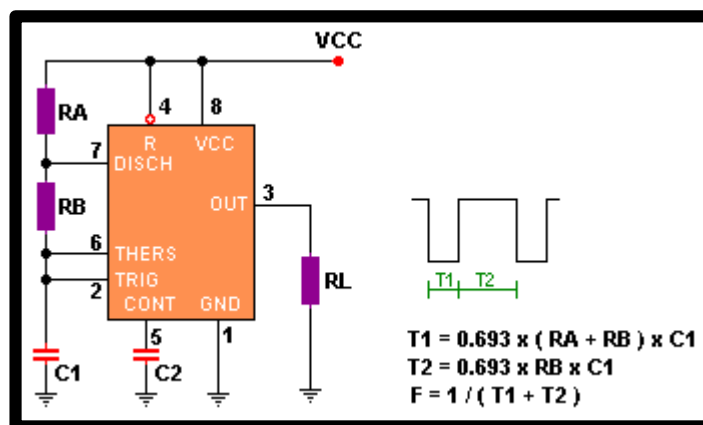
**Figura 14.** Intercambio de Calor

*Fuente:* (Made In China, 2021)

#### 1.1.5.6. Circuito de control.

##### Integrado N555

Según (R-Luis, 2015), el circuito es alimentado en un rango de 5 a 12 VDC, su corriente de salida como valor máximo es de 200 mA. Puede funcionar en modo Monoestable o en modo Astable. En la figura 15 se aprecia el integrado en modo Astable.



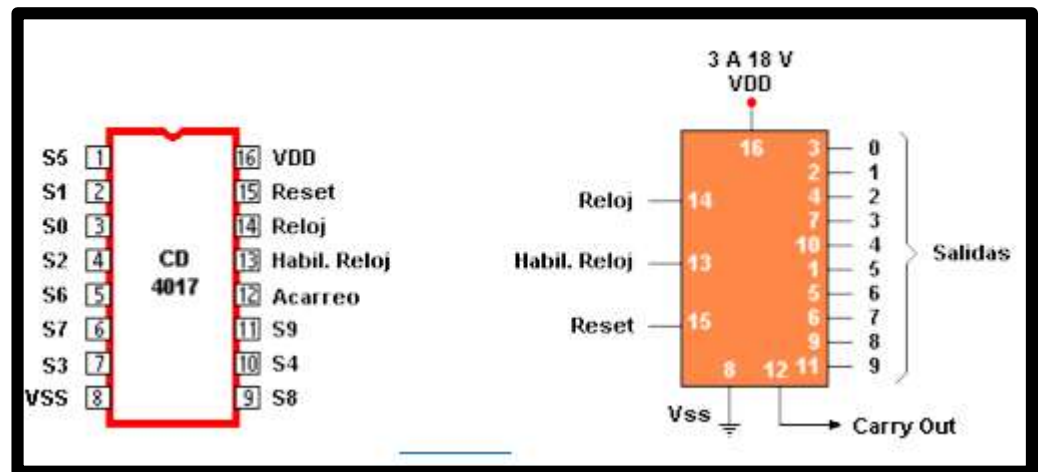
**Figura 15.** Integrado N555 Astable

*Fuente.* (R-Luis, 2015)

##### Integrado CD4017



Según (R-Luis, 2015), es un decodificador que tiene diez salidas, su funcionamiento permite trabajar con algunos componentes electrónicos como leds, de forma secuencial lo que permite que haya una interrupción de segundos como temporizador, la posición de sus pines se muestra en la figura 16.



**Figura 16.** Contador de décadas 4017

Fuente. (R-Luis, 2015)

### MOSFET IRF530

Funciona como transistor de potencia, el cual estabiliza el funcionamiento de un componente que requiere cierta cantidad de corriente para que no sufra caídas de corriente y de tensión.

La ficha técnica del MOSFET se encuentra en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Ficha Técnica del MOSFET*

Característica	Valor
Disipación del dispositivo	90 W
Tensión de drenaje	100 V
Tensión de compuerta	20 V
Corriente continua de drenaje	16 A
Temperatura máxima	200 °

Fuente: (Alltransistors, 2019)



### **1.1.5.7. Válvula rotativa**

Es un tipo de válvula basada en un rotor que cuenta con unos huecos en su estructura y la cual realiza un movimiento giratorio en el interior de un cilindro, lo que permite que un fluido pase a través de ella.

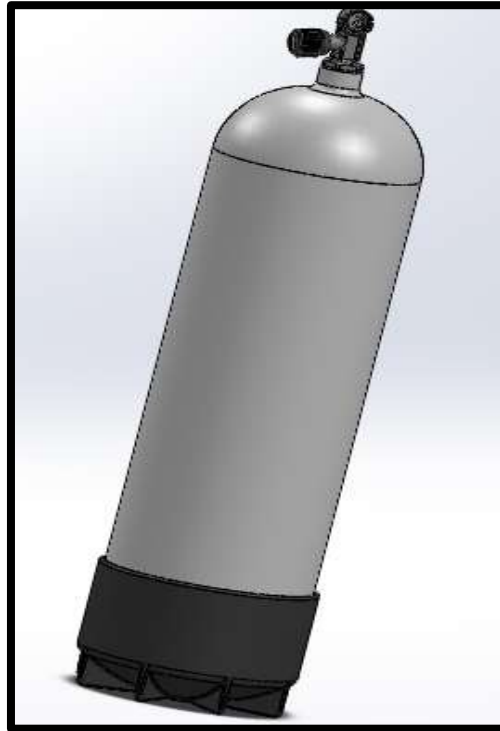
En el concentrador su función es controlar los procesos de flujo de gas del tamiz y el conducto de escape. En la figura 17 se visualiza la válvula rotativa



**Figura 17.** Válvula rotativa

### **1.1.5.8. Tanque del producto**

En esta selección se acumula el gas para producir un flujo estable y continuo. En la figura 18 se puede apreciar el tanque donde se va acumular el oxígeno.



**Figura 18.** Tanque de Producto

**Fuente:** SolidWorks

#### **1.1.5.9. Flujómetro:**

Se utilizan para controlar el caudal de los gases procedentes de un sistema de suministro central o de una bombona de gas comprimido. También se controla la velocidad del flujo de salida. Se utilizan normalmente en las plantas de hospitalización para pacientes adultos, pediátricos y neonatales. En la figura 19 se muestra un flujómetro donde corresponde al concentrador para la medición del oxígeno.



**Figura 19.** Flujómetro

### **1.1.5.10. Burbujeador**

Los burbujeadores de gas se utilizan para excluir el aire de una reacción o un sistema. En el primer caso, el burbujeador de gas se instala en el condensador del sistema de reacción. En el concentrador de oxígeno su función es humidificar el gas de salida antes de que sea inhalado. En la figura 20 se puede mostrar un burbujeador en donde este puede humidificar el gas para que sea inhalado por el paciente.



**Figura 20.** Burbujeador

## **1.2. Formulación del Problema.**

¿Cuáles serán los componentes y dimensiones óptimas para el diseño de un concentrador de oxígeno medicinal de bajo costo?

## **1.3. Justificación e importancia del estudio.**

Es importante este diseño de un concentrador de oxígeno, porque conlleva a generar alternativas de solución a pacientes que tengan problemas respiratorios, también genera expectativa en la carrera de mecánica eléctrica, este diseño nos permitirá a determinar los parámetros respiratorio que necesita un paciente que tengas problemas respiratorios, con los componentes seleccionado se

determinara y se elabora un diseño que cumpla con los estándares de calidad y efectividad.

### **1.3.1. Justificación tecnológica**

Desde la perspectiva tecnológica se detallan los componentes que se han seleccionado para su diseño, así como la configuración del concentrador de oxígeno.

### **1.3.2. Justificación económica**

Con el diseño del concentrador de oxígeno, sus costos serán menor a los que son habitualmente los equipos importados.

### **1.3.3. Justificación ambiental**

El diseño del concentrador de oxígeno se ha basado en las normas ambientales, respetando el equilibrio del medio ambiente.

## **1.4. Hipótesis**

No Aplica.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Diseñar un concentrador de oxígeno de bajo costo para soporte respiratorio a paciente hospitalizado con problemas respiratorios.

### **1.5.2. Objetivos específicos:**

- a) Recopilar los requerimientos del usuario y recomendaciones de experto
- b) Determinar la configuración de diseño óptima para la propuesta del equipo.
- c) Seleccionar los componentes adecuados para el diseño del equipo y optimizar las dimensiones del equipo.
- d) Desarrollar el diagrama del circuito electrónico para validar el funcionamiento y conexión de los componentes.
- e) Evaluar la rentabilidad del diseño propuesto.

# CAPÍTULO

## II

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y Diseño de Investigación.**

#### **2.1.1. Tipo:**

Cuantitativo ya que esta investigación es realizada para cuantificar información mediante enfoques matemáticos, enfoques de selección de materiales.

#### **2.1.2. Diseño:**

Pre-experimental: porque explicaremos la metodología que se utilizará para diseñar el concentrador de oxígeno.

### **2.2. Población y muestra.**

La población está basada en 3 metodologías fundamentales de producción de oxígeno para el diseño propuesto la cual es el concentrador de oxígeno. Según (Rama RaoVemul & MatthewD. Urich & MayureshV. Kothare , 2021)

- 1) Sistema criogénico
- 2) PSA (Adsorción por cambio de presión.)
- 3) VPSA (Adsorción por oscilación de presión de vació.)

La muestra será por la Metodología PSA ya que para la producción de oxígeno consta con varias escalas y con una pureza de 95%, esta metodología se seleccionó porque cumple con los estándares establecidos.

### **2.3. Variable**

Este diseño consta de 3 metodología para la fabricación de oxígeno, este conlleva a un esquema de variable proponiendo las variables de diseño del concentrador de oxígeno.

**Tabla 5***Variable Independiente*

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnicas de Recolección de Datos	Instrumentos de Recolección de Datos
Diseño de un concentrador de oxígeno	Análisis y cálculo de estudio	- Presión máximo cilindro - Presión máximo elipsoidales	$= \frac{SEt}{R 0.6t}$ $P = \frac{2SEt}{D 0.2t}$	- Observación	-Registro electrónico -Guía de observación

*Fuente:* Elaboración Propia**Tabla 6***Variable Dependiente*

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnicas de Recolección de Datos	Instrumentos de Recolección de Datos
Selección de los componentes para el concentrador de oxígeno.	Análisis de estudio.	Resistencia de cada material.	Selección de materiales	- Observación - Cuestionario	-Registro electrónico -Guía de observación

*Fuente:* Elaboración Propia

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

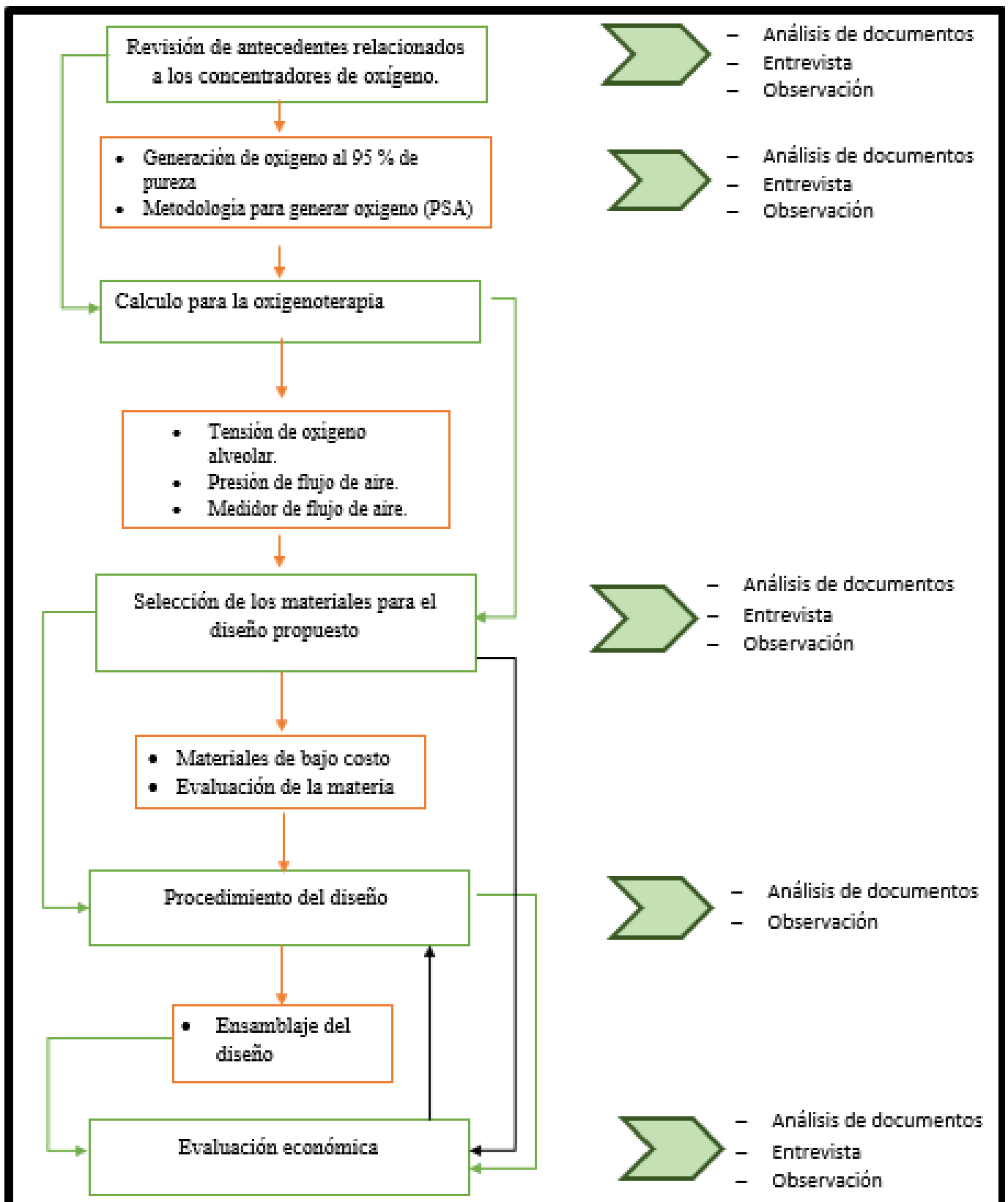


Figura. 20 Diagrama de Procesos

Fuente: Elaboración propia



### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

En este proyecto se emplearán técnicas de recolección de datos, ya que con esta técnica podemos describirlas y saber el estado de sus usos y limitaciones, con la finalidad de asegurar la información acerca del diseño de un concentrador de oxígeno medicinal de bajo costo para pacientes que presente problemas respiratorios enfocándose en la factibilidad técnica de la economía.

#### **a) Observación**

Consiste en seleccionar sistemáticamente, ver y grabar el comportamiento de los seres humanos, el propósito es múltiple, permitiendo determinar los procesos realizados en su funcionamiento, la manera como se está realizando, quien lo hace, cuando se lleva a cabo, cuánto tiempo demora, donde se realiza y porque se realiza la investigación.

Se observa a los diseños que se han hecho en otros países; para así hacer el diseño propuesto.

#### **b) Cuestionario**

Son instrumentos independientes, lo cual lo conforma un número de preguntas elaboradas con la finalidad de obtener respuesta favorecidas para la elaboración, esto conlleva que la recopilación sea de manera común, por lo que se emplea vía telefónica, correo, entre otras.

#### **c) Entrevista**

Una entrevista es una técnica de recopilación de datos que implica buscar información e interrogantes de la máquina, ya sea de manera individualmente o grupal.

#### **d) Información bibliográfica**

Esta técnica será utilizada para obtener información adecuada y referencias, tales como guías para el desarrollo de la tesis, para la recopilación de información se utilizarán diferentes fuentes bibliográficas que serán provenientes de internet, libros, revistas, leyes, tesis, publicaciones científicas, etc., teniendo

una adecuada información del diseño de un suministro de aire medicinal electromecánico para soporte respiratorio a paciente hospitalizado con disfunción pulmonar.

#### **2.4.2. Instrumento de recolección de datos.**

- Cuestionario
- Observación

#### **2.4.3. Procedimiento para la recolección de datos**

##### **➤ Cuestionario**

Se realiza una lista de preguntas para la obtención de información que ayude a contribuir con el desarrollo del concentrador oxígeno, la encuesta está constituida por 10 preguntas puntuales referentes a la adquisición de dicho equipo.

##### **➤ Observación**

Se utilizó la técnica para la revisión de los trabajos que ya se han desarrollado previamente por otros autores, sacando las conclusiones en general de los métodos que se han elaborado.

### **2.5. Técnicas de recolección de datos**

Para el análisis de datos del proyecto primero, se seleccionan las normas y metodologías referentes al concentrador de oxígeno con que sirven como guía para el desarrollo. Segundo, se diseñará los que requiera dicho diseño por medio del cálculo, a través de la velocidad del flujo aire, presión del aire y sensor de flujo. Tercero, se seleccionarán algunos componentes de acuerdo a las variables de solución obtenidas. Finalmente, se realizarán cálculos matemáticos, también se utilizará el programa de SolidWorks con la finalidad de obtener los planos de dicho proyecto.

### **2.6. Criterios éticos**

El presente proyecto de investigación está basado en criterios éticos. Establecidos en el código de Ética del Colegio de Ingenieros (CIP, 1999) como también el código de ética de investigación de la universidad señor de Sipán (USS, 2017)

### **2.6.1. Código de ética del colegio de Ingenieros (CIP).**

Art. 2.- Los ingenieros deben provocar y proteger la pureza, el poder y la honorabilidad de su profesión, contribuyendo con su actitud a que el consenso público se forme y mantenga un cabal sentido de respeto hacia ella y sus miembros, apoyado en la ecuanimidad y vergüenza con que la misma se desempeña. Por consiguiente, deben ser cautos e imparciales. Sirviendo con devoción al público, a sus empleadores y a sus clientes; deben sacrificarse por incrementar el éxito, la ley y la destreza de la ingeniería y deben auxiliar a sus instituciones profesionales.

Art. 5.- Los ingenieros cuidarán que los posibles fraternales, financieros, naturales y temporales, sean razonable y acertadamente explotados, evitando su atropellos o desembolso, respetarán y harán guardar las disposiciones legales que garanticen la preservación del ambiente.

### **2.6.2. Código de ética de investigación de la universidad Señor de Sipán (USS).**

Basado en la definición de la ética y la aplicación de esta investigación universitaria los artículos considerados para esta investigación son los artículos 2 y 3.

ART. 2º: Finalidad El Código de Ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (Uss), tiene como guía respaldar los derechos, la existencia, la vitalidad, la confianza, la honorabilidad y la paz de la(s) persona(s) que participan en una tarea de averiguación Científica, Tecnológica e curiosidad, ciñéndose a los comienzos éticos internados por la legislatura franquista e internacional, y los arreglos suscritos por nuestro país en la clase.

## **2.7. Criterios De Rigor Científico**

Esta investigación consta con los siguientes principios de rigor como la generalización, validez, fiabilidad y replicabilidad.

# **CAPÍTULO**

# **III**

### III. Resultados

#### 3.1. Recopilar los requerimientos del usuario y recomendaciones de experto

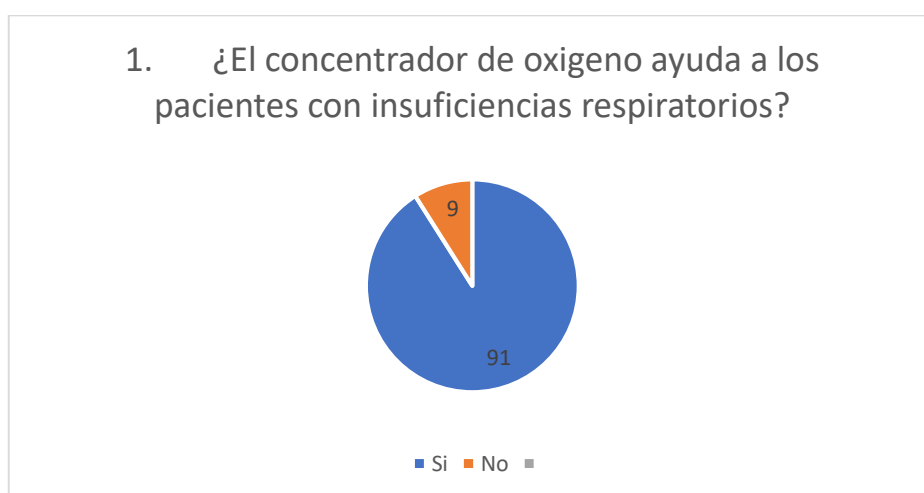
##### 3.1.1. Muestra Y Desarrollo De La Encuesta

Para obtener los resultados del público que requiere de este concentrador de oxígeno, se tomó una muestra de 100 personas encuestada (Anexo 3), se realizó en 3 lugares (Hospital Covid-19, Hospital El Gran Samaritano, Hospital Haisau). La encuesta está constituida por 9 preguntas puntuales referentes a la adquisición y el requerimiento del concentrador de oxígeno. La cual nos va ayudar para determinar la configuración del concentrador de oxígeno. La encuesta está dirigida a un determinado sector, es decir a enfermeros, doctores, técnicas, personas en general.

##### 3.1.1.1. Resultados Del Cuestionario.

Los resultados de las encuestas se muestran en tablas y se interpretan en los siguientes gráficos.

En la figura 21 se muestra el porcentaje del cuestionario, la cual un gran porcentaje de persona expresa que el concentrador si ayuda a los pacientes con insuficiencias respiratorias.

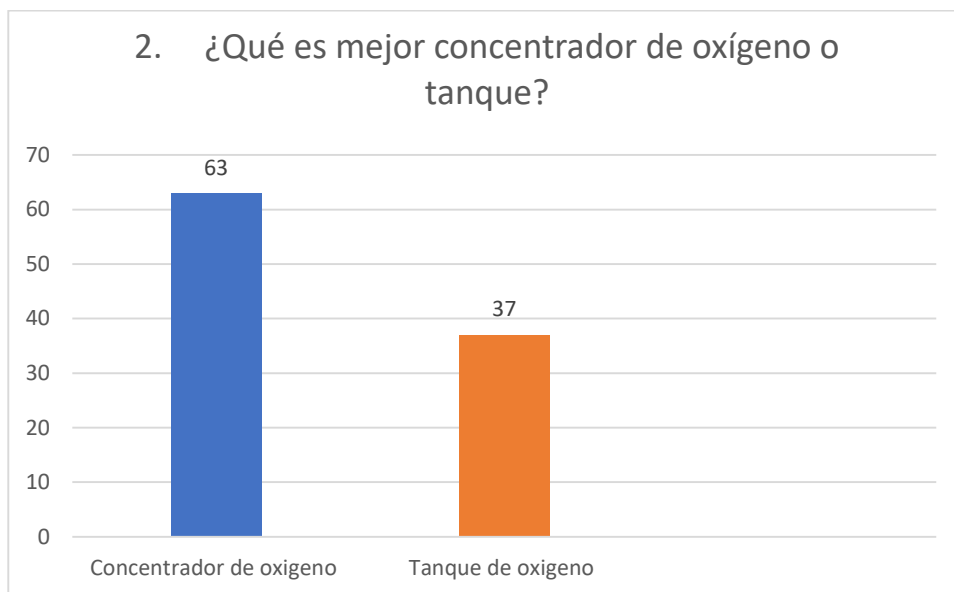


**Figura 21.** El concentrador de oxígeno ayuda a los pacientes con insuficiencias respiratorias

*Fuente.* Elaboración propia

**Interpretación.** El 91 % de encuestados tienen los conocimientos que el concentrador si es necesario para los pacientes con problemas respiratorios, el 9 % de encuestados no tienen idea.

En la figura 22 se visualiza el análisis del cual equipo es mejor si es el tanque de oxígeno o concentrador de oxígeno

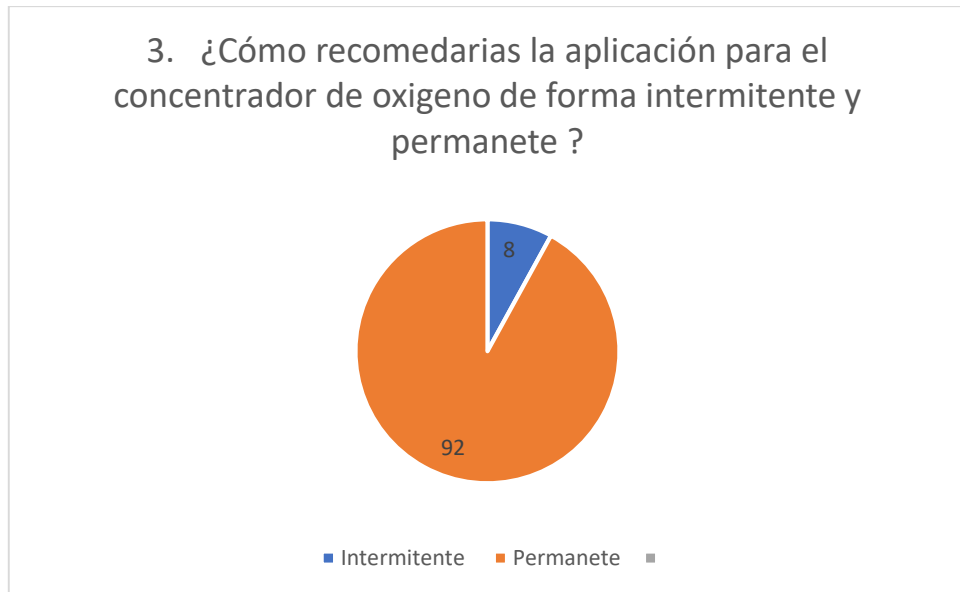


**Figura 22. Concentrador de oxígeno o tanque**

**Fuente.** Elaboración propia

**Interpretación.** El 63 % de encuestados menciona que el concentrador de oxígeno es mejor, y el 37 % menciona que el tanque de oxígeno.

En la figura 23 se muestra el desarrolló del porcentaje acerca de la aplicación del concentrador de oxígeno.

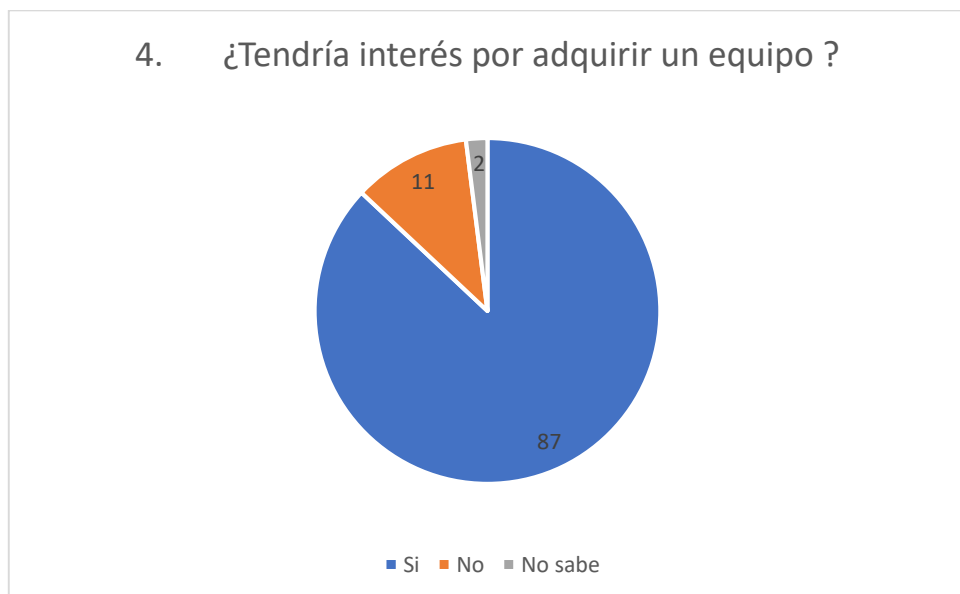


**Figura 23.** Aplicación para el concentrador de oxígeno

*Fuente.* Elaboración propia

**Interpretación.** Un grupo de 92 % de doctores, técnicos y enfermeros recomendaron que la mejor alternativa para la aplicación del oxígeno sea de forma permanente ya que facilitará que los usuarios puedan usar dicho equipo, otro grupo de 8 % considera que la aplicación sea intermitente.

En la figura 24 se muestra si la población estaría dispuesto a adquirir un concentrador de oxígeno.



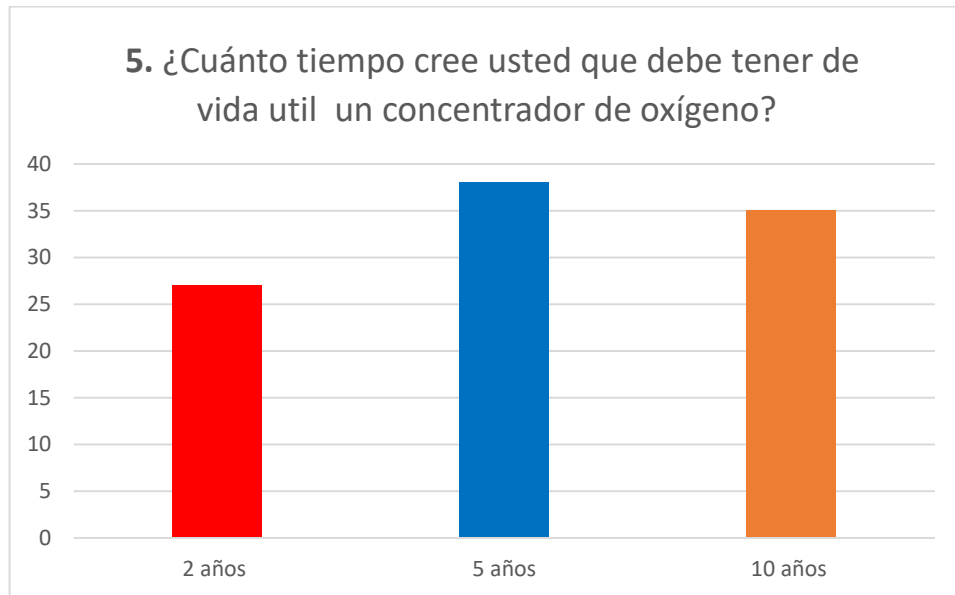
**Figura 24.** Porcentaje por el interés del equipo

*Fuente.* Elaboración propia



**Interpretación.** El 87% de los encuestados considera que sí es importante ya que el concentrador puede ayudar cuando un usuario requiera de un poco de oxígeno, el 11% no cree que es necesario, mientras que el 2% no opina.

En la figura 25 se muestran los porcentajes de vida útil que tendría el concentrador de oxígeno, mediante el cuestionario realizado.



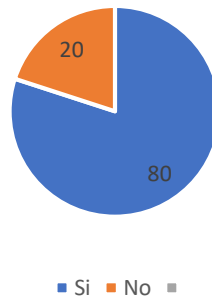
**Figura 25.** Vida útil del concentrador de Oxígeno

**Fuente.** Elaboración propia

**Interpretación.** El 38% de los encuestados considera que la vida útil debe de estar de 5 años, el 27% considera 2 años, mientras que el 35% creen que el equipo debe durar 10 años.

En la figura 26 se visualiza los porcentajes que se obtuvo del cuestionario acerca del equipo será de fácil uso para los usuarios.

6. ¿Usted recomendaría que el concentrador de oxígeno sea de fácil uso para los usuarios?



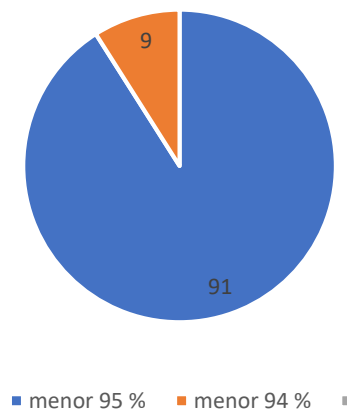
**Figura 26.** Recomendaciones del concentrador de oxígeno.

**Fuente.** Elaboración propia

**Interpretación.** El 80% de encuestados si recomendarían que el equipo sea de fácil uso, mientras que el 20% no lo recomendaría porque ellos consideran que este equipo debe ser evaluado por un personal capacitado.

En la figura 27 se observa de cuanto seria la saturación de un paciente para que el concentrador oxígeno intervenga.

7. ¿ Cuánto es la saturación de un paciente para que requiera un concentrador de oxígeno ?

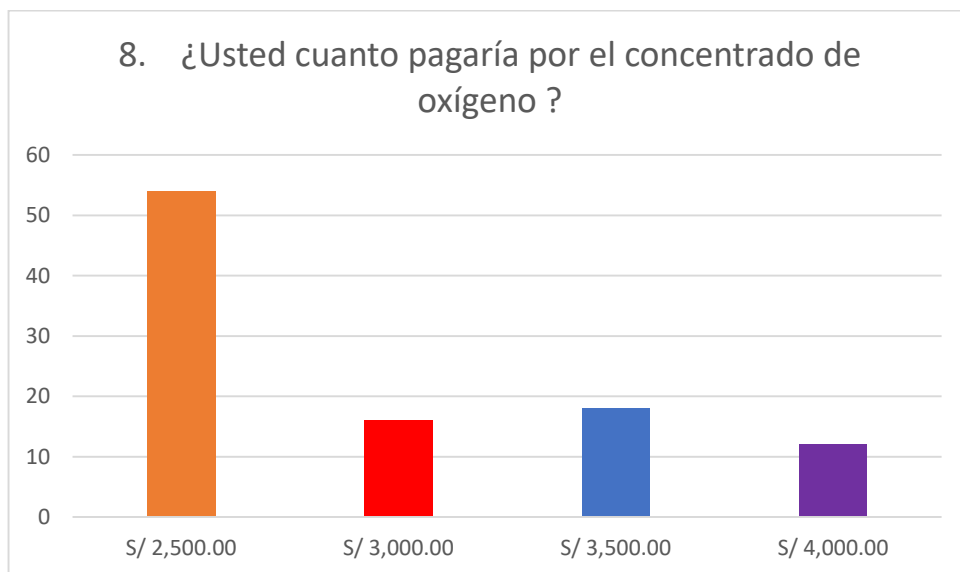


**Figura 27.** Porcentaje de saturación del paciente

**Fuente.** Elaboración propia

**Interpretación.** El 91 % de encuestados considera que la saturación debe de ser menor al 95% para que requiera uno de estos equipos, mientras que el 9 % considera que debe de ser menor al 94%.

En la figura 28 se observa el porcentaje de los usuarios la cual están dispuestos a pagar S./ 2500 para la obtención de este equipo.

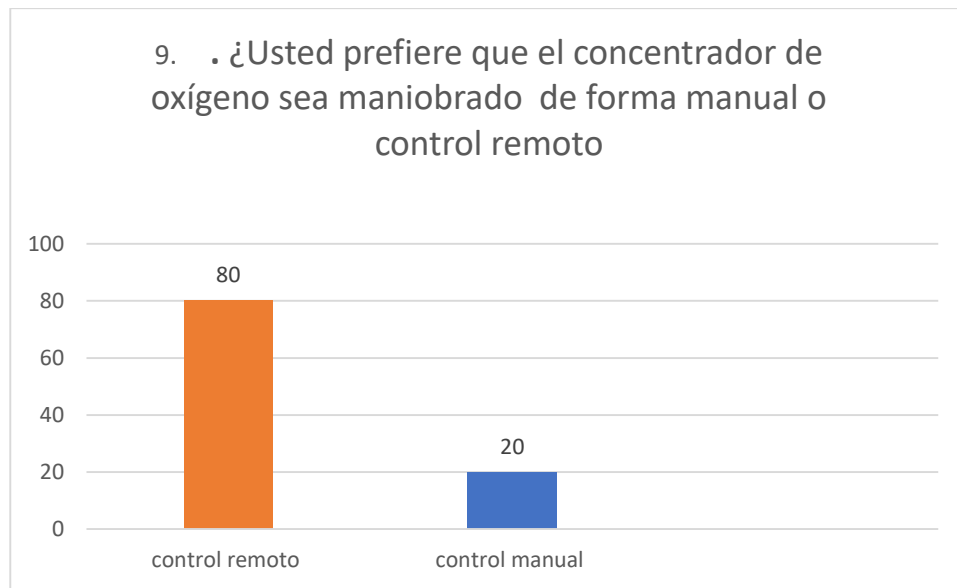


**Figura 28.** Precio del concentrador de oxígeno

**Fuente.** Elaboración propia.

**Interpretación.** El 54 % de encuestados pagaría S/.2,500.00, un 16 % de encuestados pagaría S/.3000.00, un 18 % pagaría S/.3500.00, mientras que el 12 % pagaría S/.4000.00 por adquirir este concentrado de oxígeno.

El la figura 29 se observa los porcentajes de las personas que fueron partícipes al cuestionario la cual la mayor parte desea que el concentrador de oxígeno sea maniobrado de forma remoto, antes que manual.



**Figura 29.** Porcentaje del control del concentrador de oxígeno

*Fuente.* Elaboración propia.

**Interpretación.** El 20% de los encuestados prefiere que el concentrador de oxígeno sea manipulado de forma manual, mientras que el 80 % prefiere que sea manipulado por control remoto.

### **Identificación de necesidad del diseño**

Según la encuesta y el análisis de estudio se deduce que el concentrador de oxígeno tendrá una dimensión estándar, además será de fácil manejo, se considera que la propuesta de diseño del equipo sea ligero y fácil de transportar, además que sea eficiente y que cumpla con los estándares de calidad.

### **3.1.2. Recomendaciones de autores previos**

#### **3.1.2.1. Especificaciones técnicas de algunos autores.**

En este punto vamos a determinar algunas especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno para la determinación de nuestro diseño propuesto.

En la tabla 7 describiremos la metodología que han empleado para la obtención de oxígeno y las especificaciones técnicas de los concentradores.

**Tabla 7***Análisis de Comparaciones de Especificaciones Técnicas de los Diseños Existentes*

<b>Autores</b>	<b>Metodología de obtención de oxígeno</b>	<b>Especificaciones técnicas</b>
Grabiél, Aleman Lopez Faninthon Alexander & Medina Saldaña Angel	PSA (adsorción por cambio de presión)	Compresor, ventilador, filtro de producto, filtro de entrada, regulador de presión, intercambio de calor, válvulas, tanque de zeolitas, depósito de oxígeno, interruptor, flujómetro. Indicadores led, bocina de alarma.
(BAY, ISMAIL ATACAK & MUZAFFER KORKUSUZ & OMER FARUK	PSA (adsorción por cambio de presión)	Tarjeta de control, motor, válvulas, válvula selenoide, microcontrolador, sensor de presión, compresor, puerto de entrada / salida, tanque de almacenamiento.
(Rama RaoVemul & MatthewD. Urich & MayureshV. Kothare , 2021)	PSA (adsorción por cambio de presión)	tanque de alimentación, escape de alimentación, válvula de alimentación, válvula de escape, tanque de producto, enfriador de aire de alimentación / radiador, columna de adsorción, válvula de needle lruge, entrada de aire de alimentación, filtro de aire de entrada, regulador de contrapresión, válvula de purga, válvula de aguja de purga

*Fuente:* Elaboración Propia

Una vez realizado el estudio de los concentradores de oxígeno existente obtuve que el mejor método para extraer oxígeno medicinal es por el método PSA. La cual se va obtener por la adsorción por oscilación de presión por ello se basa en la filtración del aire mediante los minerales de aluminosilicatos (llamado también zeolita), esto conlleva a la obtención de un mejor porcentaje de pureza de oxígeno (95%). El diseño que se va ejecutar consta con algunos equipos para la obtención del oxígeno; un compresor, una válvula solenoide de 3 vías, filtro de aire, tamiz molecular, un tanque de almacenamiento, regulador de presión, recipiente de agua.

### 3.1.2.2. Recomendaciones de diseño.

En esta etapa se de desarrollo por la recopilación de información, la cual consiste en los tipos de diseños de concentradores de oxígeno la cual se va describir en la siguiente tabla N° 8.

**Tabla 8**

*Recomendaciones de Autores Previos*

<b>Aspecto criterio</b>	<b>/ Recomendaciones</b>	<b>Fuente</b>
	Se aconseja que la estructura de los tanques que va contener la zeolita sea de preferencia de acero inoxidable ya que su uso genera una buena resistencia a la corrosión atmosférica y a muchos productos químicos.	Grabiél, Aleman Lopez Faninthon Alexander & Medina Saldaña Angel
<b>Materiales</b>	Se recomienda diseñar las electro-válvulas por solenoide, debido a posible desgaste en los engranajes de los servomotores y en los movimientos de las válvulas manuales con el paso del tiempo.	(BAY, ISMAIL ATACAK & MUZAFFER KORKUSUZ & OMER FARUK
	Establecer un listado de proveedores o distribuidores de componentes y materiales	

---

para comparar precios, con el fin que el dispositivo sea lo más económico y accesible a personas de bajos recursos.

**Electrónica**

Se recomienda el funcionamiento del concentrador de oxígeno con la placa de control ya que este viene a ser el cerebro del equipo por lo que contiene una placa donde se aloja todos los interfaces de salida y entrada la cual controla todos los elementos del equipo.

Grabiél, Aleman Lopez  
Faninthon Alexander &  
Medina Saldaña Angel

El funcionamiento del concentrador de oxígeno se recomienda trabajar con el Arduino mega 2560 ya que su placa se basa en un microcontrolador ATmega2560, lo cual lo hace muy bien para el funcionamiento del equipo por lo que contiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo.

(BAY, ISMAIL  
ATACAK &  
MUZAFFER  
KORKUSUZ & OMER  
FARUK

---







*Fuente:* Elaboración Propia

**3.2. Determinar la configuración de diseño óptima para la propuesta del equipo.**

**3.2.1. Matriz Morfológica.**


**Tabla 9**

*Combinación de Elementos*

FUNCIONES POR NIVELES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Nivel 1 / Placa De Control	<p>Arduino UNO R3</p> 	<p>Placa de control</p> 	
Nivel 2 / Filtro Del Aire Del Ambiente	<p>Filtro de aire. Material: Plástico ABS</p> 	<p>Filtro roscable de aire.</p> 	
Nivel 3 / Filtro De Aire De Pequeñas Partículas	<p>El filtro de entrada de aire</p> 		
Nivel 4 / Funcionamiento	<p>Compresor</p> 		



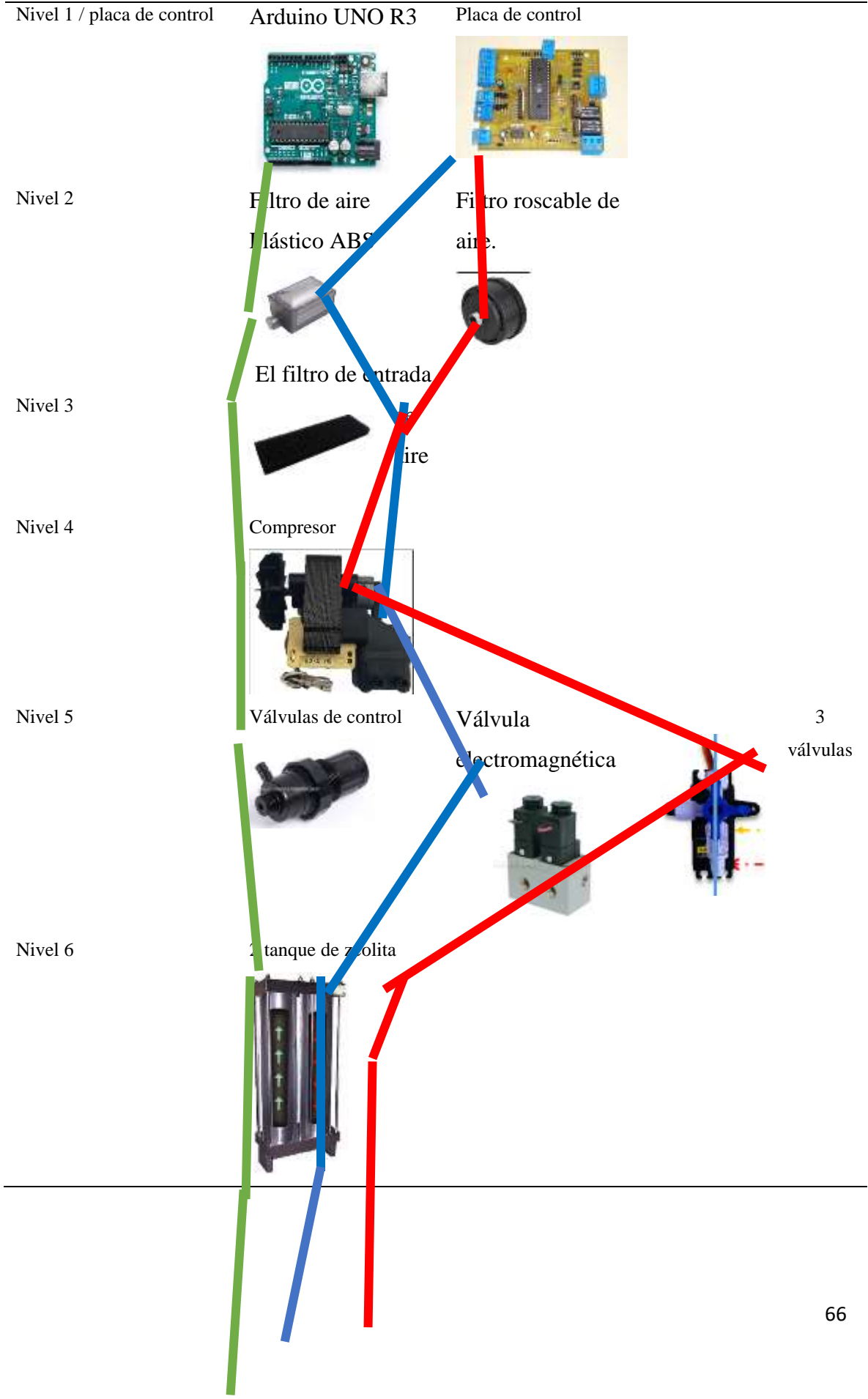
---

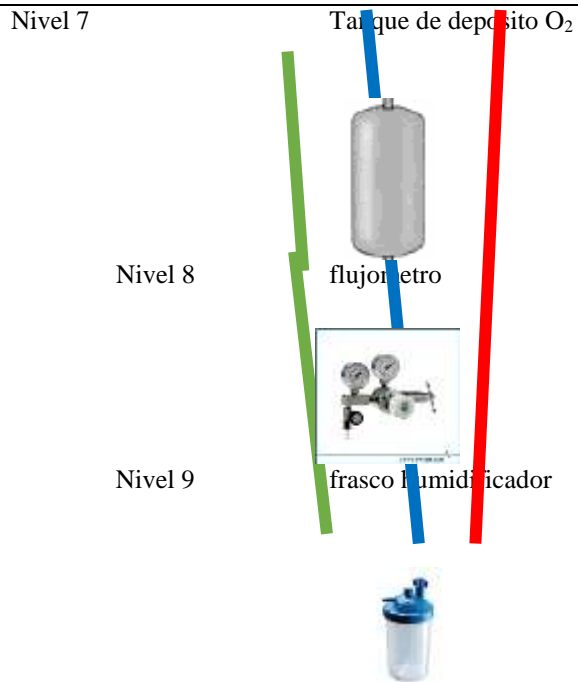
<p>Nivel 5 / Control Del Oxígeno</p>	<p>Valvulas de control</p>	<p>Válvula electromagnética</p>	<p>3 valvulas</p>
			
<p>Nivel 6 / Depósito De Zeolita</p>	<p>2 tanque de zeolita</p>		
			
<p>Nivel 7 / Recepción De Oxígeno</p>	<p>Tanque de deposito O<sub>2</sub></p>		
			
<p>Nivel 8 / Medición De Oxígeno.</p>	<p>flujometro</p>		
			
<p>Nivel 9 / Recepción De Agua Destilada</p>	<p>Frasco humidificador</p>		
			

---

Fuente: Elaboración Propia

FUNCIONES	POR	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
-----------	-----	---------------	---------------	---------------





### 3.2.2. Selección de diseños

- ❖ Combinación 1
- ❖ Combinación 2
- ❖ Combinación 3

### 3.2.3. Descripción de elementos a utilizar

#### ❖ **Arduino UNO R3**

Es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328, la cual se basa en software libre, flexible y fácil de utilizar para cualquier programación y funcionamiento de un equipo.

#### ❖ **Placa de control**

Es una placa de desarrollo basada en el cerebro del concentrador de oxígeno. Su función en el concentrador de oxígeno es analizar el estado del sistema y controlar los elementos que contenga el equipo como las válvulas y el compresor, entre otros.

#### ❖ **Filtro de aire. Material: Plástico ABS**

Se encarga de filtrar el aire bloqueando algunos elementos contaminantes como (insectos, polvo, entre otros). Este producto tiene un peso de 86 gramos, es de material plástico ABS y algodón.

❖ **Filtro roscable de aire.**

Su función es la misma que el filtro anterior lo único en que cambia es su peso la cual es de 60 gramos y su material es PLA, su función corresponde a filtrar el aire del ambiente la cual ingrese al concentrador de oxígeno.

❖ **El filtro de entrada de aire**

Es una espuma rectangular porosa, la cual su función es filtrar el aire que ingresa al concentrador de oxígeno para evitar que ingresen partículas como polen y bacterias del aire.

Sus características de este producto es que no deja pasar las partículas más pequeñas del aire y atrapa las más densas, obteniendo la retención de las partículas contaminadas.

❖ **Compresor**

Su función del este equipo es aumentar la presión de un aire/gas del ambiente, almacenado y comprimirlo dentro de un tanque, por lo cual es utilizado por la energía mecánica aunque se transforma en energía de presión.

❖ **Válvula de control**

Su función consiste en cerrar y abrir los conductores de admisión y de escape de gases, por lo cual su función principal es evitar el exceso de caudal al limitarlo a un valor mínimo preseleccionado, independientemente de cambios en la presión de línea.

❖ **Válvula electromecánica**

Su función de esta válvula electromagnética es que consta con un diafragma de la serie de DSV usada en el sistema de la presión baja utilizado especialmente para el sistema de generador del oxígeno.

❖ **3 válvula de control:**

Su función es reducir la alta presión de los cilindros de gases comprimidos a una presión regulada. Se selecciona 3 válvulas para el intercambio de nitrógeno y oxígeno la cual va consistir en los tanques de zeolita.

❖ **Tanque de zeolita**

Son tanques de acero inoxidable la cual cumple una función importante ya que en estos dos tanques va estar la separación del nitrógeno y del oxígeno, se va realizar el primer ciclo de PSA, de esta manera se hace un sistema de auto regeneración de la zeolita o adsorbentes de nitrógeno.

❖ **Tanque de almacén del oxígeno**

Su función consiste en que después de haber realizado el ciclo de PSA, el oxígeno medicinal va estar almacenado en un tanque, la cual este tanque está hecho de material de acero inoxidable

❖ **Flujómetro**

Tiene la finalidad de medir y regular el flujo de oxígeno puro (O<sub>2</sub>) durante su administración terapéutica.

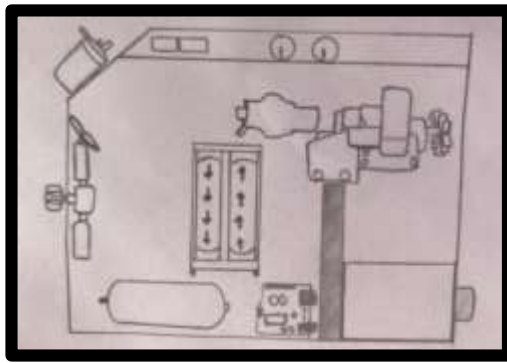
❖ **Frasco humidificador**

Consiste en un recipiente donde se va colocar el agua desmineralizada o destilada apta para el consumo humano, para poder humidificar el oxígeno. Se coloca a la salida de la fuente de oxígeno utilizada.

### **3.2.4. Descripción De Conceptos**

#### **3.2.4.1. Combinación 1**

El concentrador de oxígeno que se presenta a continuación contiene los siguientes componentes, la cual consiste en un filtro de aire junto a un filtro de entrada, compresor de aire, tiene una válvula de 4 salida, cuenta también con 3 tanques de acero, además tiene un flujómetro, y por último un frasco humidificador. Figura 30.

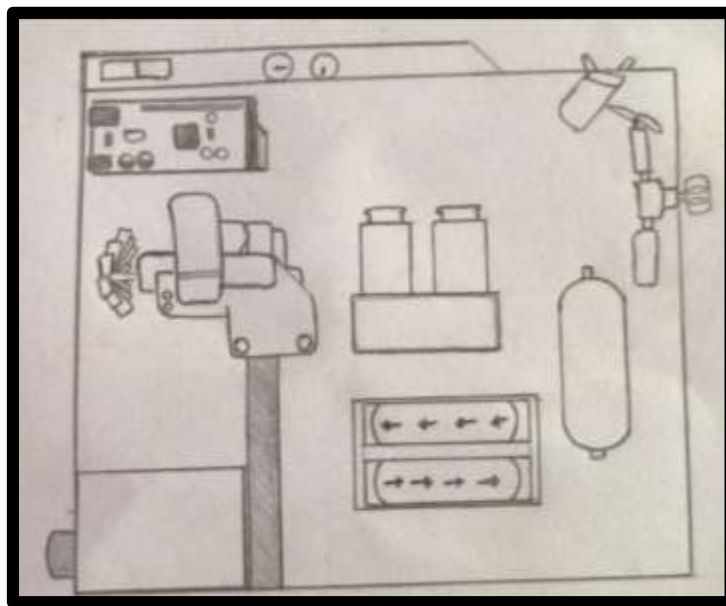


**Figura 30.** Combinación 1

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.4.2. Combinación 2

El concentrado utiliza la misma combinación similar a la anterior, la diferencia es en la válvula electromecánica la cual está valvular otorga una mayor eficiencia. Figura 31.



**Figura 31.** Combinación 2

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.4.3. Combinación 3

En la combinación 3 encontramos en que el diseño del concentrador está compuesto primeramente por un filtro roscable, seguido a un filtro de espuma, un compresor, y seguidamente contiene 3 válvula de control y de regulación, contiene 3 tanques de acero inoxidable, seguido a un flujómetro, y por último un frasco humidificador. Figura 32.



**Figura 32.** Combinación 3  
**Fuente:** Elaboración propia

#### **3.2.4.4. Criterios de selección de diseño conceptual**

Los criterios de selección de diseño conceptual están basados en puntuaciones y porcentajes que se han considerado de acuerdo a material utilizado, procesos de manufactura, ensamble, costos, eficiencia; los cuales son resultado de encuestas a personas que requiera de este concentrador de oxígeno por lo cual los usuarios que no cuentan con los medios necesarios para adquirir uno de estos equipos por sus elevados costos.

#### **3.2.4.5. Criterios de evaluación**

Los criterios de selección se toman por estos factores importantes los cuales son evaluados en la Tabla 10.

**Tabla 10***Proceso de Evaluación Durante la Fase Conceptual*

Proceso de Evaluación		
Variable	Criterio	Porcentaje
A	Ventajas Mecánicas	10
B	Proceso de Manufactura	25
C	Costo	15
D	Ensamblaje	15
E	Eficiencia	35
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>

*Fuente: Elaboración Propia***3.2.4.6. Validación**

Los criterios de validación se especifican en la Tabla 11

**Tabla 11***Validación*

VALIDACIÓN	
Puntuación	Significado
0	Muy malo
1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Muy bueno

*Fuente: Elaboración Propia***3.2.4.7. Comparación**

En la Tabla 12 se comparan cada una de las combinaciones realizadas en la matriz morfológica aplicando los criterios.



**Tabla 12***Comparación de Combinaciones*

Combinación 1			Combinación 2			Combinación 3		
Puntuación	%	TOTAL	Puntuación	%	TOTAL	Puntuación	%	TOTAL
2	0.1	0.2	3	0.1	0.3	3	0.1	0.3
2	0.25	0.5	1	0.25	0.25	2	0.25	0.5
4	0.15	0.6	2	0.15	0.3	2	0.15	0.3
4	0.15	0.6	1	0.15	0.15	2	0.15	0.3
2	0.35	0.7	3	0.35	1.05	4	0.35	1.4
<b>2.6</b>			<b>2.05</b>			<b>2.8</b>		

*Fuente:* Elaboración Propia

La selección Final se muestra de forma adecuada para la elaboración del concentrador de oxígeno (Tabla 13)

**Tabla 13***Selección Final*

Criterio	Combinación 3	
	Ideal	Real
Ventajas Mecánicas	4	2
Proceso de		
Manufactura	4	2
Costo	4	4
Ensamblaje	4	4
Eficiencia	4	2
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>14</b>

*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.3. Seleccionar los componentes adecuados para el diseño del equipo y optimizar las dimensiones del equipo.

#### 3.3.1. Tanque de zeolita:

##### 3.3.1.1. Zeolita

Se determinó el tipo de zeolita 13X ya que es el más frecuente para la purificación del oxígeno, por lo cual contiene un mayor interés por el nitrógeno. Así mismo se puede apreciar en la figura 33 la zeolita 13X 12X8.



**Figura 33.** Zeolita 13X

**Fuente:** (EI Akulinin & OO Golubyatnikov & DS Dvoretzk & SI Dvoretzky, 2020)

### 3.3.1.2. Cálculo de las dimensiones de los recipientes de la zeolita

Los cálculos para las dimensiones de los recipientes de las zeolitas constan de una suma importancia ya que esta se encargará de la capacidad de adsorción de nitrógeno del sistema. Lo que significa que funcionará como un reactor con mineral poroso de zeolita que filtra el oxígeno y que retiene el nitrógeno.

#### **Características de la zeolita 3X.**

A continuación, en la siguiente tabla 14. se describen las características de la Zeolita.

**Tabla 14**

*Características Zeolita 13X*

Especificaciones	Datos
Tipo	13x

Tamiz	8 * 12
Diámetro	1.6-2.4
Densidad	40 lb/ft <sup>3</sup>

---

*Fuente:* Elaboración Propia

Por lo cual se determinó el tamiz molecular la cual se obtuvo como resultado 4 libras de zeolita tipo 13x en granos de 8X12 para el desarrollo del concentrador de oxígeno.

A continuación, se describe la fórmula para calcular el volumen de los recipientes.

$$Volimen_{zeolita} = \frac{Masa_{zeolita}}{Densidad_{zeolita}}$$

Donde:

$$Masa_{zeolita} = 4 \text{ lb}$$

$$Densidad_{zeolita} = 40 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$Volumen_{zeolita} = 0.10 \text{ t}^3 = 2.831 \text{ cm}^3$$

Después de haber realizado el volumen de la zeolita que arrojó como resultado  $2.831 \text{ cm}^3$ . El volumen de cada recipiente será  $1.4155 \text{ cm}^3$ .

Después de haber obtenido el volumen vamos a determinar la altura del tanque. Si para un cilindro de 4 pulgadas de diámetro se sabe que es  $= 10.16 \text{ cm}^2$  y radio es  $= 5.8 \text{ cm}$  entonces vamos a determinar la altura con la siguiente fórmula:

$$Altura = \frac{volumen}{\pi r^2}$$

Donde:

$$Volumen = 1.4155 \text{ cm}^3$$

$$r = 5.8$$

$Altura = 13.39 \text{ cm}$

### 3.3.1.3. Cálculo de la presión de los tanques de zeolita

Para determinar la presión máxima interna del tanque es mediante la siguiente fórmula. (Lopez Faninthon, 2020) para ello tenemos que seleccionar el material la cual va estar diseñada para los tanques de zeolita.

#### Presión Máximo Cilindro

$$P = \frac{SEt}{R 0.6t}$$

#### Presión Máximo elipsoidales

$$P = \frac{2SEt}{D 0.2t}$$

Donde:

**S** = Valor esfuerzo, en lb/pulg<sup>2</sup>

**t** = Espesor de pared, en pulg.

**D** = Diámetro interior, en pulg.

**P** = Presión diseño, en lb/pulg<sup>2</sup>

**R** = Radio interior, en pulg.

Los tanques de zeolita se usarán con el material de acero inoxidable AISI 304 ya que cuenta con una resistencia a la corrosión, así mismo establecen los espesores de los tubos según su tipo o clasificación tales TP304 como SCH 10S, 40S, 80S. En este diseño se usará del tipo 40S de 4 pulgadas de diámetro y 0.2161 pulgadas de espesor o calibre. Se obtuvieron los siguientes datos:

**D** = 4 pulg.

**R** = 2 pulg

**S** = 18,800 lb/pulg<sup>2</sup>. Ver anexo 4 propiedades del acero inoxidable

**t** = 0.2161417 pulg.

**E** = 1. para cilindro sin soldadura de junta o sin uniones

Ahora reemplazamos en la siguiente formula de:

Presión Máximo Cilindro

$$P = \frac{\frac{18,800\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 1 * 0.2161417}{2 + 0.6 * 0.2161417}$$

$$P = \frac{4\,914.6396}{2.12968502}$$

$$P = 2\,493\text{ psi}$$

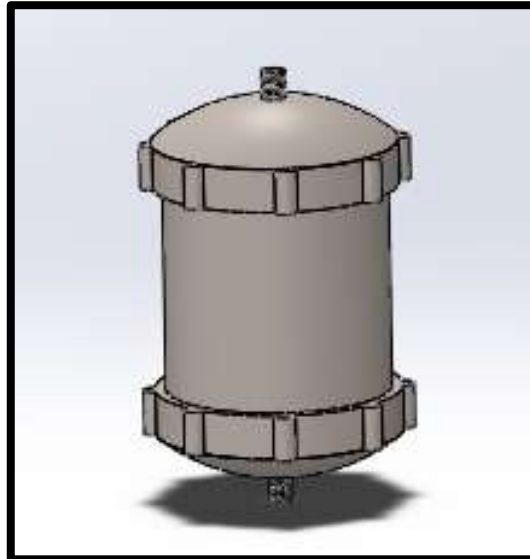
Presión Máximo elipsoidales

$$P_{elip} = \frac{2 * \frac{18,800\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 1 * 0.2161417}{4 + 0.2 * 0.2161417}$$

$$P_{elip} = \frac{8\,126.92792}{4.04322834}$$

$$P_{elip} = 2\,010.001\text{ psi}$$

Con los datos obtenidos el recipiente contenedor de zeolita soporta aprox. 2,400 psi. Con los respectivos datos que se obtuvo se realiza el diseño por medio del programa SolidWorks en la cual se va diseñar los dos tanques de zeolita. En la figura 34 se muestra el diseño de los tanques de zeolita.



**Figura 34.** Tanque de zeolita

**Fuente:** SolidWorks

### 3.3.1.4. Análisis de simulación del tanque de zeolita

Propiedades de acero inoxidable aplicados en la simulación

Para el análisis del tanque de zeolita, se hace un evaluación con el software solidworks, esta vez se eligió como material de fabricación un acero inoxidable.

- Nombre: Aisi 304
- Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
- Criterio de error predeterminado: Desconocido
- Limite elástico:  $2.06807e+08 \text{ N/m}^2$
- Límite de tracción:  $5.17017e+08 \text{ N/m}^2$
- Módulo elástico:  $1.9e+11 \text{ N/m}^2$
- Coeficiente de Poisson: 0.29
- Densidad:  $8000 \text{ kg/m}^3$
- Módulo cortante:  $7.5e+10 \text{ N/m}^2$
- Coeficiente de dilatación térmica  $1.8e-05 /\text{Kelvin}$

Para el estudio de simulación se consideran las siguientes unidades.



- Sistema de unidades: Métrico (MKS)
- Longitud/Desplazamiento mm
- Temperatura Kelvin

- Velocidad angular Rad/seg
- Presión/Tensión N/m<sup>2</sup>

En el primer estudio se analizó el tanque de zeolita de acuerdo a los datos obtenidos por lo que se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Tanque de Zeolita*

Función	Tratado	Propiedades
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa :1.77534 kg
		Volumen:0.000221918 m <sup>3</sup>
		Densidad:8000 kg/m <sup>3</sup>
		Peso:17.3984 N
Redondeo2	Sólido	Masa: 0.90494 kg
		Volumen:0.000113117 m <sup>3</sup>
		Densidad:8000 kg/m <sup>3</sup>
		Peso: 8.86841 N

### Redondeo2



Sólido

Masa:0.90494 kg

Volumen:0.000113117 m<sup>3</sup>

Densidad:8000 kg/m<sup>3</sup>

Peso:8.86841 N


---

*Fuente:* Elaboración Propia

Una vez realizada esta prueba, sometemos al tanque de zeolita una presión de 2400 psi teniendo como resultado reacciones en los tres ejes coordenados (X, Y, Z) tal y como se muestra en las tablas 16 y 17.

### Tabla 16

*Detalles de Carga del Tanque de Zeolita*


Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Presión-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Tipo:</b> Normal a cara seleccionada <b>Valor:</b> 2400 <b>Unidades:</b> Psi <b>Ángulo de fase:</b> 0 <b>Unidades:</b> deg

---

*Fuente:* Elaboración Propia



**Tabla 17***Fuerza de Reacción del Tanque de Zeolita*

<b>Nombre de sujeción</b>	<b>Imagen de sujeción</b>	<b>Detalles de sujeción</b>			
<b>Fijo-1</b>		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Tipo:</b> Geometría fija			
<b>Fuerzas resultantes</b>					
Componentes	X	Y	z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0.00272423	-0.037796	0.462498	0.464048	
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0	

*Fuente:* Elaboración Propia

Una vez seleccionada las fuerzas que influye en el análisis, se indicaron las características de malla aplicada en el tanque de zeolita (Tabla 18)

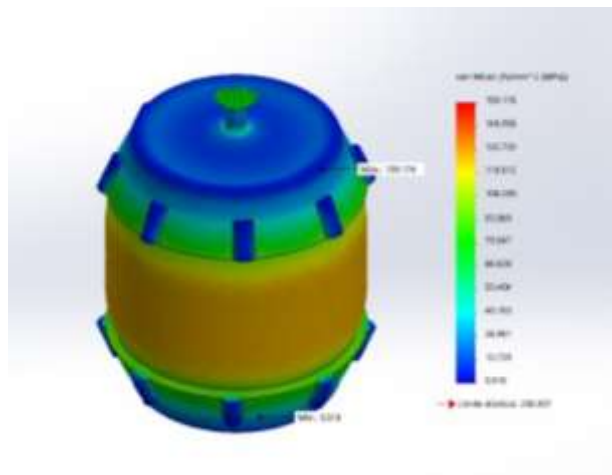
**Tabla 18***Características de Malla*

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño máximo de elemento	10 mm
Tamaño mínimo del elemento	2 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar
Número total de nodos	34558
Número total de elementos	19175
Cociente máximo de aspecto	28.682

% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	92.1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	2.4
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:09
Nombre de computadora:	

*Fuente:* Elaboración Propia

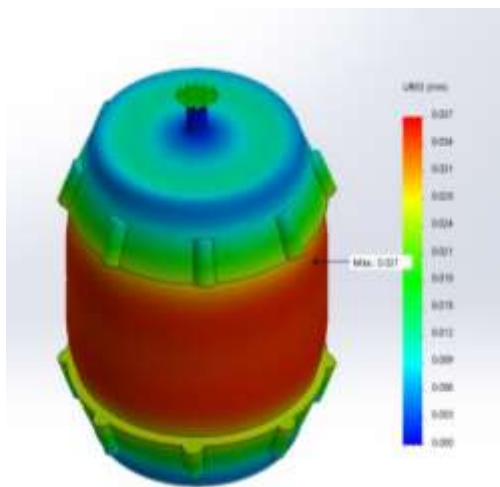
El análisis de la tensión Von Mises genera un resultado de tensión máxima de 159.176 MPa y una tensión mínima de 0.518 MPa (Figura 35.)



**Figura 35.** Tensión Von Mises

**Fuente:** Elaboración propia

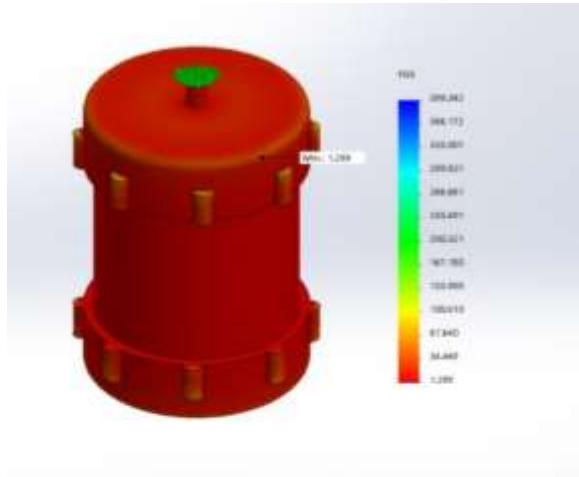
La figura 36 muestra el desplazamiento máximo del tanque de zeolita de 0.037 mm, y una deformación máxima de 0.000.



**Figura 36.** Desplazamiento y deformación del tanque de zeolita

**Fuente:** Elaboración propia

Para finalizar el análisis de simulación, se calcula el Factor de Seguridad el cual es de 1.299 la cual es la condición más crítica, por atascamiento del tanque (Figura 37.)



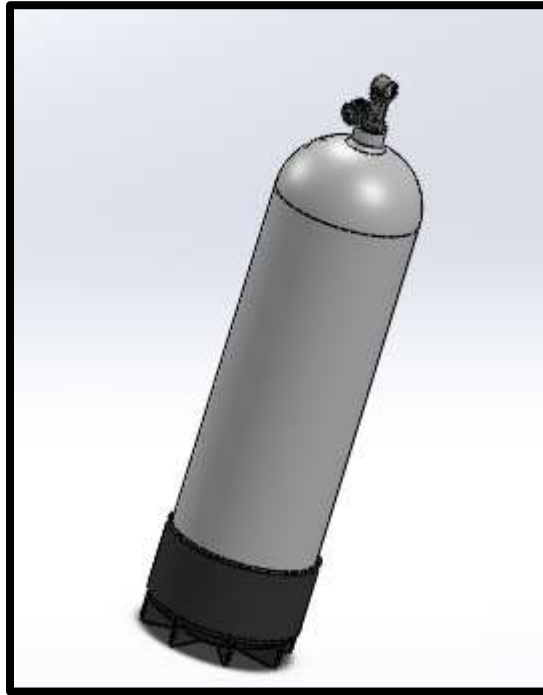
**Figura 37.** Factor de seguridad del tanque de zeolita

**Fuente:** Elaboración propia

Según resultados obtenidos durante la simulación, se puede apreciar un factor de seguridad de 1.299 que es muy favorable para nuestro diseño del tanque de zeolita, por lo cual se llega a la conclusión de que el diseño del tanque cumple con mejoras en su desempeño dentro del sistema Concentrador de oxígeno.

### **3.3.2. Almacenamiento Del Tanque De Oxígeno**

Es un elemento que va depender mucho de los usuarios, ya que va depende de qué porcentaje de oxígeno va querer que se almacené, por lo tanto, en este diseño electromecánico se seleccionó el material de acero inoxidable y con unas dimensiones comerciales. En la figura 38 se visualiza el tanque de almacenamiento la cual se diseñó en el programa de SolidWorks.

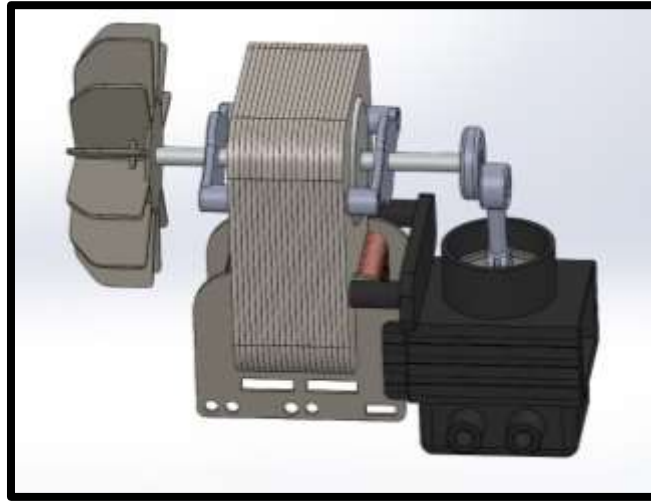


**Figura 38.** Tanque de almacenamiento

**Fuente:** SolidWorks

### **3.3.3. Compresor**

Es uno de los principales dispositivos la cual requiere este diseño. Por lo cual se eligió el compresor de marca Shenzhen Zhaoli Motor Co, modelo YJ62-25 con un motor monofásico la cual está compuesta principalmente por núcleo los planos se visualizan en Anexos 4, devanados primarios y secundarios, el rotor, el estator y bobina. En la figura 39 se visualiza la imagen del compresor, la cual se diseñó en el programa de SolidWorks para realizar su respectivo diseño y así mismo en la siguiente tabla 19 se describe sus especificaciones técnicas del compresor.



**Figura 39** .Compresor Shenzhen Zhaoli

**Fuente:** SolidWorks

**Tabla 19**

*Especificaciones Técnicas Del Compresor Shenzhen Zhaoli*

<b>Modelo</b>	<b>YJ62/300</b>
Fabricante	Zhaoli Motor
Laminación	25mm
Voltaje	24 VAC
Polos	2
Corriente	1.4A
Frecuencia	50/60Hz
Input Power	<100W
Core Grosor	8 – 40 mm
Presión máxima	2.3Bar ~7,75Bar
presión de trabajo	33~40 Psi, 7.55Bar
flujo de aire	4~8 Bar
Aislamiento Térmico	Clase B, 130°C
Tipo Mecanismo	Pistón con biela y manivela

Vida	5000 - 1000h (continuas)
Caudal de salida	4.5 -10 L/min

---

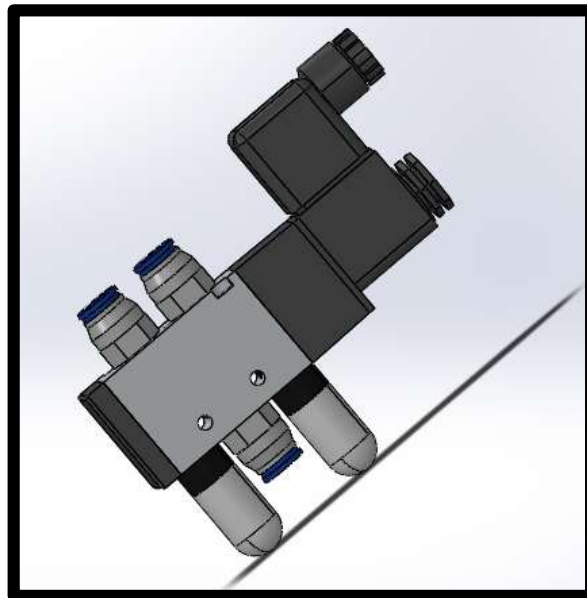
*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.3.4. Válvulas

Para realizar el concentrador de oxígeno se escogió las válvulas 7012, su función es de émbolo de acción directa. Así mismo permite la disposición de válvulas en un bloque múltiple que ahorra espacio. La gama se complementa con versiones a prueba de explosiones se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Válvula pequeña compacta y de acción directa hasta DN 1,6
- Sistema de bobina deslizado
- Racor banjo para montaje directo en válvulas neumáticas
- Montaje a presión, con brida o en colector sencillo y rápido
- Variantes a prueba de explosiones

En la figura 40 se visualiza la imagen de la válvula 7012 de émbolo de acción directa de 3/2 vías y en la tabla 20 se describen las especificaciones técnicas.



**Figura 40.** Válvula 7012 de émbolo de acción directa de 3/2 vías

Fuente: SolidWorks

**Tabla 20**

*Especificaciones técnicas de la válvula 7012*

<b>Modelo</b>	<b>7012</b>
Material	Latón, poliamida (PA), acero inoxidable 1.4305
Peso	146 g (con G 1/8)
Clase de ensalzamiento térmico	Epoxi: clase H
Accionamiento manual	Opcional, estándar para la versión banjo Tipo 7012
Válvula simple	50/60Hz
Para montaje en bloque en colector múltiple	Funcionamiento continuo 100% ED. bobina de 4 W / 5 W 100% ED (a 55 ° C máx.)
Tensión de funcionamiento	24 V CC, 24 V / 50 Hz.
Toleración de voltaje	± 10%
Viscosidad	21 mm <sup>2</sup> /s
Conexión eléctrica	Acc. según DIN EN 175301-803 Forma C para conector de cable Tipo 2516 <ul style="list-style-type: none"><li>• Acc. según el estándar industrial Forma B para conector de cable Tipo 2507</li><li>• Terminal de clavija plana como dispositivo de clase de protección III</li><li>• Conexión de cables sueltos bajo pedido para bobinas de 20 mm</li><li>• Versión ATEX / IECEx con cable moldeado de 3 m</li></ul>
Vida	5000 h (continuas)

*Fuente:* (Burkert Fluid Control Systems, s.f.)

Después de haber hecho el análisis de los elementos principales la cual compone un dispositivo como el concentrador de oxígeno, obtuvimos las dimensiones optimas de dichos elementos, por lo cual nuestro diseño quedara de la siguiente manera (Figura 41)



**Figura 41.** Diseño final del concentrador de oxígeno

**Fuente:** SolidWorks

### **3.4. Desarrollar el diagrama del circuito electrónico para validar el funcionamiento y conexión de los componentes.**

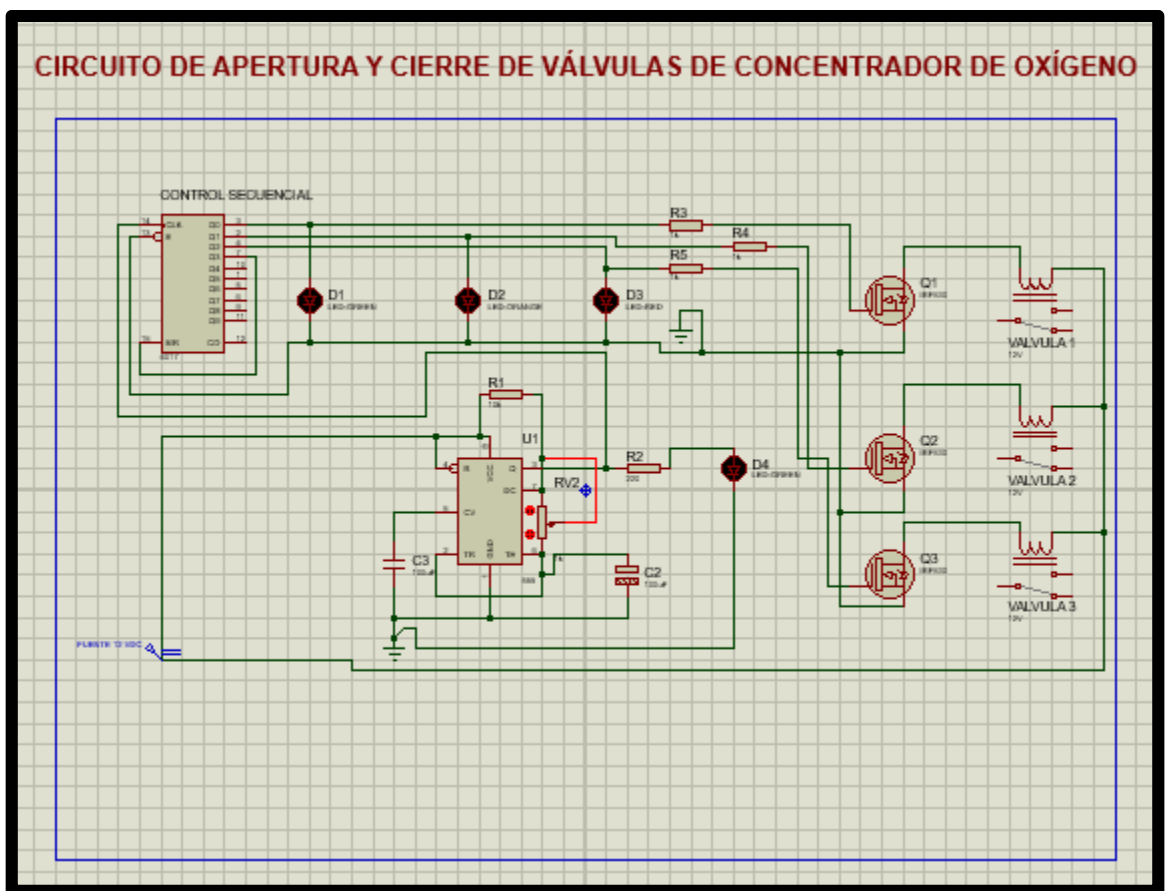
La lista de componentes adecuados para el funcionamiento del circuito es la siguiente:

- 1 integrado CD4017
- 1 integrado N555
- 4 diodos led
- 3 resistencias de  $1k\Omega$
- 1 resistencia de  $220\ \Omega$
- 1 resistencia de  $10\ k\Omega$
- 1 condensador electrolítico de  $100\ \mu F$



- 1 condensador cerámico de 100 uF
- 3 transistores IRF530
- 1 potenciómetro de 1kΩ

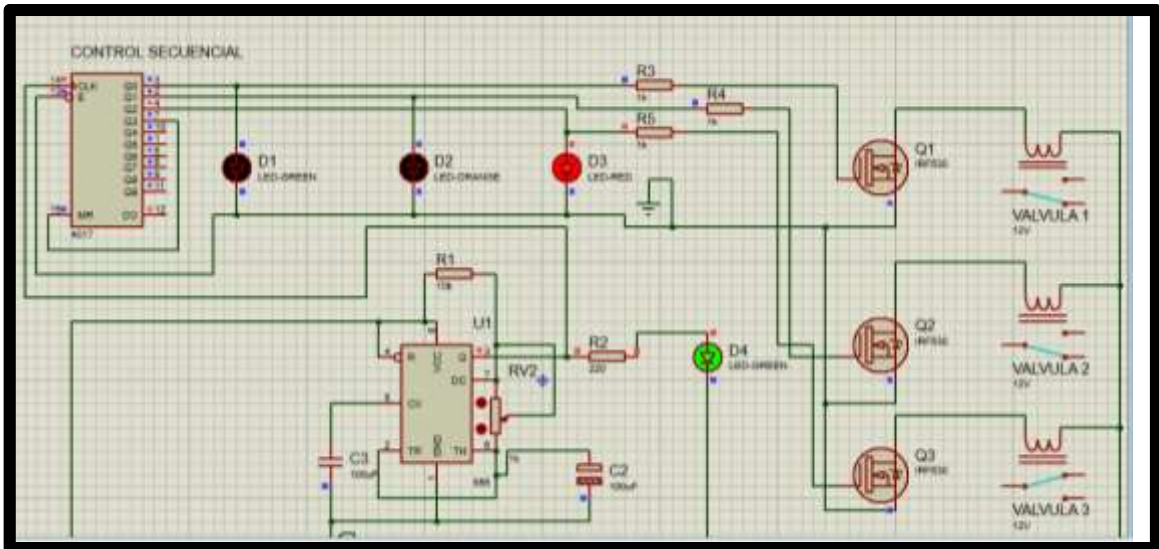
Para desarrollar el circuito se utilizó un integrado N555 en modo astable conectado a una resistencia de 10 kΩ entre los pines 8 y 7, un potenciómetro de 1 kΩ el cual modifica su resistencia para variar el tiempo de funcionamiento de las válvulas que son representadas por 3 relays, estos se encuentran conectados a transistores IRF530 con resistencias de 1 kΩ. En la figura 42 se muestra el esquema del circuito.



**Figura 42.** Esquema de circuito electrónico.

*Fuente:* Propia

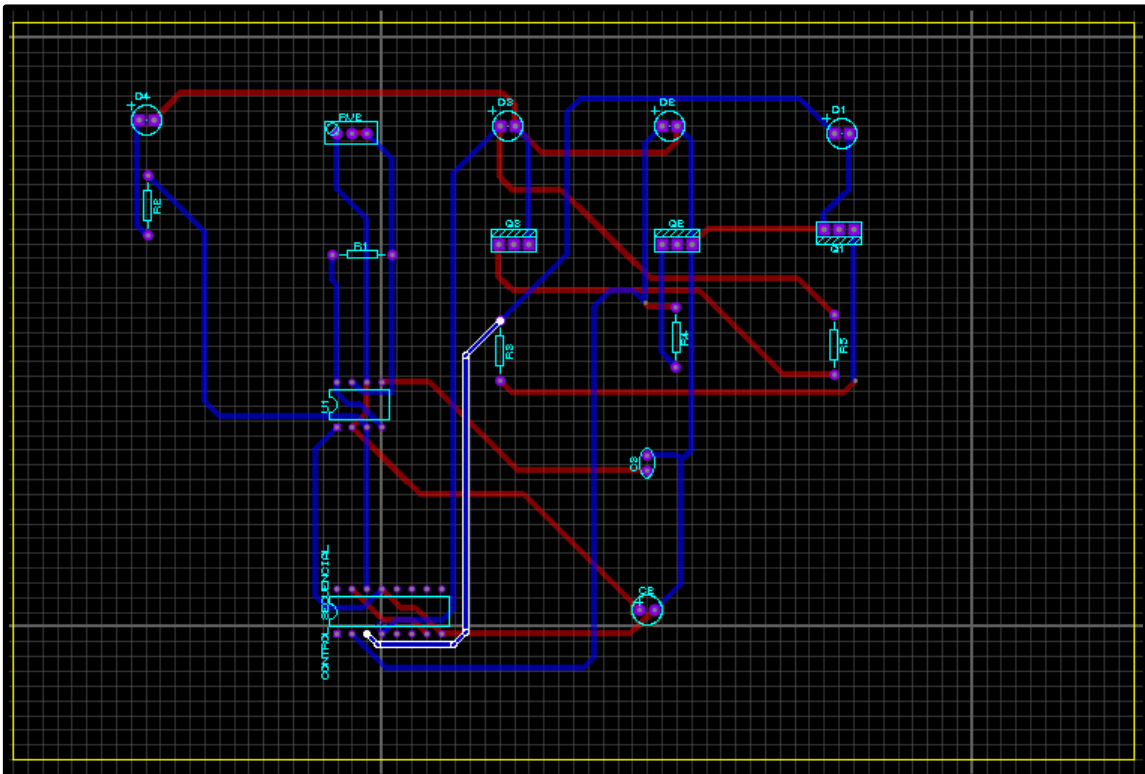
El circuito funciona con un contador de décadas el cual funciona como elemento secuencial para el control de las válvulas. El circuito funciona activando los relays de forma intermitente y secuencial. Realizando la simulación del circuito, éste funciona encendiendo los relays con sus respectivos leds. La simulación se presenta en la figura 43.



**Figura 43.** Simulación del circuito

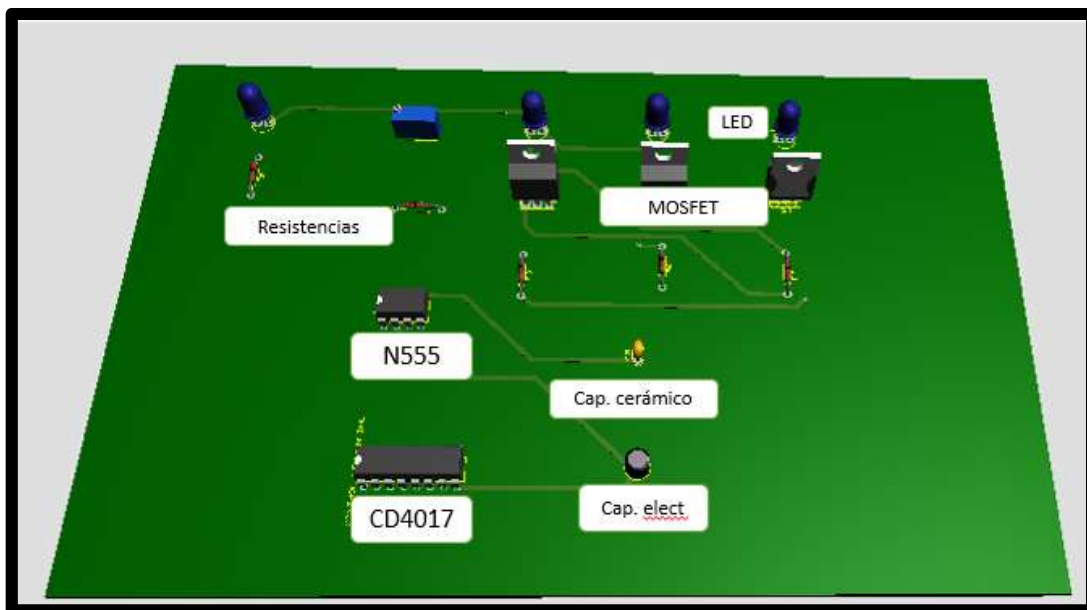
*Fuente:* Propia

El diseño PCB y el diagrama 3D se muestran en la figura 44 y la figura 45, respectivamente.



**Figura 44.** Diseño PCB de circuito

*Fuente:* Propia



**Figura 45.** Esquema 3D del circuito

*Fuente.* Propia

### 3.5. Evaluar la rentabilidad del diseño propuesto

Para la rentabilidad del diseño no se puede dar una cifra exacta, por lo que no es posible conocer con precisión algunos de los precios finales tanto de los elementos a utilizar ya que en el mercado los precios están variables por la crisis mundial que se están atravesando. En la tabla 21 se describe los costos de los elementos del concentrador de oxígeno.

**Tabla 21**

*Presupuesto del Concentrador de Oxígeno*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total</b>
Compresor	1	S./ 200
Placa de control	1	S./ 50
Conectores	1 paquete	S./ 40
Pulsador	1	S./ 10
Tubo de acero	1 metro	S./ 250

Carcasa	1 caja (Polímeros)	S./ 130
Zeolita	4 libra	S./ 180
Tanque de zeolita	2	S./ 200
Tanque de almacenamiento	1	S./ 150
Controlador	1	S./ 50
Filtro de aire	1	S./ 125
Filtro de entrada	1	S./ 100
Flujómetro	1	S./ 150
Frasco humidificador	1	S./ 50
Interruptor	1	S./ 60
Rodajes	4	S./ 20
Carga de soporte	1	S./ 120
Válvula 7012 3/2	3	S./ 380
Manguera de oxígeno	2 metro	S./ 150
Mano de obra	1	400
<b>Total</b>		<b>S./ 2815</b>

*Fuente:* Propia

Actualmente en el mercado los concentradores de oxígeno están desde los S./ 4 500 a S./ 12 000 va dependiendo mucho del diseño que requiera el usuario, por lo tanto nuestro proyecto que es el concentrador de oxígeno es rentable al precio en comparación de otros equipos, además nuestro elementos que se ha empleado en la elaboración del diseño tendrá una vida más larga porque se empleará de material de aceros inoxidable y ABS de primera calidad, por lo que permite que nuestro diseño propuesto tendrá una mayor vida útil.

Esquema general de cómo será el funcionamiento

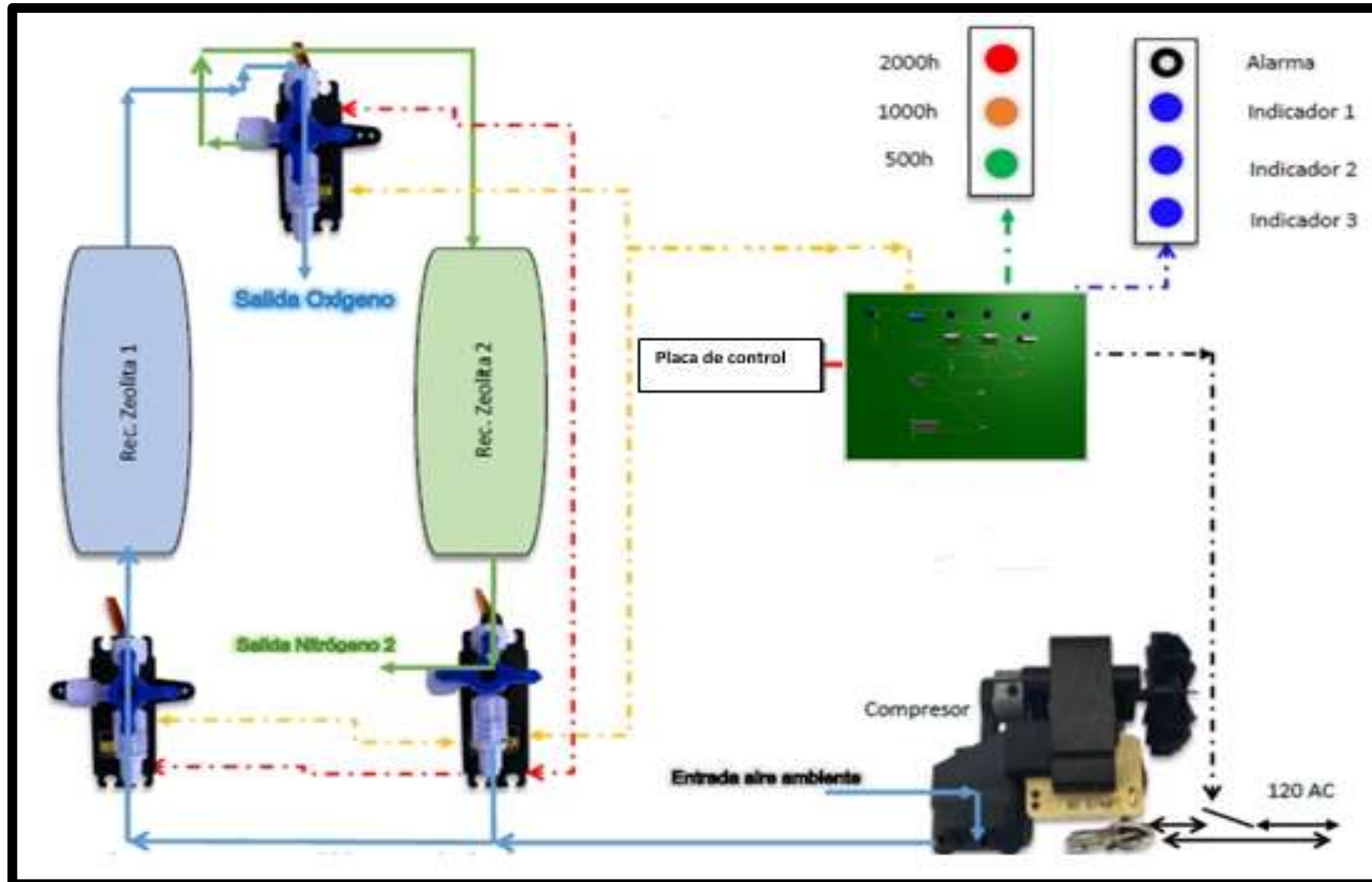


Figura 46. Funcionamiento general del concentrador de oxígeno

*Fuente.* Propia

En la figura 46 se puede visualizar como es el funcionamiento del concentrador de oxígeno, primeramente, parte de la adsorción del aire ambiente, la cual se va efectuar al compresor inmediatamente va ir a la primera y segunda válvula, pasando al primer tanque de zeolita, así mismo el primer tanque de zeolita libera todo el nitrógeno acumulado, mientras que el tanque 2 filtrará el oxígeno medicinal pasando a la válvula 3, la cual esta válvula cumplirá la función de llevar el oxígeno al tanque de almacenamiento. Toda esta función se encargará el circuito de control, la válvula 1 y 2 y el tanque 1 y 2 de zeolita se alternará mediante dos minutos con la finalidad que el oxígeno se mantenga con una pureza de 90%.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

De acuerdo con el análisis de los autores, se determinó que la mejor configuración para la obtención de oxígeno es por el método de adsorción por cambio de presión (PSA), la cual consistió en la filtración del aire mediante los minórales de zeolita 13X.

Conforme a los requerimientos de los usuarios y de los autores previos, se realizó un matriz morfológica para determinar la mejor configuración y selección de componentes de diseño, obteniendo 3 propuesta, la cual se optó por la tercera ya que obtuvo mayor ponderado, por lo cual resultó ser más viable para el ensamble del concentrador de oxígeno, por lo cual el diseño seleccionado se representó por el programa SolidWorks.

Los elementos que se emplearon para el diseño fueron los siguientes: placa de control, humidificador, flujómetro, compresor, filtros de aire, tanque de zeolita, tanque de almacenamiento, 3 válvulas.

Se calculó la presión y las dimensiones del tanque de zeolita, obteniendo buenos resultado por ende se realizó la simulación mediante el programa SolidWorks obteniendo un factor de seguridad 1.299, desplazamiento máximo del tanque de zeolita 0.037 mm, deformación máxima 0.000 y la tensión máxima de Von Mises es de 159 176 MPa.

El circuito de control se desarrolló con un integrado N55 en modo astable conectado a resistencia, pines y un potenciómetro, la cual se encarga de verificar su resistencia para variar el tiempo de funcionamiento de las 3 válvulas, todos estos elementos están conectados al transistor IRF530.

Para la construcción del concentrador de oxígeno se estima una inversión de S./ 2815, por lo cual el usuario ahorrará de manera considerable.

## **RECOMENDACIONES**

Disponer de proveedores y distribuidores de todos los componentes a utilizar para así realizar la comparación de precios, con la finalidad de que el diseño que se va construir sea accesible para todas las personas de baja economía.

Los cálculos que se realizó para los tanques de zeolita tuvieron como finalidad establecer la cantidad de obtención de oxígeno, la cual el diseño concentra una cantidad de flujo de 0.5 lts/min. Constante.

Se recomienda realizar el cálculo de los tanques de zeolita para determinar la cantidad máxima de presión, con la finalidad de saber cuánto de oxígeno requiere que sea el diseño del concentrador.

El tanque de almacenamiento depende mucho de los usuarios, ya que el usuario determinará qué porcentaje se va almacenar.

Se recomienda diseñar las válvulas con el material acero inoxidable, para que así no haya desgaste de corrosión con el tiempo.



## V. REFERENCIAS

- Alltransistors. (12 de 05 de 2019). *Alltransistors*. Obtenido de <https://alltransistors.com/es/mosfet/transistor.php?transistor=2407>
- AMBIENTE BRASIL. (23 de Agosto de 2005). Obtenido de AMBIENTE BRASIL: <https://www.ambientebrasil.com.br/>
- BAY, ISMAIL ATACAK & MUZAFFER KORKUSUZ & OMER FARUK. (2012). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONCENTRADOR DE OXÍGENO CON FALLO BASADO EN GPRS SISTEMA DE TRANSFERENCIA*. Turquía: Compañía Editorial Científica Mundial DOI: 10.1142.
- Burkert Fluid Control Systems. (s.f.). Obtenido de Tipo 7012 - Direct-acting 3/2-way plunger valve: <https://www.burkert.es/es/type/7012>
- CAPOTE SÁNCHEZ, A. (2018). *DISEÑO DE UN GENERADOR DE OXÍGENO PARA SU APLICACIÓN EN PISCICULTURA*. Bogotá: Universidad de los Andes .
- EI Akulinin & OO Golubyatnikov & DS Dvoretzsk & SI Dvoretzsky. (2020). *EL DISEÑO ÓPTIMO DEL PROCESO DE ADSORCIÓN POR OSCILACIÓN DE PRESIÓN DEL ENRIQUECIMIENTO DE AIRE OXÍGENO BAJO INCERTIDUMBRE*. Rusia : 1 Universidad Técnica Estatal de Tambov.
- Jacek Nasilowsk & Tadeusz Przybylowski Jan Zielinski y Ryszarda Chazan. (2008). *Comparación de los beneficios de oxígeno suplementario de un*. Polonia: ELSEVIER.
- LEITE OTERO, V. (2006). *PRODUÇÃO LOCAL DE OXIGÊNIO HOSPITALAR*. São Paulo: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA.
- Leite, Eduardo de Moraes & José Roberto Simões Moreira & Viviane Otero. (2005). *Desenvolvimento de um Protótipo para Produção de Oxigênio "On Site" para Unidades Hospitalares*. Portugal: PME / EPUSP.
- Lopez Faninthon, G. A. (2020). *Concentrador de oxígeno a bajo costo para uso de oxigenoterapia, bajo la Norma ISO 80601-2-69 de uso domiciliar en zona rurales del país, en el segundo semestre 2020*. NICARAGUA: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA.
- Made In China. (15 de Octubre de 2021). Obtenido de Catalago de compresores : <https://www.made-in-china.com/showroom/zhaoliwxb/product-detailmXknRspDsUWP/China-Zhaoli-Motor-Compressor-Nebulizer-Motor-Vega-Nebulizer-Motor-YJ62-25-.html>
- Montalvo López, M. F. (2010). *Diseño Y Construcción De Un Sistema Automatizado De Control Digital De Oxigenoterapia Para Enfermedades Respiratoria*. Cuenca - Ecuador : Universidad Politécnica Salesiana .

Rama RaoVemul & MatthewD. Urich & MayureshV. Kothare . (2021). *Diseño experimental de un concentrador de oxígeno de lecho único "Snap-on" e independiente para aplicaciones médicas*. Springer Science + Business Media.

Richard D. Branson & Jay A. Johannigman . (2016). *Verificación del diseño del sistema para el control de la oxigenación en bucle cerrado Con integración de concentrador*. EE.UU: MEDICINA MILITAR.

R-Luis. (25 de 05 de 2015). *R-Luis*. Obtenido de <http://r-luis.xbot.es/icdatos/555.html>

# ANEXOS

Anexo 1. Código de ética del Colegio deUse the "Insert Citation" button to add citations to this document.



## **CÓDIGO DE ETICA DEL CIP**

**APROBADO EN LA III SESIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS  
DEPARTAMENTALES DEL PERÍODO 1998 - 1999  
EN LA CIUDAD DE TACNA 22, 23 Y 24 ABRIL 1999**

ingenieros del Perú (CIP)

**Anexo 2. Código de ética de Investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS)**



### Anexo 3. Encuesta realizada para el requerimiento de diseño

#### CUESTIONARIO DEL REQUERIMIENTO DE LOS USUARIOS

1. ¿El concentrador de oxígeno ayuda a los pacientes con insuficiencias respiratorias?
  - a) Si
  - b) No
2. ¿Qué es mejor concentrador de oxígeno o tanque?
  - a) Concentrador de oxígeno
  - b) Tanque de oxígeno
3. ¿Cómo recomendarías la aplicación para el concentrador de oxígeno de forma intermitente y permanente?
  - a) Intermitente
  - b) Permanente
4. ¿Tendría interés por adquirir un equipo?
  - a) Si
  - b) No
  - c) No sabe
5. ¿Cuánto tiempo cree usted que debe tener de vida un concentrador de oxígeno?
  - a) 2 años
  - b) 5 años
  - c) 10 años
6. ¿Usted recomendaría que el concentrador de oxígeno sea de fácil uso para los usuarios?
  - a) si
  - b) no
7. ¿Cuántos litros por minuto crees que será lo apropiado para el concentrador de oxígeno?
  - a) 10 lts/min
  - b) 15 lts/min
  - c) 20 lts/min
8. ¿Cuánto es la saturación de un paciente para que requiera un concentrador de oxígeno?
  - a) Menor de 93%
  - b) Menor de 94%
9. ¿Usted cuánto pagaría por el concentrado de oxígeno?
  - a) S/ 2500
  - b) S/ 3000
  - c) S/ 3500
  - d) S/ 4000
10. ¿Cuánta energía consume el Concentrador de Oxígeno?
  - a) Control remoto
  - b) Control manual

### Anexo 8. Propiedades del acero inoxidable

#### Composición Nominal, 18 Cr – 8 Ni

Cedencia mín 30,000 lb/pulg <sup>2</sup> Tensión mín. 75,000 lb/pulg <sup>2</sup>	Producto	No. De Espec.	Grado	Notas
	Placa	SA-240	304	2,3
	Tubo s/c	SA-213	TP304	-
	Tubo s/c	SA-312	TP304	2
	Tubo s/c	SA-312	TP304H	
	Tubo s/c	SA-376	TP304	2
	Tubo s/c	SA-376	TP304H	-
	Tubo vaciado	SA-452	TP304H	-
	Forj.	SA-182	F304	2
	Forj.	SA-182	F304H	-
Barra	SA-479	304	2,3,5	

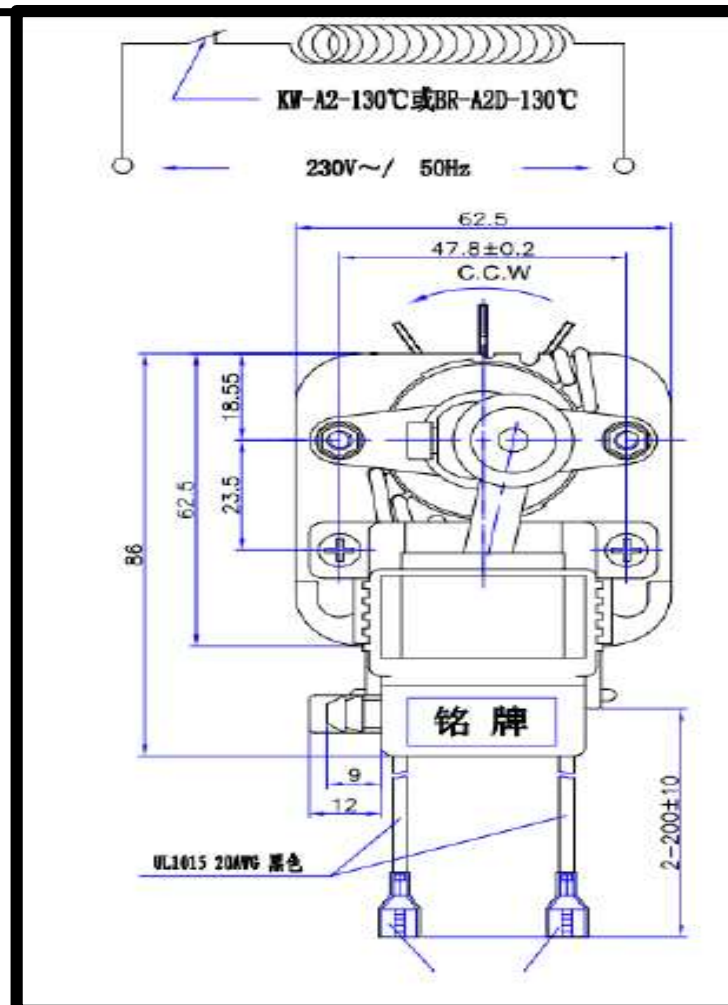
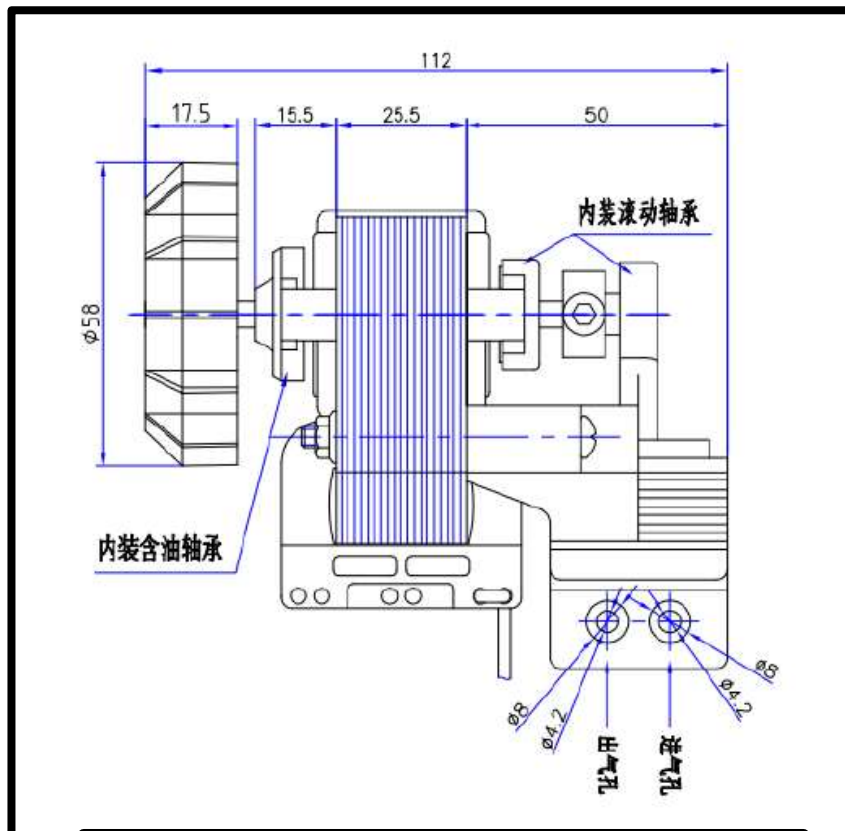
#### Valores máximos de esfuerzo permitido, x 1 000 lb/pulg<sup>2</sup>

Para temperaturas del metal no mayores de grados F			
-20°, - 100°	200°	300°	400°
18.8	17.8	16.6	16.2
18.8	15.7	14.1	12.9

#### Notas

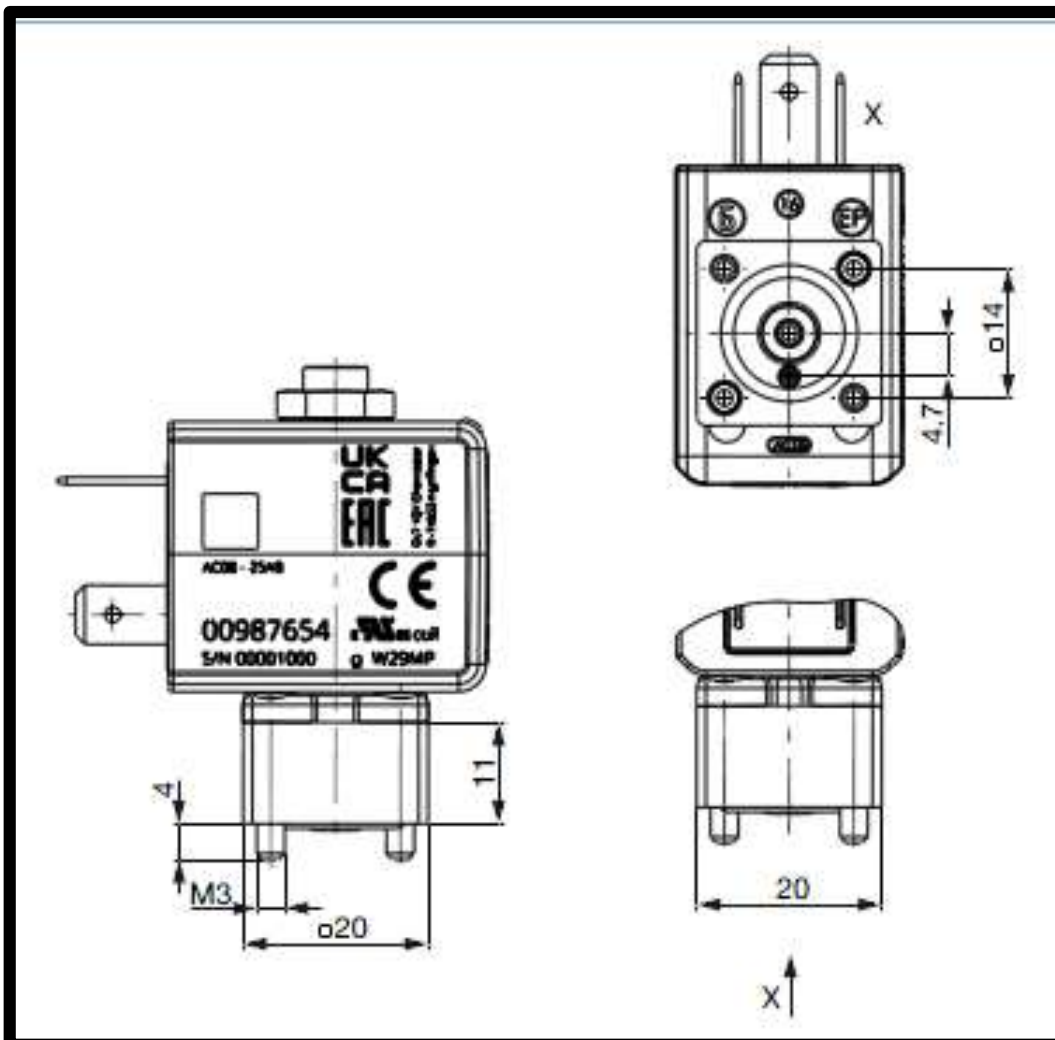
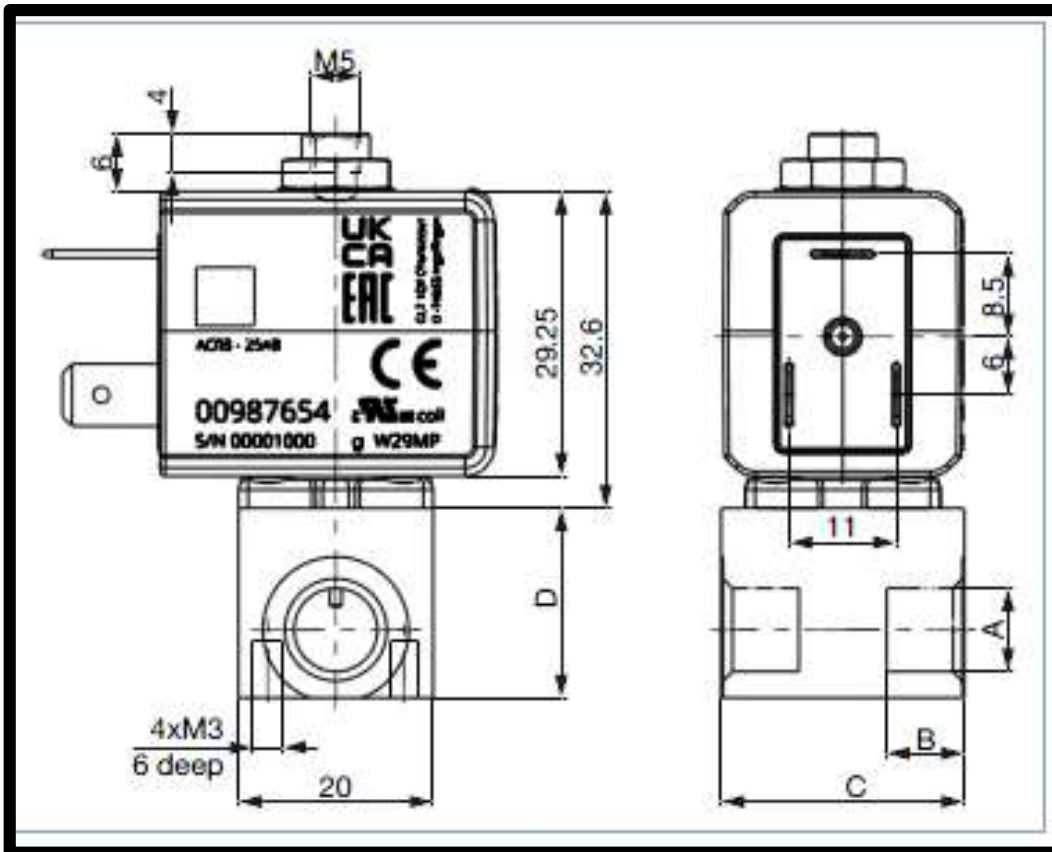
1. Estos valores de esfuerzo mayores exceden en 2/3. pero no exceden del 90% de la resistencia a la Cedencia a tal temperatura. El uso de estos puede producir cambios dimensionales debidos a la deformación permanente. No se recomiendan estos valores de esfuerzo para bridas ni juntas empacadas ni en otras aplicaciones en las que una deformación ligera pueda ocasionar fuga o mal funcionamiento.
2. A temperaturas superiores a 100°F, estos valores de esfuerzo se aplican solamente cuando se tiene 0.04% de carbono o más.
3. Para temperaturas superiores a 100°F. estos valores de esfuerzo pueden usarse sólo si el material se trata técnicamente, calentándolo a una temperatura mín de 1 900°F Enfriándolo, rápidamente en agua o por algún otro medio.
4. Resistencia mínima especificada a tensión, 65 lb/pulg<sup>2</sup>.
5. El uso de tablas de presión externa para el material en forma de barra de medidas estándares se permite únicamente para anillos aisladores.

Anexo 4. Plano del compresor Shenzhen Zhaoli





Anexo 5. Plano de la válvula



## Anexo 5. Esquema general del diseño

