



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

## **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Ampliación de la planta de generación de oxígeno en  
el Hospital Regional Docente las Mercedes de  
Chiclayo-Lambayeque”**

**Autor:**

**Bach. Albuja Díaz, Christian Alexander**

**Asesor:**

**Ing. Yupanqui Rodríguez Carlos**

**LAMBAYEQUE - PERÚ**

**2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

## TESIS

Para Optar el Título Profesional de

### INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**"Ampliación de la planta de generación de oxígeno en  
el Hospital Regional Docente las Mercedes de  
Chiclayo- Lambayeque"**

Presentado por:

**Bach. Albújar Díaz, Christian Alexander**

Aprobado por el Jurado Examinador:

PRESIDENTE : ING. MAG. Chambergo Larrea, Carlos  
SECRETARIO : ING. Méndez Cruz, Oscar  
MIEMBRO : ING. Tapia Asenjo, Robinson  
ASESOR : ING. Yupanqui Rodríguez, Carlos

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019



# UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

## TESIS DE INGENIERIA

### TITULO

**"Ampliación de la planta de generación de oxígeno en el Hospital Regional Docente las Mercedes de Chiclayo- Lambayeque"**

### CONTENIDOS:

**CAPITULO I:** PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

**CAPITULO II:** MARCO TEÓRICO.

**CAPITULO III:** METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

**CAPITULO IV:** PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN Y ESCENARIO PRESENTE.

**CAPITULO V:** CÁLCULO.

**CAPITULO VI:** ANÁLISIS DE COSTOS.

**CAPITULO VII:** CONCLUSIONES.

**CAPITULO VIII:** BIBLIOGRAFÍA.

**CAPITULO IX:** LINKOGRAFÍA.

**ANEXOS.**

**Autor:** Bach. Albújar Díaz Christian Alexander

ING. MAG. CHAMBERGO LARREA, CARLOS  
PRESIDENTE

ING. MENDEZ CRUZ, OSCAR  
SECRETARIO

ING. TAPIA ASEJO, ROBINSON  
MIEMBRO

ING. CARLOS YUPANQUI, RODRIGUEZ  
ASESOR

LAMBAYÉQUE – PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

*Esta tesis se la dedico a mis padres, participaron en toda mi vida dándome confianza, consejos y lo más importante amor en cada etapa de mi vida. Por no dejar de creer y ser más que solo padres, mis mejores amigos durante todos estos años.*

*A mis hermanos por enseñarme que el sueño se puede vivir si tú lo quieres y te esfuerzas por conseguirlo.*

*A las personas que estuvieron en el camino las cuales valoré, aprecié y respeté por extender su mano, compartir sus experiencias, y demostrarme que puedes cambiar para bien todo si tienes valores y bondad.*

## **AGRADECIMIENTO**

***Un profundo agradecimiento a mi familia por la confianza depositada en mí al darme la posibilidad de demostrar que se puede llevar una gran responsabilidad sin descuidar una vida personal. Muy agradecido con la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por darme todos los conocimientos requeridos a través de los años para llegar a la culminación de tan grande meta y sueño. Un agradecimiento muy sincero a todas las personas que colaboraron en la realización de este proyecto.***

## RESUMEN

La tesis realizada dentro del Hospital Regional Docente de Las Mercedes se hizo con el fin de mejorar la distribución del oxígeno medicinal, que es un componente esencial y participa en casi el 70% de los procedimientos médicos que se realizan dentro de la institución.

El oxígeno medicinal es descrito a detalle en el documento; sus características, propiedades, aplicaciones, toxicidad por mal uso de él, comportamiento dentro del contenedor de transporte y más; además de la forma de ser obtenido del medio ambiente para satisfacer el fin de su utilización y los elementos que participan en este proceso de generación y distribución.

Como es sabido, es menester de las buenas prácticas de construcción, seguir una buena planificación y secuencia constructiva que considere las normas vigentes para determinar una buena instalación y distribución del oxígeno y; por ello se evaluaron los planos arquitectónicos y se observó el estado actual de la planta de generación para descubrir el porqué de las fallas mecánicas. El tendido de tuberías de inicio a fin en cada área denotó que se podría implementar un mejor diseño para la repartición de oxígeno que corregiría las faltas presentes en las salidas o tomas de cada área.

Del mismo modo, para la selección correcta de diámetros en las tuberías se consideró las ecuaciones de Darcy - Weisbach las cuales arrojaron un valor de caída de presión y velocidad máxima de punto a punto. Los datos obtenidos de este cálculo se evidenciarán dentro de los planos isométricos que se encuentran en los anexos finales.

Finalmente, se ejecutó un cálculo meticuloso sobre la capacidad de la planta proveedora, tuberías, accesorios y tendido de líneas, para buscar los mejores costos en

el mercado y, aterrizar la propuesta de cambio que dejaremos a evaluación de las autoridades pertinentes.

## **ABSTRACT**

The thesis carried out in Las Mercedes Regional Teaching Hospital, with the aim to improve the distribution of the medicinal oxygen, which is a key component of almost 70% of the surgical procedures in the institution.

Medicinal oxygen is described in detail throughout the document; its characteristics, properties, applications, toxicity due to misuse of it, behavior inside the transportation containers and more; in addition, the way of how it is obtained from the environment to satisfy the purpose of its use and the elements that participate in the generation and distribution process.

As is known, as part of the good construction practices, it is a must to follow a good planning and construction sequence, taking into account the current regulations to determine a suitable installation and distribution of the oxygen and; therefore, the architectural drawings were evaluated along with the current state of the generation plant, to figure out the reason of the mechanical failures. The layout of the pipes from start to end in each area, pointed out that a better design could be developed for the distribution of oxygen, to correct the existing flaws in the outlets or intakes of each area.

Furthermore, for the correct selection of diameters of the pipes, the Darcy - Weisbach equations were considered, which yielded a value of pressure drop and maximum speed from point to point. The data obtained from this calculation will be shown in the isometric sketches, as indicated in the corresponding annexes.

Finally, a meticulous calculation was carried out on the capacity of the supply plant, pipes, accessories and layout of the lines, to quote the best costs in the market and, launch the change proposal which we will leave for evaluation of the pertinent authorities.



## INDICE

<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3.1. Delimitación Espacial .....	2
1.3.2. Delimitación Temporal .....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.6. OBJETIVOS DE LA TESIS.....	5
1.6.1. Objetivo General .....	5
1.6.2. Objetivos Específicos .....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1. OXÍGENO.....	6
2.1.1. Descubrimiento .....	6
2.1.2. Definición.....	7
2.2. CONSIDERACIONES PRELIMINARES .....	8
2.2.1. Fluidos incompresibles.....	9
2.2.2. Gases con flujo estacionario, adiabáticos.....	10
2.2.3. Ecuación que rige el movimiento de los gases dentro de las tuberías.....	11
2.2.4. Pérdidas de presión por fricción.....	13
2.2.4.1. Pérdidas primarias o mayores. ....	13
2.2.4.2. Número de Reynolds (Re): .....	14

2.2.4.3. Longitud de diseño:.....	16
2.2.4.4. Pérdidas menores o secundarias.....	17
2.3. APLICACIONES DEL OXÍGENO .....	18
2.3.1. Uso industrial y químico .....	18
2.3.2. Otros usos .....	18
2.3.3. Uso Medicinal .....	19
2.4. FORMAS DE OBTENER OXÍGENO MEDICINAL .....	21
2.4.1. Método criogénico de producción de oxígeno .....	22
2.4.2. Método de Adsorción por Oscilación de Presión (PSA).....	24
2.4.3. Método por oscilación de presión de vacío (VPSA, VSA o PVSA).....	28
2.4.4. Comparación de los métodos .....	29
2.4.5. Concentración del oxígeno (93% y 99%) .....	32
2.5. MANIFOLD.....	33
2.6. TOXICIDAD .....	35
2.7. NORMAS Y ESTÁNDARES.....	37
2.7.1. Normas relacionadas. ....	37
2.7.2. Alcances de las normas .....	39
2.8. RED DE DISTRIBUCIÓN DEL OXÍGENO MEDICINAL .....	40
2.8.1. Tuberías.....	40
2.8.1.1. Colores de las tuberías .....	41
2.8.1.2. Lavado de tuberías .....	42
2.8.1.3. Soldadura .....	43
2.8.1.4. Soportería.....	44
2.8.1.5. Accesorios.....	44
2.8.2. Componentes de control.....	45

2.8.2.1. Alarmas .....	45
2.8.2.2. Cajas de corte .....	46
2.8.2.3. Válvulas .....	47
2.8.3. Tomas de gases medicinales .....	51
2.8.4. Flujómetro o caudalímetro y manómetro: .....	54
2.8.5. Inspección y pruebas en el sistema de tuberías .....	56
2.8.5.1. Prueba de detección de fugas .....	56
2.8.5.2. Prueba de presión o estanqueidad .....	56
2.8.5.3. Última prueba.....	57
2.8.6. Presiones de trabajo.....	57
2.9. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA EMPLEADA.....	57
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>60</b>
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	60
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	60
3.3. HIPÓTESIS .....	60
3.4. VARIABLES – OPERACIONALIZACIÓN .....	61
<b>CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN Y ESCENARIO PRESENTE .</b>	<b>62</b>
4.1. INTRODUCCIÓN, DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL HOSPITAL .....	62
4.2. ESTUDIO E HISTORIA DE LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS .....	63
4.3. EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE OXÍGENO EN EL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE LAS MERCEDES .....	64
4.4. CONTEO DE TOMAS DE OXÍGENO EXISTENTES Y REQUIRENTES POR ÁREAS.....	66
<b>CAPÍTULO V: CÁLCULO .....</b>	<b>69</b>

5.1. INTRODUCCIÓN .....	69
5.2. NORMATIVA A UTILIZARSE .....	69
5.3. PLANTA DE OXÍGENO .....	69
5.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE GASES.....	73
5.4.1. Ruteo de las tuberías .....	73
5.4.2. Dimensionamiento del sistema de tuberías .....	73
<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>82</b>
6.1. INTRODUCCIÓN .....	82
6.2. METRADO Y COSTOS:.....	82
6.2.1. Materiales:.....	82
6.2.2. Montaje: .....	85
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA: .....</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO IX: LINKOGRAFÍA .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>91</b>

## INDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1:UBICACIÓN DEL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE LAS MERCEDES.....	3
ILUSTRACIÓN 2:PROPIEDADES DEL OXÍGENO .....	8
ILUSTRACIÓN 3: FLUIDO INCOMPRESIBLE Y COMPRESIBLE .....	9
ILUSTRACIÓN 4: ECUACIÓN GENERAL DEL FLUJO (2.4) .....	11
ILUSTRACIÓN 5: FLUJO TURBULENTO Y LAMINAR.....	15
ILUSTRACIÓN 6:PRODUCCIÓN DE OXÍGENO MEDICINAL POR MÉTODO CRIOGÉNICO.....	23
ILUSTRACIÓN 7: PROCESO PSA PARA OBTENER OXÍGENO LÍQUIDO .....	26
ILUSTRACIÓN 8: TECNOLOGÍA VSA Y TECNOLOGÍA PSA .....	31
ILUSTRACIÓN 9: TIPOS DE INSTALACIONES DE MANIFOLD .....	33
ILUSTRACIÓN 10: MANIFOLD AUTOMATIZADO.....	34
ILUSTRACIÓN 11: DIAGRAMA DE UNA RED DE OXÍGENO .....	40
ILUSTRACIÓN 12: CAJA DE CORTE.....	47
ILUSTRACIÓN 13: VÁLVULA DE CONTROL.....	48
ILUSTRACIÓN 14: LAZO DE CONTROL .....	49
ILUSTRACIÓN 15: LISTA DE PARTES DE VÁLVULA DE CIERRE .....	51
ILUSTRACIÓN 16: TIPOS DE SALIDAS DE GASES DE ACUERDO A SU COLOR.....	52
ILUSTRACIÓN 17: UNIDAD DE EMPALME EMPOTRADA.....	53
ILUSTRACIÓN 18: UNIDAD DE VÁLVULA DE TRABA .....	53
ILUSTRACIÓN 19: FLUJÓMETRO .....	56

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: REGÍMENES DE FLUJO.....	15
TABLA 2: VALORES DE RUGOSIDAD PARA TUBERÍAS COMERCIALES.....	16
TABLA 3: CUADRO COMPARATIVO, PSA vs VSA.....	32
TABLA 4: CATEGORÍAS DEL RIESGO DEL CUIDADO DEL PACIENTE.....	39
TABLA 5: COLORES DE DESIGNACIÓN ESTÁNDAR Y PRESIONES DE OPERACIÓN PARA SISTEMAS DE GASES Y VACÍOS.....	42
TABLA 6: TUBERÍAS HORIZONTALES.....	44
TABLA 7: CONTROL DE FLUJO DIARIO EN EL HOSPITAL LAS MERCEDES.....	65
TABLA 8: PRODUCCIÓN DE O <sub>2</sub> CON EL GENERADOR DE 12M <sup>3</sup> /H (VSA).....	66
TABLA 9: CONTEO DE TOMAS DE OXÍGENO POR ÁREAS.....	67
TABLA 10: CANTIDAD, DISTRIBUCIÓN, CONSUMO TEÓRICO Y ESPERADO DE TOMAS DE OXÍGENO DEL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE LAS MERCEDES.....	71
TABLA 11: RESUMEN DE LA TABLA 10.....	72
TABLA 12: DIÁMETROS DE TUBERÍA DE COBRE.....	74
TABLA 13: SELECCIÓN DE DIÁMETROS POR SECCIONES DE LA RED DE OXÍGENO.....	76
TABLA 14: PRESUPUESTO DE MATERIALES PARA LA RED DE OXÍGENO.....	82
TABLA 15: COSTO DE MANO DE OBRA PERÚ CAPECO.....	85

# INTRODUCCIÓN

La unidad de investigación de la facultad de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y la directiva del hospital regional de Lambayeque permite la gestión eficiente de los recursos involucrados en la planeación, formulación de los posibles proyectos de inversión y de la puesta en marcha de estos, garantizando también la comunicación sobre la evolución a los involucrados y la toma de las decisiones acertadas para el logro del fin, el cual es la expresión de la solución del problema de desarrollo que ha sido identificado en el proyecto. Una de las áreas de acción es la Evaluación Económica y Social de Proyectos que permite a los responsables de la asignación de los recursos de inversión pública inclinarse a que éstos generen el máximo nivel de bienestar a la población a través de la identificación, formulación y ejecución de proyectos o programas de impacto económico y social.

El Hospital Regional Docente "Las Mercedes" de Chiclayo, es una de las instituciones de mayor importancia y complejidad de la Región Lambayeque, tal es así que actualmente ha sido RECATEGORIZADO AL NIVEL II-2. Contando con un equipo multidisciplinario calificado, competente y en proceso de capacitación permanente, desarrollando investigación y docencia para generar avances en el conocimiento y contribuir a la mejora de la calidad de vida de la población que acude.

El presente estudio de mejoramiento se escoge debido al interés que tiene los integrantes de la dirigencia del hospital por optimizar la calidad de sus servicios de salud, dicho mejoramiento se logrará con una buena inversión y gestión de los recursos del estado, es por esto por lo que se autorizó y realizó la investigación en la planta de Oxígeno Medicinal para obtener datos y dar una solución a los problemas ocurridos en cada sala donde es requerido y urgido por su directiva, doctores y pacientes. Con esto obtendremos una reducción de sobrecostos producido

por las adquisiciones de tanques criogénicos extras y una correcta distribución del gas medicinal dentro de las áreas del hospital.

Este proyecto de grado va dirigido a realizar el estudio para la implementación de la planta de generación de oxígeno medicinal en el Hospital Regional Docente De Las Mercedes, Chiclayo-Lambayeque, Perú.



# CAPÍTULO I:

## PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

El Hospital “Las Mercedes” de la provincia de Chiclayo, posee una planta de oxígeno compuesta por 02 generadores de oxígeno que produce cada una de ellas alrededor de 5,5 m<sup>3</sup>/h (según datos del fabricante) que deberían funcionar uno después del otro cada 1 hora. Estos 2 generadores utilizan el método de PSA<sup>1</sup>, que es económicamente más rentable que adquirirlo a través de cilindros de oxígeno aprovisionados por empresas externas que producen este elemento medicinal usando el sistema criogénico. Los equipos PSA están instalados en el centro del hospital aproximadamente, en el lugar de utilización tanques de oxígeno, por lo que operan todas las ventajas de no estar pendientes de la recepción o las demoras de los camiones de transporte. Sin embargo, por aumento de la demanda de oxígeno medicinal y por falta de aumento de generadora(s) del gas, las 2 que posee el nosocomio han empezado a desempañarse sin descanso alguno lo que genera un desgaste en los componentes electromecánicos y fallas recurrentes que al hospital no le conviene económicamente. La demanda se seguirá incrementando sin poder solventarse de no corregir la producción y la red de distribución pues hay áreas críticas que no están siendo abastecidas correctamente, esto nos lleva a hacer un estudio de los generadores presentes en el mercado actual, rediseño de la red de tuberías instaladas y verificar la cantidad de tomas adecuadas para cada área requirente.

---

<sup>1</sup> PSA: “Pressure Swing Adsorption”- “Adsorción por Oscilación de Presión”

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

## **1.2. Formulación del Problema**

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

## **1.3. Delimitación de la Investigación**

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

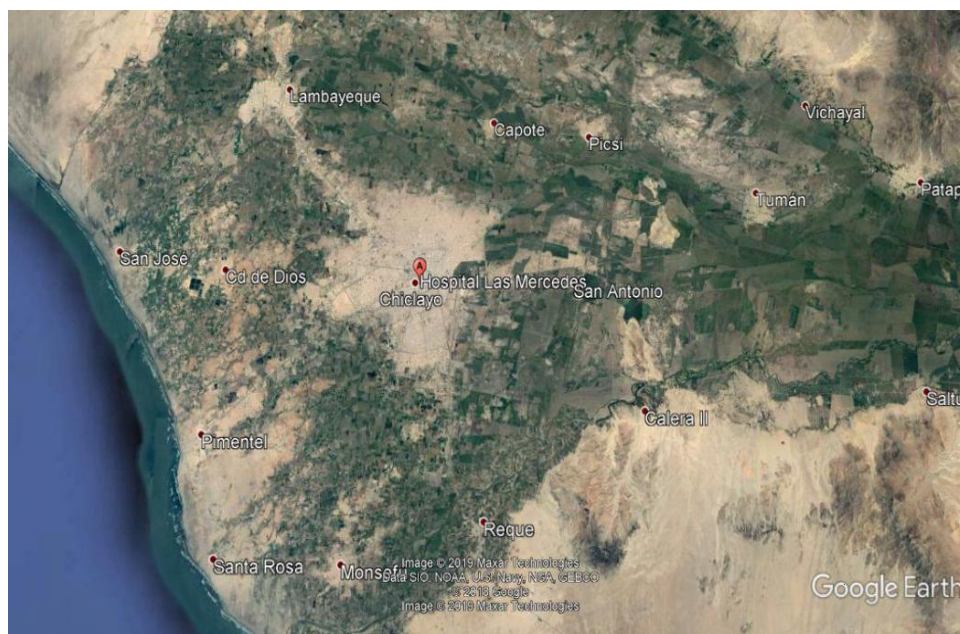
El HRDLMCH ubicado en la Av. Luis Gonzales 635, del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque

### **1.3.1. Delimitación Espacial**

Esta tesis fue desarrollada dentro del Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo, distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Chiclayo.

Con coordenadas: Latitud: 6°46'21.15"S Longitud: 79°50'32.82"O.

**Ilustración 1: Ubicación del Hospital Regional Docente Las Mercedes**



Fuente: Google Earth

### **1.3.2. Delimitación Temporal**

El tiempo que duró la investigación fue de 06 meses.

### **1.4. Justificación e importancia de la investigación**

El HRDLMCH de Chiclayo, viene desarrollando sus actividades dentro la jurisdicción asignada por la Dirección Regional de Salud, actualmente Gerencia Regional de Salud Lambayeque como Hospital de Nivel II-2. Recibiendo en forma permanente pacientes referidos por los hospitales, centros y puestos de salud de la jurisdicción que presentan problemas de alta complejidad en sus diversas especialidades.

Esto exige a las Mercedes tener una planta y distribución de oxígeno que en conjunto pueda llevar a cada salida o toma del gas a una presión estable y precisada por normas de edificaciones de salud en cada área solicitada y requerida. Y en caso de seguir en la

situación actual causaría riesgos en la salud y vida de sus pacientes, además de generar un desgaste acelerado en las partes electromecánicas de los generadores.

Estas razones promovieron al presente estudio que se va a centralizar en un rediseño de la red de cañerías de O<sub>2</sub> y en una propuesta que sería la adquisición de una generadora, ya que es de importancia y urgencia dentro del Hospital.

### **1.5. Limitaciones de la investigación.**

Al comenzar con esta investigación hubo inconvenientes en cuanto al permiso que otorga el Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo.

Hay una orden que se les ha dado de solo permitir el ingreso de investigación a estudiantes y/o egresados de facultades relacionadas con la salud, lo que tuve que acatar y aceptar el desafío de convencer con el proyecto, el cual presento, será de utilidad, ahorro y de vital importancia al Director del Hospital. Después de exponer el perfil de la investigación logré entrar al establecimiento con permiso y como evidencia de mi presencia en el establecimiento se tomaron fotos y una constancia.

Otra limitación de información se presentó en que no se puede cuantificar con precisión la cantidad exacta de oxígeno medicinal que consume las diferentes áreas del Hospital las Mercedes a través del tiempo.

El nosocomio no cuenta con un plano actualizado de las recientes modificaciones estructurales en sus instalaciones y mucho menos de la red de distribución del oxígeno. Los generadores no tienen un instrumento de medición para cuantificar la cantidad de oxígeno que producen en consecuencia de esto se hizo un seguimiento a los generadores por cuánto tiempo trabajaban y cuántos tanques criogénicos se usaban en los días indicados.

## **1.6. Objetivos de la tesis**

### **1.6.1. Objetivo General**

El objetivo principal de esta investigación se basó en llevar el gas medicinal desde la planta a cada toma de oxígeno con la presión requerida por área del Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Diagnosticar el estado actual de los generadores de oxígeno que están en operación dentro del Hospital.
- b) Implementar el sector de generación para producir oxígeno medicinal de forma económica y durable con el paso de los años gracias a un plan de mantenimiento dirigido por el fabricante y cumplido correctamente por el personal técnico capacitado.
- c) La propuesta de la adición de un generador con tecnología de VSA a la planta de generación de oxígeno medicinal propiciará un replanteo de las cañerías y aumento de ellas en áreas faltantes.
- d) Realizar la evaluación económica de la propuesta de investigación seleccionando los elementos y materiales adecuados para el proyecto.
- e) Elaboración de planos del sistema existente y del nuevo diseño de las cañerías.

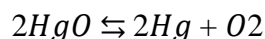
## CAPÍTULO II:

# MARCO TEÓRICO

### 2.1. Oxígeno

#### 2.1.1. Descubrimiento

El descubrimiento del oxígeno se produjo entre 1772 y 1773 por parte del químico sueco, de origen alemán, Karl Wilhelm Scheele y le llamó al gas: “aire del fuego”. Por esa misma época, el británico Joseph Priestley (1774) también descubrió el oxígeno de manera independiente utilizando una lente para enfocar luz solar sobre óxido de mercurio (HgO). El resultado fue la formación de mercurio metálico y un gas. Se expresa a continuación:



El inglés observó que una vela ardía con mayor vivacidad en este gas, en comparación al aire ordinario. Así fue como Priestley descubrió el oxígeno, denominándolo: “aire desflogisticado” sin darle aún el nombre que ahora tiene<sup>2</sup>.

Fue Lavoisier quien repitió este experimento logrando el mismo resultado. Él llegó a la conclusión de que este gas era un elemento, pues intentó encontrar alguna reacción que le permitiera descomponerlo, sin embargo, no lo consiguió. Lavoisier lo denominó al elemento como “oxígeno”.

En el año 1799 el uso del oxígeno en la medicina lo describió por primera vez por Thomas Beddoes en el instituto de Neumática, como terapia de inhalación de gases, sin embargo, por el fracaso en los beneficios clínicos reales, debido a los escasos

---

<sup>2</sup>Joseph Priestly, LL.D.F.R.S. (1775). Experiments and observations on different kinds of air. London: J. Johnson.

conocimientos y las creencias en conjeturas erróneas de la época el instituto sucumbió en 1802.

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

En 1878 el autor Paul Bert escribió acerca de sus propiedades tóxicas cuando se respira a presiones superiores a las 3 ATA<sup>3</sup> ⇔ 45 PSI<sup>4</sup> (intoxicación aguda o neurológica); o a la exposición de una atmósfera de oxígeno puro (intoxicación crónica o pulmonar) descrita por Lorrain Smith, en 1899.

### 2.1.2. Definición

El oxígeno es el segundo constituyente en proporción en la atmósfera (21% en volumen y 23% en peso). Tiene las cualidades de encontrándose en estado gaseoso se manifiesta incoloro, inodoro, insípido, en estado líquido de color azul y en estado sólido de color azul pálido transparente. Es un gas oxidante, por lo que hace posible la combustión de elementos inflamables, es no inflamable y no corrosivo. Todos los elementos con excepción de los inertes se combinan con el oxígeno para formar óxidos.

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

Para que este gas se pueda almacenar y transportar a los lugares que es requerido en su mayoría se usa contenedores criogénicos de acero y aluminio con variadas capacidades dependiendo de las empresas fabricantes, las cuales están obligadas a cumplir con controles de calidad y trazabilidad, por lo tanto, debe contar con el registro sanitario

---

<sup>3</sup> ATA: Atmósfera absoluta

<sup>4</sup> Libra-fuerza por pulgada cuadrada, conocida como PSI (del inglés pounds per square inch) es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades.

como producto farmacéutico, el cual exige un expediente de producto y respaldo de estudios clínicos que verifiquen sus beneficios y aplicaciones y cumplir<sup>5</sup>.

Posee las siguientes propiedades el oxígeno<sup>6</sup>:

**Ilustración 2: Propiedades del Oxígeno**

<b>Fórmula Química</b>	<b>O<sub>2</sub></b>
Pesos Moleculares	31.9988 g/mol
Densidad del gas a 70 °F y 1 Atm	1.326 Kg./m <sup>3</sup>
Gravedad específica del gas a 70 °F y 1 Atm	1.105
Volumen específico a 70 °F a 1 Atm	0.7541 m <sup>3</sup> /Kg.
Punto de ebullición a 1 Atm	- 182.96° C
Punto de congelamiento a 1 Atm	- 218.78 °C
Temperatura crítica	- 118 °C
Presión crítica	5043 kpa (abs)
Densidad crítica	436.1 kg/m <sup>3</sup>
Punto triple	- 218.79 °C a 0.1480 kpa(abs)
Calor latente de vaporización en pto.de ebullición	213 kj/kg
Calor latente de fusión en el pto de fusión	13.86 kj/kg
Calor específico del gas a 70 °F y 1 Atm	
Cp (P= cte)	0.9191 kj./kg °C
Cv (Vol=cte)	0.6578 kj./kg °C
Relación de calor específico cp/cv	1.40
Densidad del líquido a pto.de ebullición	1.141 Kg./m <sup>3</sup>
Densidad del gas en el pto de ebullición	4.483 Kg./m <sup>3</sup>

## 2.2. Consideraciones preliminares

Antes de comenzar con las propuestas, diseños y cálculos desarrollados a lo largo de los 6 meses, para el siguiente capítulo, se deberá considerar para el transporte del gas medicinal, oxígeno, como gas: incompresible, ideal, adiabático y de flujo estacionario<sup>7</sup>.

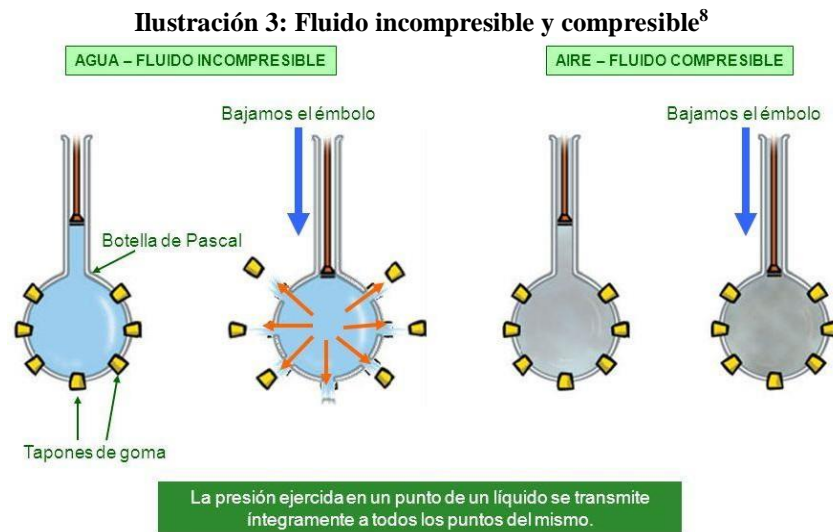
<sup>5</sup> Ministerio de Salud. (2018). *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de Productos Farmacéuticos*.

<sup>6</sup>Fuente: E. Lázaro. *Gases Medicinales*.

<sup>7</sup> Sánchez, E (2010). *Sistema de conducción de gases de un hospital de 120 camas situada en la región costa que pertenece al ministerio de salud pública del ecuador (Tesis de grado)*. pág 75



### 2.2.1. Fluidos incompresibles



Para las instalaciones de la red de distribución del gas medicinal en el hospital consideraremos al flujo como incompresibles, para lo cual deben cumplir con las siguientes condiciones principales: cambios de densidad y número de *Mach* bajos.

Aquellos flujos donde las variaciones en densidad son insignificantes se denominan incompresibles, por lo general los cambios en la densidad no deben superar el 5%.

Los fluidos se les reconoce como incompresibles si su velocidad es pequeña en relación con la velocidad del sonido en el fluido, a esta relación se le conoce como número *Mach* el cual es considerado el más importante de los parámetros adimensionales para el estudio de los fluidos compresibles<sup>9</sup>.

$$M = \frac{v}{c} \quad (2.1)$$

Donde:

M= Número Mach (adimensional)

c= velocidad de sonido (m/s)

<sup>8</sup> Atom. (2011). PROYECTO BRAZO HIDRÁULICO MECÁNICO. 2019, de blogger Sitio web: <http://fisicaaplicacion.blogspot.com/2011/>

<sup>9</sup> Francisco Ugarte. (2008). Mecánica de Fluidos II. Lima-Perú: San Marcos pág 13

V= velocidad relativa (m/s)

Note que la velocidad del sonido depende del medio en que se propaga la onda infinitesimal de presión. Considerando a los gases medicinales como ideales la velocidad del sonido será distinta en cada uno de ellos, la cual se hallará mediante la siguiente ecuación:

$$c = \sqrt{kRT} \quad (2.2)$$

Donde:

C= Velocidad del sonido (m/s)

R =  $8,3145 \times 10^{-3}$  kJ/(K.mol); constante de gases que tiene valor fijo para gases ideales.

k = Razón de calores específicos (adimensional)

T = Temperatura absoluta de trabajo. (K)

Los cambios en densidad son solamente del orden del 2% de valor medio, para valores de  $M < 0.3$ . Así, los gases que fluyen con  $M < 0.3$  se pueden considerar como incompresibles; un valor de  $M = 0.3$  en el aire bajo condiciones normales corresponde a una velocidad de aproximadamente 100 m/s.<sup>10</sup>

### 2.2.2. Gases con flujo estacionario, adiabáticos

En mecánica de fluidos se suele utilizar el término *estacionario y uniforme*. Un flujo es considerado como *estacionario* cuando no hay cambio en un punto de este con respecto al tiempo.

Como las diferencias de temperatura del ambiente en la localidad de Chiclayo-Lambayeque<sup>11</sup> (24°C) y la del trabajo (21,1°C) son bajos, el flujo de los gases

<sup>10</sup> Gherardelli, C. (2016). *Apuntes de Mecánica de Fluidos*. Chile: Universidad de Chile pág. 136

<sup>11</sup> SENAMHI, Ministerio del Ambiente del Perú.

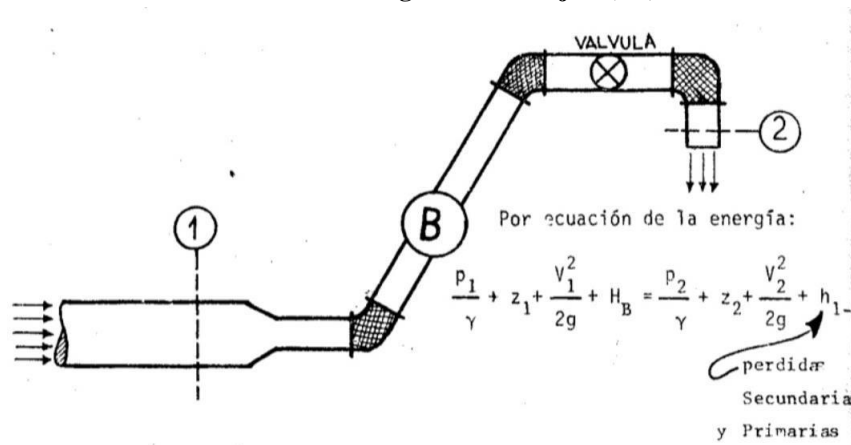
medicinales se puede considerar como adiabáticos, es decir el gradiente de temperatura con respecto a la superficie de la tubería es cero.

$$\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=0} = 0 \quad (2.3)$$

### 2.2.3. Ecuación que rige el movimiento de los gases dentro de las tuberías.

En la siguiente derivación de la ecuación fundamental para el flujo de un fluido compresible a través de una tubería, el primer paso es aplicar la ley de conservación de la energía, balanceando solamente la energía mecánica. A lo largo de la longitud arbitraria de tubería seleccionada, el balance de energía mecánica por unidad de peso del fluido que escurre se define a continuación en la ilustración 4, donde se muestra el paso de un flujo permanente(incompresible) por una tubería:

**Ilustración 4: Ecuación general del flujo<sup>12</sup> (2.4)**



Donde los subíndices 1 y 2 designan las condiciones en las secciones de entrada y de salida, respectivamente.

Z: Energía potencial por unidad de peso de fluido, debida a su posición, medida por su altura por encima de un nivel de referencia asumido. (m)

<sup>12</sup> Francisco Ugarte. (2008). Mecánica de Fluidos II. Lima-Perú: San Marcos pág. 74

$\frac{P}{\gamma}$ : Energía mecánica exigida para pasar la unidad de peso de fluido a través de la sección. (m)

P: Presión absoluta del fluido que escurre. (N/m<sup>2</sup>)

$\gamma$ : Peso específico del fluido (N/m<sup>3</sup>)

$\frac{V^2}{2g}$ : Energía cinética por unidad de peso del fluido. (m)

V: Velocidad del fluido en la sección. (m/s)

g: Aceleración debida a la acción gravitatoria. (m/s<sup>2</sup>)

$h_L$ : Trabajo (energía) mecánico desarrollado por la unidad de peso de fluido en vencer la resistencia cortante de la fricción entre las secciones de entrada y salida del tramo considerado, codos, intersecciones, reducciones, válvulas, etc. (m)

Para flujo incompresible se tiene  $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3$  la ecuación queda expresada de la siguiente manera:

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma \cdot g} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h \quad (2.5)_1$$

$$\Delta P_{Total} = \frac{\gamma(V_2^2 - V_1^2)}{2} + (z_2 - z_1) + h \quad (2.6)_2$$

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{aceleración} + \Delta P_{elevación} + \Delta P_{fricción} \quad (2.7)$$

$\Delta P_{aceleración}$ : Variación de la presión debido a la aceleración del fluido o pérdida de energía cinéticas, si la velocidad se mantiene constante en cierto tramo de la tubería la caída de presión será nula. (Pas)

$\Delta P_{elevación}$ : Cambio de la presión hidrostática. Siempre que hay un cambio de elevación o de inclinación de la tubería con respecto al plano horizontal. Dentro de un diseño de un hospital se considera que los cambios en alturas son mínimos por lo que la caída de presión sería insignificante. (Pas)

$$\Delta P_{elevación} = L \rho g \text{ sen } \theta \quad (2.8)$$

Siendo:

L=Longitud de sección inclinada

$\theta$ = Ángulo de inclinación

g= Aceleración de la gravedad

$\rho$ = Densidad del fluido

Dentro del diseño del hospital tipo de un estimado de 150 camas los cambios en la altura son mínimos, por esta razón se considera como insignificantes las caídas de presión.

$\Delta P_{fricción}$ : Son las pérdidas producidas por la fricción en la tubería y los accesorios que en esta influyen. (Pa)

## 2.2.4. Pérdidas de presión por fricción

### 2.2.4.1. Pérdidas primarias o mayores.

Son aquellas que están relacionadas con las pérdidas de energía, que se generan por la fricción entre partículas del mismo fluido al desplazarse dentro de la tubería y la fricción del fluido con las paredes de dicha tubería.

La magnitud de las pérdidas primarias se evalúa haciendo uso de la ecuación de DARCY-WEISBACH:

$$h_p = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \text{ (en unidades de altura de fluido)} \quad (2.9)$$

$$\Delta P = f \frac{L\rho V^2}{D_H} \text{ (en unidades de presión)} \quad (2.10)$$

Donde:

f= Factor de fricción Darcy (adimensional)

$D_H$ = Diámetro hidráulico (m)

$V$ = Velocidad media en el tramo de tubería considerado (m/s)

$L$ = Longitud de toda la tubería, donde se genera la pérdida (m)

$\rho$ = Densidad del fluido

$g$ = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$h_p$ = Pérdidas de presión (m)

Para determinar el factor de fricción  $f$  primero se debe conocer si el flujo que se está analizando es laminar o turbulento, y para esto debemos evaluar el número de Reynolds.

#### 2.2.4.2. Número de Reynolds (Re):

Se le define como el cociente entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas

$$Re = \frac{\rho V D_H}{\mu} = \frac{V D_H}{\nu} \quad (2.11)$$

Donde:

$V$ = Velocidad promedio del fluido (m/s)

$D_H$ = Diámetro hidráulico (m)

$\mu$  =viscosidad dinámica (Pa.s)

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$  Viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

$\rho$ = Densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

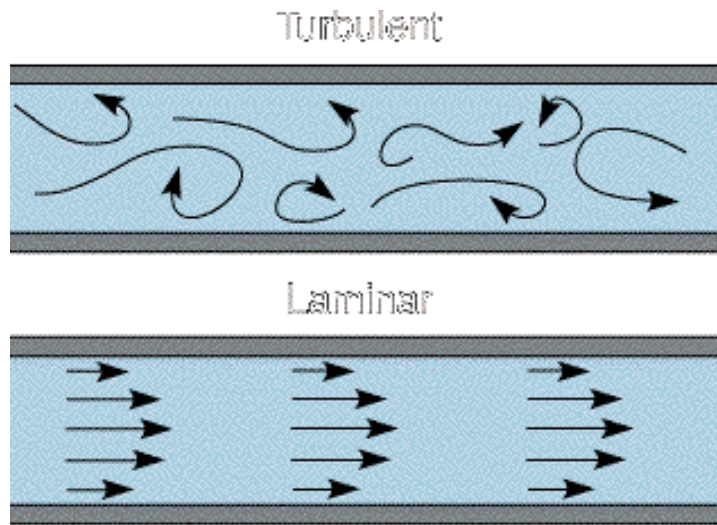
Un valor crítico de este parámetro permite distinguir entre el régimen laminar y el régimen turbulento; a comparación del número de Mach que es el más significativo en un flujo compresible, este número es el más importante para describir un flujo incompresible.

$Re \leq 2300$  Flujo laminar

$2300 \leq Re \leq 4000$  Flujo en transición

$Re \geq 4000$  Flujo turbulento

**Ilustración 5: Flujo turbulento y laminar<sup>13</sup>**



Una vez que se conoce el régimen de flujo se puede hallar el factor de fricción con las ecuaciones que se muestran en la tabla

**Tabla 1: Regímenes de flujo<sup>14</sup>**

RÉGIMEN DEL FLUJO	ECUACIÓN PARA HALLAR ( $f$ )	OBSERVACIONES
Laminar	$f = \frac{64}{Re}$	Tubería circular (2.12)
Turbulento	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$	Colebrook (2.13)
Turbulento	$\frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1.8 \log \left( \frac{6.9}{Re} + \left( \frac{\epsilon}{3.7} \right)^{1.1} \right)$	Haaland (2.14)

Fuente: Cengel Yunus, 2006, "Mecánica de Fluidos", Primera Edición, pág.

330, 341

<sup>13</sup> <http://juandelacuerva.blogspot.com/2007/03/turbulencias.html>

<sup>14</sup> Fabian Sánchez, Stalin Zacarias . (2010). SISTEMA DE CONDUCCION DE GASES DE UN HOSPITAL DE 120 CAMAS SITUADO EN LA REGION COSTA QUE PERTENECE AL MINISTERIO DE SALUD PUBLICA DEL ECUADOR . 2019, de Biblioteca digital en Sitio web: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2404/1/CD-3136.pdf>

En las ecuaciones de Colebrook y Haaland hay una nueva expresión:  $\frac{\epsilon}{D}$  (2.15) que es la que representa la rugosidad relativa, cuyos valores de rugosidad depende del material de la tubería como indica en la tabla:

**Tabla 2: Valores de rugosidad para tuberías comerciales<sup>15</sup>**

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	$\epsilon$ (mm)	Material	$\epsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

El factor de fricción también se puede conseguir con el diagrama de Moody para flujos laminares o turbulentos sí y solo sí se conoce la rugosidad relativa  $\left(\frac{\epsilon}{D}\right)$  y el número de Reynolds (Re), y se puede observar en el Anexo 1.

#### 2.2.4.3. Longitud de diseño<sup>16</sup>:

Existe un parámetro importante que simplifica el trabajo cuando las redes son demasiado extensas y su cálculo manual de accesorios que lo componen se vuelve demasiado complicado, por esta razón se utiliza el método de “Longitud de diseño”, el método consiste en que a una sección de tramo de tubería del mismo diámetro se

<sup>15</sup> <https://es.scribd.com/doc/168967429/Tablas-Coeficiente-de-Rugosidad>

<sup>16</sup> Catagena, J. y Llamusunta, M. *REDISEÑO DEL SISTEMA CENTRAL DE SUCCIÓN EN LA UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN* (Tesis de grado). Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6015/1/UPS-KT00201.pdf> pág. 16



aumenta su longitud en un 20%, esto considera como tales accesorios incluidos en esa línea y simplifica el trabajo de cálculo de ingeniería sin afectar los cálculos.

#### 2.2.4.4. Pérdidas menores o secundarias

Son aquellas caídas o pérdidas de presión que se producen cuando el flujo atraviesa una válvula, codos, tees, cambio de sección en la tubería (contracción o expansión), etc.

Se evalúan con la siguiente relación:

$$h_s = \frac{k_L V^2}{2g} \quad (2.16)$$

Donde:

$k_L$  = constante de pérdida del accesorio

$V$  = velocidad del fluido

$$\Delta P = k \frac{v^2 \rho}{2}; \text{ Pérdidas de presión por accesorio (2.17)}$$

El coeficiente de pérdidas menores ( $k_L$ ) en los cambios por reducción y ensanchamiento gradual o súbitos de la sección transversal de tuberías se puede determinar por las siguientes relaciones:

Para ensanchamientos súbito:

$$k_L = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2 \quad (2.18)$$

Estrechamiento súbito:

$$k_L = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right) \quad (2.19)$$

Los subíndices 1 y 2 definen los diámetros interiores de la tubería pequeña y grande respectivamente.

Las pérdidas debido a cambios graduales en el diámetro de la tubería han sido estudiadas en laboratorios especializados, se pueden observar en el Anexo 4.

## **2.3. Aplicaciones del oxígeno**

### **2.3.1. Uso industrial y químico**

Por su característica que lo distingue al oxígeno de mantener la combustión, es usado en el ámbito industrial como, por ejemplo, en la industria metalúrgica, donde hace posible el reemplazo parcial del aire en los altos hornos para la manufactura de hierro y en la producción de aceros para quemar o eliminar impurezas como el manganeso y silicio. También se utiliza en el soplado de vidrio Pyrex o en la soldadura con acetileno.

Por otro lado, en las industrias químicas y del petróleo, el oxígeno es utilizado como un componente de sustento para reaccionar con los bloques de construcción de hidrocarburos con el fin de elaborar productos químicos como alcoholes o aldehídos. Existe más compuestos que se elaboran gracias a la presencia del oxígeno con alta pureza, como el etileno y óxido de propileno (anticongelante), el cloruro de vinilo (para PVC), el óxido de etilo y el acetileno.

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

### **2.3.2. Otros usos**

En el tratamiento de agua y aguas residuales se utiliza el oxígeno ya que la luz del sol y el oxígeno son muy buenos agentes para destruir las bacterias patógenas, se utilizan fuentes, cascadas y otros recursos aireadores para purificar los suministros de agua, el gas aplicado en el agua reduce las bacterias patógenas. En las plantas de tratamiento de

aguas residuales estas se exponen al aire a fin de incrementar la cantidad de oxígeno disuelto y así acelerar el proceso de purificación, en ocasiones se les agrega oxígeno a estas aguas para poder acelerar este proceso.

Una aplicación valiosa del O<sub>2</sub> como gas respirable<sup>17</sup> de baja presión se encuentra en los trajes espaciales del ahora, que envuelven el cuerpo de sus ocupantes con aire presurizado. Estas vestiduras utilizan el oxígeno casi puro a una presión de alrededor de un tercio de la común, lo que da como resultado una presión parcial normal en el O<sub>2</sub> de la sangre. Este intercambio de oxígeno de alta concentración para una baja presión es necesario para mantener la flexibilidad de los trajes espaciales.

Los buceadores y los tripulantes de submarinos también usan O<sub>2</sub> artificialmente proporcionado, pero la mayoría usan una presión normal o una mezcla de oxígeno y aire.

### **2.3.3. Uso Medicinal**

La respiración es una actividad biológica en donde se hace intercambio de gases con el medio externo, donde elimina el dióxido de carbono por oxígeno(oxigenación). En los seres humanos al inhalar el oxígeno es captado por los alveolos pulmonares y estos intercambian con la hemoglobina para la futura exhalación y cerrar el ciclo. La hemoglobina lo distribuirá a todas las partes del organismo, donde se realizará la respiración celular o respiración interna. Se le llama así al conjunto de reacciones bioquímicas por las cuales determinados compuestos orgánicos son degradados completamente dentro de la célula, por oxidación. Este proceso metabólico necesita de oxígeno y proporciona energía aprovechable por la célula en forma de ATP (Adenosina Trifosfato).

---

<sup>17</sup> Es la mezcla gaseosa homogénea formada por oxígeno con uno o dos más gases inertes que se usan para posibilitar la respiración de los buzos, trajes espaciales.

La oxigenoterapia en el siglo XXI es una herramienta terapéutica fundamental para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria, sea ésta aguda o crónica. Se define como el aporte artificial de O<sub>2</sub> concentrado el cual intenta evitar o prevenir los síntomas de hipoxia, hipoxemia, hipertensión pulmonar (HTP) y reducir el trabajo respiratorio y miocárdico.

- La hipoxemia es la caída en la presión parcial de oxígeno en la sangre arterial. Si bien la cifra normal puede variar de uno a otro laboratorio, se acepta que existe hipoxemia cuando la PaO<sub>2</sub><sup>18</sup> es inferior a 80 mm Hg respirando aire, a nivel del mar. El valor normal de la PaO<sub>2</sub> cae con la edad de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{PaO}_2 = 103,5 - (0,42 \times \text{edad}). \quad (2.20)$$

Esta cifra varía si se respira una mezcla gaseosa con menor cantidad de oxígeno (poblaciones en la altura) o con mayor concentración, como ocurre cuando el O<sub>2</sub> es suministrado con fines terapéuticos. Ello debe tenerse en cuenta al medir la PaO<sub>2</sub> en cada sujeto.

- Por otro lado, la hipoxia se define como el déficit de oxígeno a nivel tisular. Su presencia no es sinónimo de hipoxemia dado que, mientras la hipoxia implica una baja PaO<sub>2</sub> dentro de los tejidos, la hipoxemia implica una caída de la PaO<sub>2</sub> en la sangre que fluye hacia ellos. En diversas circunstancias, a pesar de contarse con una "buena" PaO<sub>2</sub> existe un acentuado deterioro de la oxigenación tisular. Es, pues, necesario enfatizar que, si bien la PaO<sub>2</sub> es una información importante, la valoración de la oxigenación periférica no debe basarse sólo en ese único parámetro.

El aporte de oxígeno a los tejidos depende de la interacción de tres factores: a) contenido de oxígeno de la sangre, determinado por la PaO<sub>2</sub> y la hemoglobina; b) flujo sanguíneo

---

<sup>18</sup> Presión arterial de oxígeno

que irriga los tejidos, y c) consumo de oxígeno tisular, lo cual depende esencialmente del nivel de actividad metabólica (ejercicio, fiebre, etc.). Como puede verse, si bien la hipoxemia puede ser causa de hipoxia, no implica necesariamente su existencia y viceversa. Puede existir, por ejemplo, hipoxia tisular por caída en el flujo sanguíneo con PaO<sub>2</sub> normal (insuficiencia cardíaca, shock) o bien una hipoxemia de moderada magnitud (PaO<sub>2</sub> < 50 mm Hg) con flujo sanguíneo y consumo normales que no alcance a comprometer el nivel de oxígeno tisular. También en la anemia marcada, la PaO<sub>2</sub> puede ser normal con aporte de O<sub>2</sub> disminuido hacia los tejidos. Debe interpretarse, por tanto, que la PaO<sub>2</sub> indica con precisión la eficiencia de la función pulmonar, pero brinda sólo una información parcial acerca de la provisión de oxígeno a los tejidos, que debe complementarse con el contenido de O<sub>2</sub>, el flujo sanguíneo y la utilización de O<sub>2</sub> por los tejidos.<sup>19</sup>

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

#### **2.4. Formas de obtener oxígeno medicinal**

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

---

<sup>19</sup> <https://www.semiologiaclinica.com/index.php/articulocontainer/motivosdeconsulta/79-hipoxia-hipoxemia-cianosis>

### 2.4.1. Método criogénico de producción de oxígeno<sup>20</sup>

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

El sistema criogénico, que consiste en separar el oxígeno del nitrógeno y los otros gases que integran el aire. Se consigue produciendo temperaturas de  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que producen la licuefacción del aire, el cual es sometido a destilación logrando así la separación de sus componentes en virtud de sus diferentes puntos de ebullición. El oxígeno así obtenido tiene una concentración nominal de 99,5% y está libre de contaminantes que puedan ser perjudiciales para la salud.

Los procesos criogénicos para producción de oxígeno se basan en la compresión del aire y posteriormente su enfriamiento a temperaturas muy bajas, para conseguir su licuefacción parcial. Esto permite realizar la destilación fraccionada, que se fundamenta en que cada uno de los componentes del aire se licua a temperaturas diferentes.

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

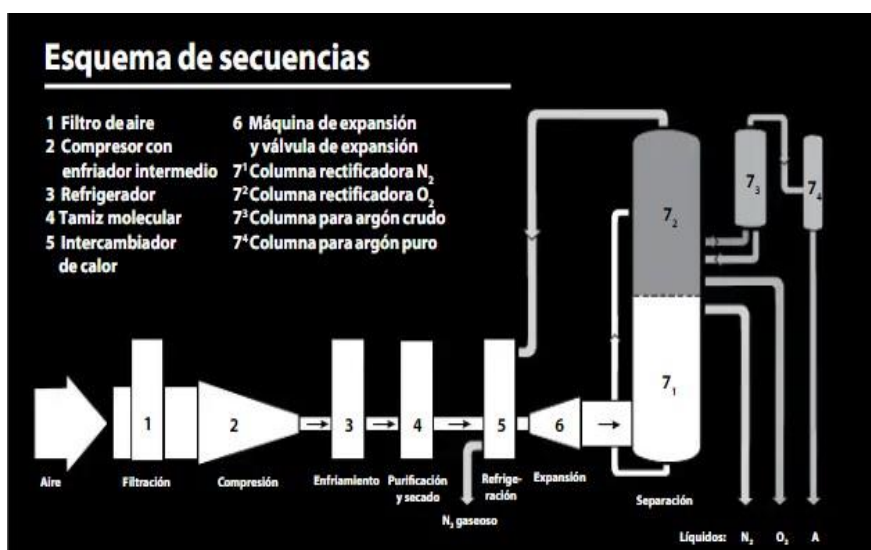
- a) Filtración: elimina impurezas del aire
- b) Compresión: reduce el volumen del aire hasta 150 veces en seis etapas
- c) Enfriamiento: deja el aire a temperatura ambiente
- d) Purificación y secado: remueve la humedad del aire y el dióxido de carbono.

---

<sup>20</sup> Ramírez. R, Huertas. N, Rudas Parra. G y Becerra. L. (2008). *Evaluación de los beneficios de la producción in situ de oxígeno medicinal en la ESE Hospital Universitario La Samaritana de Bogotá, por el Sistema PSA. Estimación de posibles efectos en el sector de la salud.*

- e) Refrigeración: intercambia calor con gases fríos de la planta y lo enfría aproximadamente a  $-150^{\circ}\text{C}$ .
- f) Expansión y licuefacción: el aire se licua o condensa, queda líquido a  $-200^{\circ}\text{C}$ .
- g) Destilación: se hace en dos procesos:
- g.1) Se evapora y se condensa el nitrógeno  $\text{N}_2$ , que se almacena en estado líquido en tanque criogénico.
- g.2) El condensado restante, enriquecido de oxígeno  $\text{O}_2$ , es enviado a la parte superior de la columna de rectificación. Este aire enriquecido se destila de nuevo, se extrae el nitrógeno  $\text{N}_2$  restante y el argón  $\text{Ar}$ , quedando oxígeno medicinal al 99,5%. El  $\text{N}_2$  sale en estado gaseoso y se expulsa a la atmósfera después de hacerlo pasar por el Intercambiador de calor. El argón puede ser reenviado a una Columna de destilación y envasado para utilizarlo en la industria.

**Ilustración 6: Producción de Oxígeno medicinal por método criogénico.**<sup>21</sup>



<sup>21</sup> Fuente: E Ramirez et ál. (2008) “Evaluación de los beneficios de la producción in situ de oxígeno medicinal del Hospital Universitario La Samaritana de Bogotá, por el Sistema PSA. Estimación de posibles efectos en el sector de la salud”. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá DC, Colombia.

El material es aire atmosférico que es filtrado en el compresor (1), se traslada al compresor (2), donde se somete hasta seis veces la presión atmosférica. El aire es enfriado por medio de agua refrigerada en un intercambiador de calor. En el refrigerador (3) se baja la temperatura hasta  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  después de lo cual el vapor de agua, bióxido de carbono e hidrocarburos son separados del aire por medio del tamiz molecular (4). El aire comprimido y pre enfriado pasa luego por un intercambiador de calor (5), por una máquina de expansión (6) y por una válvula de expansión con la cual el aire se enfría hasta muy cerca de su punto de condensación, aproximadamente  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esta temperatura es necesaria en el siguiente proceso de separación en la columna (7) y en la producción de los gases en forma líquida. Los gases se separan del aire por medio de un proceso de destilación con el cual los gases son altamente condensados y vaporizados en las columnas hasta llegar a la concentración que se desee en cada gas. Este proceso se efectúa porque los gases tienen diferentes puntos de ebullición: oxígeno,  $183\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; argón,  $186\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; nitrógeno,  $196\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los gases son almacenados en forma líquida en tanques muy bien aislados.

El oxígeno se obtiene con una pureza de 99,5%, mientras que simultáneamente se consigue nitrógeno como producto secundario con una pureza de 99,9%.

La producción final de oxígeno y nitrógeno líquidos se almacena en tanques criogénicos muy bien aislados, o se destina para el llenado de cilindros a 150bar o 200bar si es requerido.

#### **2.4.2. Método de Adsorción por Oscilación de Presión (PSA)**

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



Este método utiliza el principio de adsorción<sup>22</sup> el cual emplea ciertos materiales o productos naturales denominados zeolitas<sup>23</sup>. En la actualidad, se producen tamices moleculares industrialmente que se denominan zeolitas sintéticas o artificiales, y se las fabrica diseñándolas con la arquitectura de canales y selectividad de adsorción específica para llegar al resultado requerido.

Estos tamices moleculares diseñados de una manera específica son los adsorbentes que separan los diferentes agentes de una mezcla, en función de sus distintos tamaños moleculares.

Los gases entran en contacto con las zeolitas, en el caso que nos ocupa son los que componen el aire atmosférico, cuyos tamaños moleculares se detallan a continuación:

- Diámetro molecular del nitrógeno 3,6 Å (Armstrong<sup>24</sup>)
- Diámetro molecular del oxígeno 3,4 Å.
- Diámetro molecular del argón 3,3 Å.

---

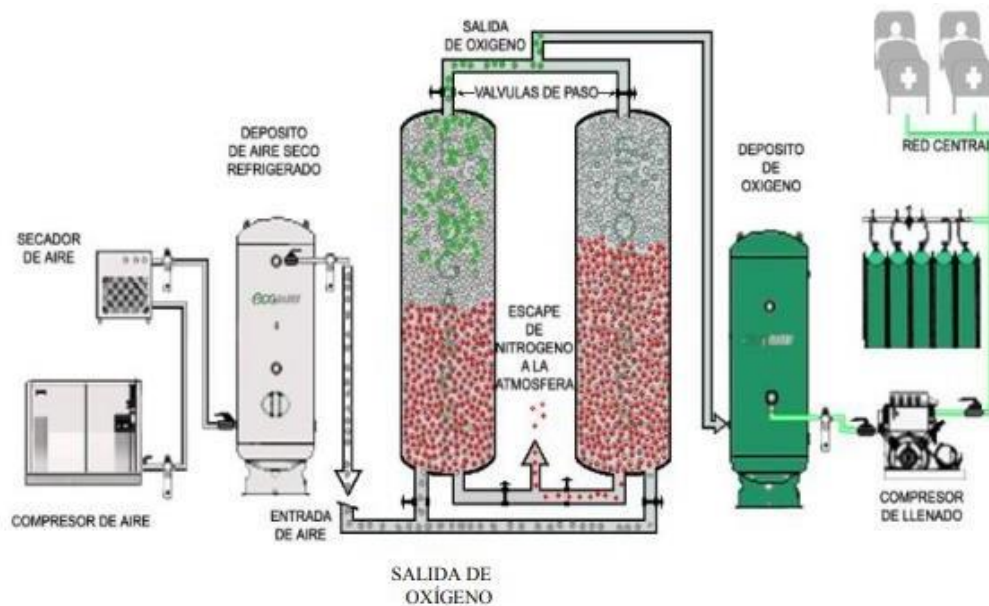
<sup>22</sup> La adsorción es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material, en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen.

<sup>23</sup> La zeolita es un mineral microporoso miembro del grupo de los aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos, que al deshidratarse desarrollan, en el cristal ideal, una estructura porosa con diámetros de poro mínimos de 3 a 10 angstroms. Su estructura forma cavidades ocupadas por iones grandes y moléculas de agua con gran libertad de movimiento que permiten el cambio iónico y la deshidratación reversible.

<sup>24</sup> Unidad de longitud empleada principalmente para expresar longitudes de onda, distancias moleculares y atómicas, etc. Se representa por la letra sueca "Å". Equivalencia: 1 Å= 1m x 10<sup>-10</sup>.

## PASOS DEL PROCESO PSA<sup>25</sup>

Ilustración 7: Proceso PSA para obtener oxígeno líquido



- Primer Paso

El aire comprimido que llega desde un compresor de aire es alimentado a la primera cámara de tamiz molecular, donde el Nitrógeno es atrapado por la ZEOLITA mientras que el Oxígeno sigue su paso a través del sistema a una salida que lo conduce a un tanque de almacenamiento y desde allí a una estación de llenado de cilindros o a los puntos de consumo de una red de distribución.

- Segundo Paso

Cuando el primer matiz está saturado de Nitrógeno, el flujo del aire se dirige al segundo tamiz. Las válvulas de paso se abren en la segunda cámara y se cierran en la primera.

<sup>25</sup> Tello, Porras y Inga (2015). ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PARA OBTENER OXÍGENO LÍQUIDO, PARA USO MEDICINAL E INDUSTRIAL EN LA REGIÓN LORETO (Tesis de pregrado)

- Tercer Paso

Mientras la segunda columna separa del Oxígeno del Nitrógeno, el primer tamiz lo libera hacia la atmósfera, que de inmediato se regenera con el aire del ambiente.

- Cuarto Paso

De nuevo el aire comprimido es alimentado a la primera cámara y este proceso es repetido continuamente. De esta forma un flujo constante de Oxígeno es producido las 8 horas del día, 300 días del año.

Este sistema permite disociar el aire ambiente en oxígeno y nitrógeno mediante una filtración molecular. Sin lugar a duda, este es lo más fácil de operar visto que la técnica de filtración molecular no requiere ninguna calificación especializada.

La tecnología PSA se adapta especialmente a los ambientes extremos (temperaturas elevadas, humedad, polvo, altura, etc.) donde demuestra una gran resistencia. El aire ambiente, comprimido, atraviesa un secador de adsorción y un sistema de filtrado que elimina las impurezas antes de ser almacenado en un depósito hermético.

El proceso PSA utiliza un tamiz molecular de zeolitas sintéticas, las que tienen la particularidad de atraer, adsorber, el nitrógeno del aire cuando se lo hace pasar a alta presión y luego lo libera (desorción<sup>26</sup>) a baja presión.

El ciclo completo vuelve a repetirse, entrando el sistema en un régimen de constante balanceo de presiones. Como resultado de este proceso se obtiene gas oxígeno con una pureza del 95,5 % cumpliendo con la Farmacopea de USA<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> El ZMS saturado es regenerado (por ejemplo, los gases adsorbidos son liberados) por medio de reducción de la presión por debajo de la del paso de adsorción. Esto se logra por un simple sistema de liberación de presión. La corriente de desechos resultante es ventilada a la atmósfera. El adsorbente regenerado es purgado con oxígeno y ahora será usado nuevamente para la generación de oxígeno.

<sup>27</sup> United States Pharmacopeia USP XXII Oxygen 93 Percent Monograph

Hay que tener en cuenta que la pureza depende de los niveles máximos de consumo determinados por la capacidad de cada planta. Cuando se sobrepasa esa capacidad máxima, el oxígeno extraído contendrá menor nivel de pureza.

#### **2.4.3. Método por oscilación de presión de vacío (VPSA, VSA o PVSA)<sup>28</sup>**

Las unidades de adsorción por oscilación de presión de vacío se utilizan para producir oxígeno a purezas entre 90 y 94%. Las impurezas son argón y nitrógeno, con un contenido de argón típicamente entre 4.5 y 5%.

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

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

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

---

<sup>28</sup> Boldrini, M & Palacios, G. (s.f). Generador de Oxígeno para uso Hospitalario. pp 19-22.

una presión de descarga del compresor más baja (generalmente menos de la mitad de una atmósfera, manómetro). Sin embargo, existe un desplazamiento del ahorro de energía de compresión de aire, debido a la potencia necesaria para operar la maquinaria de generación de vacío.

Las unidades de oxígeno VPSA suelen ser más rentables que las unidades de oxígeno PSA cuando la tasa de producción deseada es mayor de aproximadamente 20 toneladas por día. A menudo son la opción de producción de oxígeno más rentable de hasta 60 toneladas por día o más, ya que no se requiere oxígeno de alta pureza. Por encima de aproximadamente 60 toneladas por día, las plantas criogénicas suelen ser la tecnología de producción de oxígeno elegida, aunque en algunos casos, dos plantas de VPSA de oxígeno permiten una mejor coincidencia de grandes cambios escalonados en la demanda. El poder específico de VPSA es aproximadamente un tercio menor que el de las plantas de PSA de oxígeno. Por lo general, es similar al poder específico de una planta de oxígeno criogénico de capacidad comparable.

Las unidades que utilizan este tipo de proceso de producción de oxígeno no criogénico pueden denominarse sistemas VPSA (adsorción por oscilación de presión de vacío), VSA (adsorción por oscilación de vacío) o PVSA (adsorción por oscilación de presión-vacío)<sup>29</sup>.

#### **2.4.4. Comparación de los métodos**

El proceso PSA ha sido superado en calidad y costo de producción de oxígeno medicinal por el proceso VSA (Adsorción por Oscilación de Volumen), que, para

---

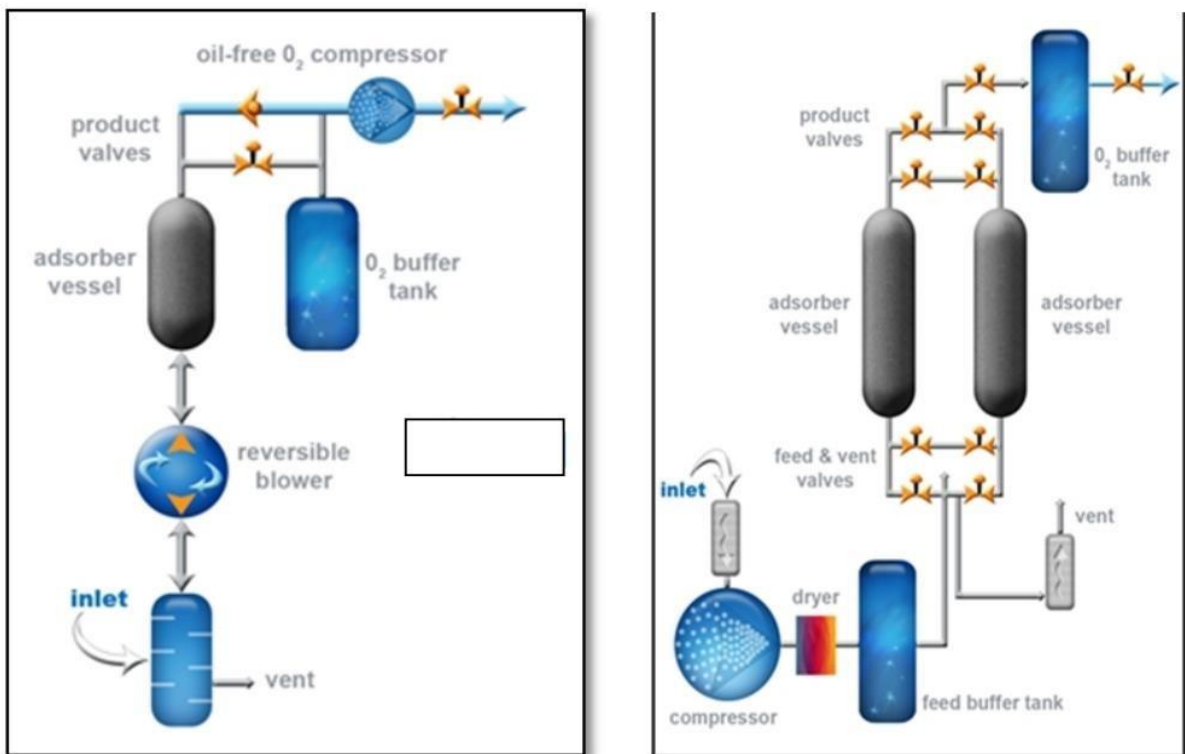
<sup>29</sup> Universal Industrial Gases, Inc. (2003)

producir oxígeno del aire, elimina muchos de los problemas de diseño asociados con los sistemas tradicionales de adsorción por oscilación de presión (PSA).

Menciono algunas ventajas del sistema de obtención de oxígeno medicinal usando el método de Adsorción por oscilación de vacío (VSA), esta tecnología tiene varias ventajas sobre el proceso de PSA más comúnmente utilizado:

- Para captar aire del medio ambiente utiliza un soplador o ventilador, los ejes del ventilador giran sobre rodajes sellados, evitando así cualquier transferencia de aceite o lubricante con el aire, a diferencia de los compresores lubricados con aceite. Esta forma de producir oxígeno es ideal para aplicaciones médicas.
- Al trabajar a baja presión de operación, minimiza el potencial de condensación de agua.
- El proceso VSA elimina todas las válvulas y electroválvulas de proceso y colectores necesarios.
- Al trabajar este sistema con presión baja, se reduce el polvo de tamiz (zeolita), y el deterioro de este elemento, lo que resulta también en un menor costo de operación y mantenimiento.
- Al trabajar el soplador con menor presión y trabajar sin aceite, los recipientes de zeolita del sistema VSA tendrán una vida útil mucho más larga que los tanques de zeolita del PSA - lo que comúnmente se necesita volver a embalar de material de tamiz cada 3 años, algo similar a pasado con los equipos del hospital, que ya se ha cambiado de zeolita por contaminación con aceite.
- Cumple con la norma USP 93% y puede ser tan alta como 95%.

Ilustración 8: Tecnología VSA Y Tecnología PSA<sup>30</sup>



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

Comparando ambos sistemas generadores de oxígeno por adsorción

- El sistema PSA necesita de mayor energía eléctrica que el sistema VSA
- El número de componentes del sistema PSA es 6 y el VSA es 4. El proceso PSA ocupa mayor espacio que el proceso VSA.
- Su proceso del PSA es más largo que del sistema VSA.
- Por estos motivos expuestos, el sistema de generación de oxígeno por adsorción método VSA es más rentable económicamente que el sistema PSA.

<sup>30</sup> Fuente: Pacific Consolidated Industries (PCI Gases)

**Tabla 3: Cuadro Comparativo, PSA vs VSA<sup>31</sup>**

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

#### 2.4.5. Concentración del oxígeno (93% y 99%)

Los fabricantes de equipos PSA usan dos etapas o módulos, el primero de zeolitas y el segundo de carbones especiales, para llegar al 98% como estándar, con hasta el 99% en la operación. En el caso del gas producido por el método criogénico, el proceso lleva automáticamente al 99% de pureza.

Según el Instituto de evaluación de tecnologías en Salud e investigación-IETS (2017) del Perú concluye en su investigación acerca de la adecuada concentración de oxígeno para pacientes requirentes en:

- Para la práctica quirúrgica, la OMS recomienda que la fracción de oxígeno inspirado (FiO<sub>2</sub>) a ser administrado por los suministros de oxígeno médico, puede variar entre 0,93 y 0,99. La guía de la Sociedad Canadiense de Anestesiología concuerda con esta recomendación.
- La descripción técnica de la composición de oxígeno al 93% en la farmacopea mexicana, europea y estadounidense, las cuales evidencian que existe un uso autorizado con esta concentración de oxígeno.
- La investigación no encontró evidencia en ninguna guía práctica clínica de anestesiología o de intervención quirúrgica, que indique una preferencia de uso

---

<sup>31</sup> Fuente: Propia



en términos de eficacia o seguridad del oxígeno medicinal al 93% en comparación al 99%.

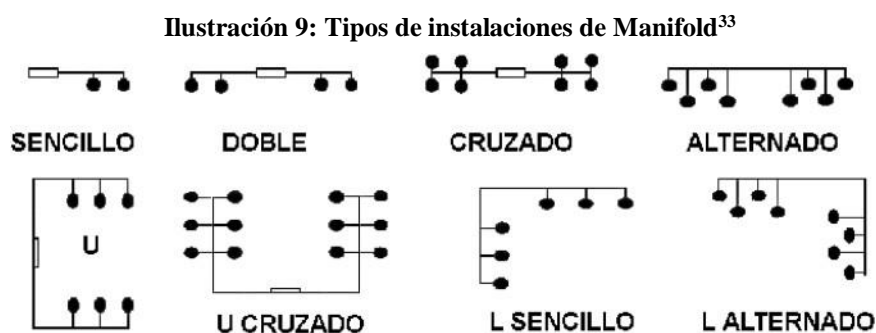
- El IETSI, conforme a su investigación aprueba el uso de oxígeno medicinal al 93% en pacientes oxígeno requirentes, en aquellos contextos en los que el oxígeno medicinal al 99% pueda tener dificultades de acceso o disponibilidad, o en los que se cuente con capacidad tecnológica instalada para el uso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

## 2.5. Manifold

Es un equipo que cuenta con mangueras de alta presión para el llenado de tanques con gases a alta presión, también se pueden usar de manera simultánea para el suministro.

Este equipo consta primordialmente de dos partes: El Manifold propiamente dicho que consta de reguladores, calibradores de presión y llaves de paso. Y el otro que es el Banco, el cual permite la conexión de las mangueras a los tanques; la distancia estándar entre tanque y tanque es 10 pulgadas<sup>32</sup>.

Tienen distintas formas de instalarse, en la ilustración 9 se pueden distinguir mediante diagramas los diferentes tipos de instalación en hospitales:



<sup>32</sup> <http://www.ecogases.com/Espanol/manifolds.htm>

<sup>33</sup> Eco Gases, página web: <http://www.ecogases.com/Espanol/manifolds.htm>

Los manifolds se utilizan para los diversos gases medicinales que requiere en un hospital, como el oxígeno, óxido nitroso, dióxido de carbono.

**Tipos de manifolds según forma de uso:**

- + Manual: Puede ser de doble uso y de conexión a dos bancos, uno se usa para llenado otro para suministro.
- + Semiautomático: Este permite suministrar gas medicinal de manera ininterrumpida, Puede ser de dos bancos uno de reserva, cuando se agota un banco el cambio se hace de manera automática proveyendo gas de manera continua.
- + Automáticos: Este también provee un suministro continuo, sin hacer ajustes manuales, esto es debido a su caja de control que posee alarma en el circuito el cual emite una señal en el momento de que la presión sea ineficiente en la red. La diferencia básica entre un manifold semiautomático de uno completamente automático es que en el caso del semiautomático el proceso de reversa del banco de reserva al banco de uso es completamente manual.

En la imagen 10 se observará un manifold de dos bancos en un sistema automatizado.

**Ilustración 10: Manifold automatizado<sup>34</sup>**



<sup>34</sup> Trip-Tech Medical Inc, página web: <http://www.tri-techmedical.com.mx/product/cilindro-x-cilindro-manifold>

## 2.6. Toxicidad

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

En pacientes sometidos a tratamientos con Oxígeno Hiperbárico, la toxicidad es sumamente rara en tratamientos con presiones menores a 28,5 PSI.

✚ Toxicidad del sistema nervioso central. Efecto Paul Bert:

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

Los primeros síntomas son variables, contracciones involuntarias de músculos periorales y pequeños de la mano son una característica bastante constante. Intensa vasoconstricción periférica debido a la hiperoxia y espasmo diafragmático pueden dar lugar a palidez facial y dificultad respiratoria. Si se continúa la exposición a la hiperoxia, puede aparecer vértigo y náuseas seguidas de alteraciones del comportamiento, torpeza, y finalmente convulsiones.

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

✚ Toxicidad pulmonar. Efecto Lorraine Smith:

Puede ocurrir después de una exposición prolongada al oxígeno a 7 PSI. Los síntomas aparecen después de un período de latencia cuya duración disminuye con el aumento de la pO<sub>2</sub>. En los seres humanos normales, los primeros signos de toxicidad aparecen

después de *10 horas de oxígeno (al 100%) a 14,5 ATA*<sup>35</sup>. Concentraciones prolongadas y/o altas de oxígeno pueden dañar el epitelio pulmonar, e inactivar el agente tensioactivo, producir edema intraalveolar y engrosamiento intersticial, y más tarde fibrosis y atelectasia.

Se pueden identificar tres fases:

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

El inspirar 100% de oxígeno puede ser tolerado a nivel del mar aproximadamente 24 – 48 horas sin ningún tipo de daño tisular grave. Una ligera irritación en la mucosa orofaríngea se puede observar después de *3-6 horas de exposición a 28,5 PSI de oxígeno*, irritación y tos intensa *después de 10 horas*, y finalmente el dolor torácico y disnea con exposición aún mayores. En la mayoría de los pacientes, estos síntomas desaparecen 4 horas después del cese de la exposición.

#### Efectos oculares

Constricción reversible del campo de visión periférica, una miopía progresiva pero reversible, y la formación de cataratas.

#### En neonatos:

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

La transición fetal neonatal supone el paso de un ambiente de relativa hipoxia a uno de hiperoxia en escasos minutos, habiéndose demostrado experimental y clínicamente la presencia de un estrés oxidativo asociado a la misma. En situaciones patológicas como la asfixia intraparto o la prematuridad, los recién

---

<sup>35</sup> 1 ATA (Atmósfera) = 14.7 PSI (libra por pulgada cuadrada)

nacidos precisan de suplementos importantes de oxígeno que pueden llegar al 100% de la fracción inspiratoria. En esas situaciones se ha podido demostrar la presencia de daño oxidativo agudo al miocardio y riñón, así como un aumento de la mortalidad, por lo que se está recomendando la reanimación con oxígeno a bajas concentraciones. La utilización de oxígeno también predispone a la patología crónica pulmonar llamada displasia broncopulmonar que se puede incluso prolongar hasta la vida adulta en forma de insuficiencia pulmonar restrictiva. Finalmente, estudios epidemiológicos realizados en Suecia y Estados Unidos han asociado la utilización de oxígeno puro por más de tres minutos en el periodo neonatal con la aparición de ciertos tipos de cánceres en la edad infantil. (p. 415).

## **2.7. Normas y estándares**

Para el desarrollo y diseño de los sistemas de gases medicinales en los hospitales se tienen en cuenta normas y estándares tanto nacionales como internacionales.

### **2.7.1. Normas relacionadas.**

Las normas internacionales más utilizadas como referencia son las normas de seguridad de la NFPA 99 y "Las Normas de Diseño de Ingeniería" de la IMSS. A continuación, se lista las normas aplicables a generadores y sistemas de gases medicinales:

- ✓ Normas de Seguridad de la NFPA 99: **Código para Instalaciones de Cuidado de la Salud**, ha sido el documento de referencia para ayudar a establecer el sistema eléctrico, el sistema de tuberías de gas médico, el manejo de emergencias, la seguridad de los equipos médicos y para planear los conceptos para proporcionar el cuidado de la salud. Sus reglas, como en la mayoría de los códigos y normas de

NFPA, se expresaban en forma y lenguaje ya establecidos para las diferentes ocupaciones para el cuidado de la salud.

- ✓ CSA 7396 - 2002 (Canadá).
- ✓ Normas de Diseño de Ingeniería de la IMSS. (México).
- ✓ HTM 02-01-2002 (Reino Unido).
- ✓ ISO 7396: Especifica los requisitos para el diseño, la instalación, la función, el rendimiento, las pruebas, la puesta en marcha y la documentación de los sistemas de tuberías utilizados en las instalaciones sanitarias
- ✓ ISO 13485: es la norma referida al sistema de gestión de la calidad aplicable para dispositivos médicos
- ✓ ISO 9001: norma que aplica a los Sistemas de Gestión de Calidad de organizaciones públicas y privadas, independientemente de su tamaño o actividad empresarial. Se trata de un método de trabajo excelente para la mejora de la calidad de los productos y servicios, así como de la satisfacción del cliente.
- ✓ C.G.A. (Compressed Gas Association)
- ✓ U.L. (Underwriters Laboratories, Inc.): Es una compañía internacional de seguridad y certificación de productos. Esta compañía certifica muchos productos más allá del ámbito de incendios, pudiendo encontrarla en aparatos eléctricos, luminarias, etc.
- ✓ ASTM B-88 y B-62 (American Society for Testing and Materials)

En el caso de los productos de protección contra incendios, esta compañía certifica que el funcionamiento de las tuberías, accesorios y equipamiento será conforme a ciertos estándares probados que garantizan el correcto funcionamiento de estos durante un incendio.

### 2.7.2. Alcances de las normas

Estas normas son criterios de seguridad que abarcan distintos tipos de sistemas técnicos, en donde se especifican dichos criterios de seguridad referidos a sistemas de gases y vacío. Los requerimientos de confiabilidad en operación de los sistemas dependen de las categorías de riesgo del paciente al cual se van a someter. (Ver Tabla 3). Refiere a todas las consideraciones de diseño, instalación y prueba en instalaciones del cuidado de la salud. Dentro de esto se especifican los criterios de locación, diseño e instalación de los sistemas medicinales y de vacío, teniendo en cuenta consideraciones de seguridad, así como lineamientos sobre suministro y distribución, metodología de cálculo. Estas normas son estructuradas considerando la aplicación, tipo de materiales, redes de distribución, abastecimiento, sistemas de alarma.

**Tabla 4: Categorías del Riesgo del Cuidado del Paciente**

	CATEGORIA	CONFIABILIDAD DE SISTEMAS
1	Instalación de sistemas en el cual la falla de cualquier equipo o sistema tenga la probabilidad de causar daño mayor o muerte de pacientes.	Se espera que los sistemas estén disponibles en todo momento para el soporte de las necesidades de pacientes.
2	Instalación de sistemas en el cual la falla de cualquier equipo o sistema puede causar menor daño a pacientes.	Se espera que los sistemas provean un alto nivel de confiabilidad, con cortos periodos de inactividad tolerados sin un impacto significativo en el cuidado del paciente.
3	Instalación de sistemas en el cual la falla de cualquier equipo o sistema puede causar daño a pacientes.	La falla de estos sistemas no afectaría inmediatamente al cuidado del paciente.
4	Instalación de sistemas en el cual la falla de cualquier equipo o sistema no causa impacto en los pacientes.	Estos sistemas no tienen impacto en el cuidado del paciente y no debería ser notorio a los pacientes en eventos de falla.

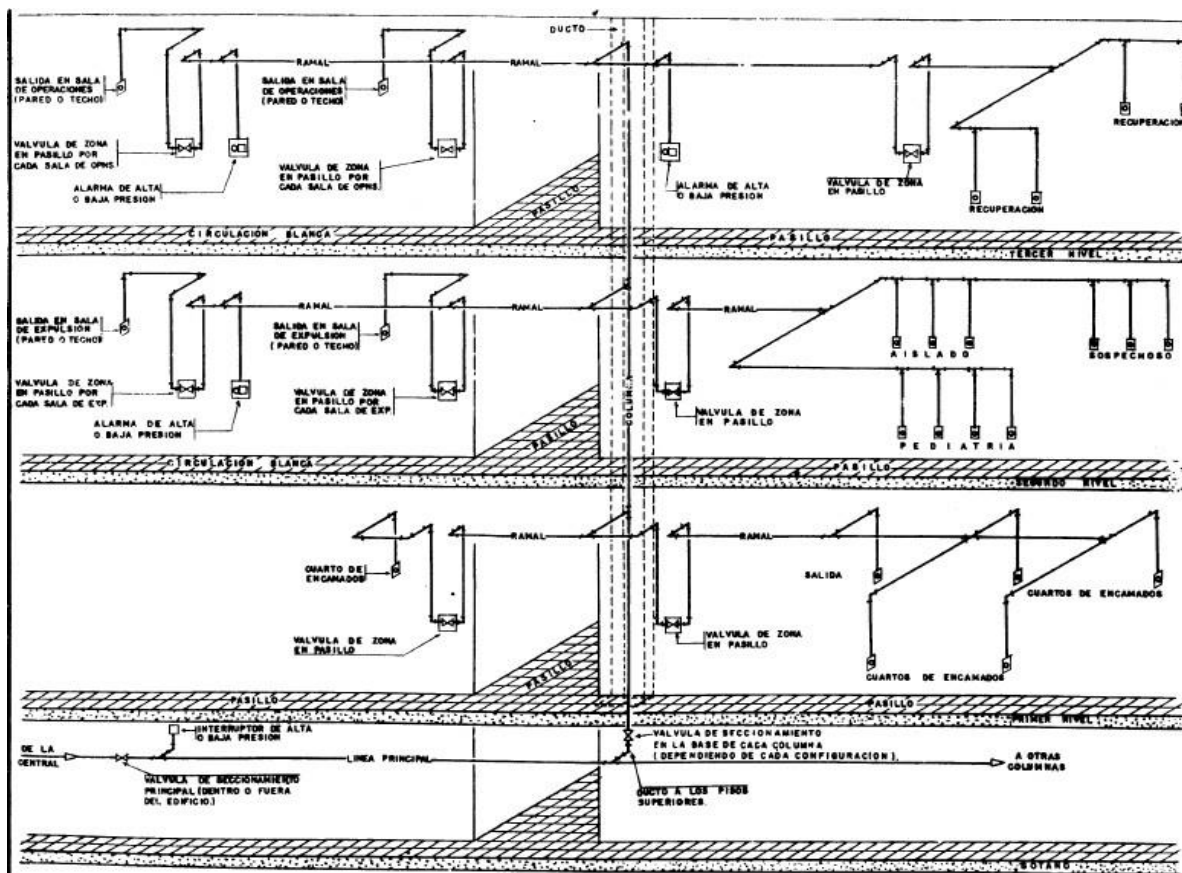
Fuente: NFPA 99 (2010 Edition)-Healthcare Facility Management. Society of New Jersey.

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

## 2.8. Red de distribución del oxígeno medicinal

Es el sistema de tuberías que enlaza la fuente de suministro ubicada en la central de gases con los dispositivos terminales o tomas murales, incluyendo todas las válvulas de aislamiento de ramales, así como los reguladores de presión en los puntos finales de aplicación de los gases.

Ilustración 11: Diagrama de una red de oxígeno



Fuente: IMSS, CAPÍTULO 13 ABASTECIMIENTO DE OXÍGENO Y OXÍDO NITROSO, pág 15

### 2.8.1. Tuberías

Es el elemento principal de la red de distribución debido a la función que ejerce, el de transportar el gas medicinal desde el punto de generación a los diferentes ambientes



requerentes. Los tubos deberán ser de cobre sin costuras, de extracción dura y del tipo K y/o L dependiendo de las condiciones (presiones y diámetros solicitados).

La elección de este tipo de cañería se debe a la limpieza de su superficie, debido a su proceso de fabricación y a su mayor resistencia a la acción oxidante del oxígeno; además, por sus propiedades bacteriostáticas, lo que significa que el desarrollo de las bacterias es menor y/o nulo.

Las tuberías deberán ser protegidas contra congelación, corrosión, altas temperaturas (un máximo de 54°C) y de cualquier daño físico.

Los conductos principales y sus ramales de las tuberías del oxígeno no pueden ser menos de ½" de tamaño.

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

#### **2.8.1.1. Colores de las tuberías**

##### **SEGUN LA NFPA 5.1.11**

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

Tabla 5: Colores de designación estándar y presiones de operación para sistemas de gases y vacíos<sup>36</sup>

Table 5.1.11 Standard Designation Colors and Operating Pressures for Gas and Vacuum Systems

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

### 2.8.1.2. Lavado de tuberías

Antes de comenzar el montaje de cada tubo y accesorio estos deben ser limpiados con una solución alcalina en agua caliente “Carbonato de Sodio o Fosfato Trisódico”, luego deben ser soplados con nitrógeno seco libre de aceite, el cual proviene del óxido de cobre en el interior de las superficies o aire comprimido seco y libre de grasa.

<sup>36</sup> NFPA 99 5.1.11

Durante y después de la instalación se debe mantener la tubería presurizada en las áreas donde se puedan cerrar las válvulas y mantener la presión para evitar el ingreso de impurezas a la red.

### 2.8.1.3. Soldadura

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

El fundente<sup>37</sup> deberá ser solo utilizado en pocas cantidades, cuando se están soldando metales distintos tales como el cobre y el bronce o el latón, utilizando un metal de relleno de soldadura de plata (serie BAg) para minimizar la contaminación del tubo con el fundente.

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

Las características de las uniones son:

- Buena resistencia mecánica
- Estanqueidad perfecta
- Buena apariencia
- Facilidad de aplicación de aislamiento térmico o pintura
- Mantenimiento nulo.

---

<sup>37</sup>El **fundente** es un producto químico usado en proceso de soldar.

#### 2.8.1.4. Soportería

Fabricados en su totalidad por aluminio para cubrir la resistencia y calidad que se necesita de acuerdo con las longitudes y diámetros de las tuberías. Estos estarán dados en las formas de ganchos, platinas o ángulos quienes cumplen con la función de soportar las tuberías horizontales y verticales.

Para evitar la humedad potencial y el contacto metal-metal entre el tubo y el soporte este tramo de tubería se puede aislar con plástico o neopreno.

Todas las tuberías deberán estar sostenidas con soportes aprobados por el IMSS de acuerdo con la separación siguiente:

**Tabla 6: Tuberías horizontales<sup>38</sup>**

<b>TUBERÍAS HORIZONTALES</b>	
Diámetro de la tubería (mm)	Separación (m)
13	1,8
19	2,1
25	2,4
32	2,7
38 o mayor	3

Tuberías verticales: Se instalarán 2 soportes por entrepiso en cualquier diámetro

#### 2.8.1.5. Accesorios

Estos serán de alto y bajo temple para las tuberías de cobre de tipo “K”, hechos específicamente para conexiones soldadas. En las uniones no se usa lija y serán de tipo campana - copa o socket, las soldaduras tienen que ser oxiacetilénicas.

---

<sup>38</sup> Fuente: IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería - Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales.

Los codos, cambios de dirección, reducciones excéntricas, concéntricas o “tees” en 45° o 90°, de reducción, serán sin costura, a la vez tienen que estar correctamente limpias.

## **2.8.2. Componentes de control**

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

### **2.8.2.1. Alarmas**

Dispositivos que cumplen con la función de indicar por medio de una señal luminosa o sonora que se ha producido un desperfecto en la alimentación del gas por parte de la central, por lo tanto, se debe habilitar la bancada de cilindros de reserva de emergencia que se debe conectar en serie con la red de distribución.

Cumplirán con las siguientes características:

- ✓ Se ubicarán en zonas adecuadas de acuerdo con los planos de redes de gases medicinales. Empotradas en las paredes respectivas a una altura de 1.80m sobre el nivel del piso terminado.
- ✓ La alarma será digital con microprocesador maestro y sensores individuales para cada gas basados en tarjetas electrónicas con microprocesadores específicos al gas monitorizado.
- ✓ Estarán fabricados bajo las normas NFPA-99, U.L. y C.S.A.
- ✓ Los límites de operación serán preestablecidos de fábrica para activación al exceder por un +/-20% de variación sobre los rangos normales de operación.
- ✓ En el modo de calibración se deberá permitir cambios por el hospital a los puntos referenciales de activación, tal como: Puntos de Alta o Baja,

Indicaciones en el sistema de unidades americano / Métrico, repetición de condición de alarma Activado / No activado, entre otros.

- ✓ Cada servicio específico deberá estar provisto de un indicador alfanumérico tipo LED capaz de indicar de 0-250 psi para presiones positivas y 0-30.Hg para presiones negativas.
- ✓ Un indicador visual tipo LED deberá mostrar en forma continua cambios en cualquiera de los servicios monitorizados en forma tal que se indique los estados de operación en color verde para NORMAL, rojo para señalar ALTAS, BAJAS y un LED de color amarillo cuando la presión es inestable o cercana al límite de trabajo.
- ✓ En condiciones normales de operación la barra deberá fluctuar dentro del rango VERDE dependiendo del uso al servicio monitorizado. En el caso de ocurrir una condición de alarma, se encenderá una luz ROJA intermitente y se activará una alarma audible. Oprimiendo el botón de SILENCIO DE ALARMA se cancelará la alarma audible pero el sistema continuará en la condición de alarma hasta que se corrija la condición a normal.
- ✓ Los indicadores visuales deberán mostrar en forma continua las indicaciones de presión para cada servicio monitorizado

#### **2.8.2.2. Cajas de corte**

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

Cada caja de corte empotrada está compuesta de lo siguiente: Una válvula de bola para uso de oxígeno con extensiones para tubos, un marco de aluminio y una ventana removible. Los manómetros de presión están incluidos dentro de la cabina.

Las cajas deben tener el tamaño suficiente para que se pueda pasar la tubería y la operación de las válvulas. Estas irán empotradas en la pared y de forma vertical.

Según la norma NFPA 5.1.11.2 obliga a la identificación de cada caja de corte de la siguiente forma:

- ✓ Calcomanía en el acrílico con el nombre del gas indicando la entrada de flujo.
- ✓ Etiqueta con señal o símbolo químico (Nombre del gas medicinal)
- ✓ Etiqueta con señal de “No cerrar” excepto en caso de emergencia.
- ✓ Esta válvula controla el suministro al área de (Cirugía 1 ejm.)

**Ilustración 12: Caja de corte<sup>39</sup>**



### 2.8.2.3. Válvulas

Las válvulas son dispositivos mecánicos cuya función es la de controlar los fluidos en un sistema de tuberías; aquel componente que permite actuar sobre el fluido de forma directa en las tuberías para su paso cierre u obstrucción parcial de la zona del paso o por derivación o mezcla de este.

<sup>39</sup> Fuente: JGE Equipos Médicos y Hospitalarios.

A continuación, se detallará los tipos de válvulas que usará el proyecto presente:

### **Válvulas de Regulación o control**

Las válvulas de regulación, también llamadas válvulas de control son aquellas que modifican la cantidad de fluido en un sistema. Las válvulas de regulación más habituales son las accionadas por una fuente de energía externa (eléctrica o neumática, por ejemplo). Estas válvulas se consideran como el elemento final del sistema de control por donde el fluido circula y normalmente son empleadas en procesos donde sea necesaria la realización de movimientos continuos y de regulación precisa. Por supuesto no todas las válvulas de regulación son accionadas por las fuentes de energía externa, las válvulas de accionamiento manual que posean un obturador caracterizado, cónico o parabólico también serían consideradas como de regulación. En cambio, las válvulas auto accionadas se consideran válvulas de apertura y cierre (On/OFF.) ya que no permiten modificaciones parciales del fluido, aunque la función que realicen dentro del sistema sea la de “controlar” un proceso.

**Ilustración 13: Válvula de control**

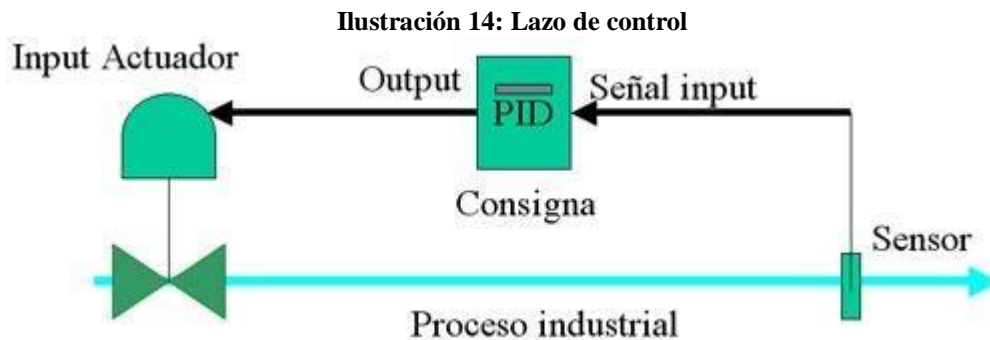


Fuente: <https://www.comeval.es/formacion/formacion-valvulas-idustriales-glosario-definiciones/>

Las válvulas de control no pueden ser entendidas sin la observación del llamado “Lazo de Control” que compone el sistema. Este lazo se compone de un controlador electrónico que recoge la señal de entrada (parámetros de control deseados) 60 Psi a lo



más para el caso presentado; el actuador de la válvula, la válvula en sí misma y el elemento sensor del sistema.



El parámetro deseado a controlar se introduce en el controlador (1), el parámetro real medido en el sistema es alimentado al controlador, si estos parámetros no coinciden genera una señal de error que transfiere la acción al actuador (2) de la válvula (3) ejerciendo el cierre (disminución de caudal) u apertura (aumento de caudal). El elemento sensor (4) instalado aguas debajo de la válvula mide el caudal y emite la señal al controlador completando el lazo cerrado.

Las válvulas de control pueden ser diseñadas en paso recto pero también con tres vías de paso para realizar funciones de mezcla o derivación: Las válvulas mezcladoras son aquellas que están proyectadas para actuar sobre la proporción de dos o más fluidos de entrada para producir un fluido de salida común cambiando la posición del obturador. Las válvulas desviadoras o de derivación son aquellas que están proyectadas para actuar sobre dos o más fluidos de salida a partir de un fluido de entrada común cambiando la posición del obturador.

## **Válvulas de corte**

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

Deberán estar ubicadas en áreas aseguradas y accesibles a otros además del personal autorizado, en cajas de válvulas con ventanas frágiles, rompibles o removibles lo suficientemente grandes para ser manipuladas, también estar identificadas a que gas sirven y las áreas controladas por ellas. Y según su ubicación se llamarán:

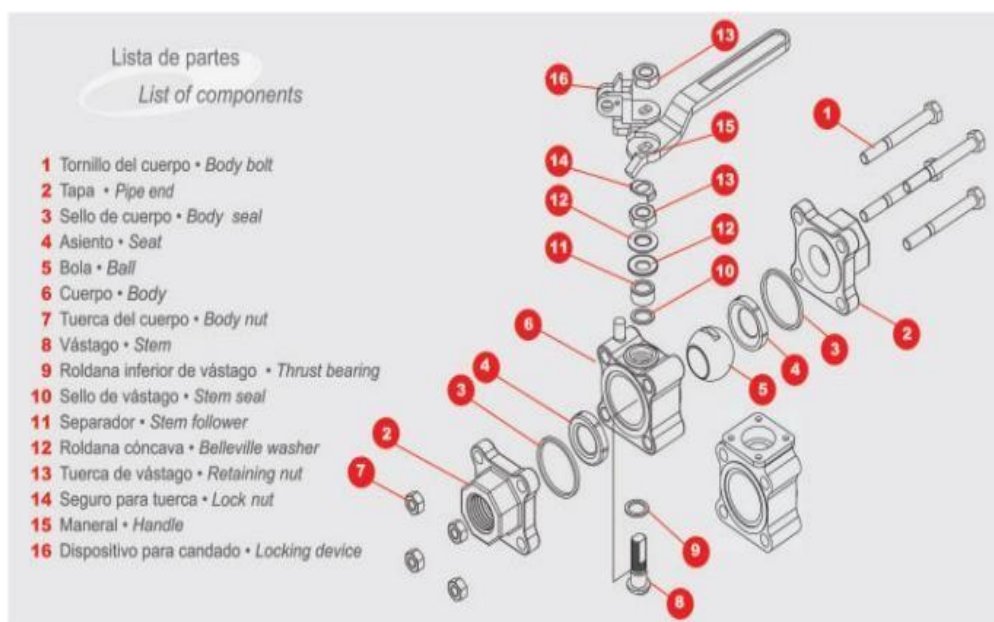
- a) Principal: Se encuentra justo a la salida de la planta de generación y de los manifolds de reserva y emergencia, y su objetivo es obstruir el paso del gas total.
- b) Zonal: En el inicio de cada ramal secundario.
- c) Local: En áreas críticas, como emergencia, cirugía, sala de partos, hospitalización postquirúrgica, unidad de cuidados intensivos, deberá instalarse una válvula de corte individual para cada ambiente.

Esta válvula tendrá que estar en un lugar de fácil acceso.

Deben ser de cuarto de vuelta, tipo de bola, compuestas de latón o bronce y tener extensión para la suelda autógena.

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

**Ilustración 15: Lista de partes de válvula de cierre<sup>40</sup>**



## Válvulas de Retención o Check

Las válvulas de retención son aquellas que accionadas por la propia presión del fluido permiten el paso de este e impiden el retroceso de este hacia la parte presurizada cuando la presión del sistema cesa.

### 2.8.3. Tomas de gases medicinales

Las tomas para gases medicinales que se instalarán, son para servicio de oxígeno, aire, vacío, óxido nitroso y evacuación gases. Su instalación será empotrada en las paredes de las salas requirentes y cumplirán todas las normas aplicables de la NFPA 99, C.G.A. (Compressed Gas Association) y certificadas por el U.L. (Underwriters Laboratories, Inc.) De los EE.UU. u otros organismos normativos aceptados internacionalmente.

<sup>40</sup> Fuente: Válvulas Worcester de Mex1co · S.A. de CV

**Ilustración 16: Tipos de salidas de gases de acuerdo a su color<sup>41</sup>**



Fuente: Lázaro E., Gases Medicinales, 1era Edición, Bioediciones, 2008, pág. 49.

Cada toma consistirá en dos válvulas, una primaria (la unidad de válvula de traba) y una secundaria (la unidad de empalme empotrada). La secundaria deberá cerrarse automáticamente e interrumpir el flujo del gas cuando la válvula primaria es removida. La “unidad de empalme empotrada” consiste en un cuerpo mecanizado de latón que incorpora una unidad de verificación accionada por resorte. Un tubo de cobre con diámetro de 1/2" [1,27 cm] está soldado en plata en el interior del cuerpo para conexiones externas de la tubería. El cuerpo de latón y el montaje de tubería se insertan en una placa específica de gas. Las salidas en pared pueden agruparse en centros de 5" [12,7 cm]. Esto contribuye a un montaje acabado que se parece a un panel completo de salidas. La “unidad de empalme empotrada” tiene una etiqueta con un código de color en el tubo de cobre, de forma tal que el instalador pueda identificar fácilmente el gas al que debe conectarse el tubo de cobre. La “unidad de empalme empotrada” incorpora una válvula de retención que permite retirar la “unidad de válvula de traba” para mantenimiento, sin que se requiera cerrar la tubería. La “unidad de empalme empotrada” tiene un dispositivo de indexación específica de gas de pasador DUAL para evitar que la “unidad de válvula de traba” equivocada se conecte en la” unidad de empalme empotrada”.

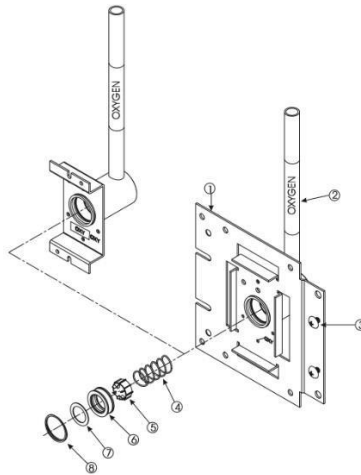
---

<sup>41</sup> Lázaro E., Gases Medicinales, 1era Edición, Bioediciones, 2008, pág. 49

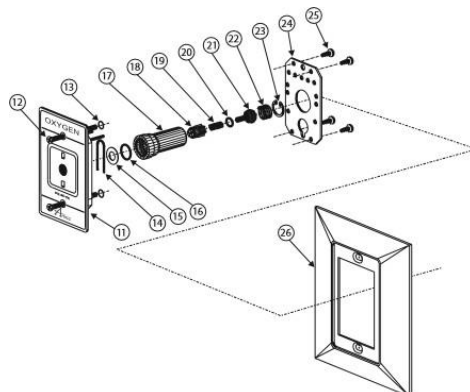
La “unidad de válvula de traba” está remachada de manera permanente de manera tal que los componentes específicos del gas oxígeno, no se puedan separar para asegurar que sigan siendo específicos del gas.

La “unidad de válvula de traba” se compone de los siguientes elementos: un conector con una válvula de retención integral, un bloque de indexación completo con pasadores de indexación, una placa frontal de gas con un código de color y un marco cromado. La “unidad de válvula de traba” se inserta en la “unidad de empalme empotrada” y los tornillos asegurados.

**Ilustración 17: Unidad de empalme empotrada<sup>42</sup>**



**Ilustración 18: Unidad de válvula de traba**



<sup>42</sup> [http://www.amico.com/sites/default/files/category/downloads/acp\\_instal\\_maint\\_medgas\\_outlets\\_es.pdf](http://www.amico.com/sites/default/files/category/downloads/acp_instal_maint_medgas_outlets_es.pdf)

## **Tipos de tomas:**

### **Tomas de pared**

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

### **Tomas cielíticas**

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

En las tomas cielíticas (o de techo) se recomienda que la unidad termine a una altura aproximada de 1,80m sobre el nivel del piso terminado, en este caso se ubicara en la sala de parto y salas de cirugía.

La longitud de la manguera de conexión depende de la altura del cielo raso y de sí es utilizado o no un dispositivo retractor.

## **Instalación de la toma:**

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

Al soldar la conexión del tubo, se debe tener cuidado de no calentar el cuerpo, ya que podría dañar la válvula de retención secundaria. Es muy importante mantener la cubierta protectora de polvo en su lugar durante la construcción para asegurar que no entren residuos o polvo en la salida.

### **2.8.4. Flujómetro o caudalímetro y manómetro:**

Algunos aparatos y sistemas terapéuticos alimentados por gases medicinales (incubadoras, máscaras de respiradores, etc.) requieren que se conozca la cantidad de

fluido suministrado al paciente. Para ello existe el medidor de flujo, el cual tiene un cuerpo que generalmente consiste en una escala graduada entre los 0 y los 15 [litros/min] (puede variar la escala según la utilidad, por ejemplo, los de uso pediátrico son menores), posee una bolilla, y generalmente traen incorporada una llave o válvula micrométrica de cierre y regulación. Al circular el fluido por su interior desplaza la bolilla, la cual queda suspendida por causa de la circulación del gas, en una posición que indica la medida de la cantidad de fluido que se está entregando. Estos medidores están coloreados de acuerdo con el gas con el que serán empleados y vienen provistos por un plug de conexión rápida con pernos guía que impiden errores de montaje (esta denominación corresponde al conector y su forma específica, el cual está construido de tal forma que solo pueda encastrar de una manera, reduciendo así posibles malas conexiones o conexiones equivocadas a conectores que no corresponden).

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

- Verde para el oxígeno
- Amarillo para aire comprimido
- En vacío no se emplean este tipo de dispositivo.

En los hospitales, el oxígeno que procede de la planta y/o reservas de tanques ya llega a la toma de O<sub>2</sub> con la presión reducida, por lo que no son necesarios ni el manómetro<sup>43</sup> ni el manorreductor<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> El manómetro mide la presión a la que se encuentra el oxígeno dentro de las tuberías, lo cual se indica mediante una aguja sobre una escala graduada.

<sup>44</sup> El manorreductor regula la presión a la que sale el O<sub>2</sub> de la terma.

**Ilustración 19: Flujómetro<sup>45</sup>**



### **2.8.5. Inspección y pruebas en el sistema de tuberías**

Las salidas de oxígeno medicinal deben inspeccionarse periódicamente o una vez al año como mínimo. La prueba debe realizarse de acuerdo con los “sistemas de gas y de vacío” NFPA 99.

#### **2.8.5.1. Prueba de detección de fugas**

Mediante la aplicación de agua jabonosa se busca detectar y corregir fugas en la red de gases en el sistema. Si mediante la aplicación de las pruebas y luego de realizar los ajustes requeridos no se obtienen resultados satisfactorios deberá hacerse el cambio de todos aquellos elementos (accesorios) que puedan presentar fallas. La prueba se desarrollará utilizando nitrógeno gaseoso a 150 PSI.

#### **2.8.5.2. Prueba de presión o estanqueidad**

La prueba de presión o estanqueidad Neumática se realizará a una presión de 150 PSI o dos veces la presión de trabajo, durante un tiempo de 24 horas con una caída de presión máxima del 5 %. La prueba se realizará con Nitrógeno gaseoso.

---

<sup>45</sup> Fuente: Indura, Grupo Air Products.



En caso no pase la prueba debe repetirse después de realizarse las correcciones necesarias al sistema.

### **2.8.5.3. Última prueba**

Para finalizar se cierran todas las válvulas del circuito y activar los generadores, consecuentemente a esto se procede a abrir válvula por válvula de acuerdo con su posición más cercana a la anterior. Con esto purgaremos todas las terminales y verificaremos que a todas las tomas les llegue el gas medicinal instalado con la presión y pureza apropiada.

### **2.8.6. Presiones de trabajo**

Según las Normas de Diseño de Ingeniería de la IMSS, México, la presión de trabajo en las tuberías será de un promedio de 55 a 60 Psi al inicio y de caída de presión máxima que puede haber por cada toma de oxígeno es de 5 Psi.

## **2.9. Definición conceptual de la terminología empleada**

Generador de oxígeno medicinal: La tecnología aplicada en el proceso de obtención de oxígeno consiste en introducir aire a presión en un recipiente que contiene zeolita. La zeolita retiene el nitrógeno del aire y deja en libertad el oxígeno. El oxígeno, obtenido in situ, se almacena a presión en depósitos en la propia instalación. Antes de que la zeolita se llegue a saturar con nitrógeno, se detiene la entrada de aire, procediéndose entonces a la desorción, fenómeno por el cual se despresuriza y expulsa el nitrógeno que existe en el interior del recipiente, quedando la zeolita regenerada, dispuesta y útil para otro ciclo de producción. Según la presión de trabajo, las plantas de adsorción se dividen en dos:

- Plantas de vacío - VSA (0,2 bar).

- Plantas a presión - PSA (4-5 bar).

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

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

- **Tanques de Oxígeno:**

Los tanques de oxígeno o cilindros de oxígeno son la mejor opción en equipos de oxígeno portátil, los puede llevar a todas partes, son económicos, recargables y seguros.

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

Las normas de Estados Unidos y Canadá establecen como base el Oxígeno concentrado al 93%, que entienden adecuado para el uso médico. Posteriormente, normalizaron también el de 95%.

Y no hablamos de una concentración superior de oxígeno debido a que el cuerpo humano solamente puede recibir oxígeno hasta una concentración determinada, y si la sobrepasamos genera daños, como ceguera y afecciones cerebrales irreversibles.

- **Zeolita:** La zeolita es capaz de atraer, tal y como lo hace un imán, diversos metales pesados, entre los que destacan: plomo, mercurio y cadmio, evitando una posible intoxicación. Asimismo, contrarresta los efectos de sustancias como el arsénico, el amoníaco y el monóxido de carbono, producido por la contaminación del planeta.
- **Adsorción:** Fenómeno por el cual un sólido o un líquido atrae y retiene en su superficie gases, vapores, líquidos o cuerpos disueltos.

# CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## 3.1. Tipo y diseño de investigación

De acuerdo con el fin que se persigue la presente investigación es de tipo investigación descriptiva, en donde se estudió la situación actual que presenta HRDLM en cuanto al consumo de Oxígeno Medicinal; este tipo de investigación nos permite presentar una opción viable para la reducción de costos en el uso de este gas imprescindible. **Aplicada**, porque se utilizan los conocimientos y bases teóricas de la ingeniería para el entendimiento de la situación problemática y posteriormente un mejoramiento a la planta de generación y diseño de cañerías de oxígeno. Se utilizará un diseño no experimental y la técnica de contrastación es de tipo explicativa

## 3.2. Población y muestra

Esta propuesta de mejora y rediseño ha sido aplicada a un lugar específico, donde la población es la misma que la muestra, la cual viene a ser el Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo.

## 3.3. Hipótesis

Si se realiza una ampliación y adquiere nueva tecnología en sus generadores de oxígeno medicinal en el Hospital Regional docente Las Mercedes de Chiclayo la presión de salida en cada toma sería la indicada por las normas de salud.

Añadiendo a la Hipótesis anterior, tenemos que considerar un rediseño en las tuberías de oxígeno que estén acorde al nuevo caudal producido por el generador propuesto. Y un plus a esta hipótesis es que si la producción es más de lo que se requiere se llenaría tanques de oxígeno para un uso en caso de emergencias, además esta idea sería útil para balancear la distribución.

### 3.4. Variables – Operacionalización

TIPO	DEFINICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES
<b>DEPENDIENTE</b> Apropiado abastecimiento a las diferentes áreas Distribución del gas medicinal	Capacidad de los generadores de oxígeno medicinal necesitado por el hospital y red de distribución del gas.	Análisis documental Observación Entrevista	Análisis documental Tablas y cálculos de cañerías del gas Especificaciones técnicas	Determinación de los horarios de mayor demanda Determinación de equipos para implementación
<b>INDEPENDIENTE</b> Producción de oxígeno	Dimensiones y características de la planta de generación de oxígeno y generadores	Análisis documental Ubicación de las áreas a proveer	Análisis de contenido	Puntos de abastecimiento en el hospital

## CAPÍTULO IV:

# PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN Y ESCENARIO PRESENTE

### **4.1. Introducción, definición de la situación actual del Hospital**

Como ya se ha mencionado en el primer capítulo, el Hospital Regional Docente Las Mercedes (HRDLMCH) se encuentra en estado crítico con el abastecimiento de oxígeno medicinal puesto que solo cuenta con una planta productora de oxígeno medicinal compuesta por 02 equipos generadores con tecnología PSA que produce teóricamente  $5,5 \text{ m}^3/\text{hora}$  cada una, con un total mensual de  $3960 \text{ m}^3/\text{mensuales}$  de oxígeno por equipo, a plena carga y en forma ininterrumpida, no quedando ningún equipo en Stand By (en espera) para que pueda actuar en forma inmediata cuando se presentan paradas no programadas por fallas o mantenimiento que ocurren frecuentemente, en esos momentos la planta no produce lo necesario y genera reclamos de los médicos que operan con este elemento. Tomando en consideración todas las variables que afectan el suministro y demanda de oxígeno por mayores atenciones de salud en el hospital, se plantea la ampliación de la producción de oxígeno en el Hospital. No se puede cuantificar con precisión la cantidad exacta de oxígeno medicinal que consume las diferentes áreas del Hospital las Mercedes sin embargo con un estudio se puede calcular un consumo teórico con datos extraídos día a día. El personal de servicio tampoco lleva un control de la producción y consumo exacto de oxígeno de las áreas del hospital que consumen este gas medicinal.

Se evidenciará en el Registro Fotográfico realizado (ver Anexo 6).

## 4.2. Estudio e historia de los planos arquitectónicos

Es importante recalcar en este capítulo la antigüedad del Hospital Regional Las Mercedes debido que su creación fue hace más de 160 años, usando materiales como el adobe y ladrillo los cuales con el pasar el tiempo tuvieron su desgaste y proporcionaban fallas a la institución razón por la cual fueron reconstruidas algunos sectores, como también se aprovechó más el terreno y se siguió construyendo y levantando nuevas áreas, lo que ocasionó algunos errores no corregidos y/o falta de actualización en los planos que posee y brindó el hospital para la realización de este proyecto.

En el Anexo 8 se muestra el plano del diseño arquitectónico actualizado en lo que va a la fecha del hospital, del cual solo se mencionará a continuación las áreas donde va dirigido el presente documento y es requerida su optimización:

### **Primera Planta:**

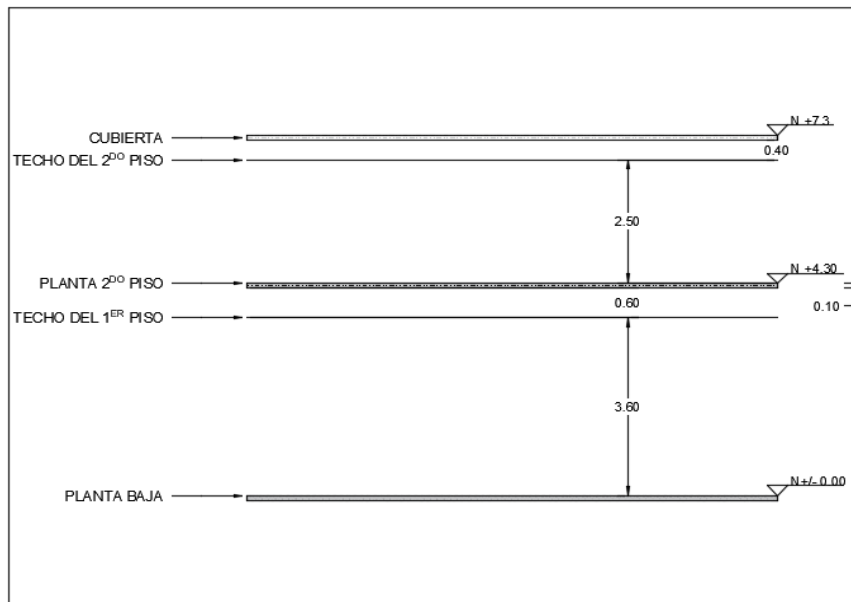
- Medicina mujeres
- Medicina varones
- Cirugía varones
- Cirugía mujeres
- Tópico de curaciones
- Obstetricia de alto riesgo
- Emergencia
- Pediatría
- Sala de partos
- Sala de puerperio

- Sala de operaciones

### Segunda Planta:

- Unidad de cuidados intensivos (UCI)
- Neonatología
- Neumología

En el siguiente corte transversal respecto al piso de nivel de referencia se observará las distancias entre los niveles de las plantas.



### 4.3. Evaluación del consumo de oxígeno en el Hospital Regional

#### Docente de Las Mercedes

Para determinar el consumo de oxígeno que utiliza el hospital partimos de la siguiente premisa:



Se han realizado 9 mediciones del flujo en unidades de SCFH<sup>46</sup> en horarios al azar.

**Tabla 7: Control de flujo diario en el Hospital Las Mercedes**

TABLA DE CONTROL DE FLUJO DIARIO									
Lectura de datos en diferentes fechas y horarios									
N° Mediciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fecha	23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	30/09/2019	1/10/2019	2/10/2019	3/10/2019
Hora	09:00 a.m.	10:00 a.m.	12:00 a.m.	04:00 p.m.	05:00 p.m.	05:30 p.m.	05:00 p.m.	04:15 p.m.	03:30
Psi	50	55	52	60	60	60	60	60	57
SCFH (cada generador PSA)	175	150	165	200	200	185	190	185	200
Pureza Oxígeno (%)	96,8	97	97	93,5	93	94	93,7	95	93,4
Resultado (m <sup>3</sup> /h) en los 2 generadores	9,91	8,49	9,34	11,33	11,33	10,48	10,76	10,48	11,33

Fuente: Elaboración Propia

Consumo promedio: 10,38 m<sup>3</sup>/h de oxígeno en 9 días.

Con los datos recaudados, podemos apreciar que en ciertas horas los 2 equipo no son suficientes para atender la demanda de oxígeno; en estos asuntos se presenta Logística y la Administración del hospital para la compra de oxígeno a empresas externas y así poder cumplir con la petición de este elemento medicinal.

El proyecto ha considerado la compra de un equipo que genere 12 m<sup>3</sup>/h de oxígeno que presenta tecnología VSA en su generador el cual fue cotizado por su empresa proveedora Oxitec Sac, de procedencia americana y con certificación de calidad ISO 13485, norma que aprueba la calidad de equipos médicos.

<sup>46</sup> SCFH = Flow in standard cubic feet per hour = caudal en pies cúbicos estándar por hora.

**Tabla 8: Producción de O<sub>2</sub> con el generador de 12m<sup>3</sup>/h (VSA)**

Producción de la Planta Generadora de Oxígeno Medicinal - Junto al Generador de VSA							
Descripción	Cantidad	Producción Ideal Unitaria (m <sup>3</sup> /h)	Producción Ideal (m <sup>3</sup> /h)	Eficiencia	Producción Real (m <sup>3</sup> /h)	Producción Real (m <sup>3</sup> /día)	Producción Real (m <sup>3</sup> /mes)
Generador de oxígeno medicinal 01	1	5,5	5,5	100%	5,5	132	3960
Generador de oxígeno medicinal 01, 02	2	5,5	11	100%	11	264	7920
Generador de oxígeno medicinal 01, 02 y VSA	3	5,5 y 12	23	100%	23	552	16560

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 7 Oxitec nos plantea una oferta con su generador de proceso VSA que produce 12 m<sup>3</sup>/h que es más que el doble de uno de sus generadores por PSA que ya tiene el hospital.

Se destaca en este producto la generación de oxígeno sin riesgo de contaminación de aceite porque usa un ventilador para introducir aire a presión de 10 PSI en el tanque de zeolita, a diferencia que el sistema PSA usa un compresor lubricado con aceite, que con el transcurrir del tiempo contamina la zeolita y con muchas probabilidades de contaminar el oxígeno.

#### **4.4. Cuento de tomas de oxígeno existentes y requerentes por áreas**

Las áreas de servicio que utiliza oxígeno medicinal son las áreas que se describe en el siguiente cuadro, con un total de 166 tomas, considerando los puntos nuevos de oxígeno dentro de la ampliación de las redes de oxígeno (\*). Las áreas marcadas

dentro del siguiente cuadro tuvieron un aumento de 1, 3 y 6 tomas respectivamente de las que ya existen dentro de la institución, la explicación de esta incorporación es por petición y reclamo de los doctores al Jefe de Mantenimiento del sanatorio, los cuales mencionaron que con el pasar del tiempo la población atendida aumentaba y las tomas eran requeridas en demás cuartos; la necesidad que requieren los cuartos están en relación a los pacientes y cantidad de camas que poseen.

**Tabla 9: Conteo de tomas de oxígeno por áreas**

<b>Inventario de Tomas por Área de Servicio - Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo</b>	
<b>Primer piso</b>	
<b>Área</b>	<b>Oxígeno</b>
Medicina Mujeres	16
Medicina Varones	21
Cirugía Mujeres	4
Cirugía Varones	4
Tópico de curaciones	1
Obstetricia de alto riesgo	2
Emergencia	39
Pediatría	16
Sala de partos	4
Sala de puerperio	7
Sala de operaciones	18
<b>Total 1<sup>er</sup> Piso</b>	<b>132</b>

<b>Segundo Piso</b>	
Unidad de Cuidados Intensivos* (UCI)	6
Neonatología*	19
Neumología* (TBC)	9
<b>Total 2<sup>do</sup> Piso</b>	<b>34</b>
<b>TOTAL DE TOMAS DE OXIGENO - HOSPITAL</b>	<b>166</b>
Fuente: Elaboración propia	

## CAPÍTULO V:

### CÁLCULO

#### 5.1. Introducción

En este capítulo se utilizarán los datos obtenidos conseguidos por los seguimientos realizados dentro de la institución para su mejora, el primero es aquel que se hizo dentro de la casa o cuarto de máquinas; y, el segundo, al diseño de la red de oxígeno existente.

Dentro de esta sección, se emplearán conversiones de unidades encontradas en el Anexo 2 y 3.

#### 5.2. Normativa a utilizarse:

De acuerdo con lo especificado en el Capítulo II, los criterios de diseño de instalaciones son tomados de acuerdo con criterios de protección de la NFPA y normas de la IMSS, así como normas adicionales derivadas de las dos normas antes mencionadas.

#### 5.3. Planta de oxígeno

##### **Consumos por áreas de hospital:**

Es importante identificar las áreas de consumo, las cuales serán útiles para calcular la capacidad de la central. También es importante porque de acuerdo con la ubicación física de las salidas se determina la forma del recorrido de red de tuberías en el plano, diseñándola de acuerdo con la caída de presión que se genere.

Para el cálculo del consumo de oxígeno por áreas se usará el consumo teórico, es el que corresponde al valor máximo de consumo en rigor, y existe también el consumo esperado; es decir, el que más posibilidades tiene de aproximarse a la realidad.

El consumo esperado de oxígeno se calcula multiplicando el consumo teórico por el denominado coeficiente de simultaneidad o coeficiente de utilización, lo cual puede expresarse a través de la siguiente fórmula<sup>47</sup>:

Flujo total de área:

$$CE = \sum(CDT \times CT \times CU) \quad (3.1)$$

Donde:

- CDT = Cantidad de tomas
- CE = Consumo esperado o flujo total de área
- CT = Consumo teórico
- CU = Coeficiente de utilización o factor de uso

El Factor de uso, debe de entenderse como la probabilidad de que los tomas se utilicen de manera interrumpida durante un horario definido de atención de pacientes.

---

<sup>47</sup> Tomado del libro de gases medicinales Clasificación, Aplicaciones, Almacenamiento, Suministro, Cálculo de redes y Mantenimiento Bioingeniero Eduardo Diego Lázaro. Primera Edición 2008. ISBN:978-987-24211-0-6

**Tabla 10: Cantidad, distribución, consumo teórico y esperado de tomas de oxígeno del Hospital Regional Docente de Las Mercedes**

Consumo de Oxígeno Por Áreas								
Ítem	Descripción por Áreas de Servicio		Cantidad	Flujo permitido (m <sup>3</sup> /h)			Factor de uso (%)	Flujo total de área
				Toma	Cama	Sala		
1	Medicina Mujeres		1	16	0,36	-	5,00%	0,288
2	Medicina Varones		1	21	0,36	-	5,00%	0,378
3	Hospitalización Cirugía Mujeres		1	4	0,36	-	10,00%	0,144
4	Hospitalización Cirugía Varones		1	4	0,36	-	10,00%	0,144
5	Tópico de curaciones en Pediatría		1	1	0,3	-	5,00%	0,015
6	Obstetricia de alto riesgo		1	2	0,25	-	20,00%	0,1
7	Emergencia	Cirugía hombres	1	9	0,36	-	5,00%	0,162
		Cirugía mujeres	1	9	0,36	-	5,00%	0,162
		Emergencia	1	21	0,36	-	40,00%	3,024
8	Pediatría		1	16	0,5	-	50,00%	4
9	Sala de partos		1	4	-	0,42	70,00%	1,176
10	Sala de puerperio		1	7	-	0,9	50,00%	3,15
11	Sala de operaciones y recuperación		1	18	-	1,2	100,00%	21,6
12	Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)		1	6	1,8	-	20,00%	2,16
13	Neonatología		1	19	1	-	70,00%	13,3
14	Neumología (TBC)		1	9	0,9	-	30,00%	2,43
			<b>Total de tomas</b>	<b>166</b>			<b>32,98%</b>	<b>52,233</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11: Resumen de la Tabla 10**

<b>Cálculo de consumo de oxígeno medicinal del Hospital Regional Docente Las Mercedes de Chiclayo</b>		
<b>Q<sub>b</sub></b>	Flujo de oxígeno requerido por áreas de servicio (m <sup>3</sup> /h)	52,233
<b>F<sub>u</sub></b>	Factor de uso promedio (%)	32,98%
<b>Q<sub>r</sub></b>	Requerimiento de su flujo (m <sup>3</sup> /h)	17,225
<b>Q</b>	Oxígeno/Periodo de abastecimiento por día (m <sup>3</sup> )	413,387
<b>q</b>	Consumo previsto (m <sup>3</sup> /mes)	12401,607
<b>T</b>	Tiempo de trabajo (día/mes)	<b>30</b>
Fuente: Elaboración propia		

El consumo aproximado por áreas de servicio, número de tomas y factor de uso promedio es aproximadamente 17,225 m<sup>3</sup>/h. Los equipos tendrán la capacidad para producir un flujo superior a 17,225 metros cúbicos de oxígeno por hora, para atender la demanda con holgura. La producción proyectada de los equipos generadores es de 23 m<sup>3</sup>/h con un factor de uso al 100% al comienzo, superando la demanda de oxígeno del hospital. Un punto extra es que la planta tendrá la capacidad de, con la producción sobrante llenar tanques de oxígeno para futuros casos de emergencia, días en donde se requiera hacer mantenimiento o en horarios en que el personal esté atento para usarlos y permitir a las máquinas cesar su utilización para evitar el desgastamiento mecánico.



## **5.4. Diseño del sistema de conducción de gases**

### **5.4.1. Ruteo de las tuberías**

En el plano de tuberías mostrado en Anexo 9 del documento, se muestra la distribución y ruteo de las cañerías del oxígeno medicinal, desde el cuarto de máquinas hasta cada una de las tomas (incluidas las nuevas). Para los cambios de dirección de la tubería, la flexibilidad para su instalación y mantenimiento se ha ubicado en el plano los siguientes dispositivos y accesorios a lo largo de su recorrido.

### **5.4.2. Dimensionamiento del sistema de tuberías**

Para el dimensionamiento de la tubería se tomará en cuenta las ecuaciones de DARCY-WEISBACH, en donde se analizará las pérdidas primarias y secundarias generadas a lo largo de la ruta crítica (la más lejana y/o con mayor carga), para esto se ha seccionó la red.

Los diámetros calculados con este método estarán sujetos a valores de diámetros interiores comerciales tipo K que se encuentra en la tabla:

Tabla 12: Diámetros de tubería de cobre<sup>48</sup>

Tamaño nominal pulgada	Diámetro exterior, pulgada todos los tipos	Diámetro interior pulgada	Diámetro interior milímetros	Diámetro interior metros	Diámetro interior pulgada	Diámetro interior milímetros	Diámetro interior metros	Diámetro interior pulgada	Diámetro interior milímetros	Diámetro interior metros
		K			L			M		
1/4	0,375	0,305	7,747	0,0077	0,315	8,001	0,008	—	—	—
3/8	0,500	0,402	10,211	0,0102	0,430	10,922	0,011	0,450	11,430	0,0114
1/2	0,625	0,527	13,386	0,0134	0,545	13,843	0,014	0,569	14,453	0,014
5/8	0,750	0,652	16,561	0,0166	0,666	16,916	0,017	—	—	—
3/4	0,875	0,745	18,923	0,0189	0,785	19,939	0,020	0,811	20,599	0,021
1	1,125	0,995	25,273	0,0253	1,025	26,035	0,026	1,055	26,797	0,027
1 1/4	1,375	1,245	31,623	0,0316	1,265	32,131	0,032	1,291	32,791	0,033
1 1/2	1,625	1,481	37,617	0,0376	1,505	38,227	0,038	1,527	38,786	0,039
2	2,125	1,959	49,759	0,0498	1,985	50,419	0,050	2,009	51,029	0,051
2 1/2	2,625	2,435	61,849	0,0618	2,465	62,611	0,063	2,495	63,373	0,063
3	3,125	2,907	73,838	0,0738	2,945	74,803	0,075	2,981	75,717	0,076
3 1/2	3,625	3,385	85,979	0,0860	3,425	86,995	0,087	3,459	87,859	0,088
4	4,126	3,857	97,968	0,0980	3,905	99,187	0,099	3,931	99,847	0,100
5	5,126	4,805	122,047	0,1220	4,875	123,825	0,124	4,907	124,638	0,125
6	6,125	5,741	145,821	0,1458	5,741	145,821	0,146	5,881	149,377	0,149
8	8,125	7,583	192,608	0,1926	7,583	192,608	0,193	7,785	197,739	0,198

**DATOS:**

El oxígeno medicinal es transportado por todo el nosocomio a través del sistema de tuberías bajo las siguientes condiciones:

Temperatura: 21°C o 70 °F

Presión de trabajo del generador hasta 100 Psi, sin embargo, la red de cañerías debe trabajar a 65 a 50 Psi.

Densidad: 1,3349 kg/m<sup>3</sup>

Viscosidad dinámica( $\mu$ ): 2,035 x 10<sup>-5</sup> (Pa.s)

Viscosidad cinemática ( $\nu$ ): 1,5244 x 10<sup>-5</sup>

$\epsilon=1,5 \times 10^{-6}$ (cobre)

$g= 9,81 \text{ m/s}^2$

<sup>48</sup> Fuente: [https://issuu.com/residente/docs/manual\\_tuberias\\_cobre](https://issuu.com/residente/docs/manual_tuberias_cobre)

$L_{real}$  = Longitudes sacadas de nuestro plano

$$L_{diseño} = L_{real} + 20\% L_{real} = 1,2 L_{real} \quad (3.2)$$

Q= Caudal

$\Delta P$ = Calculado en los cuadros de Excel adjuntados al documento, Se hará referencia para la máxima caída de presión las conclusiones de la tesis: Sánchez, E (2010). *Sistema de conducción de gases de un hospital de 120 camas situada en la región costa que pertenece al ministerio de salud pública del ecuador (Tesis de grado)*, que trabaja con: 0,2 Psi máxima permisible y  $V < 15 \text{ m/s}$  (permisible)

Según las normas IMSS y NFPA la máxima caída de presión es de  $0,28 \text{ kg/cm}^2 = 4 \text{ Psi}$  del punto inicial a cada toma del hospital.

**Tabla 13: Selección de diámetros por secciones de la red de oxígeno**

SELECCIÓN DE DIÁMETROS PARA LA RED DE OXÍGENO		TUBERIA TIPO K				Rugosidad relativa (e/D)	Área de la tubería	Velocidad	Reynolds	Factor de fricción	PERDIDAS PRIMARIAS	
		Tamaño nominal pulgadas	Diámetro exterior en pulgadas	Diámetro interior en pulgadas	Diámetro interior en metros						Pérdidas mayores (Pa)	Pérdidas mayores (Psi)
Tubería salida de los acumuladores de O2 a "T" divisora ubicada en casa de Máquinas	Longitud del tramo:	2	2.125	1.959	0.04976	0.00003	0.00194	7.53847	24605.691	0.0247	237.1240	0.0344
	10.5											
	Caudal											
	0.01466											
	Longitud diseño											
12.6												
Tubería de "T" divisora hasta "tee 2" (Neonatología y Quirófano)	Longitud del tramo:	2	2.125	1.959	0.04976	0.00003	0.00194	6.23227	20342.253	0.0258	807.8465	0.1172
	50											
	Caudal											
	0.01212											
	Longitud diseño											
60												
Rama dirigida a Neonatología desde la "Tee 2"	Longitud del tramo:	1	1.125	0.995	0.02527	0.00006	0.00050	7.36454	12209.188	0.0294	1263.8329	0.1833
	25											
	Caudal											
	0.00369											
	Longitud diseño											
30												
Tubería desde "Tee2" hasta llegada a Quirófano	Longitud del tramo:	1.5	1.625	1.481	0.03762	0.00004	0.00111	7.58033	18705.153	0.0264	161.4802	0.0234
	5											
	Caudal											
	0.00842											
	Longitud diseño											
6												

Tubería de "tee2" a ramificación en "área de Quirófano"	Longitud del tramo:	1.5	1.625	1.481	0.03762	0.00004	0.00111	5.47061	13499.238	0.0286	109.4735	0.0159
	6											
	Caudal											
	0.00608											
Ramificación de tuberías en el techo (antes de las tuberías de bajada a cada toma de O2)	Longitud del tramo:	1	1.125	0.995	0.02527	0.00006	0.00050	11.96046	19828.456	0.0261	709.0635	0.1028
	6											
	Caudal											
	0.006											
Tubería entre las "T" de Hospitalizaciones	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	0.56848	499.160	0.1282	12.3962	0.0018
	5											
	Caudal											
	0.00008											
Rama que sale de la caja de válvulas 1 a Hospitalización Mujeres	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	0.28424	249.580	0.2564	52.0640	0.0076
	42											
	Caudal											
	0.00004											
Rama que sale de la caja de válvulas 2 a Hospitalización Varones	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	0.28424	249.580	0.2564	30.9905	0.0045
	25											
	Caudal											
	0.00004											
	Longitud diseño											
	30											

Tubería que va desde T2' hasta "tee3"	Longitud del tramo:	1	1.125	0.995	0.02527	0.00006	0.00050	4.67399	7748.703	0.0332	550.9221	0.0799
	24											
	Caudal											
	0.00234											
	Longitud diseño											
28.8												
Rama dirigida a Obstetricia de alto riesgo desde la "Tee 3"	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	0.19739	173.320	0.3693	14.6344	0.0021
	17											
	Caudal											
	0.00003											
	Longitud diseño											
20.4												
Tubería que va desde "tee3" hasta "tee4"	Longitud del tramo:	1	1.125	0.995	0.02527	0.00006	0.00050	4.61807	7655.987	0.0333	393.4406	0.0571
	17.5											
	Caudal											
	0.00232											
	Longitud diseño											
21												
Rama dirigida a Puerperio desde la "Tee 4"	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	6.21770	5459.566	0.0366	423.2504	0.0614
	5											
	Caudal											
	0.00088											
	Longitud diseño											
6												
Tubería que va desde "tee4" hasta "tee5"	Longitud del tramo:	0.75	0.875	0.745	0.01892	0.00008	0.00028	5.12718	6364.334	0.0350	467.5919	0.0678
	12											
	Caudal											
	0.00144											
	Longitud diseño											
14.4												

Rama dirigida a Sala de Parto desde la "Tee 5"	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	2.32127	2038.238	0.0314	141.7298	0.0206
	14											
	Caudal											
	0.00033											
	Longitud diseño											
16.8												
Rama dirigida a Pediatría desde la "Tee 5"	Longitud del tramo:	0.75	0.875	0.745	0.01892	0.00008	0.00028	3.96564	4922.520	0.0376	501.2153	0.0727
	20											
	Caudal											
	0.00112											
	Longitud diseño											
24												
Tubería de "T" divisora hasta área de Medicina de Varones	Longitud del tramo:	1	1.125	0.995	0.02527	0.00006	0.00050	5.06326	8394.046	0.0324	659.0743	0.0956
	25											
	Caudal											
	0.00254											
	Longitud diseño											
30												
Rama dirigida a Medicina de Varones	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	0.74612	655.148	0.0977	41.9766	0.0061
	12.9											
	Caudal											
	0.00011											
	Longitud diseño											
15.48												
Tubería que va desde la "Tee6" hasta la "Tee7"	Longitud del tramo:	1	1.125	0.995	0.02527	0.00006	0.00050	4.85395	8047.048	0.0328	931.1966	0.1351
	38											
	Caudal											
	0.00244											
	Longitud diseño											
45.6												

Rama dirigida a UCI desde la "Tee7"	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	4.26356	3743.703	0.0408	346.2297	0.0502
	7.8											
	Caudal											
	0.0006											
	Longitud diseño											
9.36												
Rama dirigida a Cirugía de Varones desde la "Tee7"	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	0.31977	280.778	0.2279	7.6701	0.0011
	5.5											
	Caudal											
	0.00005											
	Longitud diseño											
6.6												
Rama dirigida a Cirugía de Mujeres desde la "Tee8"	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	0.31977	280.778	0.2279	22.3132	0.0032
	16											
	Caudal											
	0.00005											
	Longitud diseño											
19.2												
Rama dirigida a Emergencias desde la "Tee9"	Longitud del tramo:	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	5.96899	5241.184	0.0370	947.0275	0.1373
	12											
	Caudal											
	0.00084											
	Longitud diseño											
14.4												
Tubería que va desde la "Tee9" hasta la "Tee10"	Longitud del tramo:	0.75	0.875	0.745	0.01892	0.00008	0.00028	3.21795	3994.414	0.0400	464.6409	0.0674
	26.5											
	Caudal											
	0.00091											
	Longitud diseño											
31.8												



Rama dirigida a Medicina de Mujeres desde la "Tee10"	Longitud del tramo:											
	17											
	Caudal	0.5	0.625	0.527	0.01339	0.00011	0.00014	0.56848	499.160	0.1282	42.1471	0.0061
	0.00008											
Longitud diseño												
20.4												
Rama dirigida a Neumología desde la "Tee11"	Longitud del tramo:											
	38											
	Caudal	0.75	0.875	0.745	0.01892	0.00008	0.00028	2.93349	3641.316	0.0411	569.0729	0.0825
	0.00083											
Longitud diseño												
45.6												

Los diámetros son propuestos para cumplir con los requisitos de velocidad y caída de presión máxima dada por las normas IMSS y NFPA 99, y un flujo de salida correcto a lo pedido por zona.

Tabla extraída como resumen del cálculo realizado del Anexo 5.

## CAPÍTULO VI:

### ANÁLISIS DE COSTOS

#### 6.1. INTRODUCCIÓN:

El proyecto obliga a determinar el costo para ejercerse y determinar si el estado peruano y el Hospital Las Mercedes está conforme a lo indicado; el capítulo permitirá apreciar la oferta de la empresa proveedora, los costos de los materiales e instalación. También cabe añadir a esto, que el mismo Hospital ya cuenta con una instalación de red de oxígeno, a lo cual algunas tuberías y tomas serán añadidas y/o reemplazadas, pero se podrá reutilizar algunos materiales que estén en buen estado y a la vista, ya que como se mencionó anteriormente no existen planos actuales y todo se realizó con seguimientos y mediciones realizadas dependiendo de la disponibilidad de los materiales.

#### 6.2. METRADO Y COSTOS:

##### 6.2.1. Materiales:

En la tabla 14 se podrá observar la cantidad de materiales necesitados al proyecto para el rediseño de la planta y red de distribución del oxígeno en el hospital Las Mercedes Chiclayo – Lambayeque y el costo de cada uno en el mercado nacional.

**Tabla 14: Presupuesto de materiales para la red de oxígeno**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
				Dólares	Soles
<b>PLANTA DE OXÍGENO</b>					
Generador de Oxígeno VSA y componentes (Propuesta de Oxitec SAC)	und.	1	\$145,000.00	\$145,000.00	S/481,400.00

Compresor Oxígeno RIX 2V3B - RIX USA	und.	1	\$30,500.00	\$30,500.00	S/101,260.00
Medidor de Flujo Másico con Totalizador	und.	1	\$4,500.00	\$4,500.00	S/14,940.00
Recibidor Oxígeno c/Accesorios - 240 Glns	und.	1	\$6,000.00	\$6,000.00	S/19,920.00
Analizadores de Oxígeno, CO2 y CO	und.	1	\$9,500.00	\$9,500.00	S/31,540.00
Manifold de Cilindros llenado y emergencia (6u)	und.	1	\$6,000.00	\$6,000.00	S/19,920.00
Manifold para Llenado de Cilindros 2 (3u)	und.	2	\$1,500.00	\$3,000.00	S/9,960.00
Manifold para emergencias (3u)	und.	1	\$1,600.00	\$1,600.00	S/5,312.00
Transporte de Lima a Chiclayo			\$6,000.00	\$6,000.00	S/19,920.00
<b>Tuberías Cobre Tipo "K"</b>					
Diam 2" x 6m	und	12	\$73.71	\$884.52	S/2,936.61
Diam 1 1/2" x 6m	und	3	\$48.13	\$144.39	S/479.37
Diam 1" x 6m	und	24	\$27.82	\$667.68	S/2,216.70
Diam 3/4" x 6m	und	17	\$19.42	\$330.14	S/1,096.06
Diam 1/2" x 6m	und	9	\$14.16	\$127.44	S/423.10
Nota: Solo se presupuestó los tubos a implementarse por requerimiento del diseño.					
<b>Accesorios</b>					
<b>Codos de Cobre 90°</b>					
Diam 2"	und.	14	\$16.63	\$232.82	S/772.96
Diam 1 1/2"	und.	5	\$6.71	\$33.55	S/111.39
Diam 1"	und.	41	\$3.43	\$140.63	S/466.89
Diam 3/4"	und.	30	\$1.65	\$49.50	S/164.34
Diam 1/2"	und.	8	\$0.70	\$5.60	S/18.59
<b>Tee de Cobre</b>					
Diam 2"	und.	5	\$23.54	\$117.70	S/390.76
Diam 1 1/2"	und.	5	\$17.86	\$89.30	S/296.48
Diam 1"	und.	12	\$7.87	\$94.44	S/313.54
Diam 3/4"	und.	9	\$3.21	\$28.89	S/95.91
Diam 1/2"	und.	10	\$1.22	\$12.20	S/40.50
<b>Reductores de Cobre</b>					
Reductor de 2" a 1 1/2"	und.	1	\$11.90	\$11.90	S/39.51
Reductor de 2" a 1"	und.	3	\$11.90	\$11.90	S/39.51
Reductor de 1 1/2" a 1/2"	und.	3	\$6.77	\$20.31	S/67.43
Reductor de 1 1/2" a 1"	und.	2	\$6.77	\$13.54	S/44.95

Reductor de 1" a 3/4"	und.	2	\$3.07	\$6.14	S/20.38
Reductor de 1" a 1/2"	und.	12	\$3.07	\$36.84	S/122.31
Reductor de 3/4" a 1/2"	und.	10	\$1.12	\$11.20	S/37.18
<b>Tomas de oxígeno</b>					
Tomas simples de pared	und.	10	\$85.00	\$850.00	S/2,822.00
<b>Cajas de corte</b>					
Cajas con válvulas de corte	und.	10	\$20.00	\$200.00	S/664.00
<b>Válvulas</b>					
Válvulas de corte zonal de 2"	und.	1	\$25.00	\$25.00	S/83.00
Válvulas de corte zonal de 1 1/2"	und.	2	\$25.00	\$50.00	S/166.00
Válvulas de corte zonal de 1"	und.	8	\$17.00	\$136.00	S/451.52
Válvulas de corte zonal de 3/4"	und.	3	\$16.50	\$49.50	S/164.34
Válvulas de corte zonal de 1/2"	und.	6	\$14.90	\$89.40	S/296.81
<b>Soportes</b>					
Soportes	und.	15	\$7.14	\$107.10	S/355.57
<b>Soldadura</b>					
Varilla de soldadura de Plata (Ag) al 30%	und.	75	\$5.27	\$395.25	S/1,312.23
Fundente de 16 onz	und.	4	\$3.28	\$13.12	S/43.56
<b>Pintura</b>					
Pintura anticorrosiva	Glns.	25	\$22.89	\$572.25	S/1,899.87
				<b>TOTAL</b>	<b>S/722,625.39</b>

Fuente: OXITEC SAC. e IMECANIC Cía. Ltda.

Nota. Los precios establecidos por Oxitec SAC. se evidenciará en la proforma de la misma empresa. (ver el Anexo 7).

La casa o cuarto de máquinas ya se ha ampliado previamente lo cual no ejercerá un costo de edificación a este proyecto.

### 6.2.2. Montaje:

Son los costos referidos a la mano de obra que realizará la instalación, los cuales queremos por promover el trabajo y para mejor conocimiento dentro de hospital sea realizado por los mismos técnicos que contrata el Hospital y el equipo capacitado de la misma empresa que provee:

**Tabla 15: Costo de mano de obra Perú CAPECO**

Denominación	Cantidad	Costo por Hora (Soles)	Número de Días de Instalación	Horas de Trabajo por Día	Costo total para la instalación
<b>Ayudante</b>	2	S/ 10.00	70	8	S/11,200.00
<b>Maestro</b>	1	S/ 12.00	70	8	S/6,720.00
<b>Técnico</b>	1	S/ 12.00	70	8	S/6,720.00
				<b>TOTAL</b>	<b>S/24,640.00</b>

## CAPÍTULO VII:

### CONCLUSIONES

- + Con el estudio realizado dentro del nosocomio regional de Lambayeque hemos verificado la ineficiencia que se encuentra la instalación de la planta de generación de oxígeno y de la distribución de tal. Con este documento se explica su estado actual y las negligencias médicas que posee.
- + Se concluye la importancia de conocer las normas que rigen en el momento de la construcción y reestructuración dentro de una institución sanitaria.
- + Con este proyecto presentado al Hospital se podrá mejorar el rendimiento y reputación que tiene a nivel nacional, las instalaciones podrán contar con el oxígeno medicinal sin necesidad de requerir a una proveedora externa.
- + Al adquirir el generador con tecnología VSA proveerá al hospital de oxígeno con unos bajos costos en la hora de producción y evitará las fallas de los generadores de los generadores PSA que ya posee.
- + Con el exceso de caudal producido por las plantas en funcionamiento, se llenará tanques de oxígeno que serán utilizados en casos de mantenimiento, descanso de las máquinas y/o emergencias.
- + Para el rediseño de la nueva red de oxígeno se tuvo que determinar las cargas que se tenían que abastecer por áreas del hospital, y con ayuda de un plano de infraestructura trazar las rutas más sencillas y que generen menos pérdidas de presión. Además, en este proyecto escrito se puede apreciar detalladamente como se realiza una selección adecuada de las tuberías.
- + El costo de toda la instalación es de S/. 747 265,39 (setecientos cuarenta y siete mil doscientos sesenta y cinco soles con treinta y nueve céntimos), una vez adquirido y

puesto en funcionamiento el generador con la nueva red de oxígeno se verá en una situación inmejorable el servicio del gas en el Hospital.

- + La producción por día con los 3 generadores funcionando generan un excedente de 138,613 m<sup>3</sup>/día, y el costo en el mercado de llenado de tanques es de S/. 10 por m<sup>3</sup>, significa que se aproxima a llenar 14 cilindros de oxígeno de 10 m<sup>3</sup> diarios, equivaldría a S/. 1 386,13 (mil trescientos ochenta y seis soles con 13 céntimos), estos números evidencian lo que empezaría a producir y ahorrar el hospital con la conclusión del proyecto.

## CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA:

- + American Chemical Society. (2000). *Joseph Priestley and the Discovery of Oxygen*. International Historic Chemical Landmarks.
- + Beddoes T, Watt J, 1794, *Considerations of the medicinal use of factitious airs, manner and on the of obtaining them in large quantities*. London, England: Bulgin and Rossier.
- + Carlo. W y M. Vento. (2019). *Oxygen Therapy, An Issue of Clinics in Perinatology*. Philadelphia. USA: Elsevier.
- + Díaz. J. (1998). *Manual básico de enfermería: técnica y quirúrgica (Oxigenoterapia)*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- + Ministerio de Salud. (2018). *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de Productos Farmacéuticos*.
- + Francisco Ugarte. (2008). *Mecánica de Fluidos II*. Lima-Perú: San Marcos
- + Lázaro E.; 2008; “Gases Medicinales”, 1era Edición, Bioediciones, Argentina
- + Gherardelli, C. (2016). *Apuntes de Mecánica de Fluidos*. Chile: Universidad de Chile
- + NFPA 99, 2005, Standard for Health Care Facilities, U.S.A.
- + Cengel Yunus, 2006, “Mecánica de Fluidos”, Primera Edición
- + Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS, “Sistema de distribución de gases medicinales no inflamables”
- + Rico. A, Castellanos. M. J, y Pérez. R, E. (2008). *Química 1: Agua y Oxígeno*. México D.F. México: Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades.
- + Cernadas. C. (2009). *Neonatología Practica 4ta Ed*. Buenos Aires. -Argentina: Médica Panamericana.



## CAPÍTULO IX: LINKOGRAFÍA

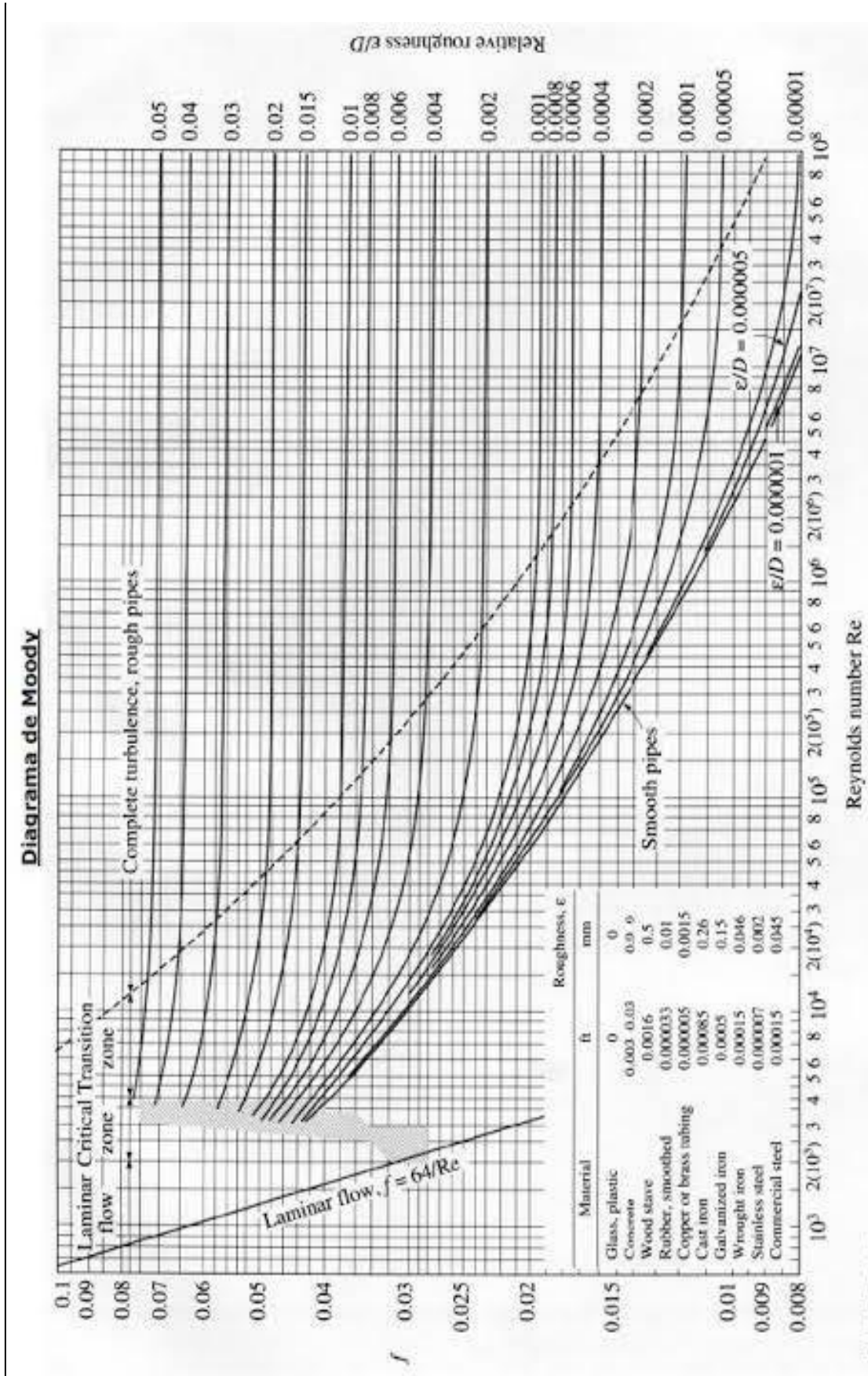
- + Sánchez, E (2010). *Sistema de conducción de gases de un hospital de 120 camas situada en la región costa que pertenece al ministerio de salud pública del ecuador (Tesis de grado)*. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2404/1/CD-3136.pdf>
- + Cartagena, J. y Llamusunta, M. *REDISEÑO DEL SISTEMA CENTRAL DE SUCCIÓN EN LA UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN* (Tesis de grado). Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6015/1/UPS-KT00201.pdf>
- + Tello, J, Porras, M y Inga, P (2015). *ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PARA OBTENER OXÍGENO LÍQUIDO, PARA USO MEDICINAL E INDUSTRIAL EN LA REGIÓN LORETO* (Tesis de pregrado). Recuperado: [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3665/Juan\\_Tesis\\_Titulo\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3665/Juan_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- + Ramírez, R, Huertas, N, Rudas Parra, G y Becerra, L. (2008). *Evaluación de los beneficios de la producción in situ de oxígeno medicinal en la ESE Hospital Universitario La Samaritana de Bogotá, por el Sistema PSA. Estimación de posibles efectos en el sector de la salud*. Recuperado de: [https://www.academia.edu/13073238/Produccion\\_de\\_Oxigeno\\_metodo\\_PSA?auto=download](https://www.academia.edu/13073238/Produccion_de_Oxigeno_metodo_PSA?auto=download)
- + Organización Mundial de la Salud. (2016). *Especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno*. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/251911/9789243509884-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- + <http://www.oxitecsac.com/tag/serie-vsa/>
- + [https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut208/manual\\_tecnico\\_cobre.pdf](https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut208/manual_tecnico_cobre.pdf)
- + <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/tema/detalle/5529?pass=MTMxMA=≡>
- + <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=lambayeque&p=pronostico-detalle>
- + <https://www.semiologiaclinica.com/index.php/articulocontainer/motivosdeconsulta/79-hipoxia-hipoxemia-cianosis>
- + <http://www.ecogases.com/Espanol/manifolds.htm>
- + [http://www.amico.com/sites/default/files/category/downloads/acp\\_instal\\_maint\\_madgas\\_outlets\\_es.pdf](http://www.amico.com/sites/default/files/category/downloads/acp_instal_maint_madgas_outlets_es.pdf)
- + <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5091/fichero/5+-+P%C3%89RDIDAS+DE+CARGA+EN+REDES+HIDR%C3%81ULICAS.pdf>

## ANEXOS

ANEXO 1. DIAGRAMA DE MOODY	92
ANEXO 2. CONVERSIÓN DE UNIDADES (CAUDAL)	93
ANEXO 3. CONVERSIÓN DE UNIDADES (PRESIÓN)	93
ANEXO 4. PÉRDIDAS EN ACCESORIOS	94
ANEXO 5. CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DE DIÁMETROS EN LA NUEVA RED DE OXÍGENO DEL "HOSPITAL LAS MERCEDES", CHICLAYO-LAMBAYEQUE	95
ANEXO 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO	99
➤ Tuberías expuestas sin protección del sol, pintadas de un color inapropiado	
➤ Distribución de tuberías a Quirófano	
➤ Tuberías en estado y ubicación inaceptables	
➤ Manifold de reserva	
➤ Lugar que pretende habilitarse para llenado de tanques y emergencia (manifold #2)	
➤ Generadoras de PSA, actualidad y error en sus instrumentos de medición	
ANEXO 7. PROFORMA BRINDADA POR OXITEC SAC	104
ANEXO 8. PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES" - CHICLAYO	121
ANEXO 9: PLANO DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO "HOSPITAL LAS MERCEDES"	123

# Anexo 1. Diagrama de Moody



## Anexo 2. Conversión de unidades (caudal)

Conversión		Multiplicadores										
a ▶ de ▼	l/s	l/min	l/h	m³/s	m³/min	m³/h	ft³/min	ft³/hour	UK gal/min	UK gal/hour	US gal/min	US gal/hour
l/s	1,0	60,0	3600,0	0,001	0,06	3,6	2,118882	127,133	13,19814	791,8884	15,85032	951,019
l/min	0,016666	1,0	60,0	0,166·10 <sup>-4</sup>	0,001	0,06	0,0353147	2,118883	0,219969	13,19814	0,264172	15,850316
l/h	0,278·10 <sup>-3</sup>	0,46·10 <sup>-5</sup>	1,0	0,2778·10 <sup>-6</sup>	0,166·10 <sup>-4</sup>	0,001	0,588·10 <sup>-3</sup>	0,035315	0,003666	0,219969	0,004403	0,264172
m³/s	1000,0	60000,0	3600000	1,0	60,0	3600,0	2118,88	127133,0	13198,1	791889,0	15850,3	951019,0
m³/min	16,6666	1000,0	60000,0	0,01667	1,0	60,0	35,31466	2118,8833	219,9683	13198,15	264,17166	15850,316
m³/h	0,277778	16,6666	1000,0	0,000278	0,01666	1,0	0,588578	35,3147	3,66615	219,969	4,402863	264,1718
ft³/min	0,471947	28,31682	1699,017	0,472·10 <sup>-3</sup>	0,0283169	1,699017	1,0	60,0	6,228833	373,730	7,480517	448,8310
ft³/hour	0,007866	0,471947	28,3168	0,78·10 <sup>-5</sup>	0,4719·10 <sup>-3</sup>	0,028317	0,016667	1,0	0,103814	6,228833	0,124675	7,480517
UK gal/min	0,0757682	4,546092	272,766	0,758·10 <sup>-4</sup>	0,004548	0,272766	0,160544	9,63262	1,0	60,0	1,20095	72,05700
UK gal/hour	0,001263	0,075768	4,54609	0,12·10 <sup>-5</sup>	0,757·10 <sup>-4</sup>	0,004546	0,002676	0,160544	0,016667	1,0	0,020016	1,20095
US gal/min	0,063090	3,7854	227,125	0,631·10 <sup>-4</sup>	0,0037854	0,227125	0,133681	8,020832	0,832674	49,96045	1,0	60,0
US gal/hour	0,0010515	0,06309	3,785411	0,1·10 <sup>-5</sup>	0,63·10 <sup>-4</sup>	0,003785	0,002228	0,133681	0,013878	0,832674	0,016667	1,0

## Anexo 3. Conversión de unidades (presión)

Conversión		Multiplicadores									
a ▶ de ▼	kp/cm² (at)	mm Hg (Torr)	mm WS	mbar	bar	MPa	N/m² (Pa)	kgf/cm²	in water (in H <sub>2</sub> O)	in Hg	lbf/in² (psi)
kp/cm² (at)	1,0	736	10 <sup>4</sup>	980,665	0,9807	9,807·10 <sup>-2</sup>	9,807·10 <sup>4</sup>	1,03322	393,7	28,94	14,22
mm Hg (Torr)	1,36·10 <sup>-3</sup>	1,0	13,6	1,33322	1,333·10 <sup>-3</sup>	1,333·10 <sup>-4</sup>	133,3	0,0013591	0,535	3,937·10 <sup>-2</sup>	1,934·10 <sup>-2</sup>
mm WS	10 <sup>-4</sup>	7,36·10 <sup>-2</sup>	1,0	0,09807	9,81·10 <sup>-5</sup>	9,81·10 <sup>-6</sup>	9,81	0,999·10 <sup>-4</sup>	3,937·10 <sup>-3</sup>	2,695·10 <sup>-3</sup>	1,422·10 <sup>-3</sup>
mbar	1,02·10 <sup>-3</sup>	0,750062	10,197	1,0	0,001	10 <sup>-4</sup>	100	0,0010197	0,401463	0,02953	0,014504
bar	1,0197	750,06	1,02·10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	1,0	0,1	10 <sup>5</sup>	1,0197	401,6	29,54	14,50
MPa	1,02	7500	1,02·10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10	1,0	10 <sup>6</sup>	10,1967	4016	295,3	145
N/m² (Pa)	1,02·10 <sup>-5</sup>	7,5·10 <sup>-3</sup>	0,102	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	1,0	1,019·10 <sup>-5</sup>	4,016·10 <sup>-3</sup>	2,953·10 <sup>-4</sup>	1,45·10 <sup>-4</sup>
kgf/cm²	1,000278	735,559	10002,78	980,665	0,9807	9,807·10 <sup>-2</sup>	98066,5	1,0	393,700	28,959	14,2233
in water	2,54·10 <sup>-3</sup>	1,868	25,4	2,49089	2,49·10 <sup>-3</sup>	2,49·10 <sup>-4</sup>	249	0,00254	1,0	7,36·10 <sup>-2</sup>	3,613·10 <sup>-2</sup>
in Hg	3,455·10 <sup>-2</sup>	25,4	345,4	33,8639	3,387·10 <sup>-2</sup>	3,387·10 <sup>-3</sup>	3387	0,034532	13,6	1,0	0,491
lbf/in² (psi)	7,031·10 <sup>-2</sup>	51,71	703,1	68,9476	6,895·10 <sup>-2</sup>	6,895·10 <sup>-3</sup>	6895	0,070307	27,68	2,035	1,0

### Anexo 4. Pérdidas en accesorios

Clase de resistencia aislada		Diámetros nominales de las tuberías									
		3/8 10	1/2 15	3/4 20	1 25	1 1/4 32	1 1/2 40	2 50	2 1/2 65	3 80	4 100
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21
	"te" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70
	"te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,50	1,58	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40
	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
	"te" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90
	válvula retención de batiente de pistón	0,20 1,33	0,30 1,70	0,55 2,32	0,75 2,85	1,15 3,72	1,50 4,67	1,90 5,75	2,85 6,91	3,40 8,40	4,85 11,1
	válvula retención paso de escuadra	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	30,0
	válvula de compuerta abierta	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09
	válvula de paso recto y asiento inclinado	1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80
	válvula de globo	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0
	válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,80	11,1	13,7	17,1
	válvula de asiento de paso recto	-	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	-	-	-
	intercambiador	-	-	-	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	-
	radiator	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	radiator con valvulería	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70
	caldera	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	caldera con valvulería	3,00	4,20	4,90	5,80	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00
	contador general individual o divisorio	4,5 m c.a. 10 m c.a.									

### Anexo 5. Cálculo para la selección de diámetros en la nueva red de oxígeno del "Hospital Las Mercedes", Chiclayo-Lambayeque

SELECCIÓN DE DIÁMETROS PARA LA RED DE OXÍGENO		Tubería tipo K				Rugosidad relativa (ε/D)	Área de la tubería	Velocidad (m/s)	Reynolds	Factor de fricción	Pérdidas mayores (Pa)	Pérdidas mayores (Psi)
		Tamaño nominal pulgadas	Diámetro exterior en pulgadas	Diámetro interior en pulgadas	Diámetro interior en metros							
Tubería salida de los acumuladores de O2 a "T" divisora ubicada en casa de Máquinas	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	104.167139	91465.93723	0.018886	128748.8071	18.672778
	10.5	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	52.124202	64701.40795	0.020066	24228.64536	3.513944
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	29.221722	48444.77279	0.021249	6037.794037	0.875677
	0.014659167	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	18.664367	38716.90676	0.022282	2064.305015	0.299392
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	13.189911	32547.29839	0.023153	900.5086563	0.130603
	12.6	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	7.538468	24605.69113	0.024688	237.1239506	0.034391
Tubería de "T" divisora hasta "tee 2" (Neonatalogía y Quirófano)	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	86.118055	75617.59565	0.019586	434564.323	63.026008
	50	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	43.092620	53490.56766	0.020875	82036.17112	11.897922
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	24.158462	40050.72654	0.022152	20486.44871	2.971204
	0.012119167	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	15.430384	32008.41198	0.023263	7014.277216	1.017299
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	10.904489	26907.81425	0.024197	3062.997653	0.444235
	60	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	6.232274	20342.25263	0.025842	807.8465046	0.117164
Rama dirigida a Neonatalogía desde la "Tee 2"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	26.252496	23051.50295	0.025267	26049.15085	3.777977
	25	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	13.136488	16306.23095	0.027383	5000.276772	0.725203
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	7.364541	12209.18799	0.029411	1263.832864	0.183297
	0.003694444	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	4.703846	9757.543819	0.031157	436.5164169	0.063309
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	3.324158	8202.661752	0.032623	191.8816493	0.027829
	30	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	1.899866	6201.195536	0.035213	51.14724195	0.007418
Tubería desde "Tee2" hasta llegada a Quirófano	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	59.865559	52566.0927	0.021070	22591.19184	3.276460
	5	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	29.956132	37184.33672	0.022581	4288.453362	0.621966
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	16.793921	27841.53855	0.024055	1075.032688	0.155915
	0.008424722	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	10.726538	22250.86816	0.025329	369.0611994	0.053526
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	7.580331	18705.1525	0.026397	161.4801705	0.023420
	6	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	4.332409	14141.0571	0.028281	42.72175522	0.006196
Tubería de "tee2" a ramificación en "área de Quirófano"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	43.204107	37936.18771	0.022581	15132.04187	2.194640
	6	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	21.618906	26835.39721	0.024312	2885.69719	0.418520
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	12.119930	20092.8351	0.022581	24584.45654	3.565548
	0.00608	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	7.741187	16058.12926	0.024312	10740.12906	1.557669
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	5.470615	13499.23763	0.028633	109.4735147	0.015877
	7.2	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	3.126636	10205.39608	0.030764	29.04600397	0.004213
Ramificación de tuberías en el techo (antes de las tuberías de bajada a cada toma de O2)	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	42.635632	37437.02735	0.022646	14779.03825	2.143443
	6	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	21.334447	26482.29988	0.024387	2818.886929	0.408831
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	11.960457	19828.45569	0.026067	709.0635344	0.102837
	0.006	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	7.639329	15846.83808	0.027515	244.0259302	0.035392
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	5.398633	13321.61608	0.028730	106.9713074	0.015514
	7.2	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	3.085497	10071.11455	0.030872	28.38548376	0.004117
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	1.997082	8102.387438	0.032709	10.13635509	0.001470	

Tubería entre las "T" de Hospitalizaciones	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	0.568475	499.1603646	0.128215	12.39619561	0.001798
	5	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	0.284459	353.0973318	0.181253	3.103886203	0.000450
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.159473	264.3794092	0.242076	0.975525348	0.000141
	0.00008	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.101858	211.2911744	0.302900	0.397972878	0.000058
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.071982	177.6215477	0.360317	0.198751606	0.000029
	6	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.041140	134.2815274	0.476611	0.064922186	0.000009
Rama que sale de la caja de válvulas 1 a Hospitalización Mujeres	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.026628	108.0318325	0.592418	0.027197878	0.000004	
	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	0.284238	249.5801823	0.256431	52.06402154	0.007551
	42	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	0.142230	176.5486659	0.362506	13.03632205	0.001891
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.079736	132.1897046	0.484153	4.09720646	0.000594
	0.00004	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.050929	105.6455872	0.605799	1.671486087	0.000242
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.035991	88.81077386	0.720633	0.834756747	0.000121
Rama que sale de la caja de válvulas 2 a Hospitalización Varones	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.020570	67.1407637	0.953221	0.272673183	0.000040	
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.013314	54.01591626	1.184836	0.114231807	0.000017	
	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	0.284238	249.5801823	0.256431	30.99048901	0.004495
	25	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	0.142230	176.5486659	0.362506	7.759715507	0.001125
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.079736	132.1897046	0.484153	2.438813369	0.000354
	0.00004	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.050929	105.6455872	0.605799	0.994932195	0.000144
Tubería que va desde T2' hasta "tee3"	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.035991	88.81077386	0.720633	0.496879016	0.000072
	30	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.020570	67.1407637	0.953221	0.162305466	0.000024
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.013314	54.01591626	1.184836	0.067994695	0.000010	
	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	16.661452	14629.90499	0.028191	11238.33239	1.629925
	24	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	8.337225	10348.9395	0.030729	2169.742538	0.314683
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	4.673992	7748.703448	0.033156	550.9220847	0.079902
Rama dirigida a Obstetricia de alto riesgo desde la "Tee 3"	0.002344722	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	6192.7389	0.035248	190.9551561	0.027695	
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	2.109716	5205.914876	0.037008	84.17126924	0.012208
	28.8	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	1.205772	3935.661016	0.040130	22.53919971	0.003269
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.780434	3166.30798	0.042830	8.107683922	0.001176	
	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	0.197387	173.3195711	0.369260	14.63439759	0.002122
	17	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	0.098771	122.6032402	0.522009	3.664310101	0.000531
Tubería que va desde "tee3" hasta "tee4"	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.055372	91.79840597	0.697180	1.151661869	0.000167
	0.00003	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.035367	73.36499112	0.872351	0.469829092	0.000068
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.024994	61.67414851	1.037712	0.234637313	0.000034
	20.4	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.014285	46.62553034	1.372639	0.076644248	0.000011
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.009246	37.51105295	1.706164	0.032108606	0.000005	
	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	16.462091	14454.85223	0.028275	8023.635852	1.163689
Rama dirigida a Puerperio desde la "Tee 4"	17.5	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	8.237467	10225.11023	0.030825	1549.328983	0.224703
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	4.618065	7655.987058	0.033264	393.4405936	0.057062
	0.002316667	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	2.949630	6118.640259	0.035367	136.3835957	0.019780
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	2.084472	5143.623986	0.037135	60.1211931	0.008720
	21	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	1.191344	3888.569231	0.040273	16.10115743	0.002335
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.771096	3128.421816	0.042987	5.792419644	0.000840	
Rama dirigida a Puerperio desde la "Tee 4"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	6.217696	5459.566488	0.036594	423.2504204	0.061385
	5	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	3.111274	3862.002066	0.040404	82.7711511	0.012005
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	1.744233	2891.649788	0.044067	21.24408096	0.003081
	0.000875	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	1.114069	2310.99722	0.047251	7.42674849	0.001077
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.787301	1942.735678	0.032943	2.173845694	0.000315
	6	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.449968	1468.704206	0.043576	0.710086414	0.000103
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.291241	1181.598168	0.054164	0.297476789	0.000043	



Tubería que va desde "tee4" hasta "tees"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	10.246369	8997.018933	0.031929	2406.95222	0.349087
	12	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	5.127181	6364.334199	0.035020	467.591944	0.067816
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	2.874386	4765.255254	0.037980	119.3359852	0.017308
	0.001441944	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	1.835915	3808.376689	0.040540	41.53021643	0.006023
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	1.297422	3201.505049	0.042700	18.36485299	0.002664
	14.4	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.741519	2420.33128	0.046551	4.944119851	0.000717
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.479947	1947.198759	0.032868	1.176534867	0.000171	
Rama dirigida a Sala de Parto desde la "Tee 5"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	2.321273	2038.238156	0.031400	141.7298364	0.020555
	14	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	1.161542	1441.814105	0.044389	35.48776559	0.005147
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.651180	1079.549254	0.059284	11.15350648	0.001618
	0.000326667	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.415199	862.7722956	0.074179	4.550156571	0.000660
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.293926	725.2879865	0.088241	2.272393366	0.000330
	16.8	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.167988	548.3162369	0.116721	0.742276998	0.000108
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.108730	441.1299827	0.145082	0.310962404	0.000045	
Rama dirigida a Pediatría desde la "Tee 5"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	7.925095	6958.780778	0.034211	2571.361271	0.372931
	20	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	3.965639	4922.520094	0.037649	501.2152778	0.072693
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	2.223205	3685.706	0.040948	128.2818649	0.018605
	0.001115278	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	1.419996	2945.604393	0.043807	44.74514364	0.006490
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	1.003496	2476.217063	0.046226	19.82254939	0.002875
	24	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.573531	1872.015043	0.034188	3.62031359	0.000525
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.371217	1506.068776	0.042495	1.516659439	0.000220	
Tubería de "T" divisora hasta área de Medicina de Varones	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	18.049084	15848.34158	0.027640	13469.12926	1.953463
	25	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	9.031583	11210.84028	0.030097	2597.80577	0.376767
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	5.063260	8394.046242	0.032448	659.0742665	0.095587
	0.00254	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	3.233983	6708.494788	0.034474	228.2968069	0.033110
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	2.285421	5639.48414	0.036177	100.5807659	0.014587
	30	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	1.306194	4263.438495	0.039196	26.91088589	0.003903
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.845432	3430.010682	0.041805	9.67370323	0.001403	
Rama dirigida a Medicina de Varones	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	0.746124	655.1479786	0.097688	41.97661737	0.006088
	12.9	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	0.373353	463.4402479	0.138098	10.51053465	0.001524
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.209308	346.9979746	0.184439	3.303372709	0.000479
	0.000105	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.133688	277.3196664	0.230781	1.347635658	0.000195
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.094476	233.1282814	0.274527	0.673022627	0.000098
	15.48	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.053996	176.2445047	0.363132	0.219842754	0.000032
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.034949	141.7917802	0.451366	0.092098814	0.000013	
Tubería que va desde la "Tee6" hasta la "Tee7"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	17.302961	15193.1936	0.027929	19012.01415	2.757362
	38	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	8.658230	10747.40004	0.030428	3668.825338	0.532099
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	4.853952	8047.048268	0.032819	931.1965742	0.135054
	0.002435	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	3.100294	6431.175122	0.034879	322.6650854	0.046797
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	2.190945	5406.355858	0.036612	142.1940524	0.020623
	45.6	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	1.252197	4087.19399	0.039685	38.06138638	0.005520
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.810483	3288.218902	0.042341	13.68685511	0.001985	
Rama dirigida a UCI desde la "Tee7"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	4.263563	3743.702735	0.040810	346.2297445	0.050215
	7.8	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	2.133445	2648.229988	0.045299	68.07005695	0.009872
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	1.196046	1982.845569	0.032277	11.41364657	0.001655
	0.0006	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.763933	1584.683808	0.040387	4.656282672	0.000675
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.539863	1332.161608	0.048042	2.325393794	0.000337
	9.36	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.308550	1007.111455	0.063548	0.759589581	0.000110
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.199708	810.2387438	0.078989	0.318215171	0.000046	

Rama dirigida a Cirugía de Varones desde la "Tee7"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	0.319767	280.7777051	0.227938	7.670146031	0.001112
	5.5	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	0.160008	198.6172491	0.322228	1.920529588	0.000279
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.089703	148.7134177	0.430358	0.603606309	0.000088
	0.000045	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.057295	118.8512856	0.538488	0.246245718	0.000036
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.040490	99.91212059	0.640563	0.122977556	0.000018
	6.6	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.023141	75.53335916	0.847308	0.040170603	0.000006
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.014978	60.76790579	1.053188	0.016828687	0.000002	
Rama dirigida a Cirugía de Mujeres desde la "Tee8"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	0.319767	280.7777051	0.227938	22.31315209	0.003236
	16	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	0.160008	198.6172491	0.322228	5.586995165	0.000810
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.089703	148.7134177	0.430358	1.755945626	0.000255
	0.000045	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.057295	118.8512856	0.538488	0.71635118	0.000104
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.040490	99.91212059	0.640563	0.357752891	0.000052
	19.2	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.023141	75.53335916	0.847308	0.116859936	0.000017
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.014978	60.76790579	1.053188	0.04895618	0.000007	
Rama dirigida a Emergencias desde la "Tee9"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	5.968988	5241.183829	0.037019	947.0274857	0.137350
	12	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	2.986823	3707.521983	0.040896	185.3052466	0.026875
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	1.674464	2775.983797	0.044625	47.58355764	0.006901
	0.000084	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	1.069506	2218.557331	0.028848	10.02891652	0.001455
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.755809	1865.026251	0.034316	5.008540479	0.000726
	14.4	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.431970	1409.956038	0.045391	1.636039098	0.000237
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.279592	1134.334241	0.056421	0.685386522	0.000099	
Tubería que va desde la "Tee9" hasta la "Tee10"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	6.430874	5646.751625	0.036249	2377.036553	0.344748
	26.5	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	3.217946	3994.413566	0.040004	464.6408583	0.067388
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	1.804036	2990.792067	0.043614	119.2075967	0.017289
	0.000905	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	1.152266	2390.231411	0.046750	41.6606057	0.006042
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.814294	2009.343758	0.031851	11.916401	0.001728
	31.8	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.465396	1519.059779	0.042131	3.89249084	0.000565
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.301227	1222.110105	0.052368	1.630682765	0.000237	
Rama dirigida a Medicina de Mujeres desde la "Tee10"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	0.568475	499.1603646	0.128215	42.14706506	0.006113
	17	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	0.284459	353.0973318	0.181253	10.55321309	0.001531
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	0.159473	264.3794092	0.242076	3.316786182	0.000481
	0.00008	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	0.101858	211.2911744	0.302900	1.353107785	0.000196
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.071982	177.6215477	0.360317	0.675755464	0.000098
	20.4	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.041140	134.2815274	0.476611	0.220735434	0.000032
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.026628	108.0318325	0.592418	0.092472785	0.000013	
Rama dirigida a Neumología desde la "Tee11"	Longitud del tramo	0.5	0.625	0.527	0.0133858	0.00011206	0.000141	5.862399	5147.59126	0.037209	2907.600873	0.421697
	38	0.75	0.875	0.745	0.018923	0.00007927	0.000281	2.933486	3641.316234	0.041116	569.0728586	0.082534
	Caudal	1	1.125	0.995	0.025273	0.00005935	0.000502	1.644563	2726.412657	0.044875	146.1606214	0.021198
	0.000825	1.25	1.375	1.245	0.031623	0.00004743	0.000785	1.050408	2178.940236	0.029372	31.19112431	0.004524
	Longitud diseño	1.5	1.625	1.481	0.0376174	0.00003988	0.001111	0.742312	1831.722211	0.034940	15.57715715	0.002259
	45.6	2	2.125	1.959	0.0497586	0.00003015	0.001945	0.424256	1384.778251	0.046217	5.088276361	0.000738
	2.5	2.625	2.435	0.061849	0.00002425	0.003004	0.274599	1114.078273	0.057447	2.131633678	0.000309	

NOTA: Los datos seleccionados son los que cumplen con los requisitos de caída de presión al final del tramo y velocidad dentro de las tuberías. Las pérdidas menores han sido incluidas en cada longitud de diseño, al sumársele el 20% de la distancia obtenidas del plano del Hospital "Las Mercedes" de Chiclayo-Lambayeque

## Anexo 6. Registro Fotográfico

- Tuberías expuestas sin protección del sol, pintadas de un color inapropiado



- **Distribución de tuberías a Quirófano**



- **Tuberías en estado y ubicación inaceptables.**



Tubería atraviesa la salida de humo perteneciente al comedor del Hospital Las Mercedes



Tubería atraviesa columna en el techo de Quirófano de forma inaceptable.



Tubería abollada e inservible para su uso.



Tuberías presenta corrosión y falta de pintura en toda su superficie y expuestas a cualquier daño externo.

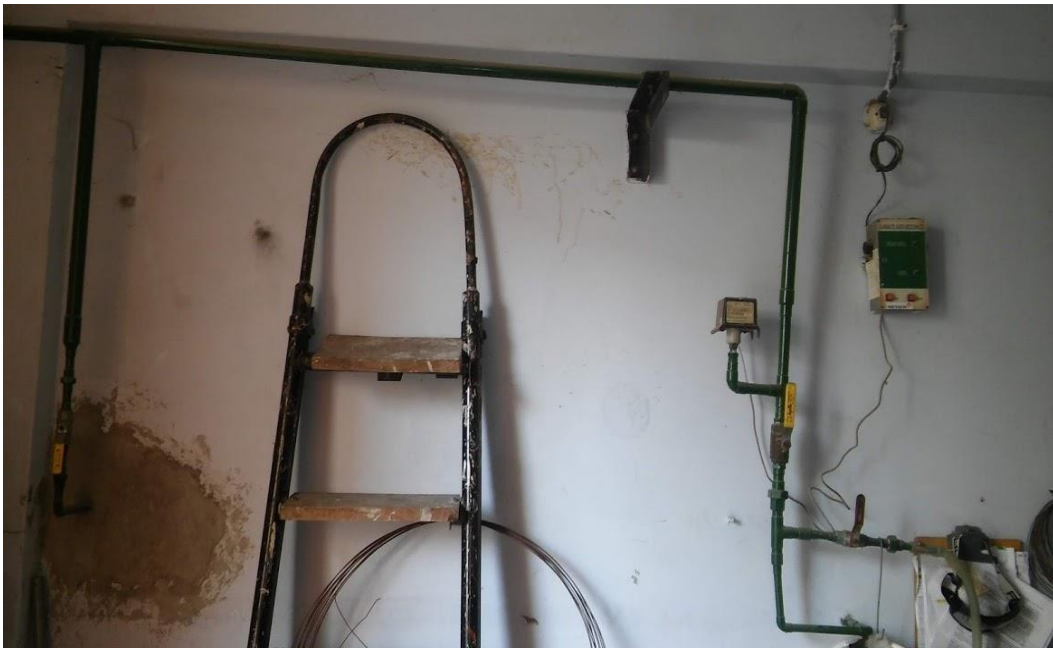


Tubería sostenida de una forma inadecuada a un soporte de otra cañería mediante una cuerda. Inaceptable.

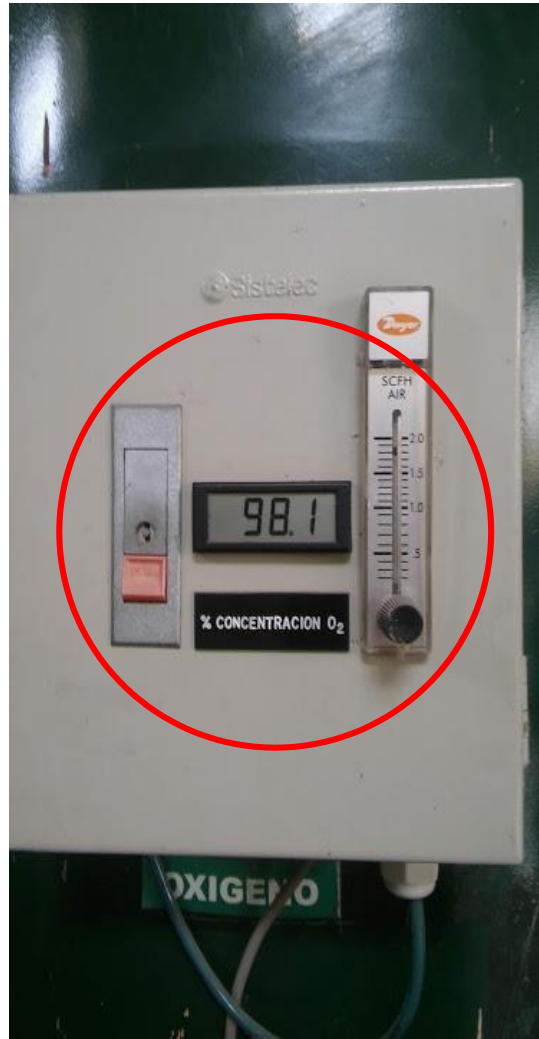
- **Manifold de reserva**



- **Lugar que pretende habilitarse para llenado de tanques y emergencia (manifold #2)**



- **Generadoras de PSA, actualidad y error en sus instrumentos de medición**



## Anexo 7. Proforma brindada por Oxitec SAC

***Oxitec sac***

Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Ate - Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com

Mayor productividad, menores costos operativos y contribución al medio ambiente



OFERTA 214-2019

HOSPITAL LAS MERCEDES

PLANTA DE OXIGENO MEDICINAL

***Oxitec***

TECNOLOGIA EN GASES

11 Diciembre 2019



---

## ***Oxitec sac***

*Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Ate – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com*

Diciembre 11, 2019

**Señor  
Christian Albuja Díaz  
Chiclayo - Lambayeque**

**Ref: Planta Generadora de Oxígeno**

De nuestra consideración,

De acuerdo con su requerimiento, nos es grato hacerles llegar nuestra mejor propuesta por una Planta Generadora de Oxígeno Medicinal para abastecer los requerimientos del Hospital Las Mercedes de Chiclayo.

La Planta ofertada se encuentra compuesta por 1 Concentrador de Oxígeno de proceso VSA de nuestra representada Pacific Consolidated Industries , California USA, Modelos MDOCS 200, con una capacidad de producción en localidad a 3,000 msnm, de hasta 12 m<sup>3</sup>/h a pureza 99 +- 3% ( Farmacopea Americana USP093) y presión de 100 psig, un Tanque Recibidor de Oxígeno de capacidad 240 Glns y un Compresor de Alta Presión Marca RK Industries USA- Modelo 2PS2B de capacidad 3.3 Mt3/hr a 2,200 psig.

El Concentrador MDOCS 200 cuenta con Registro Sanitario expedido por el DIGEMID, mediante RD No 317-2017/DIGEMID/DDMP/UFDM/MINSA.

Agradeciendo su atención a la presente,



**OXITEC S.A.S.**  
S.A. CON SECCION 2011  
2011

**Ing Jaime Miranda Dibos  
Director Gerente**

---

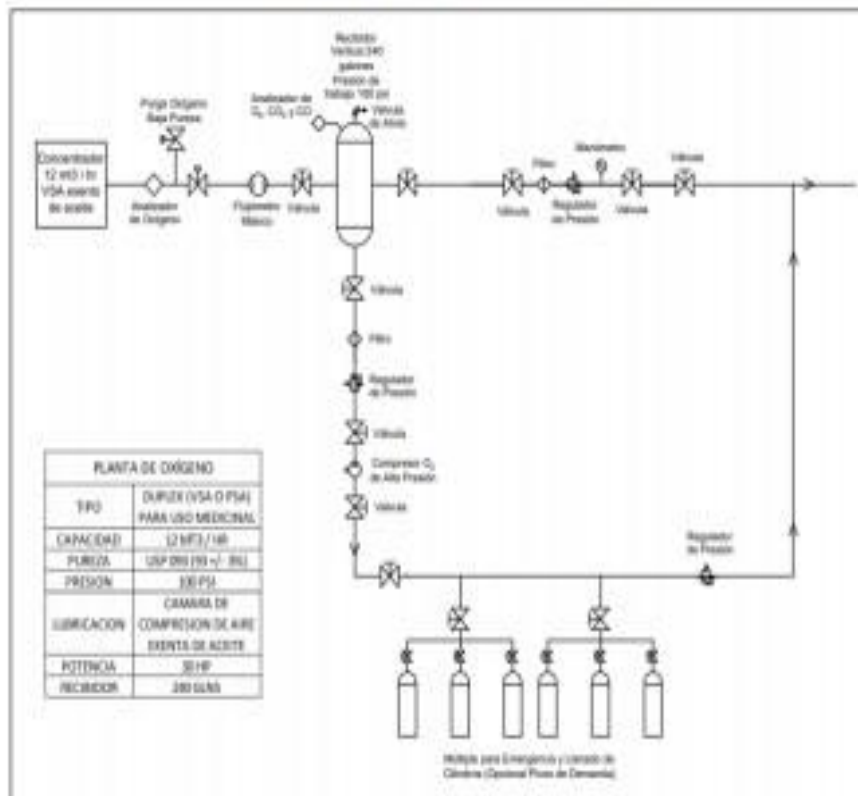
## ***Oxitec sac***

*Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Ate – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com*

### Componentes del Sistema:

- Un Concentrador de Oxígeno Medicinal de Proceso VSA (Vacuum Swing Adsorption), marca PCI, modelo MDOCS 200, capacidad: 12 Mt3/Hr cada uno @ 100 psig con Analizador de Oxígeno incorporado. Procedencia USA
- Un Medidor Másico con Totalizador para determinar el consumo de oxígeno suministrado.
- Un Recibidor de Oxígeno, Capacidad 240 Glns de H2O, Presión de Diseño: 150 psig – Certificado Nacional
- Un Analizador de O2 redundante, con toma de muestra del tanque recibidor
- Un Analizador de CO (monóxido de carbono) y de CO2 (anhídrido carbónico).
- Un Múltiple de 6 Cilindros para Back up, de cambio automático, con Alarma Audio Visual.
- Un Compresor de Alta Presión para Oxígeno 3.3 Mt3/hr @ 2,200 psig Marca RIX Industries, Modelo 2PS2B, Procedencia: USA
- Un Múltiple para Llenado para 3 Cilindros a Presión 2,200 psig.

## DIAGRAMA DE FLUJO - PLANTA DE OXIGENO



### Norma de Referencia:

- STANDARD INTERNACIONAL ISO 10083

## ***Oxitec sac***

Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Are – Tlf 4353960 2500041 Cd 994225839  
www.oxitecsac.com

### **ALCANCE TECNICO**

#### **A. ALCANCE PROPUESTO DE SUMINISTRO**

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
<b>Concentrador de Oxígeno Medicinal</b>	
Marca	Pacific Consolidated Industries LLC
Modelo	MDCCS 200
Procedencia	USA
Cantidad	1u
Proceso	VSA ( Vacuum Swing Adsorption)
Pureza	93% +/- 3 (Cumple USP 693)
Presión de Entrega	Hasta 100 psig
Sistema de Aire	Con Cámara de compresión Exento de Aceite
Voltaje	380 V / 60 Hz 3 Ph (Tranxl Seco Incluido)
Dimensiones	1.65 mt x 2.16 mt x 1.68 mta (Largo, Ancho, Alto)
Peso Estimado	1,385 kg
Ubicación Recomendada	Interior / Exterior Bajo Techo
Consumo Eléctrico (Promedio)	9.5 kW @ 55 psig 10 kW @ 100 psig
kWh/ M <sup>3</sup>	0.8 kWh/ M <sup>3</sup>
Certificaciones	ISO 9001, ISO 13485, Registro Sanitario No RD 317-2017/DIGEMID
Costo Estimado de Mantenimiento – Anual	US \$ 3,000 / año en consumibles / Precio Almacén Lima
<b>Recibidor de Oxígeno</b>	
Marca/ Modelo	Oxitec / Vertical
Procedencia	Nacional
Cant:	1u
Capacidad H2O	240 Gns
Presión de Trabajo	150 psig
Norma de fabricación/ certificación	ASME Sección VIII, división I / Certificado Radiográfico Integral por Empresa Acreditada
Accesorios	Válvula Seguridad/ Manómetro, Manhole
Dimensiones / Peso- Recibidor	0.90 mt x 2.35 mt (Diámetro, Alto) / 310 Kg
<b>Flujómetro Digital Mexico con Totalizador</b>	
Marca	Alicat
Procedencia	USA
Cantidad	1u
Visor	Pantalla LCD, Digital

## Oxitec sac

Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Atc – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com

Características	Valor
Rango	0-250 LPM (0-15 M3/hr)
Precisión	+/- 0.8 de la lectura + 0.2% full escala
Señal de Salida	0-5 VDC lineal / 4-20 Ma
Accesorios	Filtro Partículas / Fuente de Alimentación
Certificación	
<b>Compresor de Oxígeno de Alta Presión</b>	
Marca/ Modelo	RIX 2PS2B
Procedencia	USA
Presión de Ingreso - Compresor	30-70 psig
Presión de Salida - Compresor	Hasta 2,200 psig
Voltaje del Compresor	220 V / 60 H 3 Ph
Dimensiones - Compresor	0.91m x 0.78m x 0.61 m (Largo, Ancho, Alto)
Peso Estimado	91 kg
Ubicación Recomendada del Compresor	Interior / Exterior Bajo Techo
Consumo Eléctrico - Compresor	1.5 HP
Certificación	

### DESCRIPCION EQUIPOS A SUMINISTRAR

#### PLANTA DE OXIGENO

- Un Concentrador de Oxígeno MDOCS 200, que entrega una cantidad entre 3 a 12 M3/hr de oxígeno a una presión de descarga hasta 100 psig (689 kPa) y a una pureza de 93% +/- 3% con su respectivo analizador de pureza incorporado.
- Un Recibidor de Oxígeno de Capacidad 240 Glns
- Un Medidor de Flujo con Totalizador de tipo Mássico.
- Un Compresores de Oxígeno hasta 2,200 psig, RIX Modelo 2PS2B (opcional).

#### 1.- Concentrador MDOCS 200

El Concentrador MDOCS 200-55 (Deployable Oxygen Concentration System) (Medical) es capaz de producir una cantidad no menor a 200 litros por minuto (12 M3/Hr) de oxígeno al 93% +/- 3% de pureza a presiones entre 10 y 100 psig.

Para la producción de oxígeno estos sistemas utilizan el proceso conocido como Adsorción Oscilante por Vacío (VSA, Vacuum Swing Adsorption). Estos sistemas se caracterizan por tener el menor consumo de energía eléctrica del mercado, menores costos operativos y capacidad de diagnóstico y monitoreo remoto. Sistema de producción de oxígeno auto sostenido sin emisiones de condensados. El sistema puede trabajar solo o puede actuar como una estación para el llenado de cilindros con la adición de un booster. Es un sistema llave en mano, no requiere trabajos de instalación en el lugar de aplicación.



## *Oxitec sac*

Calle Las Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Are – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com

### Características Concentrador:

- **40% de consumo de energía eléctrica comparado a otros procesos, cuando instalados a 3,000 Mt. sem**

Proceso	Carga Promedio	kW-Hr/ MT3
VSA (Vacuum Swing Adsorption)	10 kW	0.8
PSA (Pressure Swing Adsorption)	25 kW	2.0

- **Diseño de menor presión de trabajo y por lo tanto de mayor confiabilidad y menor mantenimiento.**  
(Aire a 15 psig vs 110 psig en otros procesos incluido el PSA)
- **No se contamina el aire del proceso con aceite (libre de aceite).**  
Sistema de aire con soplador de lóbulos de baja presión con cámara de compresión exenta de aceite.
- Este sistema es opcional en otros procesos.
- **Vida útil del adsorbente garantizada 10 años.**  
Debido a que el material adsorbente en el proceso VSA no se somete a cambios bruscos de presión trabajando únicamente a 15 psig ni a presencia de aceite, se le otorga una garantía de 10 años. Otros procesos como el PSA al someterlo a cambios bruscos a presiones hasta de 75 psig y contener aceite, lo degradan debiendo ser reemplazado entre los 3 a 5 años de operación.
- **No daña el medioambiente. (Sin descarga de contaminantes - condensados)**  
No se requiere un desagüe en la sala donde se ubica el equipo ya que no hay descarga de condensados de agua contaminados con aceite lo que ocurre en las plantas de otros procesos como el de la PSA.
- **Consumo de energía conforme demanda de oxígeno (Turn down capacity)**  
Uso de Variadores de Frecuencia que regulan el consumo conforme requerimiento de producto oxígeno en rango constante de 3 MT3/hr a 12 MT3/hr manteniendo el índice de kW-Hr/ MT3 vs otros procesos que no cuentan con variadores de frecuencia
- **Sleep Mode**  
Opción que permite que el equipo pare completamente en los momentos de poca demanda con el consecuente ahorro de energía y costos de mantenimiento. El arranque se produce de manera automática sin caída de pureza de oxígeno, al momento que el sistema detecta consumo por caída de presión del tanque receptor.
- **Arranque suave de baja demanda de potencia (Soft start)**  
Gracias al Variador de Frecuencia el arranque del equipo no produce picos de demanda eléctrica, lo que alivia al sistema de suministro de energía eléctrica de emergencia de la clínica (Grupo Electrógeno).
- **Monitoreo remoto con registro de parámetros de operación en el tiempo, incluyendo pureza de oxígeno.**  
El equipo se puede manejar desde un celular o una computadora a distancia. El mismo sistema proporciona registros de parámetros de operación en el tiempo, incluso el de la pureza entregada que es de suma importancia para esta aplicación. Nuestros competidores no cuentan con esta opción.

## ***Oxitec sac***

*Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Ate – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com*

- **Dispositivo de corte en el suministro de oxígeno y alarma por baja pureza del oxígeno suministrado**  
Si por algún motivo la pureza del oxígeno baja del límite inferior que dicta la USP093, (90%), se interrumpe el suministro hasta que la pureza se haya recuperado. Nuestros competidores no cuentan con esta opción.
- **Manuales de operación y mantenimiento de calidad traducidos al español.**  
Permite que el personal a cargo de mantenimiento tenga acceso a la información necesaria para mantenimientos preventivos y correctivos.
- **Menores Componentes.**  
El uso de menores componentes junto a presiones de operación reducidas hace que las unidades DOCS requieran la mitad del mantenimiento y la mitad de energía eléctrica que los generadores equivalentes de los competidores, generando fuertes ahorros en los costos de operación.
- **Servicio Post Venta Garantizado.**  
Oxitec cuenta con una trayectoria de más de 20 años en el mercado de plantas de oxígeno, contando con un amplio stock de repuestos para los modelos que provee.

### **2.- Recibidor de Oxígeno**

Tipo: Vertical Capacidad: 240Glns.

Presión de Diseño: 150 psi

Fabricado bajo: Normas ASME Sección VIII División I

Válvula de seguridad Watts, 2 válvulas esféricas Apollo USA Manómetro 3 1/2" e Dial y accesorios de interconexión a Planta.



## ***Oxitec sac***

Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Aire – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com

### **3.- Medidor de Flujo Másico con Totalizador para Servicio Oxígeno.**

Este equipo se conecta a la salida del tanque receptor proporcionando el consumo de oxígeno de la Clínica, tanto en flujo como en m<sup>3</sup> totalizados.

### **4.- Compresor de Alta Presión para Servicio Oxígeno.**

Rix Industries Ca USA Modelo 2PS2B Capacidad: 3.3 M<sup>3</sup>/H  
Presión de Descarga: 2200 psig Enfriamiento: Aire Dimensiones: (Largo Ancho Alto)91cmx 76 cm x81 cm.  
Energía Eléctrica: 1.5HP- 220 V/ 60Hz Ph



### **Descripción del Sistema:**

El Concentrador entrega producto al receptor de oxígeno a la presión de 100 psig, desde el cual se abastece la red de distribución de la clínica mediante válvulas reguladoras de presión a 55 psig. Los picos son absorbidos por el excedente de presión contenida en el tanque, así como por la respuesta a la demanda por parte del concentrador. Se dispone además de un sistema de reserva para casos de emergencia compuesto de 6 cilindros de oxígeno que suministra al sistema cuando la presión baja a 50 psig, en cuyo caso, se activará una alarma audio visual de alerta a fin de que mantenimiento se apersona a inspeccionar y subsanar la falla.

Se incluye la opción de llenado de cilindros de alta presión mediante el compresor –en standby, encendiéndolo en horarios de mucha producción y poca demanda- de oxígeno de capacidad 3.3M<sup>3</sup>/hr @ 2,200 psig. Este compresor serviría también para reponer de forma automática el oxígeno tomado de la bancada de reserva, manteniendo un sistema totalmente autónomo.



## Oxitec sac

Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Ate – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com

### I. PROPUESTA ECONOMICA Y COMERCIAL

Item	Nombre del Producto	No de Parte	Precio Unitario	Cant	Total
1	Concentrador MDCCS 200-55 con Analizador O2 - Transformador Seco a 380V/60Hz/3Ph	798925-011	\$ 138,500.00	1	\$ 138,500.00
2	Receptor Oxígeno el Accesorios - 240 Gms	OXI-400P150	\$ 6,000.00	1	\$ 6,000.00
3	Medidor de Flujo Másico con Totalizador	800182	\$4,500.00	1	\$ 4,500.00
4	Analizadores de Oxígeno, CO2 y CO I	OXI-2545	\$ 9,500.00	1	\$ 9,500.00
5	Tubería y Accesorios Electromecánicos de Interconexión Equipos	S/N	\$ 6,500.00	1	\$ 6,500.00
6	Compresor Oxígeno RIX 2V3B -RDX USA	2V32B	\$30,500.00	1	\$30,500.00
7	Manifold para Llenado de Cilindros (3u)	OXI-MAN3	\$ 1,500.00	2	\$ 3,000.00
8	Manifold Automatico para 4 Cilindros por Lado	OXI-AM-8	\$ 6,000.00	1	\$ 6,000.00
9	Transporte a Chiclayo-Lambayeque, Instalación y Puesta en Marcha	S/N	\$ 9,500.00	1	\$ 9,500.00
<b>Total:</b>					<b>\$ 212,500.00</b> (con IGV)

**Observaciones:** Incluye Traslado/Flete a Chiclayo - Lambayeque  
Incluye Instalación  
Incluye Capacitación: Tres sesiones de 8 Hrs. cada una. Se pone a disposición contrato de mantenimiento cinco años

**Moneda:** Dólar americano, incluyendo el IGV

**Forma de Pago:** A negociar.

Propuesto: 50% de adelanto, 40% previo a la salida de equipos de Oxitec 10% a la puesta en marcha.

**Garantía:**

Tamiz Molecular:	10 años
Concentradores:	3 años de acuerdo con los términos en anexo adjunto.
Receptor:	3 años
Tableros Eléctricos:	3 años
Instalaciones Eléctricas:	3 años
Medidor de Flujo Másico:	3 años
Compresor O2 (Opcional):	12 meses de operación o 2,000 Hrs de operación, lo que ocurra primero.

**Validez de la Oferta:** 30 días.

**Tiempo de Entrega:** 3- 4 meses desde su Orden

**Lugar de Instalación:** Hospital Las Mercedes

# *Oxitec sac*

*Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Ate – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839  
www.oxitecsac.com*

Oxitec en calidad de representante de ventas de PCI en el territorio Peruano extiende los terminos y condiciones de garantía originales de PCI que se enuncian a continuación:

## **PACIFIC CONSOLIDATED INDUSTRIES LLC TERMS AND CONDITIONS OF SALE**

### **1. ACCEPTANCE**

The offer of sale from Pacific Consolidated Industries LLC ("PCI" or "Seller") and its acceptance by the Buyer is expressly subject to the following terms and conditions and no others, unless the same have been consented to in writing by PCI. The placing of the resultant order by Buyer and its acceptance of the articles being sold hereunder shall be conclusive evidence of Buyer's approval of and consent to the terms and conditions herein contained.

### **2. PRICES AND PAYMENT**

All prices set forth in the offer are FOB Origin/Ex-Works PCI's facilities, Riverside, CA, USA, and unless otherwise stated, do not include cartage insurance, taxes, packaging, shipping, freight, or other similar charges. All payments shall be made in accordance with the terms set forth in PCI's offer unless otherwise agreed by Buyer and Seller. The maximum allowable service charge under the laws of the state in which PCI is located shall be applied to all past due accounts commencing from the due date of the invoice until paid.

### **3. PERFORMANCE / DELIVERIES**

- a) PCI shall not be liable for delays in delivery, performance, or failure to perform, manufacture or deliver due to causes beyond its reasonable control; or acts of God, acts of the Buyer, acts of civil or military authority; Governmental priorities, fires, strikes, floods, epidemics, war; or inability due to causes beyond its reasonable control to obtain necessary labor, materials, utilities, components or manufacturing facilities. In the event of any such delay, the date of performance/delivery shall be extended for a period of time as may be necessary to compensate for any such delay.
- b) If customer requests a delay in shipment beyond the agreed delivery date in the sales order acknowledgement, PCI will invoice in full after ten (10) calendar days, and payment is due in accordance with the agreed upon payment terms. PCI also reserves the right to impose a storage fee after 45 calendar days. The storage fee will be monthly, or any portion thereof, and will be calculated at 1.5% of the order value, with a minimum amount of \$300.00. The storage fee is non-refundable, and will be payable prior to shipment.

### **4. LIMITED WARRANTY; LIMITATION OF LIABILITY AND REMEDIES**

- a) PCI warrants that the articles delivered hereunder conform to final specifications, drawings, and other descriptions agreed in writing to be applicable, and are free from defects in materials and workmanship. These warranties shall run to the Buyer, its successors, assigns and customers.
- b) The responsibility of PCI hereunder, and the sole and exclusive remedy of Buyer, its successors, assigns or customers for a breach of any warranty hereunder, is limited to correction or replacement by PCI at its plant without charge of any article or part which has been returned to PCI and which is not in accordance with this warranty; provided, however: (1) PCI must be notified in writing of the defect or nonconformity within the warranty period; (2) Buyer must obtain a Return Material Authorization (RMA) number from Seller and the affected article or part must be returned to PCI within thirty (30) days after discovery of such defect or nonconformity; (3) PCI shall have the sole right to determine whether returned articles or parts shall be repaired or replaced; (4) if PCI is unable to repair or replace defective or nonconforming articles or parts within a reasonable time after receipt thereof, Buyer shall be credited for their value at the original purchase price; (5) PCI shall not be responsible for costs of removal and reinstallation or for items returned without a RMA; and (6) Buyer agrees to assume round-trip transportation costs (shipping and handling) for defective or nonconforming articles to and from PCI's facility, and transportation is at the risk of the Buyer.
- c) PCI's responsibility under these warranties shall expire twelve (12) months after shipment of the Capital Equipment/Accessories, and three (3) months after shipment of the Spare Part(s). In the case of any warranty repair by PCI on Capital Equipment/Accessories, the warranty shall remain in effect for the remainder of the twelve (12) month period from the date of shipment of the repaired or replaced item, whichever is longer. Out of warranty repair work conducted by PCI shall have a three (3) month warranty period after delivery, unless otherwise agreed.

---

## *Oxitec sac*

*Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Ate – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839*  
*www.oxitecsac.com*

- d) Unless otherwise agreed, and except as may be necessary to comply with these warranties, PCI reserves the right to make changes in its products without any obligation to incorporate such changes in any product manufactured, overhauled or repaired theretofore.
- e) These warranties will not apply if the articles or any parts thereof have been subjected to: (1) any maintenance, overhaul, installation, storage, operation, use handling, or environment which is improper or not in accordance with PCI's instructions; (2) any alteration, modification, or repair by anyone other than PCI or its authorized representative; or (3) any accident, misuse, neglect, or negligence after delivery by PCI. The warranty shall not apply to any article to the extent that the defect or nonconformity is attributable to any part not supplied or approved by PCI.
- f) PCI's obligations under these warranties are conditioned on Buyer's obligation to maintain records which will accurately reflect maintenance performed on PCI's equipment and establish the nature of any unsatisfactory condition of PCI's equipment. PCI, at its request, shall be given access to such records for substantiating warranty claims.
- g) Except as set forth in paragraph (b), parts or components not manufactured by PCI shall be in accordance with the standard warranty provision of the manufacturer or supplier thereof, which warranty constitutes the sole obligation of PCI and the sole remedy of Buyer.
- h) No warranty is given with respect to articles or parts not overhauled or replaced by PCI.
- i) ALL OTHER WARRANTIES WHETHER EXPRESSED, IMPLIED, OR STATUTORY, SUCH AS WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE HEREBY EXCLUDED AND DISCLAIMED TO THE EXTENT THEY EXCEED THE WARRANTIES GRANTED HEREIN. THIS WARRANTY COMPRISES PCI'S ENTIRE LIABILITY IN RELATION TO ANY FAILURE OR DEFECT TO THE EXCLUSION OF ALL OTHER LIABILITY OR REMEDIES IN TORT (WHETHER FOR NEGLIGENCE OR OTHERWISE) OR IN CONTRACT OR OTHERWISE. IN NO EVENT SHALL PCI BE LIABLE FOR CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO DAMAGES RESULTING FROM INJURY TO ANY PERSON OR PROPERTY OR FROM ANY INTERRUPTION OR LOSS OF BUSINESS.
- j) No agreement extending this warranty shall be binding upon PCI unless in writing and signed by PCI's duly authorized officer or representative.

### **5. TAXES**

The amount of Federal, State or local taxes applicable to the sale, use or transportation of the articles sold or the work performed hereunder and all duties, imposts, tariffs, or other similar levies shall be added to the prices and paid by the Buyer, except where the Buyer shall furnish an appropriate certificate of exemption therefrom. Buyer indemnifies and holds PCI harmless from the payment or imposition of any tax imposed on any articles sold or used hereunder, or for any work performed hereunder under the provisions of any State Sale or Use Tax Act plus penalties or interest or attorney's fees connected with the imposition of any such sales or use tax in connection with the articles sold or used or the work performed hereunder.

### **6. EXPORT**

If any article sold hereunder is for export, Buyer shall be responsible for arranging for transportation, insurance, and compliance with local country export/import or re-export laws and clearances.

### **7. SEVERABILITY**

Any provision of this Agreement which is prohibited or unenforceable in any jurisdiction shall, as to such jurisdiction, be ineffective to the extent of such prohibition or unenforceability without invalidating the remaining provisions hereof and any such prohibition or unenforceability in any jurisdiction shall not invalidate or render unenforceable such provisions in any other jurisdiction. To the extent permitted by applicable law each party hereby waives any provision of law which renders any provisions hereof prohibited or unenforceable in any respect.

### **8. APPLICABLE LAW; CHOICE OF LAW AND FORUM; BUYER'S OBLIGATION IN EVENT OF ITS BREACH; EXCLUSION OF U.N. CONVENTION**

This Agreement shall be interpreted in accordance with the laws of the State of California applicable to agreements made and performed entirely in California. Any litigation arising out of or relating to this Agreement shall be in the State of California. Any legal action by Buyer in connection with any alleged breach must be commenced within one (1) year from the date of the alleged

# *Oxitec sac*

*Calle Los Ebanistas 162 Urb Industrial El Artesano Ate – Tlf 4353960 2500041 Cel 994225839*

*www.oxitecsac.com*

breach. In any action by PCI to enforce its rights hereunder in which PCI prevails, Buyer agrees to pay all costs and expenses, including reasonable attorney's fees, incurred by PCI. The United Nations Convention on the Contracts for International Sale of Goods, 1980, and any amendment or successor thereto is expressly excluded from this Agreement.

## **9. WAIVER**

Failure by PCI to assert all of any part of its rights upon any breach of this Agreement shall not be deemed a waiver of such rights either with respect to such breach or any subsequent breach nor shall any waiver be implied from the acceptance of any payment or service. No written waiver of any right shall extend to or affect any other right PCI may possess nor shall such written waiver extend to any subsequent similar or dissimilar breach.

## **10. ESTIMATED PRICING**

Estimated pricing is defined to mean an approximate calculation only. The final price may exceed the estimated price.

## **11. INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS**

PCI retains all intellectual property rights in the articles delivered in accordance with this Agreement including, but not limited to, any and all patent, trade secret, trademark or copyright rights. Buyer shall have no such rights by virtue of entering into this Agreement. Specifically, and without limiting the generality of the foregoing, Buyer agrees that it shall not, following its purchase of the articles hereunder, build, manufacture, fabricate or reverse engineer the articles, or sell any items so built, manufactured, fabricated or reverse engineered.

## **12. U.S. EXPORT CONTROL AND EMBARGO LAWS**

Buyer shall bear all responsibility for complying with any and all export control and embargo laws and regulations of the United States and shall promptly provide PCI with any requested export control documentation, including but not limited to any requested end user information. Buyer hereby certifies that any products, technology, or software disclosed or provided by PCI will not be exported, re-exported, sold, leased, or transferred in violation of: (a) the U.S. Export Administration Regulations; (b) the U.S. International Traffic in Arms Regulations; and (c) applicable U.S. trade and economic sanctions administered by the U.S. Department of Treasury's Office of Foreign Assets Control. Buyer shall defend, indemnify and hold harmless PCI for any Buyer failure to comply with such laws or regulations.

## **13. SHIPMENT, TITLE, RISK OF LOSS**

The articles being sold hereunder shall be delivered to Buyer FOB Origin/Ex-Works PCI's facilities, Riverside, CA, USA, and shall be deemed accepted by Buyer at PCI's facilities. Buyer shall take title at PCI's facility upon shipment and regardless of the method of delivery risk of loss or damage shall pass to Buyer upon Seller's delivery to a carrier.

## **14. ENTIRE AGREEMENT**

Upon acceptance of this Agreement by Buyer, the provisions hereof (including the pertinent documents, drawings and specifications applicable hereto) shall constitute the entire Agreement between the parties and supersede all prior prices, offers, negotiations and agreements relating to the subject matter hereof.

## **15. TERMINATION**

In the event Buyer cancels any order placed with Seller, Buyer hereby agrees to fully compensate Seller for: (a) all costs incurred by Seller in connection with such order, including without limitation manufacturing and raw material costs for items partially manufactured; and (b) all losses suffered by Seller due to interruptions to manufacturing schedules and dedication of resources, opportunity costs, lost sales and lost profits. Seller will use commercially reasonable efforts to avoid and/or minimize such costs and losses (to the extent the same may be avoided or minimized). Buyer agrees to pay such charges within thirty (30) days after the date of invoice therefore.

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

COMPONENTES	INTERVALOS (HRS)	ACCIÓN
Ventiladores del radiador de calor de refuerzo (FX-200 & FX-201)	250	Inspeccione/limpie/cambie los materiales y limpie los ventiladores
Rejillas de enfriamiento del cuadro de distribución	250	Limpiar
Ventilador del motor de refuerzo (FX-300)	250	Limpiar
Ventilador de enfriamiento del gabinete eléctrico (FAN-1)	250	Limpiar
Ventilador de aire (BL-100) del aceite lubricante	500 inicialmente	Reemplace el lubricante
	2000	Reemplace el lubricante
Tornillos de la tapa de la cámara VSA	500 inicialmente	Compruebe el torque
	2000	Torque
Filtro del suministro de aire (F-3)	2000	Compruebe/reemplace
Filtro de la entrada de refuerzo (F-4)	2000	Compruebe/reemplace el elemento
Filtro de las partículas de salida (F-1)	2000	Compruebe/reemplace el elemento
Ventilador de aire (BL-100)/Acople del motor (MTR-1)	2000	Compruebe el torque del tornillo e inspeccione el acoplamiento
Compresor de refuerzo (C-1)/Acople del motor (MTR-3)	2000	Compruebe el torque del tornillo de ajuste e inspeccione el acoplamiento
SopORTE para el radiador de calor (HX-200)	2000	Limpiar/Inspeccione
Cojinetes del motor del ventilador de aire (MTR-1)	4000	Lubricar
Toma de aire para el radiador de calor (HX-100)	6000	Limpiar/Inspeccione
Sello del eje del ventilador de aire (BL-100)	8000	Inspeccione/Reemplace
Compresor de refuerzo (C-1) Lubricación y Consejos para reemplazo del sello	8000*	Reemplace los sellos y lubricación del cojinete
Motor del ventilador del radiador de calor del aire de admisión del ventilador (MTR-2) Reacondicione /Reemplace	20,000†	Inspeccione/Reacondicione/ Reemplace
Motor para el compresor de refuerzo (MTR-3) Reacondicione /Reemplace	20,000†	Inspeccione/Reacondicione/ Reemplace
Compresor de refuerzo (C-1) Reacondicione /Reemplace	20,000†	Inspeccione/Reacondicione/ Reemplace
Compresor/Motor de refuerzo (C-1/MTR-3) Alineación del acoplamiento	N/A	HAGA que el C-1 o MTR-3 sea reemplazado o retirado
Ventilador de aire/Motor (BL-100/MTR-1) Alineación del acoplamiento	N/A	HAGA que el BL-100 o MTR-1 sea reemplazado o retirado
* basado en las condiciones típicas de funcionamiento: 21°C @ 3.8 bar (70°F @ 55 psig)		
† vida útil mínima esperada		

## CONSUMIBLES PRINCIPALES

DESCRIPCIÓN	N° de PARTE	CANT.	USOS
Elemento del filtro	792253-002	1	Filtro de la entrada de refuerzo (F-4)
Elemento del filtro	583503	4	Filtro de las partículas de salida (F-1)
Filtro	585104-001	4	Filtro del suministro de aire (F-3)
Grasa, Isoflex Topas NB 52 (Cartucho)	582172-006	1	Cojinetes del compresor de refuerzo (C-1)
Grasa Multiusos NLGI Grado 2	581556-001	14.1 oz.	Cojinetes del motor del ventilador de aire (MTR-1)
Kit de sellado (consulte la Tabla C-7 en la página C-5)	797521-001	1	Compresor de refuerzo (C-1)
Aceite lubricante sintético	582923-001	1 cuarto	Ventilador de aire (BL-100)

## OTROS CONSUMIBLES

DESCRIPCIÓN	N° de PARTE	CANT.	USOS
Acoplador	585594-004	1	Ventilador de aire (BL-100)/Motor (MTR-1)
Tela de esmeril (granular 60)	20098	1 rollo	Eje propulsor del ventilador de aire (BL-100)
Elemento del filtro (10 micras)	585603-003	2	Soporte para los ventiladores del radiador de calor (FAN-5 y FAN-6)
Empaquetadura	793263-001	1	Compresor de refuerzo (C-1) empaquetadura del puerto de entrada
Lubricante de oxígeno (Krytox <sup>®</sup> )	W46040-205	Tubo de 0.5 oz	Sujetador de tubos de juntas tóricas
Cable de seguridad	S13465-026	1 bobina	Compresor de refuerzo (C-1) empaquetadura del puerto de entrada

Kit del sello del eje (consulte la Tabla C-8. en la página C-5)	799045-001	1	Eje propulsor del ventilador de aire (BL-100)
Acoplamiento de la manga (S-Flex)	585521-003	1	Compresor de refuerzo (C-1)/Acople del motor (MTR-3)
Cinta, Sellador de rosca, Teflon <sup>®</sup> , 0.50 de ancho	W14420-050	2 rollos	Roscas de la tubería
Crayón indicador de temperatura (107°C (225°F))	86544 †	1	Sello del eje propulsor del ventilador de aire (BL-100)
Fijador de rosca (azul)	W46030-013	10 ml	Compresor de refuerzo (C-1) con núcleo de acoplamiento/hardware del ventilador, motor (MTR-3) accesorios de montaje y hardware de protección del acoplamiento

R.D. N° 317 -2017/DIGEMID/DDMP/UFDMM/MSA

www.oxitecsac.com

## RESOLUCION DIRECTORAL

Lima, 23 ENF. 2017

VISTOS, la Solicitud N° 2016436323 del 24 de agosto de 2016, la Solicitud Única de Comercio Exterior (SUCE) N° 2016360190 del 27 de agosto de 2016 (expediente N° 16-072142-1 del 27 de agosto de 2016), respuesta de notificación del 11 de enero de 2017 y escritos del 12 de enero del 2017, presentados por el Sr. José Jaime Miranda Dibos, Representante Legal de la Droguería OXITEC S.A.C., con domicilio en Calle Los ebanistas N° 162 1er. Piso Urb. El artesano - Ate, solicitando la INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO SANITARIO DEL DISPOSITIVO MÉDICO DE LA CLASE II (de moderado riesgo): DEPLOYABLE OXYGEN CONCENTRATION SYSTEM;

### CONSIDERANDO:

Que, mediante Notificación de SUCE de fecha 02 de diciembre de 2016, se solicitó la subsanación de observaciones a la Solicitud Única de Comercio Exterior (SUCE) N° 2016360190 del 27 de agosto de 2016 (expediente N° 16-072142-1 del 27 de agosto de 2016), en cumplimiento con lo dispuesto en el artículo 125° de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General y modificatorias, y con respuesta de notificación del 11 de enero de 2017 y escritos del 12 de enero del 2017, la empresa subsana las observaciones efectuadas en la notificación de SUCE antes citada;

De conformidad con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 016-2011-SA y modificatorias, Decreto Supremo N° 001-2016-SA y modificatoria, Decreto Supremo N° 007-2016-SA, Ley N° 29459 Ley de los Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios, Decreto Legislativo N° 1161, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Organización y funciones del Ministerio de Salud, Ley N° 27444 Ley del Procedimiento Administrativo General y modificatorias;

Estando a lo informado por la Unidad Funcional de Dispositivos Médicos;

### SE RESUELVE:

Artículo Único.- Autorizar la INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO SANITARIO DEL DISPOSITIVO MÉDICO DE LA CLASE II (de moderado riesgo) en las siguientes condiciones:

EQUIPO BIOMÉDICO EXTRANJERO			
Registro Sanitario N°	DB3472E	Vigencia	Del 18-01-2017 Al 18-01-2022
Nombre del Dispositivo Médico	DEPLOYABLE OXYGEN CONCENTRATION SYSTEM	Marca Comercial	*****
Nombre Común	Concentradores de Oxígeno		
Forma de Presentación	Según detalle		
Fabricante	PACIFIC CONSOLIDATED INDUSTRIES, LLC	País	USA
Total de folios	Dos (02)		



7,040.234

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
EQUIPO MDOCS 200 – TRABAJO CONTINUO**

No	Equipo	Actividad	Periodo de mantenimiento Preventivo ( meses)																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Soplador	Reemplazo Lubricante																								
2	Tanque VSA	Compruebe Torque Pernos tapa Cámara VSA																								
3	Filtro del suministro de aire (F-3)	Cambio/ Inspección																								
4	Filtro de la entrada de refuerzo (F-4)	Cambio/Inspección																								
5	Filtro de las partículas de salida (F-1)	Cambio/Inspección																								
6	Ventilador de aire (BL-100)/Acople del motor (MTR-1)	Compruebe el torque del tornillo e inspeccione el acoplamiento																								
7	Compresor de refuerzo (C-1)/Acople del motor (MTR-3)	Compruebe el torque del tornillo de ajuste e Inspeccione el acoplamiento																								
8	Soporte para el radiador de calor (HX-200)	Limpiar/Inspeccione																								
9	Analizador de O2	Calibración																								

Calle Los Ebanistas No 162 Urb Industrial El Artesano Ate Lima – Peru Tlf 435.3960 / 250.0041 Cel 999.040.234

10	Cojinetes del motor del ventilador de aire (MTR-1)	Lubricar																								
11	Toma de aire para el radiador de calor (HX-100)	Limpiar/Inspeccione																								
12	Sello del eje del ventilador de aire (BL-100)	Inspeccione/Reemplace																								
13	Compresor de refuerzo (C-1) Lubricación y Consejos para reemplazo del sello	Reemplace los sellos y lubricación del cojinete																								
14	Flujometro Masico	Limpieza																								

Calle Los Ebanistas No 162 Urb Industrial El Artesano Ate Lima – Peru Tlf 435.3960 / 250.0041 Cel 999.040.234



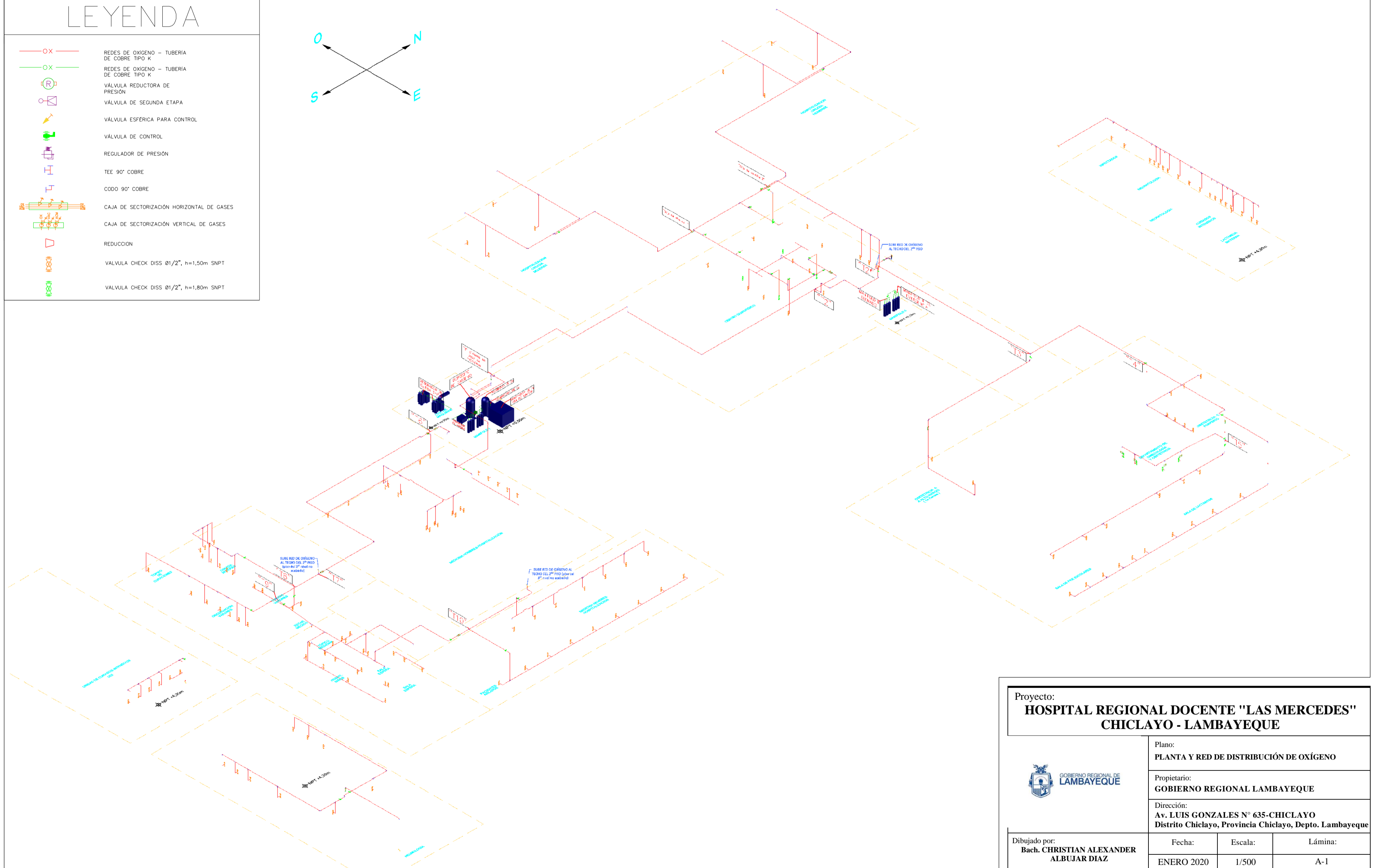
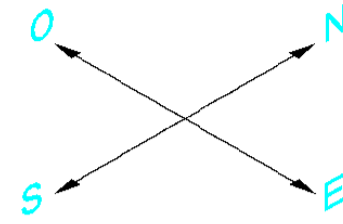
**Anexo 8. Plano de distribución general del Hospital Regional Docente  
"Las Mercedes" - Chiclayo**




**Anexo 9: Plano distribución de oxígeno "Hospital Las Mercedes"**













# LEYENDA

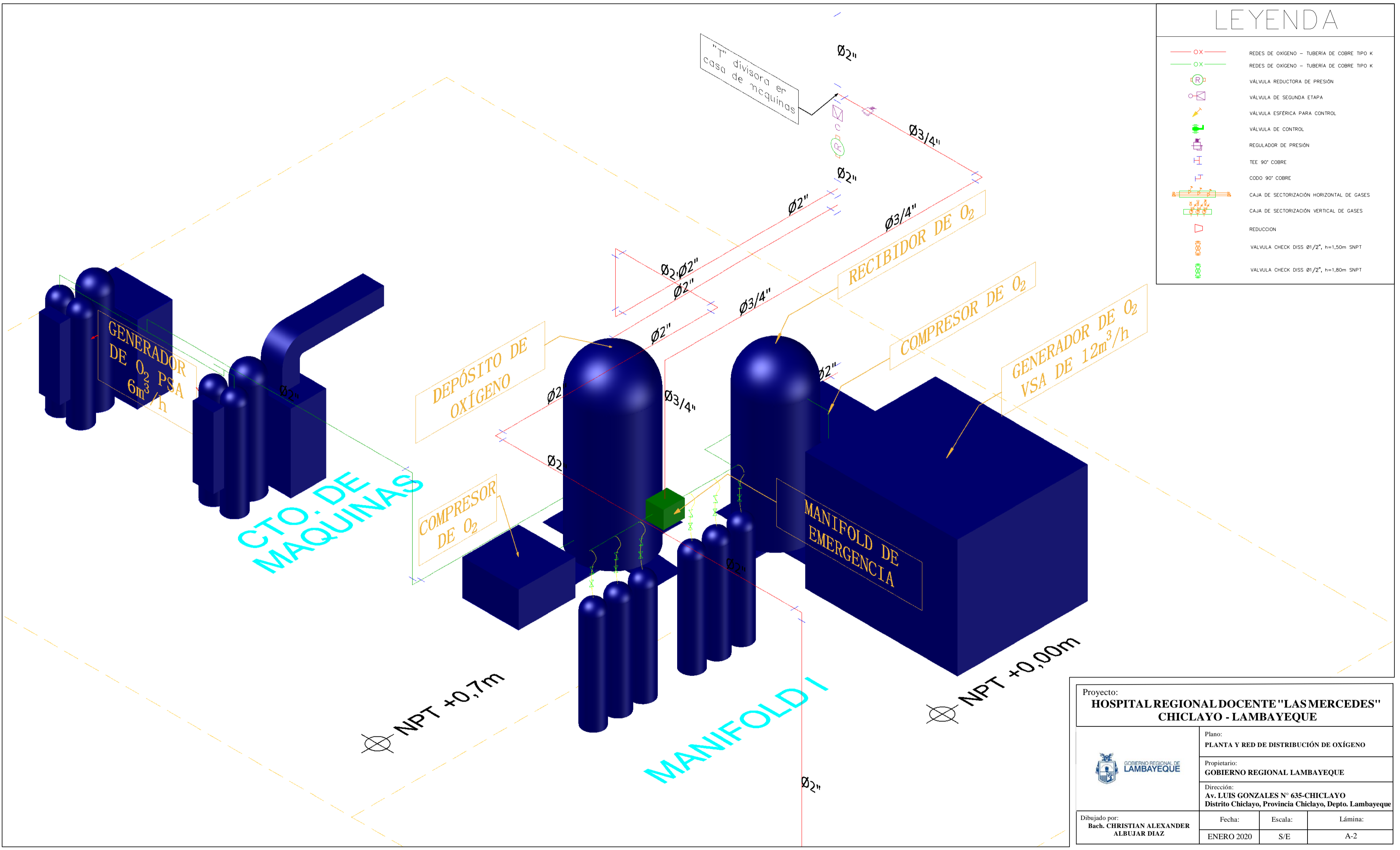
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
-  VÁLVULA DE SEGUNDA ETAPA
-  VÁLVULA ESFÉRICA PARA CONTROL
-  VÁLVULA DE CONTROL
-  REGULADOR DE PRESIÓN
-  TEE 90° COBRE
-  CODO 90° COBRE
-  CAJA DE SECTORIZACIÓN HORIZONTAL DE GASES
-  CAJA DE SECTORIZACIÓN VERTICAL DE GASES
-  REDUCCION
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SNPT
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT



Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"                  CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
	Plano: <b>PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO</b>		
	Propietario: <b>GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE</b>		
Dirección: <b>Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO                  Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque</b>			
Dibujado por: <b>Bach. CHRISTIAN ALEXANDER                  ALBUJAR DIAZ</b>	Fecha:	Escala:	Lámina:
	ENERO 2020	1/500	A-1

# LEYENDA

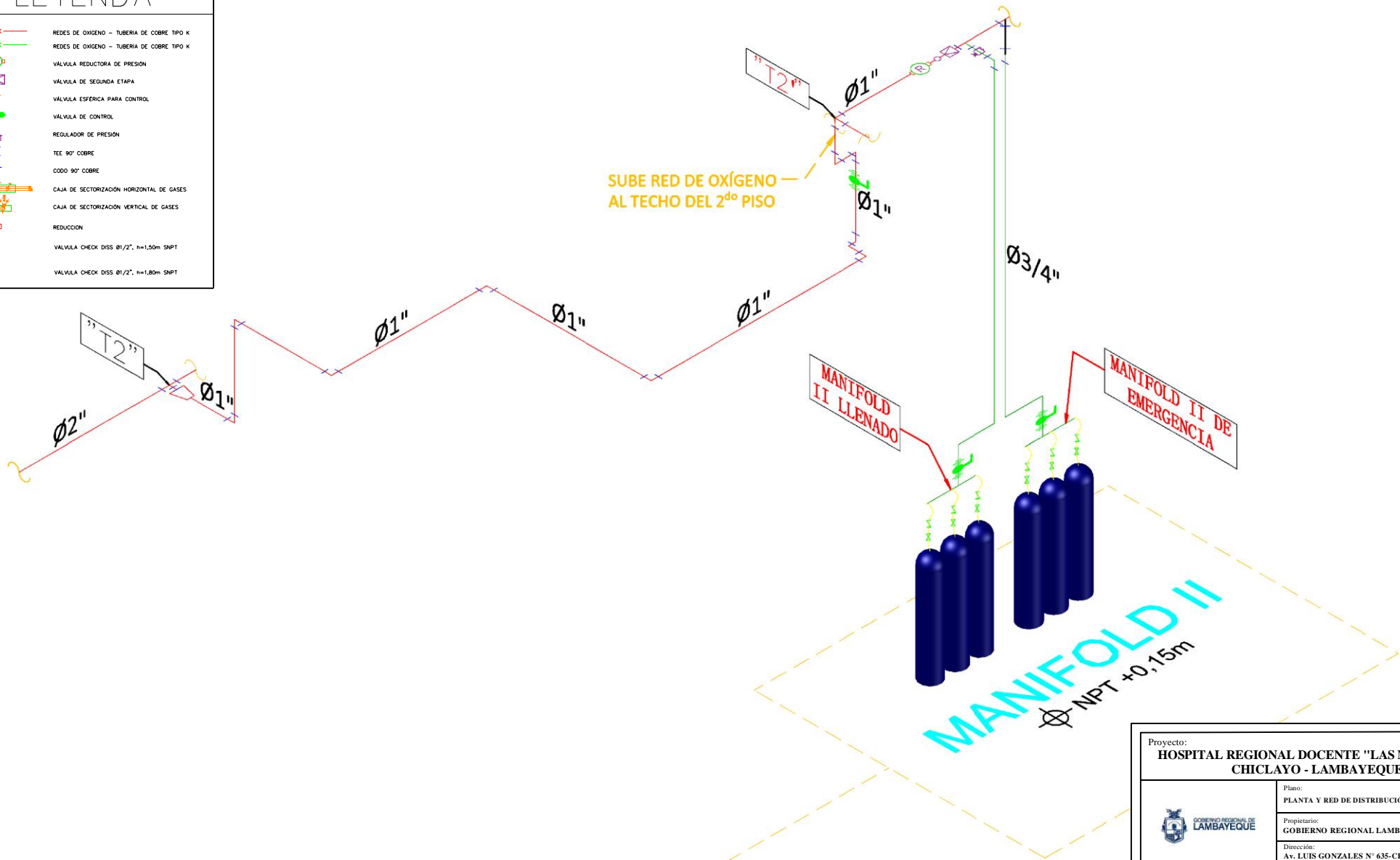
- REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
- REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
-  VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
-  VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
-  VALVULA DE CONTROL
-  REGULADOR DE PRESIÓN
-  TEE 90° COBRE
-  CODO 90° COBRE
-  CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
-  CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
-  REDUCCION
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", n=1,50m SNPT
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", n=1,80m SNPT



Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"</b> <b>CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
 GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE	Plano: <b>PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO</b>		
	Propietario: <b>GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE</b>		
	Dirección: <b>Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO</b> <b>Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque</b>		
Dibujado por: <b>Bach. CHRISTIAN ALEXANDER</b> <b>ALBUJAR DIAZ</b>	Fecha: <b>ENERO 2020</b>	Escala: <b>S/E</b>	Lámina: <b>A-2</b>

# LEYENDA

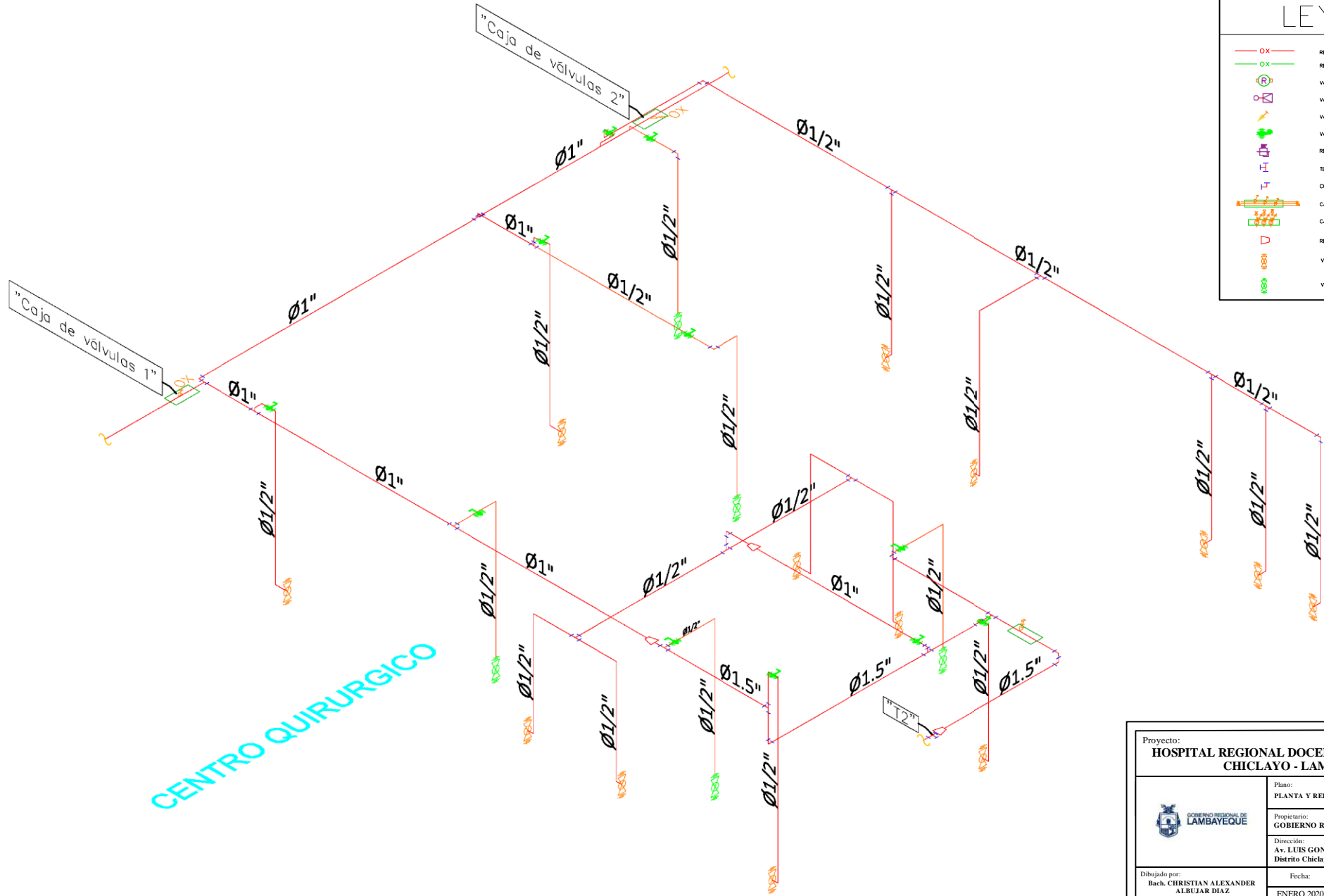
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  VALVULA REDUCTORA DE PRESION
-  VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
-  VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
-  VALVULA DE CONTROL
-  REGULADOR DE PRESION
-  TEE 90° COBRE
-  CODO 90° COBRE
-  CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
-  CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
-  REDUCCION
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SNPT
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT



Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"</b> <b>CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
 GOBIERNO REGIONAL DE <b>LAMBAYEQUE</b>	Plano: PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO		
	Propietario: GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE		
	Dirección: Av. LUIS GONZALES N° 635- CHICLAYO Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque		
Dibujado por: Bach. CHRISTIAN ALEXANDER ALBUJAR DIAZ	Fecha: ENERO 2020	Escala: S/E	Lámina: A-3

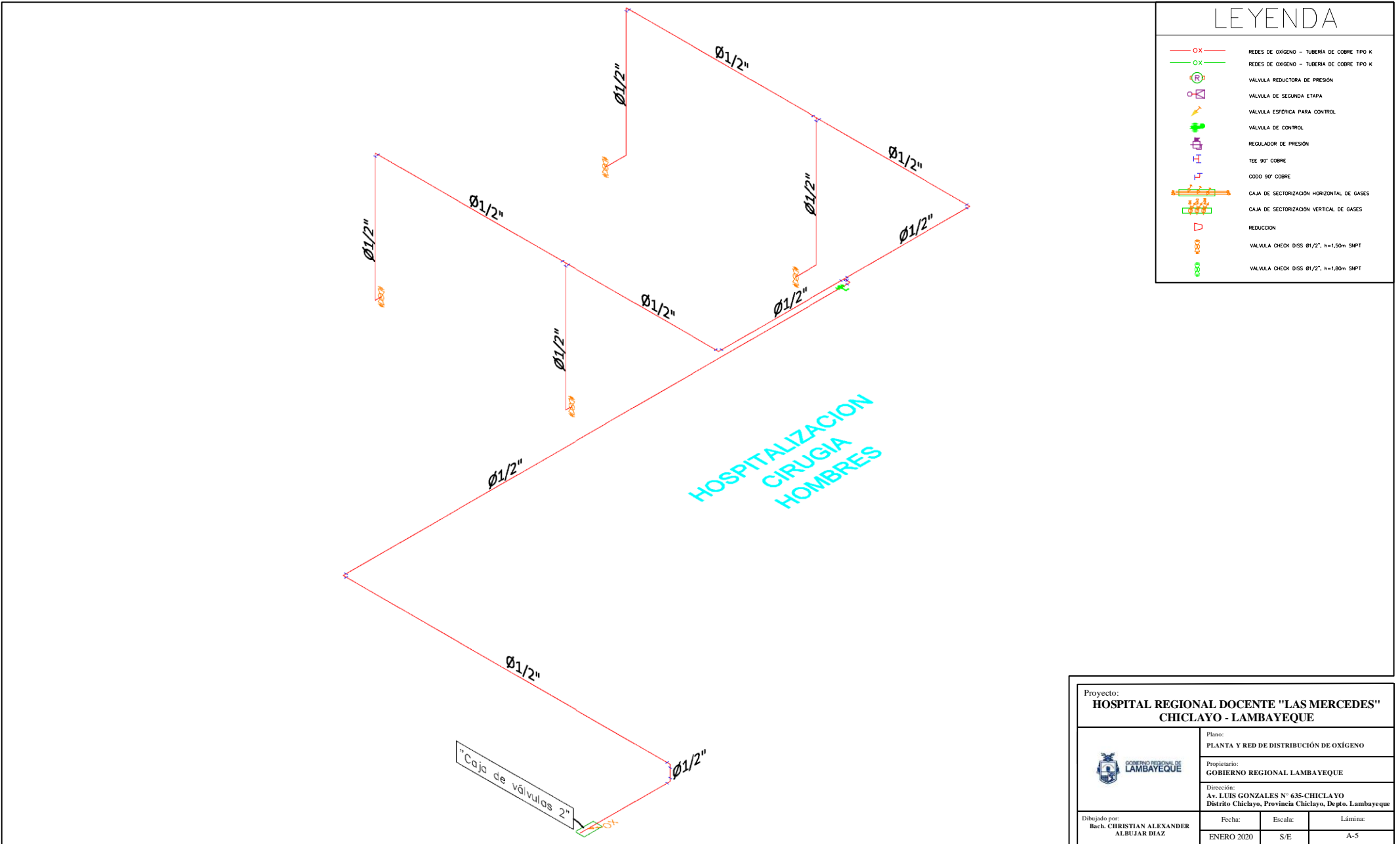
# LEYENDA

	REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
	REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
	VÁLVULA DE SEGUNDA ETAPA
	VÁLVULA ESFÉRICA PARA CONTROL
	VÁLVULA DE CONTROL
	REGULADOR DE PRESIÓN
	TEE 90° COBRE
	CODO 90° COBRE
	CAJA DE SECTORIZACIÓN HORIZONTAL DE GASES
	CAJA DE SECTORIZACIÓN VERTICAL DE GASES
	REDUCCION
	VÁLVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SMT
	VÁLVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SMT



CENTRO QUIRURGICO

Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES" CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE	Plano: PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO		
	Propietario: GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE		
	Dirección: Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque		
Dibujado por: Bach. CHRISTIAN ALEXANDER ALBUJAR DIAZ	Fecha: ENERO 2020	Escala: S/E	Lámina: A-4



# LEYENDA

- OX REDES DE OXIGENO – TUBERIA DE COBRE TIPO K
- OX REDES DE OXIGENO – TUBERIA DE COBRE TIPO K
- VALVULA REDUCTORA DE PRESION
- VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
- VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
- VALVULA DE CONTROL
- REGULADOR DE PRESION
- TEE 90° COBRE
- CODO 90° COBRE
- CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
- CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
- REDUCCION
- VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SMT
- VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SMT















HOSPITALIZACION  
CIRUGIA  
HOMBRES

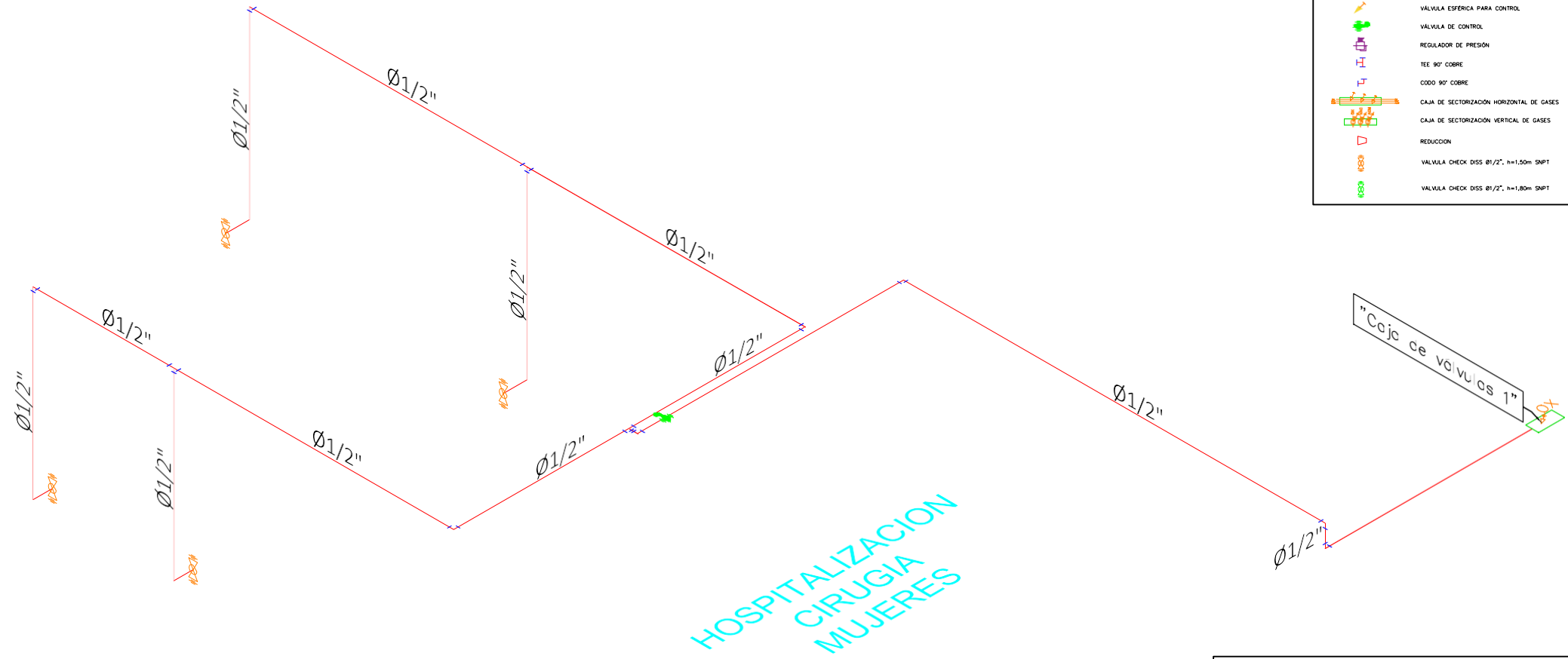
"Caja de válvulas 2"

Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"          CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
 <small>GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE</small>	Plano: PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO		
	Propietario: GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE		
	Dirección: Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque		
Dibujado por: Bach. CHRISTIAN ALEXANDER ALBUJAR DIAZ	Fecha: ENERO 2020	Escala: S/E	Lámina: A-5



# LEYENDA

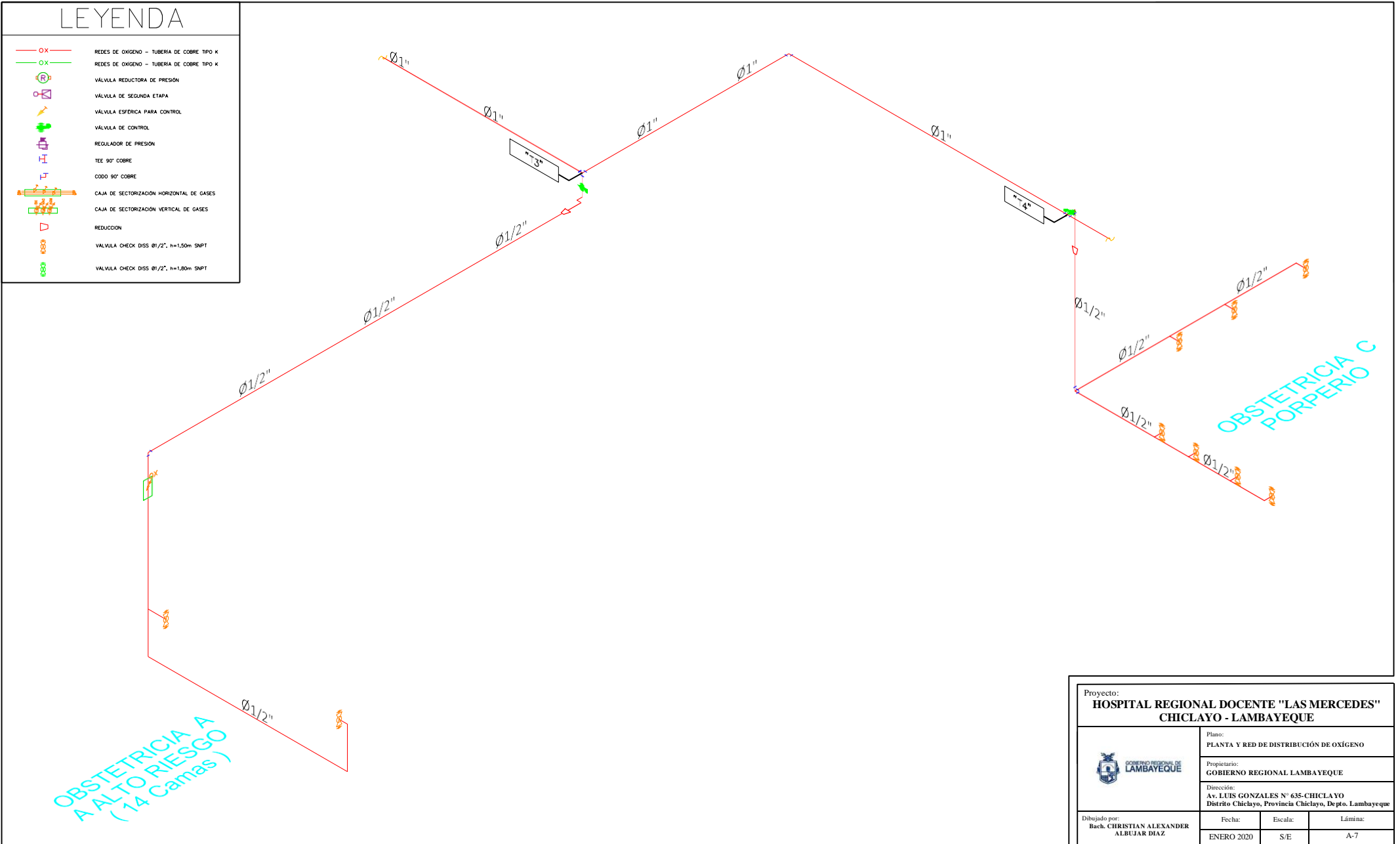
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  VALVULA REDUCTORA DE PRESION
-  VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
-  VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
-  VALVULA DE CONTROL
-  REGULADOR DE PRESION
-  TEE 90° COBRE
-  CODO 90° COBRE
-  CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
-  CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
-  REDUCCION
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SMT
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SMT



Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"</b> <b>CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
 GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE	Plano: PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO		
	Propietario: GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE		
	Dirección: Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque		
Dibujado por: Bach. CHRISTIAN ALEXANDER ALBUJAR DIAZ	Fecha: ENERO 2020	Escala: S/E	Lámina: A-6

# LEYENDA

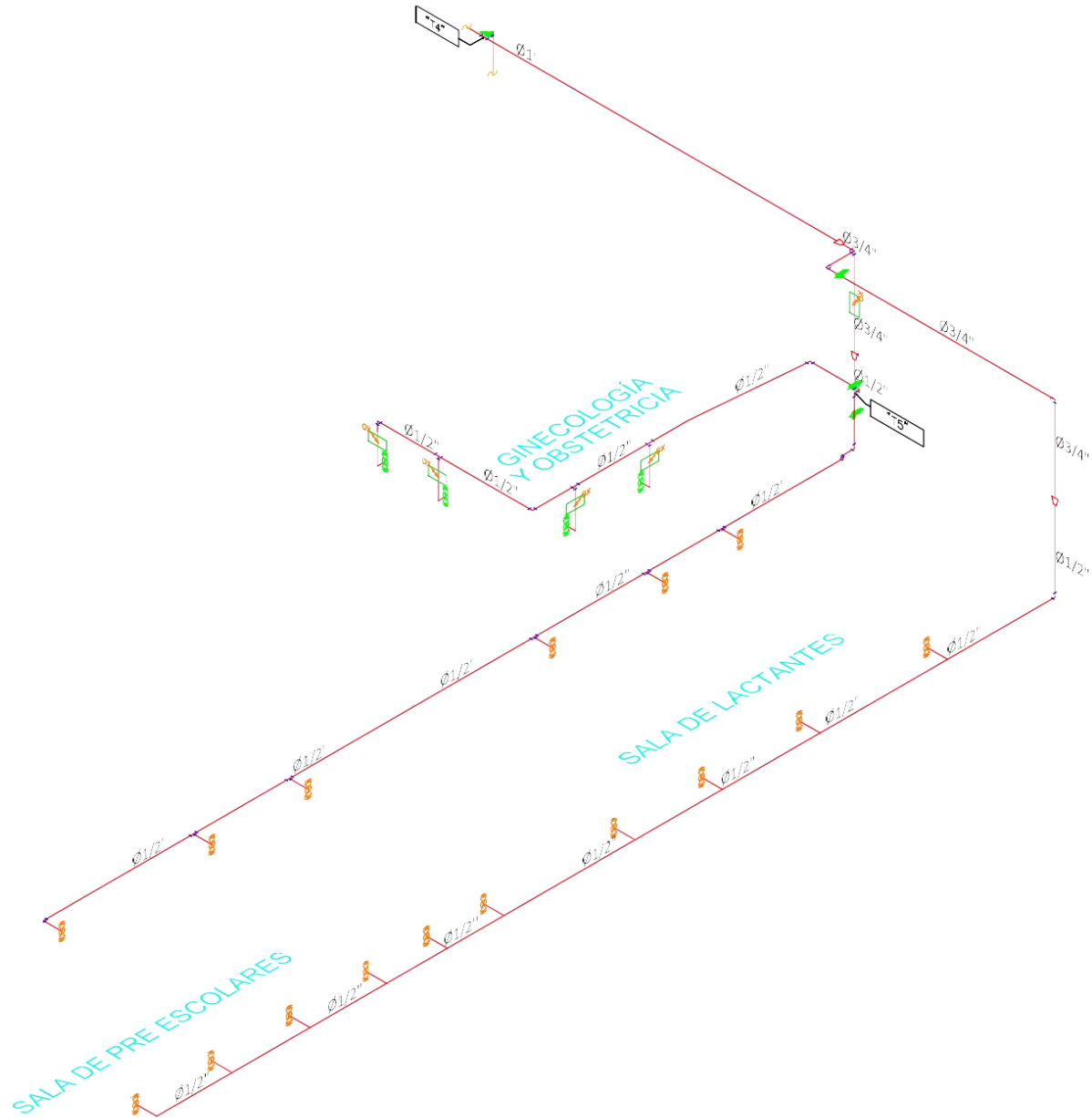
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  VALVULA REDUCTORA DE PRESION
-  VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
-  VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
-  VALVULA DE CONTROL
-  REGULADOR DE PRESION
-  TEE 90° COBRE
-  CODO 90° COBRE
-  CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
-  CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
-  REDUCCION
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SNPT
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT



Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"</b> <b>CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
 GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE	Plano: PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO		
	Propietario: GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE		
	Dirección: Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque		
Dibujado por: Bach. CHRISTIAN ALEXANDER ALBUJAR DIAZ	Fecha: ENERO 2020	Escala: S/E	Lámina: A-7

# LEYENDA

-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  VALVULA REDUCTORA DE PRESION
-  VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
-  VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
-  VALVULA DE CONTROL
-  REGULADOR DE PRESION
-  TEE 90° COBRE
-  CODO 90° COBRE
-  CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
-  CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
-  REDUCCION
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SNPT
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT



Proyecto:  
**HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"**  
**CHICLAYO - LAMBAYEQUE**



Plano:  
**PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO**

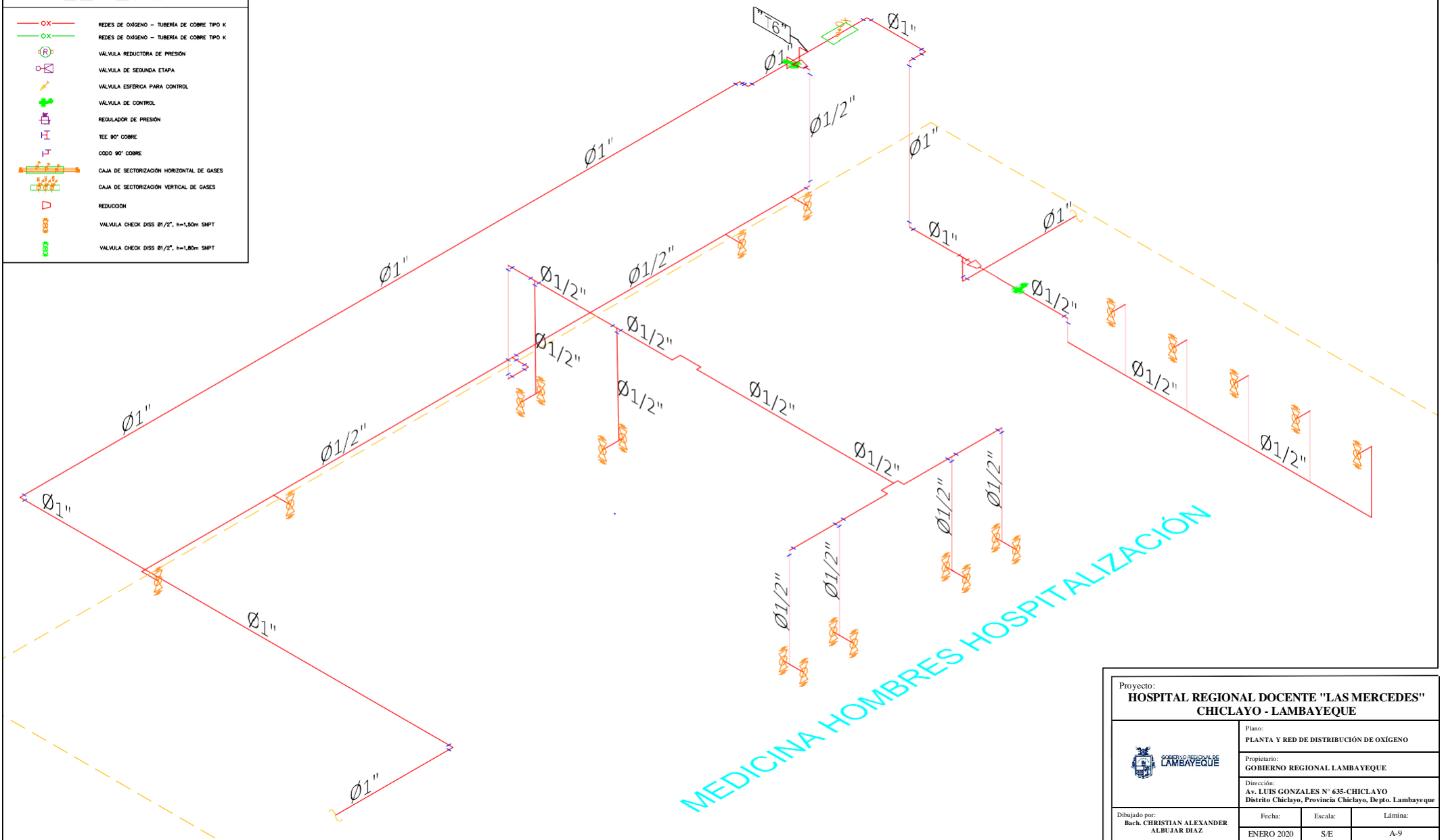
Propietario:  
**GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE**


Dirección:  
**Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO**  
**Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque**

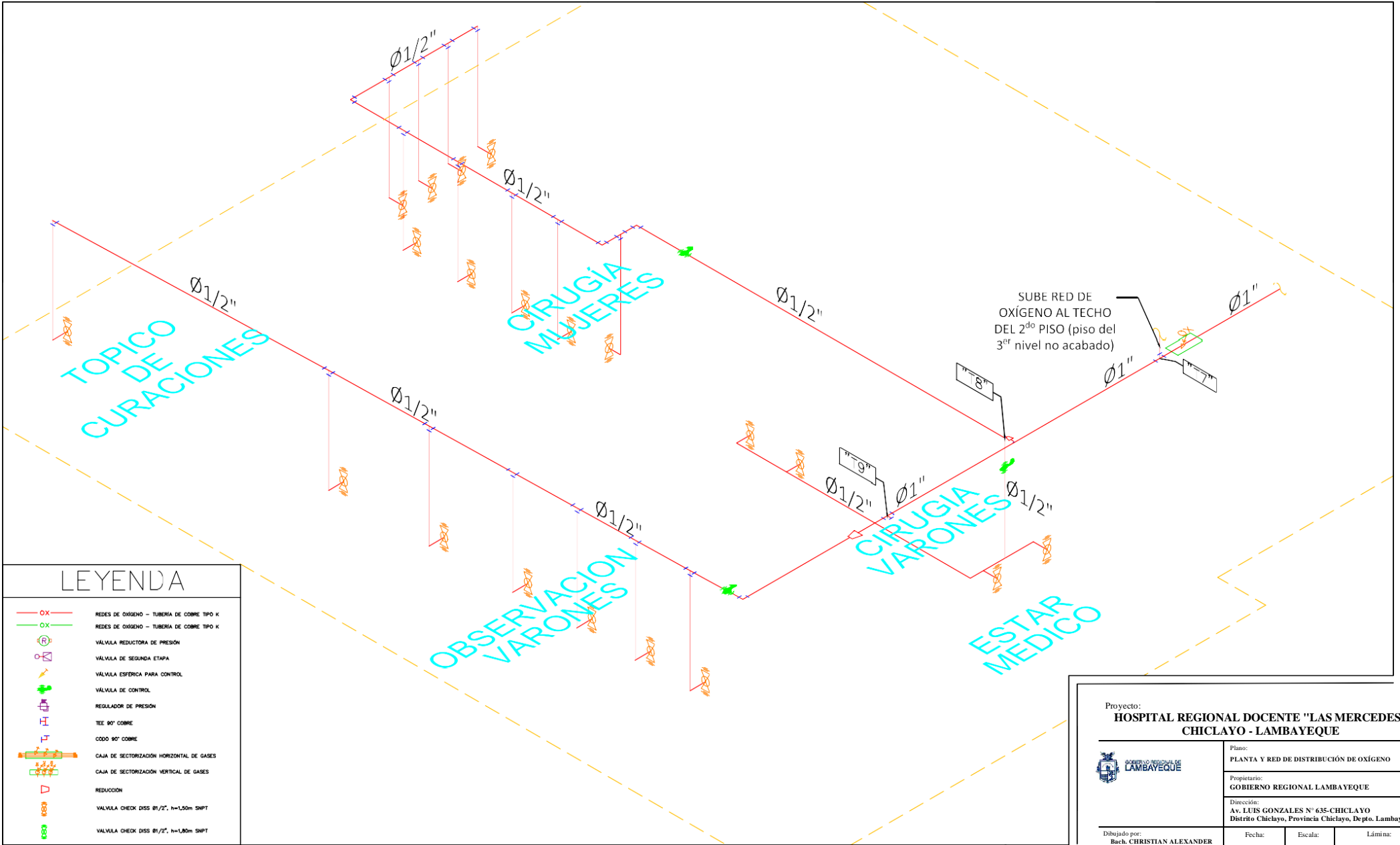
Dibujado por: Bach. CHRISTIAN ALEXANDER ALBUJAR DIAZ	Fecha: ENERO 2020	Escala: S/E	Lámina: A-8
---	----------------------	----------------	----------------

# LEYENDA

-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  VALVULA REDUCTORA DE PRESION
-  VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
-  VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
-  VALVULA DE CONTROL
-  REGULADOR DE PRESION
-  TEE 90° COBRE
-  CODO 90° COBRE
-  CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
-  CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
-  REDUCCION
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT
-  VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT



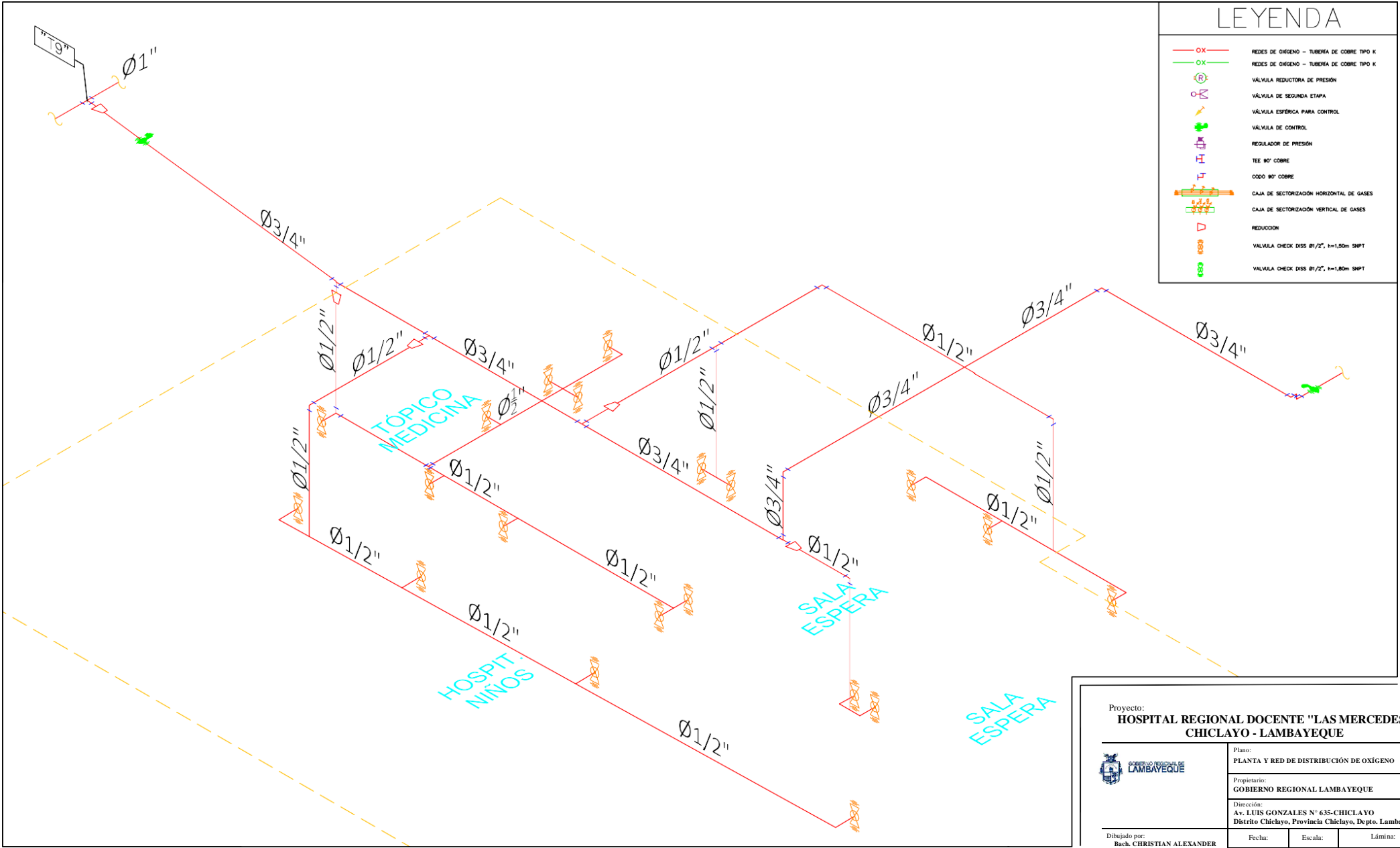
Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"          CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
	Plano: <b>PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXIGENO</b>		
	Propietario: <b>GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE</b>		
	Dirección: <b>Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO          Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque</b>		
Dibujado por: <b>Bach. CHRISTIAN ALEXANDER          ALBUJAR DIAZ</b>	Fecha: <b>ENERO 2020</b>	Escala: <b>S/E</b>	Lámina: <b>A-9</b>



### LEYENDA

- OX REDES DE OXIGENO – TUBERIA DE COBRE TIPO K
- OX REDES DE OXIGENO – TUBERIA DE COBRE TIPO K
- VALVULA REDUCTORA DE PRESION
- VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
- VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
- VALVULA DE CONTROL
- REGULADOR DE PRESION
- TEE 90° COBRE
- CODO 90° COBRE
- CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
- CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
- REDUCCION
- VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SNPT
- VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT

Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"</b> <b>CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
 GOBIERNO REGIONAL DE <b>LAMBAYEQUE</b>	Plano: <b>PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO</b>		
	Propietario: <b>GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE</b>		
	Dirección: <b>Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO</b> <b>Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque</b>		
Dibujado por: Bach. CHRISTIAN ALEXANDER ALBUJAR DIAZ	Fecha: ENERO 2020	Escala: S/E	Lámina: A-10



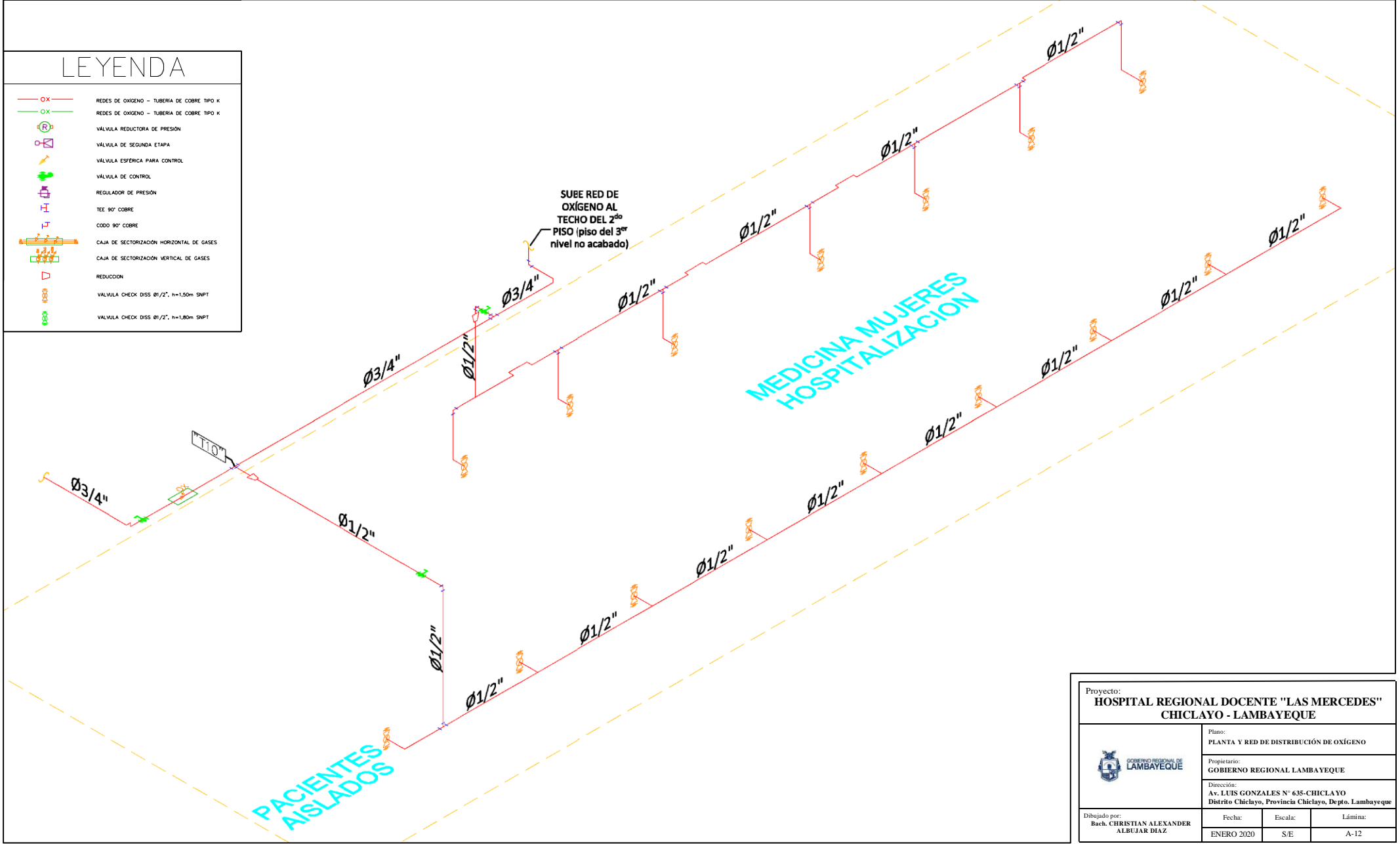
### LEYENDA


- OX — REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
- OX — REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
- VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
- VÁLVULA DE SEGUNDA ETAPA
- VÁLVULA ESFERICA PARA CONTROL
- VÁLVULA DE CONTROL
- REGULADOR DE PRESIÓN
- TEE 90° COBRE
- CODO 90° COBRE
- CAJA DE SECTORIZACIÓN HORIZONTAL DE GASES
- CAJA DE SECTORIZACIÓN VERTICAL DE GASES
- REDUCCION
- VÁLVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SNPT
- VÁLVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT

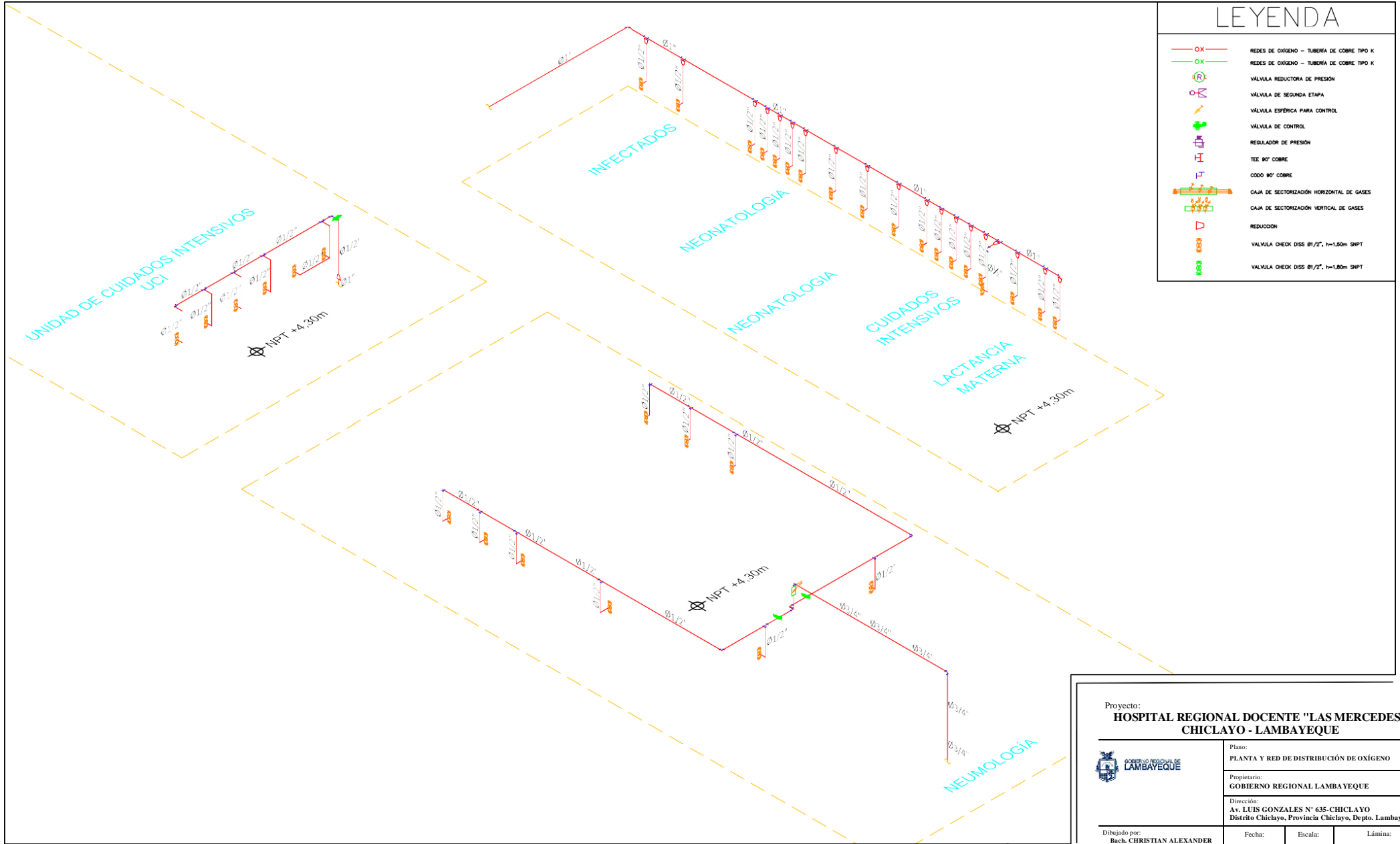
Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"          CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
	Plano: <b>PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO</b>		
	Propietario: <b>GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE</b>		
	Dirección: <b>Av. LUIS GONZALES N° 63S-CHICLAYO          Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque</b>		
Dibujado por: <b>Bach. CHRISTIAN ALEXANDER          ALBUJAR DIAZ</b>	Fecha: <b>ENERO 2020</b>	Escala: <b>S/E</b>	Lámina: <b>A-11</b>

# LEYENDA

-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
-  VÁLVULA REDUCTORA DE PRESION
-  VÁLVULA DE SEGUNDA ETAPA
-  VÁLVULA ESFERICA PARA CONTROL
-  VÁLVULA DE CONTROL
-  REGULADOR DE PRESION
-  TEE 90° COBRE
-  CODDO 90° COBRE
-  CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
-  CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
-  REDUCCION
-  VÁLVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SNPT
-  VÁLVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT



Proyecto: <b>HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"                  CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>			
	Plano: PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO		
	Propietario: GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE		
	Dirección: Av. LUIS GONZALES N° 63S-CHICLAYO Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque		
Dibujado por: Bach. CHRISTIAN ALEXANDER ALBUJAR DIAZ	Fecha: ENERO 2020	Escala: S/E	Lámina: A-12



# LEYENDA

- OX — REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
- OX — REDES DE OXIGENO - TUBERIA DE COBRE TIPO K
- VALVULA REDUCTORA DE PRESION
- VALVULA DE SEGUNDA ETAPA
- VALVULA ESFERICA PARA CONTROL
- VALVULA DE CONTROL
- REGULADOR DE PRESION
- TEE 90° COBRE
- CODO 90° COBRE
- CAJA DE SECTORIZACION HORIZONTAL DE GASES
- CAJA DE SECTORIZACION VERTICAL DE GASES
- REDUCCION
- VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,50m SNPT
- VALVULA CHECK DISS Ø1/2", h=1,80m SNPT

Proyecto:  
**HOSPITAL REGIONAL DOCENTE "LAS MERCEDES"  
 CHICLAYO - LAMBAYEQUE**



Plano:  
**PLANTA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE OXIGENO**

Propietario:  
**GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE**

Dirección:  
**Av. LUIS GONZALES N° 635-CHICLAYO  
 Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Depto. Lambayeque**

Dibujado por:  
 Bach. CHRISTIAN ALEXANDER  
 ALBUJAR DIAZ

Fecha:	Escala:	Límita:
ENERO 2020	S/E	A-13