

Implementación de alternativa de secado en el proceso de fabricación de aire medicinal comprimido en Norte de Santander

Implementation of a drying alternative in the compressed medical air manufacturing process in Norte de Santander.

Recibido: 19 de julio de 2023

Aprobado: 14 de noviembre de 2023

Forma de citar: C. D. Cardona Mora and Álvaro E. Villamizar Villamizar, "Implementación de alternativa de secado en el proceso de fabricación de aire medicinal comprimido en Norte de Santander", Mundo Fesc, vol. 14, no. 29, pp. 24–35, May 2024, doi: 10.61799/2216-0388.1608.

Cristian David Cardona Mora



Ingeniero Industrial, Maestrante,
cristian.cardona@unipamplona.edu.co,
Los Patios, Colombia.

Álvaro Eulalio Villamizar Villamizar



Magíster en Ingeniería Ambiental,
aevillamizar@unipamplona.edu.co,
Docente, Pamplona, Colombia

***Autor para correspondencia:**

cristian.cardona@unipamplona.edu.co



Implementación de alternativa de secado en el proceso de fabricación de aire medicinal comprimido en Norte de Santander

Resumen

Un factor determinante en la producción de aire medicinal comprimido es la evaluación de sus componentes químicos y organolépticos (Contenidos de Aceite, H₂O, CO, CO₂ SO₂, NO-NO₂, O₂, olor), para cumplir con el estándar exigido. El aire comprimido debe ingresar en su etapa final por una serie de filtros cuya función es obstruir, mitigar y eliminar las impurezas de acuerdo a los requerimientos propios del proceso. Esta investigación contempló la posibilidad de reducir los gastos en el proceso de fabricación con la adición de un proceso de secado, cuyo fin fue aumentar la efectividad de los filtros de secado y purificación, los cuales están afectando la productividad del aire medicinal comprimido al saturarse rápidamente. El proyecto se realizó en tres fases, la primera fue el estudio de las alternativas técnicas en el proceso de secado para la fabricación de aire medicinal comprimido, la segunda, llevó la implementación de la mejor alternativa junto a la validación de la adición del sistema de secado, mediante la aplicación de los protocolos de calificación y validación de procesos junto con su revalidación, por última fase correspondió a la evaluación del proyecto mediante indicadores. Un mayor rendimiento en estos filtros evitó la despresurización constante de la línea de producción, los cambios repetitivos de filtros, los desechos abundantes de los mismos y generando un impacto en la producción del aire medicinal comprimido. La realización de este proyecto, benefició al sector productivo y contribuyó positivamente al sector hospitalario con la prestación adecuada del medicamento, esencial para la lucha de enfermedades de oxigenoterapia y es el único que se produce en el departamento con registro sanitario INVIMA vigente.

Palabras clave: capacitación, educación, inclusión social, marginados, reinserción social.

Implementation of a drying alternative in the compressed medical air manufacturing process in Norte de Santander.

Abstract

A determining factor in the production of compressed medical air is the evaluation of its chemical and organoleptic components (oil content, H₂O, CO, CO₂ SO₂, NO-NO₂, O₂, odor), in order to comply with the required standard. The compressed air must enter in its final stage through a series of filters whose function is to obstruct, mitigate and eliminate impurities according to the requirements of the process. This research contemplated the possibility of reducing costs in the manufacturing process with the addition of a drying process, whose purpose was to increase the effectiveness of the drying and purification filters, which are affecting the productivity of the compressed medical air by saturating very quickly. The project was carried out in three phases, the first was the study of the technical alternatives in the drying process for the manufacture of compressed medical air, the second, led to the implementation of the best alternative along with the validation of the addition of the drying system, through the application of the protocols of qualification and validation of processes along with its revalidation, the last phase corresponded to the evaluation of the project through indicators. A higher performance in these filters avoided the constant depressurization of the production line, the repetitive changes of filters, the abundant waste of the same and generating an impact on the production of compressed medical air. The realization of this project benefited the productive sector and contributed positively to the hospital sector with the adequate provision of the medicine, essential for the fight against oxygen therapy diseases and is the only one produced in the department with a valid INVIMA sanitary registration.

Key words: Air compressor, drying filter, medical air, refrigeration drying.

Introducción

La presente investigación se focaliza sobre los métodos de secado del aire comprimido, en este caso de nivel medicinal en Colombia, el cual es un producto esencial en el manejo y tratamiento de las enfermedades respiratorias, muy común desde el año 2020 a causa del virus del Covid-19, siendo su uso con fines inhalatorios, nasal y bucal en terapias respiratorias con oxígeno según lo describe su libro Vademecum [1]

El aire medicinal comprimido que se va a tratar es el único fabricado en el departamento, siendo de soporte vital en todos los municipios y sus aledaños del departamento de Cesar y Santander.

Las características de las alternativas de secado son importantes, ya que son de cumplimiento de la normativa internacional de medicamentos [2], soporte que el Ministerio de Salud adopta como legal y necesaria para la fabricación y venta del medicamento. Adicional a esto se debe tener en cuenta el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura [3], su guía [4], certificación [5], verificación periódica [6], hasta lograr la aprobación y registro sanitario vigente del medicamento con su reglamento [7].

El método de secado actual es mediante dos filtros, uno de secado y uno de purificación, estos filtros a base de carbón activado eliminan residuos de agua hasta estar inferior a los 0.1mg/l, lo que se considera apto para el medicamento, sin embargo, la efectividad de estos es directamente proporcional a su vida útil, debido a que el sistema de los filtros condensados no se puede retirar y se saturan en un mes de producción, siendo su vida útil de un año se pierde hasta el 92% de uso y se considera la problemática principal de esta investigación.

En el interés, se analizó y se encontró una alternativa que cumplió con los requisitos normativos, que está dentro de los parámetros aprobados y minimizó los costos tanto de inversión como del producto.

Por otra parte, intentar establecer una solución que no afecte el producto como tal supuso un reto adicional, debido a que el medicamento no puede ser cambiado en su fabricación en aspectos como su componente activo (oxígeno), debe cumplir con las distintas pruebas de impurezas [1], para certificar que, aunque con una alternativa diferente sigue siendo igual.

Académicamente, se implementó una solución innovadora, con herramientas de decisión multi criterio del método Electra y análisis e indicadores de beneficios, que llegaron a propiedad de la empresa, alcanzando la mayor efectividad posible tanto en la fabricación del producto, como en su rentabilidad financiera. De este modo se traza a largo plazo una hoja de ruta iniciando con la selección de la alternativa correcta, la implementación del mismo y la evaluación de las mejoras realizadas.

Dentro de las alternativas que se planteó, se investiga que existen métodos similares de secado al existente, se encuentra que materiales con nano fibras [8] para la separación

y purificación de las partículas, son eficientes en la filtración de aire, Adicional a esto también en el año 2018 [9] se evidencia el uso de carbón activado para filtros de agua, y se concluye la no afectación en la salud humana.

Existe la posibilidad de que la alternativa de secado sea por refrigeración, para esto se enfría el medicamento a su punto de rocío donde pierde la capacidad de retener humedad, alrededor de los 3° Celsius y mediante una válvula retirar su humedad. Se ha evidenciado [10] la eficiencia energética de dispositivos de compresión, lo sustentable que puede llegar a hacer estos sistemas de refrigeración [11] y actualmente los secadores refrigerativos ya existentes para procesos industriales [12], esto impone un mayor reto al lograr que sea apto para la fabricación de un medicamento

Materiales y Métodos

Este proyecto de investigación, en el cual su tema de estudio fue analizar la cantidad de remoción de humedad que puede ser removida por una nueva alternativa de secado, teniendo en cuenta que a nivel regional es el único medicamento producido y tan solo otros 5 fabricantes del medicamento existen a nivel nacional, de los cuales 2 se fabrican de manera sintética, método que no se usa en este caso y el restante son constituidos por empresas grandes o multinacionales.

El método usado para la investigación es de un enfoque cuantitativo [13], se presenta la medición de diferentes variables en cada una de las fases del proyecto, para el logro de los objetivos.

En la primera fase mediante el método Electra [14], se evalúan variables cuantitativas tales como: impacto ambiental [15], tiempos de producción, mantenimiento de cada una de las alternativas a considerar, costos de inversión y volúmenes de producción.

En la segunda fase, teniendo en cuenta las recomendaciones y los estudios de pre factibilidad para la mejora del proceso [16], e iniciando su implementación, se tuvo en cuenta aspectos técnicos locativos [17], recomendaciones de instalación [18], parámetros técnicos de la alternativa, configuración de la alternativa, manuales de buenas prácticas [19] y gases medicinales [20].

Seguidamente se indican todos los procesos a calificar, en los cuales se evalúan su desempeño en los componentes según su selección [21], se tiene trazabilidad en los cambios de la documentación, se describe y se realiza el nuevo diagrama con los componentes del mismo.

Por último, se realizan los protocolos de calificación y validación del nuevo proceso con las buenas prácticas de fabricación [22] y teniendo en cuenta la aplicación de las normas de calidad nacionales e internacionales del diseño [23], dentro del sistema de Gestión de

la calidad en sus Buenas prácticas de manufactura BPM.

En la última fase se determinarán mediante indicadores claves de desempeño o KPI, los aspectos específicos de la alternativa de secado en indicadores económicos, indicador ambiental e indicador social por la calidad del producto junto a algunos resultados que se produjeron a raíz del nuevo sistema de secado con la implementación de la nueva alternativa.

Resultados y Discusión

Para la elección de un sistema de secado se evaluaron tres alternativas para el proceso de fabricación de aire medicinal, las cuales fueron:

- Secado y purificación de aire medicinal comprimido
- Secado por refrigeración
- Secado por filtros de absorción de humedad

Inicialmente se realiza un Estudio de impacto ambiental, teniendo en cuenta la normativa colombiana aplicable [24] [25] y los desechos causados por la producción como son los vertimientos de la humedad removida del medicamento [26]

Estas tres se someten a una metodología de toma de decisiones Electra, el cual consiste en determinar la jerarquía de cada alternativa respecto a los criterios que se quiere mejorar bajo una serie de matrices con datos obtenidos en el análisis de cada alternativa. Estos criterios fueron el impacto ambiental junto con su metodología de evaluación [27], costo de la alternativa, tiempo de uso, volumen de producción y sus mantenimientos.

Con los resultados obtenidos mediante la realización de las matrices del método, se construye la matriz de dominancia agregada y el gráfico, que resumen el orden jerárquico de las alternativas analizadas mediante el método:

Tabla I. Matriz de dominancia agregada

Matriz de dominancia agregada				
	Secado y purificación de aire medicinal comprimido	Secado por refrigeración	Secado por filtros de absorción de humedad	Total fila
Secado y purificación de aire medicinal comprimido		0	0	0
Secado por refrigeración	1		1	2
Secado por filtros de absorción de humedad	0	0		0
Total columna	1	0	1	

Los datos obtenidos (Tabla I) expresan los resultados del análisis de la metodología

Electra, esta tabla indica por cada alternativa, el total de aspectos positivos (Columna "Total fila") y los aspectos negativos (Fila "Total columna"), con el fin de realizar el gráfico el método, el cual determina la jerarquía de las alternativas. Se infiere que el secado por refrigeración es la mejor alternativa de implementación de secado para este medicamento

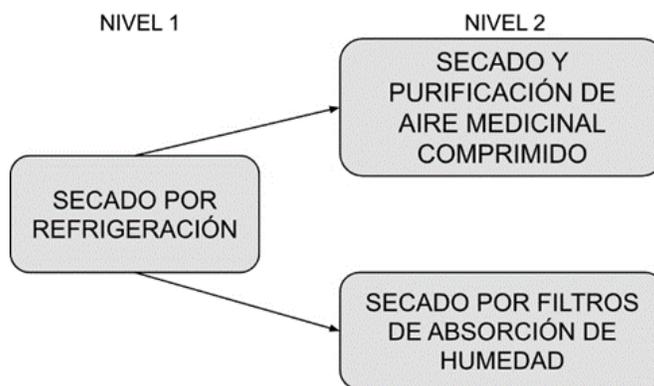


Figura 1. Gráfico del método Electra

Fuente: Elaborado por el autor

Para la primera fase, (Figura 1), se seleccionó la alternativa de secado por refrigeración ya que es la más viable en comparación con las otras dos alternativas propuestas, teniendo en cuenta los criterios definidos para el análisis del método Electra.

En la segunda fase, se hizo la implementación con el plan maestro de validaciones, específicamente el numeral de los cambios a las condiciones del sistema, para esto se nombran los procesos a calificar y los componentes del proceso; se da a conocer toda la documentación del proceso que se aplicó y algunas sujetas a cambio a partir de la implementación de la nueva alternativa.

Para la última fase, se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

A nivel económico se calculó el ahorro y rentabilidad a corto plazo (Tabla II), esto con el fin de conocer el retorno y ahorro de la nueva alternativa con respecto a los periodos de tiempos establecidos.

Tabla II. Cálculo del retorno de la inversión a corto plazo (1 año)

	MODELO ACTUAL	ALTERNATIVA EJECUTADA	AHORRO	SALDO CON INVERSIÓN
MES 1	\$ 4,100,000	\$ 25,669,400	-\$ 21,569,400	
MES 2	\$ 4,100,000	\$ 669,400	\$ 3,430,600	-\$ 18,138,800
MES 3	\$ 4,100,000	\$ 669,400	\$ 3,430,600	-\$ 14,708,200
MES 4	\$ 4,100,000	\$ 4,819,400	-\$ 719,400	-\$ 15,427,600
MES 5	\$ 4,100,000	\$ 669,400	\$ 3,430,600	-\$ 11,997,000
MES 6	\$ 4,100,000	\$ 669,400	\$ 3,430,600	-\$ 8,566,400
MES 7	\$ 4,100,000	\$ 669,400	\$ 3,430,600	-\$ 5,135,800
MES 8	\$ 4,100,000	\$ 4,819,400	-\$ 719,400	-\$ 5,855,200

MES 9	\$ 4,100,000	\$ 669,400	\$ 3,430,600	-\$ 2,424,600
MES 10	\$ 4,100,000	\$ 669,400	\$ 3,430,600	\$ 1,006,000
MES 11	\$ 4,100,000	\$ 669,400	\$ 3,430,600	\$ 4,436,600
MES 12	\$ 4,100,000	\$ 5,119,400	-\$ 1,019,400	\$ 3,417,200
TOTAL	\$ 49,200,000	\$ 45,782,800	\$ 3,417,200	6.95%

Con estos resultados se concluyó que antes del primer año (en el mes 10) se recuperó la inversión de la alternativa ejecutada y a fin del primer año se tuvo un ahorro del 6.95% respecto al modelo anterior para la fabricación del aire medicinal.

Se realiza una proyección a mediano plazo (Tabla III) como se propuso en la metodología para calcular el ahorro total y su porcentaje año a año, teniendo en cuenta proyecciones como inflación y costos de mantenimiento de la alternativa.

Tabla III. Cálculo de gastos a mediano plazo (5 Años)

	ALTERNATIVA EJE-CUTADA	MODELO ACTUAL	AHORRO	% AHORRO
AÑO 1	\$ 45,782,800.00	\$ 49,200,000.00	\$ 3,417,200.00	6.95%
AÑO 2	\$ 22,861,080.00	\$ 54,120,000.00	\$ 31,258,920.00	57.76%
AÑO 3	\$ 25,147,188.00	\$ 59,532,000.00	\$ 34,384,812.00	57.76%
AÑO 4	\$ 27,661,906.80	\$ 65,485,200.00	\$ 37,823,293.20	57.76%
AÑO 5	\$ 30,428,097.48	\$ 72,033,720.00	\$ 41,605,622.52	57.76%
TOTAL	\$ 151,881,072.28	\$ 300,370,920.00	\$ 148,489,847.72	49.44%

A mediano plazo se proyecta un tiempo de 5 años, vigencia que tiene el registro sanitario y permite al fabricante producir, comercializar, envasar, procesar, y/o expender los medicamentos, en este caso el aire medicinal. A partir del segundo año, se espera un ahorro del 57.76%. Financieramente a largo plazo (Tabla IV) se hizo una proyección del beneficio neto teniendo en cuenta la vida útil propuesta de la alternativa la cual es 10 años.

Tabla IV. Cálculo de la rentabilidad a largo plazo

<i>Rentabilidad = (beneficio neto/inversiones) X 100</i>	
BENEFICIO NETO	\$ 427,896,982.37
INVERSIONES	\$ 356,224,308.00
RENTABILIDAD ANUAL	12.01%

Con los datos obtenidos se concluyó que la rentabilidad proyectada a 10 años (proyección

de vida útil del equipamiento de la alternativa), resulta ser buena (se estima en el sector farmacéutico, que una rentabilidad anual del 10% al 20% es considerada, buena).

A nivel ambiental se hizo seguimiento por un año y se registraron los datos de residuos sólidos de material filtrante con el líquido filtrado del modelo actual de fabricación de aire medicinal (Tabla V), esto con el objetivo de conocer la reducción de desperdicios de la alternativa actual en comparación al modelo antiguo.

Tabla V. Análisis de residuos del proceso

	PESO INICIAL KG	PESO FINAL KG	CANTIDAD DE HUMEDAD FILTRADA KG
ALTERNATIVA EJECUTADA (ANUAL)	9.6	12.48	2.88
MODELO ANTERIOR (ANUAL)	38.82	50.29	11.47
KPI'S DE RESIDUOS	75.27%	75.18%	74.89%

En los resultados de este análisis, se puede concluir una amplia reducción de residuos en la fabricación de aire medicinal de la alternativa de secado por refrigeración, en comparación al modelo que manejaba (modelo anterior), justificando los beneficios ambientales que genera la mejora de fabricación de aire medicinal comprimido mediante la nueva alternativa de secado.

A nivel de rendimiento de la alternativa, se cuantificó la capacidad de remoción de agua (Tabla VI), primero se tuvo en cuenta la capacidad de filtrado de la alternativa de secado para la producción de aire medicinal:

Tabla VI. Capacidad de filtrado alternativa vs filtro

	HUMEDAD FILTRADA EN G	PN EN M ³	CANTIDAD DE HUMEDAD FILTRADA EN GR/M ³
ALTERNATIVA	3,600	12,480	0.288
FILTRO	956	3,120	0.306
			94.14%

Se evidencia que la alternativa de secado por refrigeración, cubrirá el 94.14% de la capacidad de trabajo de los filtros, aumentando la vida útil de estos. Luego, se tuvo en cuenta la toma de datos de un filtro con el modelo actual, en promedio se generan 10 producciones de 312 m³ de aire medicinal, se especifican entonces 3.120 m³ de producto y en promedio se retiran 956 g de H₂O de residuos respecto a las 10, con esto se concluye que en promedio se retiran 0,3064 g/m³.

Por último, a nivel social con la alternativa ejecutada, se tomaron datos con el filtro que se probó en 4 meses del producto, se recolectó una cantidad de 90 ml de H₂O aproximadamente por producción gracias a la trampa de H₂O, lo que equivale a 3600 ml o 3600 g de la alternativa más los 0,96 reportados por el filtro gastado, estos datos se tomaron con los condensados en temperatura ambiental para no tener en cuenta variables como la densidad y peso del líquido a 18 °C que se reporta a la salida por medida manual.

Tabla VII. Tabla de cálculo de KPI social

AIRE MEDICINAL M ³	HUMEDAD FILTRADA EN G	HUMEDAD FILTRADA EN GR/M ³
3,120	956	0.31
12,480	4,560	0.37
KPI SOCIAL	19.25%	

Realizado el análisis (Tabla 7), se demostró que hubo un aumento de la recolección de residuos de agua, esto quiere decir que la fabricación de aire medicinal resulta ser más puro, esto dando buenos resultados en la cuantificación a nivel social, ya que hay aumentos en los estándares de calidad del producto.

Se evidencia que todos los indicadores KPI'S obtuvieron resultados favorables en la medición con respecto a la alternativa anterior, lo que se evidencia en una acertada investigación en cada una de sus fases, estableciendo una mejora demostrable y concluyente del medicamento aire medicinal comprimido.

Conclusiones

Se seleccionó adecuadamente la alternativa de secado por refrigeración para remover la humedad e impurezas del aire medicinal comprimido en Norte de Santander, antes de ingresar por los filtros de secado y purificación, siendo esta la alternativa más conveniente según la metodología Electra.

Se implementó la alternativa de secado cumpliendo todas las normativas del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos INVIMA y todos los protocolos y validaciones aprobadas para el medicamento, obligatorio según el Ministerio de salud.

Se logró cuantificar los indicadores de gestión mediante KPI dando resultados positivos para la investigación en los cuales se destaca:

- Financieramente, existe un retorno de inversión de 10 meses, se proyecta un ahorro de más del 57% del método desde su segundo año y un beneficio neto a 10 años de más de \$450.000.000.
- Ambientalmente se reduce en más de 35Kg los desechos en filtros de secado y purificación.
- El rendimiento de la alternativa de secado alcanza un 94.14% de la capacidad total del secado.
- Socialmente mejora la calidad del medicamento en un 19% para su proceso de secado, impactando positivamente en sus pacientes.

Referencias

[1] Vademécum, Aire medicinal (V03AN05), 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.>

vademecum.es/principios-activos-aire+medicinal-v03an05-us

- [2] USPC, Medical Air, 2020. [Online]. Disponible en: https://online.uspnf.com/uspnf/document/1_GUID-A113E881-4666-4D6E-8B59-F6FB4E656AC9_2_en-US
- [3] Ministerio de Salud y Protección Social, Resolución 4410 de 2009, 2009. [Online]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCI%C3%93N%204410%20DE%202009.pdf
- [4] Ministerio de la Protección Social, Resolución 3862 de 2005, 2005. [Online]. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/compilacion/docs/resolucion_minproteccion_3862_2005.htm
- [5] Presidencia de la República, Decreto 549 de 2001, 2001. [Online]. Disponible en: <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1118044>
- [6] Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos-INVIMA, Resolución 20110112580, 2011. [Online]. Disponible en: <https://www.invima.gov.co/sites/default/files/resolucion-2011012580.pdf>
- [7] Presidencia de la República, Decreto 677 de 1995, 1995. [Online]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9751>
- [8] Yu Z., Fan T., Liu Y., Li L., Liu J., Yang B., Ramakrishna S., & Long Y.-Z. Efficient air filtration through advanced electro spinning techniques in Nano fibrous Materials: A review, 2024. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127773>
- [9] CB Tech, The science behind activated carbon water filters, 2018. [Online]. Disponible en: <https://www.carbonblocktech.com/the-science-behind-activated-carbon-water-filters/>
- [10] Ordoñez S., & Cifuentes J., Eficiencia energética en sistemas de aire comprimido industrial, 2016. [Online]. Disponible en: <https://www.repositorio.usac.edu.gt/4451/1/Eficiencia%20energ%C3%A9tica%20en%20sistemas%20de%20aire.pdf>
- [11] Elsevier, Refrigeration dryers switch to sustainable refrigerant, 2021. [Online]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0015-1882\(21\)00091-4](https://doi.org/10.1016/s0015-1882(21)00091-4)
- [12] Kaeser, Secadores refrigerativos de bajo consumo, 2024. [Online]. Disponible en: <https://ec.kaeser.com/download.ashx?id=tcm:151-5993>
- [13] Monje C., Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa, 2011. [Online]. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia->

de-la-investigacion.pdf

- [14] Solanas D., Aplicación de una herramienta de ayuda a la decisión multicriterio discreta en la elección de un activo en el sector del metal. Métodos ELECTRE I y IV, 2013. [Online]. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/289973560>
- [15] León J., Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo, 2011. [Online]. Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001413.pdf>
- [16] Maya, D, Estudio de pre factibilidad del mejoramiento técnico del proceso de producción de aire medicinal, 2017. [Online]. Disponible en: <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/682c877a-0f7e-4444-aca2-db7dd0701e52/content>
- [17] Girón E. , Sistema de gases médicos: una guía práctica para el diseño, 2011. [Online]. Disponible en: <https://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1944/1/1.%20Sistema%20de%20gases%20medicos%20una%20guia%20practica%20para%20el%20diseno.pdf>
- [18] Subred Integrada de Servicios de Salud Sur E. S. E., Manual seguridad de gases medicinales, 2022. [Online]. Disponible en: <https://www.subredsur.gov.co/wp-content/uploads/2023/07/GH-CVC-SST-MA-02-V2-SEGURIDAD-GASES-MEDICINALES.pdf>
- [19] Salazar A., & Cifuentes J., Manual de buenas prácticas de manufactura de gases medicinales del Hospital Universitario del Valle Evaristo García, 2017. [Online]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/bee4243b-1cc4-41ad-a772-5be587023c60/content>
- [20] Clínica S. C., Manual de gases medicinales, 2013. [Online]. Disponible en: <https://www.intranet.clinicasagradocorazon.com.co/wp-content/uploads/2016/03/001-MANUAL-DE-GASES-MEDICINALES.pdf>
- [21] Juárez, K, Implementación de criterios para selección y clasificación de sistemas de tratamiento de aire comprimido para la industria en Guatemala, en Kaeser compresores, 2014. [Online]. Disponible en: https://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0802_M.pdf
- [22] Garcés, D, Validación del proceso de producción de aire medicinal por compresor en los Comuneros Hospital Universitario, 2011. [Online]. Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/5868/informe%20final%2023%20de%20septiembre%202011%5b1%5d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [23] Paternina J., Petro J., Pachecho K., Ortiz M., Ogaza O., Navarro S., Verificación de las condiciones de calidad del área de almacenamiento de la central de oxígeno en el E.S.E. Hospital San Jerónimo De Montería, 2022. [Online]. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/19ae1e36-3e40-4db5-816c-87eff28c9005/content>
- [24] Congreso de Colombia, Ley 1252 de 2008, 2008. [Online]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1252-2008.pdf>
- [25] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto 1076 de 2015, 2015. [Online]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- [26] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 0631 de 2015, 2015. [Online]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-631-de-2015/>
- [27] Dellavedova M., Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental, 2010. [Online]. Disponible en: <https://blogs.ead.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%C2%BA-17-Gu%C3%ADa-metodol%C3%B3gica-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-una-EIA.pdf>