

## Valoración cuantitativa del consumo de oxígeno y las tecnologías asociadas, a fin de proponer metodologías para la optimización de su gestión en establecimientos de salud de la región

*Kadur El Ainie, Diego O. ; Aguirre Fernando R.; Bonell Claudia E.; Baroli Mónica B.; Flores José María; Hirigoyen, Germán M.; Leikan, Gabriel M.; Morales, Alejandra C.; Preisz, Emilce N.*

Autoras/es: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos. Ruta provincial 11, km 10 Oro Verde, Entre Ríos, Argentina

Contacto: [diego.kadur@uner.edu.ar](mailto:diego.kadur@uner.edu.ar)

ARK: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/lfzykn6wj>

### Resumen

La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye al oxígeno medicinal dentro de la lista de medicamentos esenciales para la atención básica de la salud. Si bien puede pensarse como inocuo, puede ser tóxico y poco seguro cuando no es utilizado en forma adecuada y tiene fuerte impacto en los costos asociados a la atención de la salud. En este proyecto, se analizaron dispositivos para su suministro (caudalímetros), se analizó la práctica de la prescripción de oxígeno en instituciones de salud en Argentina (mediante una encuesta) y se analizaron consumos en diversas instituciones de salud resultado de lo cual se desarrolló una herramienta para la estimación de su consumo basada en consumos medidos y estimados en una de estas instituciones. Los resultados obtenidos mostraron que si bien se reconoce al oxígeno como medicamento, tanto la prescripción como su suministro, en general, carece de guías y protocolos institucionales. También que es necesario continuar con seminarios y talleres como los que se desarrollaron en este proyecto, para poder capacitar a los actores involucrados en su gestión.

**Palabras clave:** Oxigenoterapia, uso seguro del oxígeno, consumo de oxígeno medicinal, caudalímetros, costos oxígeno medicinal.

## Objetivos propuestos y cumplidos

Fue objetivo del proyecto valorar en términos cuantitativos el consumo de oxígeno y las tecnologías asociadas, a fin de proponer metodologías para la optimización de su gestión en establecimientos de salud de la región. Para cumplir este objetivo, se analizaron los distintos aspectos del uso del oxígeno en las instituciones de salud intervinientes en este proyecto: su uso e indicación en la clínica, las características y uso de los dispositivos de suministro, las instalaciones, así como también se analizaron los consumos desde diversas perspectivas. Se analizaron dispositivos de control de caudal, se indagó sobre guías y protocolos de uso, sobre su prescripción y control del suministro y, además, se estudiaron y contrastaron estimaciones de consumo basadas en consumos de dispositivos de oxigenoterapia en uso y lo estimado a partir del cálculo de consumo en el punto de suministro.

## Marco teórico y metodológico (síntesis)

La administración de oxígeno con fines terapéuticos (oxigenoterapia) se usa para tratar numerosas patologías [1]. El oxígeno medicinal es provisto a los establecimientos de salud en forma gaseosa en cilindros o en forma líquida en termos o a granel. La selección del modo de suministro depende de los valores de consumo, distancia al proveedor, costos de la recarga y del mantenimiento de la instalación. Debe tener determinadas características en cuanto a su composición y calidad, y ha sido declarado por la Organización Mundial de la Salud como un medicamento esencial, incorporándose a la “lista de medicamentos esenciales” en 1979 como “Anestésico y gas terapéutico” y en 2017 para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda crónica [2]. En los establecimientos de salud, el oxígeno se distribuye mediante un sistema de redes, asegurando la administración continua del oxígeno gaseoso desde la fuente de suministro hacia las unidades terminales en los sitios de consumo. Estas instalaciones deben ser adecuadas para poder suministrar en caudal y presión el oxígeno que es utilizado para la oxigenación de pacientes. Las características de estas instalaciones, consideradas críticas dentro de todo establecimiento, son establecidas por la norma IRAM-ISO 7396-1:2014 “Sistemas de redes para gases medicinales comprimidos y vacío”. En el mismo sentido, el Programa Nacional de Garantía de la Calidad De la Atención Médica (PNG-CAM) establece directrices, que son utilizadas por el Ministerio de salud de Entre Ríos para la habilitación de servicios de salud, las cuales establecen los requisitos para las instalaciones y suministro de los gases medicinales, entre ellos el oxígeno [3].

El oxígeno es un medicamento, y como tal su administración al paciente debe estar acompañada por una indicación médica y una dosificación. La administración de este medicamento se realiza en forma gaseosa y, como otros medicamentos, su dosificación tiene que ser precisa para obtener los efectos deseados. Una dosificación inadecuada puede alterar la función pulmonar y puede llevar al agravamiento del paciente e incluso a su muerte [4],[5]. Por tratarse de un tratamiento aparentemente inofensivo, la administración de oxígeno suele realizarse por seguridad en pacientes que no padecen de hipoxia. El suministro de oxígeno sin una necesidad real por parte del paciente es un procedimiento común en el ámbito clínico pero que puede ser peligroso [6],[7]. La efectividad del tratamiento depende de la dosis de oxígeno, el tiempo de exposición, y otros factores relacionados con el estado clínico del paciente y, en general, es común

la dosificación sin una medición, lo cual se traduce en la administración de caudales excesivos, particularmente cuando se utilizan máscaras porcentuales o de alto flujo. En la práctica clínica habitual, el control de la administración y de la efectividad se realiza midiendo en el paciente parámetros de saturación de oxígeno en sangre, por oximetría o por laboratorio. Es por esto que si estos controles no se realizan en forma rutinaria, es posible que se produzcan daños graves, lo que requiere que los médicos en formación y otras personas estén formados y comprendan bien los riesgos [8], [9]. La infrautilización de oxígeno puede causar daño orgánico hipóxico, mientras que el uso excesivo puede dañar a los recién nacidos y causar insuficiencia respiratoria hiper-cápnica en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica [10],[11]. Se han reportado numerosos incidentes graves relacionados a la mala gestión del oxígeno en su administración al paciente [12],[13].

La gestión del oxígeno también requiere del conocimiento de normas de seguridad. Durante la oxigenoterapia, el oxígeno se acumula en cabello, barba y ropa del paciente así como también en el sitio donde es administrado. Si bien no es un gas inflamable, cualquier reacción de ignición con la presencia de materiales inflamables que ocurra en su presencia será fácilmente potenciada con lo cual representa un peligro de incendio. El contenido de oxígeno en aire es de aproximadamente del 21%; sin embargo, los materiales que normalmente no se encienden pueden encenderse en presencia de oxígeno puro o en aire mezclado con más oxígeno de lo habitual. Es conocido, además, que tanto los equipos de oxígeno como las herramientas utilizadas para su manipulación deben estar libres de grasas, dado que se puede provocar en ésta una reacción de combustión intensa [14],[15].

Las instalaciones deben ser continuamente verificadas a los fines de prolongar su vida útil, disminuir costos operacionales, mantener su confiabilidad, disminuir riesgos de operadores y pacientes, y racionalizar el uso de los recursos. Se deben realizar, por ello, pruebas de detección de fugas y hermeticidad, entre otras pruebas y mediciones, para garantizar el correcto estado de funcionamiento de las instalaciones [16],[17].

La gestión del oxígeno, entendiéndose por esto a todos los procesos involucrados en su adquisición, recepción, almacenamiento y manipulación, distribución desde el punto de suministro hacia los puntos de consumo, la prescripción médica y dispensación al paciente, el análisis de consumos y el control de calidad de todos estos procesos son claves para la optimización de este recurso y la seguridad y eficacia en sus aplicaciones médicas [18],[13]. La necesidad de países en desarrollo como el nuestro, de aumentar la disponibilidad de sistemas de suministro y tecnologías para la oxigenoterapia accesibles de calidad, seguras y apropiadas en su uso, ha sido observada por la Organización Mundial de la Salud, quien ha emitido documentos técnicos para proporcionar especificaciones de productos y brindar orientación para la selección, adquisición, uso y mantenimiento de estos y las instalaciones asociadas [19],[20].

Para el desarrollo del proyecto se abordaron los distintos elementos y procedimientos antes descritos y que impactan en el uso seguro del oxígeno en instituciones de salud. El abordaje propuesto se enfocó en tres aspectos: el primero sobre el suministro del medicamento, el segundo los dispositivos con los cuales se suministra y el tercero el análisis de instalaciones y consumos.

Los datos reportados en la literatura y las bases de datos de tecnologías médicas que reportan eventos con dispositivos, y datos de incidentes graves relacionados con el uso de oxígeno, muestran problemas comunes: poco conocimiento sobre la terapia aguda

con oxígeno, administración de oxígeno sin una prescripción u otra orden escrita, niveles incorrectos de flujo de oxígeno, falta de monitoreo y acción ante niveles anormales de saturación de oxígeno, y otros hallazgos relacionados con una mala gestión del oxígeno [4],[12]. En Argentina, no existen informes similares ni reportes de incidentes que muestren el estado actual en la gestión de la calidad de este suministro esencial. Por esta razón, esta parte del proyecto de investigación tuvo como objetivo analizar el estado actual de la gestión de este insumo en instituciones de salud de la Argentina, en particular a lo que corresponde a la prescripción del medicamento, y su monitoreo por parte del personal de salud involucrado en estas tareas. Para ello, integrantes de este proyecto (neumólogo, enfermera especialista en terapia y bioingenieros) diseñaron una encuesta destinada a relevar aspectos específicos de la gestión en la prescripción y control del oxígeno suministrado a los pacientes. Dado que esta encuesta implica datos sobre profesionales y sus prácticas, la información se recopiló y gestionó utilizando REDCap (Research Electronic Data Capture), con un servidor alojado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos además se procedió a realizar una anonimización. Esta herramienta es una plataforma de software segura basada en web diseñada para respaldar la captura de datos en estudios de investigación, proporcionando: una interfaz intuitiva para la captura de datos validados; registros de auditoría para rastrear la manipulación de datos y procedimientos de exportación; procedimientos de exportación automatizados para descargas de datos sin problemas en paquetes estadísticos comunes; y procedimientos de integración electrónica de datos e interoperabilidad con fuentes externas (Harris et al., 2009, 2019). Luego de configurado el cuestionario se realizaron validaciones en cuanto a la comprensión de las preguntas, usabilidad del cuestionario y confiabilidad en los resultados obtenidos. Se procedió además, a pedir la aprobación del Comité central de Bioética de Entre Ríos para, luego de haber obtenido esta aprobación poder poner en circulación la encuesta. Esta aborda una serie de preguntas sobre el perfil del participante, su experiencia laboral, la institución en la que trabaja y sus prácticas de prescripción y control del oxígeno medicinal. También se indaga sobre si el participante prescribe oxígeno y si considera que el oxígeno es un medicamento. Se pregunta sobre los criterios de prescripción habituales y los métodos utilizados para el control de la prescripción de oxígeno. También se pregunta sobre la forma en que se realiza la prescripción de dosis de oxígeno, es decir si es verbal o escrita o ambas, y la frecuencia de control de la prescripción. Por último, se indaga sobre los indicadores utilizados para la prescripción de oxígeno y cómo se determina que ya no es necesaria la oxigenoterapia.

La oxigenoterapia es la administración de aire con oxígeno en una concentración mayor que la del aire ambiente, a través de distintos dispositivos. La forma de administración varía según el requerimiento del paciente, es decir que se decide la utilización de cánula nasal, mascarilla, máscara de venturi o dispositivos de alto flujo - u otros dispositivos - según el cuadro clínico del paciente, además cada uno de estos dispositivos mencionados funcionan en un rango específico de flujo, por lo que es de suma importancia la medición del flujo entregado. Para controlar la cantidad de litros por minuto de oxígeno que se está administrando, utilizamos un caudalímetro. El indicador del flujo puede ser una aguja que varía sobre una escala graduada o mediante una "bola" que sube y baja por un cilindro con una escala graduada también. Por esto, en este trabajo se evaluó el funcionamiento de caudalímetros en uso en instituciones de salud cuyo desempeño podría causar consumos mayores a los requeridos, debido a una falta

de precisión en el caudal suministrado e indicado por el profesional para el tratamiento. Es así que este estudio evaluó caudalímetros de diferentes marcas y modelos en instituciones de salud, utilizando equipos del Laboratorio de Ensayo y Calibración de Equipamiento Médico (LEyCEM). Se midieron caudales con instrumentos calibrados, como el FLUKE 700PD7, VT PLUS HS, y el calibrador FLUKE 726. Los caudalímetros fueron sometidos a pruebas en redes de oxígeno que operan entre 4 y 6 bar, y se ajustaron a 3,5 bar, de acuerdo con la norma ISO 7396-1. Se evaluó la precisión de los caudales según la norma ISO 15002:2008, que permite un margen de  $\pm 10\%$  del valor nominal en el rango del 10% al 100% de la escala. Las mediciones se realizaron en tres series, con puntos definidos en 5, 7, 8, 9, 10, 12, 15, y con el caudalímetro abierto al máximo. Cada serie incluyó curvas ascendentes y descendentes, y se registraron temperatura y humedad. Para cada muestra se anotaron datos del caudalímetro, condiciones ambientales y presión de la red de oxígeno en el punto de medición.

En tercer lugar, el análisis del impacto de la instalación en el consumo de oxígeno tiene dos abordajes: se puede realizar la evaluación centrada en el análisis en los puntos de consumo conociendo los dispositivos de oxigenoterapia utilizados y la prescripción y, por el otro lado, se puede estimar el consumo en el punto de suministro (tanques).

## **Síntesis de resultados y conclusiones**

Los datos obtenidos y su análisis, que se presentan en el presente artículo, se obtuvieron de la encuesta realizada sobre una cantidad total de 180 registros o respuestas hasta Agosto de 2023. Gran parte de las respuestas fueron dadas por profesionales enfermeros (68,5 %) con una representación menor de profesionales médicos (12,9 %) y médicos neumonólogos (10,1 %). El promedio de experiencia laboral de los profesionales de enfermería encuestados fue de 12 años. Del total de los profesionales de enfermería que respondieron la encuesta, el 77,1% de los encuestados se desempeñan dentro del ámbito público. Del total de las personas encuestadas, la mayoría se desempeñan en internación (42,1%) y cuidados críticos (27,2%).

Tal como se mencionó, el oxígeno es un medicamento, razón por la cual debe ser prescrito y monitoreado por personal competente y entrenado para estas actividades. De los profesionales de enfermería encuestados, el 87,7% reconoce o conoce que el oxígeno es un medicamento. Por otro lado, la prescripción médica debería incluir una descripción clara que detalle cómo, cuándo, durante cuánto tiempo, cuánto y las acciones de monitoreo y así como en el caso de otros medicamentos, debe ser realizada por un médico en forma escrita y preferentemente reforzada en forma oral, al personal (en general personal de enfermería) responsable de su suministro y monitoreo. Cuando en la encuesta se indaga sobre si, en particular el personal de enfermería, realiza un control sobre la prescripción realizada, sin indagar sobre el tipo de control o sobre si esta está indicada en la prescripción médica, el 32,8 % de los encuestados respondió que no realiza controles, y el 65,6 % respondió que sí.

El contenido o detalle de la prescripción, así como también la adherencia a su control, puede estar relacionado a la forma en que esta es realizada. En cuanto a este aspecto, las indicaciones de la prescripción, el 46,3 % recibe la indicación en forma escrita, el 25 % lo recibe en forma verbal y escrita y un 28,8% lo recibe sólo en forma verbal.

En cuanto a las mediciones realizadas sobre los caudalímetros en uso, los resultados fueron llamativos. Las mediciones en este trabajo se hicieron a 570 kPa y 400 kPa, con lo cual es esperable que al trabajar a mayor presión el caudal entregado sea mayor que el fijado. Es así que según el procedimiento realizado y los instrumentos de medición utilizados podemos mencionar que 2 caudalímetros de un total de 18 analizados, cumplieron con lo pedido en la norma. A mayor presión, tal como se reportó en el trabajo publicado [21], el caudal suministrado es mayor al fijado, por lo que hay más consumo de oxígeno y se le está suministrando un caudal mayor al prescrito al paciente.

En cuanto al análisis que se realizó en las instalaciones, se analizó el consumo teórico de oxígeno en los principales servicios de la institución para contrastarlo con el consumo real de oxígeno que tuvo la misma en los periodos de estudio correspondientes. La diferencia entre estos conceptos es fundamental a la hora de reconocer los consumos no identificados de oxígeno ya que el consumo real posee un valor inherentemente mayor al teórico debido a factores que se buscan identificar en este proyecto. En este sentido, las diferencias halladas se atribuyeron a consumos no identificados y/o registrados correctamente en las historias clínicas. La herramienta diseñada, que estima el consumo a partir de los datos de dispositivos utilizados, permitiría seguir analizando y contrastando estos valores para identificar si existen consumos no identificados y/o pérdidas en la instalación.

## CONCLUSIONES

Tal como se mencionó en la introducción, la OMS ha incluido al oxígeno en la lista de medicamentos y dispositivos esenciales para la atención básica de la salud (Pan American Health Organization, 2021). Este elemento constituye un suministro esencial para las instituciones de salud, y si bien puede pensarse en inocuo, son numerosas las referencias que detallan los efectos tóxicos del oxígeno cuando éste no es suministrado de la forma adecuada (Decalmer&O'Driscoll, 2013; Heili-Frades et al., 2020; Hochberg et al., 2021; Lamont et al., 2010; Mach et al., 2011). La revisión realizada en el proyecto de investigación responsable por esta encuesta, mostró que existen internacionalmente reportes que muestran estos aspectos así como también recomendaciones, guías y/o protocolos que buscan garantizar la calidad en el uso del oxígeno. Estos documentos abordan soluciones a problemas tales como la falta de reconocimiento del oxígeno como medicamento, las deficiencias o falta de indicaciones adecuadas en su prescripción, el seteo de niveles incorrectos de flujo de oxígeno, falta de monitoreo y acción ante niveles anormales de saturación de oxígeno, entre otros (Beasley et al., 2015; O'Driscoll et al., 2017; Piraino et al., 2022). En este sentido, este trabajo tuvo por objetivo indagar sobre los aspectos prácticos de la prescripción del oxígeno en instituciones de salud de Argentina, dado que no existen reportes similares que muestren el estado de situación en los establecimientos de salud en nuestro país. Se decidió por un formato tipo encuesta, por ser el método apropiado para poder recabar más información sobre el objeto de estudio, y para lo cual el diseño del contenido fue realizado en conjunto con profesionales de la salud y validado de acuerdo a las prácticas corrientes en este tipo de estudio (Desalu et al., 2019).

Como otros medicamentos, la prescripción debe ser realizada por un profesional médico, con el detalle y la claridad suficiente que permita que quien lo suministra, no cometa errores. En general, muchos de las referencias consultadas reportan que es-

tas indicaciones suelen ser pobres o poco detalladas (Cousins et al., 2016; Kane et al., 2013). Esta prescripción debe incorporar no sólo la necesidad del suministro de oxígeno, sino también del detalle de su dosis (o flujo), el dispositivo a utilizar para su suministro, duración, control del suministro y periodicidad del control (Beasley et al., 2015; O'Driscoll et al., 2017; Piraino et al., 2022).

En este proceso, particularmente en el suministro y control del oxígeno al paciente, es relevante la participación de los profesionales de enfermería. En este sentido, los resultados obtenidos en este estudio muestran que, en su gran mayoría, el personal de enfermería reconoce al oxígeno como un medicamento. Gran parte de los encuestados se desempeñan en internación y cuidados críticos.

La OMS indica que la prescripción debe ser médica (como cualquier otro medicamento) y debe realizarse en forma verbal y escrita. En este trabajo se encontró que sólo del 25 % de estos profesionales lo recibe de esta forma.

La prescripción del oxígeno es compleja, dado que las indicaciones pueden diferir en función de cuál sea el dispositivo con el que se suministra, además de incorporar datos numéricos tales como el flujo. En este trabajo, el 65,6 % reportó que realiza control de la prescripción (con alguna periodicidad), estando esto posiblemente relacionado a la falta de indicación efectuada. Por otro lado, la prescripción del oxígeno es compleja, dado que las indicaciones pueden diferir en función de cuál sea el dispositivo con el que se suministra, además de incorporar datos numéricos tales como el flujo. Es deseable que las instituciones de salud cuenten con protocolos de suministro de oxígeno y otras formas de guías o documentos para capacitar, consensuar criterios y orientar a los profesionales médicos en las formas en que esta prescripción debe ser realizada (Beasley et al., 2015; O'Driscoll et al., 2017; Piraino et al., 2022).

Los resultados de esta encuesta muestran que es necesario realizar acciones de formación a todos los profesionales involucrados. Los problemas que han sido reportados, se han atribuido a la falta de capacitación del personal médico y de enfermería, la falta de familiaridad con los dispositivos de suministro de oxígeno, el desconocimiento de los efectos, función y peligros de la terapia, las limitaciones en el tiempo del personal responsable por su suministro y control, la necesidad de establecer valores de referencia y su control, la dificultad de comunicación entre quienes prescriben y quienes administran y controlan, la falta de personal, entre otras muchas causas (Cousins et al., 2016, 2016; Lamont et al., 2010). Por un lado, la existencia de protocolos o guías promueven la ejecución de una prescripción correcta, lo que se demuestra por la existencia de protocolos y guías en este campo. Por el otro, quien lo suministra y controla, requiere que sean plasmados en la indicación médica todos los datos necesarios para su suministro y control. Si bien la mayoría del personal de enfermería reconoce al oxígeno como un medicamento, es posible que la inexistencia de guías y/o capacitación en su manejo impliquen que no haya requerimientos por su parte para la comprensión y completitud de la indicación.

Se ha sugerido que estas problemáticas pueden ser resueltas mediante acciones de capacitación, la redacción de guías y/o protocolos de administración y la realización de auditorías periódicas en las instituciones de salud (Cousins et al., 2016; Lamont et al., 2010; O'Driscoll et al., 2017; Pan American Health Organization, 2021).

En cuanto a la medición de caudalímetros, podemos decir que la falta de exactitud en el caudal suministrado y prescripto por el profesional tratante tendría dos impactos: por un lado las consecuencias clínicas del paciente por la administración imprecisa del

oxígeno sabiendo que es indispensable para la vida, pero su potencialidad tóxica es enorme. Por otro lado, el consumo excesivo de un recurso que tiene un costo económico elevado para la institución de salud. En este contexto, es necesario además valorar los riesgos en el paciente por el desconocimiento de cuánto oxígeno está realmente llegando al paciente, ya que por ejemplo cuando abrimos el caudalímetro totalmente estamos fuera de escala (es decir que no sabemos cuánto oxígeno recibe el paciente). Los resultados de esta investigación muestran que los valores llegan hasta 80 l/min siendo la mayor escala de los caudalímetros analizados 15 l/min, lo que significa administrar 5 veces más del mayor caudal máximo. Las consecuencias clínicas de una administración excesiva de O<sub>2</sub> en determinadas circunstancias es capaz de producir daño pulmonar (sobre todo en pulmones previamente dañados) y condicionar la aparición de lesiones en otros órganos y sistemas que puedan contribuir con la aparición del fracaso múltiple orgánico. Visto lo hallado en esta investigación, sería necesario explorar las consecuencias de una sobredosificación de O<sub>2</sub> cuando se realizan procedimientos de oxigenoterapia.

En cuanto a las mediciones efectuadas en las instalaciones, se observó que las diferencias entre los consumos medidos en el punto de suministro y el estimado por los dispositivos de oxigenoterapia en uso, podrían atribuirse en parte a la falta de un correcto manejo de estos últimos y a las prescripciones mal efectuadas.

La principal conclusión de este proyecto es la necesidad de profundizar en la capacitación en el uso del oxígeno, tanto al personal de salud como a los profesionales involucrados en el diseño, mantenimiento y gestión de las instalaciones. Durante el desarrollo del proyecto, y en acciones que se continuarán realizando, las investigaciones realizadas y los resultados obtenidos fueron utilizados en las clases de asignatura ingeniería hospitalaria en la carrera de Bioingeniería de la FIUNER. Se realizaron además, en formato de aula híbrida y abiertos a todo el público, seminarios de difusión de resultados y de formación, entre los cuales debemos mencionar como más importante el de "Oxigenoterapia en la internación", a cargo del Doctor en medicina y neumólogo Luis Darío Larrateguy.

Como parte de los trabajos efectuados, se formalizó un Aula virtual donde se montaron distintos documentos y, además, se diseñó un curso de formación autogestionado sobre las temáticas desarrolladas, destinado a todo el personal de salud de las instituciones de salud, de acceso libre y sin cargo. El curso contempla la capacitación en el uso del oxígeno y las tecnologías asociadas, con conceptos que van desde aspectos básicos de fisiología y sistema respiratorio, hasta las instalaciones de gases medicinales.

Transcurridos los tres años que contempla el desarrollo del PID, se ha podido complementar con las actividades propuestas, incluso se pudo realizar un estudio complementario dentro del proyecto, para indagar en profundidad sobre la administración del oxígeno medicinal por parte de los distintos actores en los establecimientos de salud. A partir de esto se adquieren nuevos conocimientos que se difundieron y se descubren nuevas líneas que pueden ser profundizadas en trabajos futuros. Se debió trabajar interdisciplinariamente para lograr lo explicitado en este informe. Los datos obtenidos y la generación de información a partir de ellos permiten tomar decisiones en cuanto a la necesidad de capacitación a los RRHH de los establecimientos de salud de la región y probablemente sean interés a integrantes de otras organizaciones de salud.

Los conocimientos obtenidos y las actividades realizadas en esta investigación se han incorporado en forma de capacitaciones al personal de salud de distintos esta-



blecimientos, o como publicaciones que pueden ser de utilidad para distintos actores del subsistema de servicios de salud para la gestión de costos asociados a este medicamento.

En el ámbito académico, al dictado de materias de grado de la carrera de Bioingeniería y de posgrado en la especialización de ingeniería clínica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Entre Ríos donde los integrantes del proyecto realizan sus actividades docentes. Las competencias específicas pretendidas para el Bioingeniero están directamente relacionadas con las actividades del proyecto, con lo cual el conocimiento generado y los procesos relevados y/o recomendados para la gestión del oxígeno y la tecnología asociada serán utilizados en la enseñanza de las asignaturas específicas. También se espera continuar con el dictado de seminarios de grado y posgrado que permitan la transferencia al área académica.

Además se espera poder hacerlo en la carrera de enfermería de la Facultad de ciencias de la vida y la salud (FCVYS) de la UADER y en otras organizaciones interesadas.

La información generada, permitirá tomar decisiones respecto a la gestión de este importante recurso, permitiendo un mejor acceso al mismo y optimizando una parte importante en la matriz de costos de los establecimientos de salud.

Se está trabajando actualmente en los riesgos relacionados a la gestión del oxígeno, en particular asociados al uso de accesorios, instalaciones y equipamiento.

## Indicadores de producción

Los resultados del proyecto, así como también el estado del arte en el consumo del oxígeno y las tecnologías médicas asociadas, en las que participaron los integrantes del proyecto o que se generaron a consecuencia de las actividades efectuadas, se describen a continuación:

En mayo de 2023 se difundió el acceso para responder la encuesta ya validada y con el protocolo autorizado por el comité central de bioética del ministerio de salud de Entre Ríos. "Análisis de los protocolos de uso y prescripción del oxígeno en ambientes clínicos en establecimientos de salud".

Publicación de artículo: Se publicó en Springer Proceedings Book Series el paper "Assessment of flowmeters operation used for oxygen therapy in health institutions". G.M. Leikan, M. Narváez, A. C. Morales, C. E. Bonell, D. O. Kadur El Ainie. Se publica en la FCVS UADER- Año 1 N° 2 - Diciembre 2023 a Junio 2024 - Revista "Salud, comunidad y ciencia", de la Facultad de Ciencias de la vida y la salud, (FCVS) de UADER. Sección Artículos originales de investigación: Micaela Narváez, Claudia Bonell, Diego Kadur El Ainie "Conociendo el uso del oxígeno medicinal a través de encuestas: un estudio de prácticas en Argentina" - Understanding the use of medical Oxygen Through Surveys: a study of practices in Argentina. <https://revistacienciasfcvs.uader.edu.ar/index.php/revistacienciasfcvs2022/article/view/30/9>

El día 5 de octubre se realizó la exposición de póster y asistencia al Congreso SABI 2023 por parte de la becaria Micaela Narvaez: Conociendo el uso de oxígeno a través de encuestas: un estudio de prácticas en Argentina. Narváez, Micaela. Bonell, Claudia. Larrateguy, Luis. Kadur El Ainie, Diego- FIUNER

El día 21 de septiembre en las Jornadas capacitación de Expomedical 2023 se realizó la presentación del PID y resultados parciales por parte de Diego KADUR EL AINIE. "Gestión del oxígeno en instituciones de salud: Prescripción, consumos y costos."

El día 4 de octubre de 2023, Diego KADUR EL AINIE expuso sobre “Planificación de la gestión del mantenimiento general del Sanatorio la entrerriana” en el 33 Congreso Latinoamericano de arquitectura e ingeniería hospitalaria de la AADAIH en la ciudad de Buenos Aires. Se incluye la temática desde la perspectiva del mantenimiento de las instalaciones para oxígeno.

El día 16 de noviembre de 2023 se realizó el seminario “Oxigenoterapia en la internación” a cargo del Doctor en medicina y neumonólogo Luis Darío LARRATEGUY. El formato fue de aula híbrida y abierto a todo público.

El 20 de marzo de 2024 Se realizó el “Taller de oxigenoterapia: nociones básicas” con el temario: Concientizar sobre la importancia de la capacitación profesional - Adquirir nociones básicas de oxigenoterapia, manipulación de dispositivos de administración - Recordar técnicas básicas de administración de oxígeno. En el Centro de Atención Integral y Cuidados Especiales (CAICE) a cargo de la Lic. Ana Bejarano y Micaela Narváez becaria investigadora FIUNER Se capacitaron 17 personas empleadas del CAICE.

En septiembre de 2024 se elabora y envía “Mejorando el acceso al oxígeno medicinal desde la ingeniería clínica”, material en formato mp4 a GCEA - Global Clinical Engineering Alliance en el marco del día mundial de la ingeniería clínica, se incluye subtítulo en inglés para que pueda tener más difusión. La intención es visualizar la importancia de poder colaborar en la mejora del acceso al oxígeno, desde la ingeniería clínica.

## Bibliografía

- [1] M. J. Tobin, “Why Physiology is Critical to the Practice of Medicine: A 40-year Personal Perspective,” *Clinics in Chest Medicine*, vol. 40, no. 2. W.B. Saunders, pp. 243–257, Jun. 01, 2019, doi: 10.1016/j.ccm.2019.02.012.
- [2] World Health Organization, “Model List of Essential Medicines,” 2020. <https://list.essentialmeds.org/>.
- [3] Ministerio de Salud de la Nación, “Directrices de Organización y Funcionamiento de Servicios de Salud,” Programa Nacional de Garantía de Calidad de la Atención Médica. <https://www.argentina.gob.ar/salud/calidadatencionmedica/directrices>.
- [4] J. L. Cousins, P. A. B. Wark, and V. M. McDonald, “Acute oxygen therapy: A review of prescribing and delivery practices,” *International Journal of COPD*, vol. 11, no. 1. Dove Medical Press Ltd., pp. 1067–1075, May 24, 2016, doi: 10.2147/COPD.S103607.
- [5] R. Barrett, E. Catangui, and R. Scott, “Acute oxygen therapy: a cross-sectional study of Prescribing practices at an English Hospital immediately before COVID-19 pandemic,” *Expert Rev. Respir. Med.*, Sep. 2020, doi: 10.1080/17476348.2021.1826316
- [6] R. Hofmann et al., “Oxygen Therapy in Suspected Acute Myocardial Infarction,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 377, Aug. 2017, doi: 10.1056/NEJMoa1706222.
- [7] N. Sepehrvand, S. K. James, D. Stub, A. Khoshnood, J. A. Ezekowitz, and R. Hofmann, “Effects of supplemental oxygen therapy in patients with suspected acute myocardial infarction: a meta-analysis of randomised clinical trials,” *Heart*, vol. 104, no. 20, pp. 1691 LP – 1698, Oct. 2018, doi: 10.1136/heartjnl-2018-313089.

- [8] M. Managó, L. Bonaccorsi, and A. Forcher, "Análisis del uso de oxigenoterapia en internación: aplicación de un protocolo de control," *Rev. Am. Med. Resp*, vol. 1, pp. 11–17, 2011.
- [9] R. Bugarín and J. Martínez, "La oxigenoterapia en situaciones graves | Medicina Integral," *El médico en las situaciones Urgent.*, vol. 36, no. 5, pp. 159–165, 2020, [Online]. Available:<https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-la-oxigenoterapia-situaciones-graves-10022221>.
- [10] J. Escarrabill, C. Monasterio, R. Estopá, "Oxigenoterapia. Efectos secundarios. Yatrogenia," *Archivos de Bronconeumología*, vol. 29, no. 3, pp. 123–128, 1993.
- [11] F. Gordo-Vidal, E. Calvo-Herranz, A. Abella-Álvarez, and I. Salinas-Gabiña, "Toxicidad pulmonar por hiperoxia," *Med. Intensiva*, vol. 34, no. 2, pp. 134–138, 2010, doi: 10.1016/j.medin.2009.04.007.
- [12] C. S. Lamont T, Luettel D, Scarpello J, O'Driscoll BR, "Improving the safety of oxygen therapy in hospitals: summary of a safety report from the National Patient Safety Agency," *BMJ*, 2010, doi:10.1136/bmj.c187.
- [13] O. O. Desalu et al., "Development and validation of a questionnaire to assess the doctors and Nurses knowledge of acute oxygen therapy," *PLoS One*, vol. 14, no. 2, pp. 1–15, 2019, doi:10.1371/journal.pone.0211198.
- [14] Compressed Gas Association, "[P-45] Fire Hazards of Oxygen and Oxygen-Enriched Atmospheres," *Standards & Guidelines*, 2018. <https://portal.cganet.com/Publication/Details.aspx?id=P-45>.
- [15] Compressed Gas Association, "[G-4] Oxygen," *Standards & Guidelines*, 2015. <https://portal.cganet.com/Publication/Details.aspx?id=G-4>.
- [16] J. Renedo, "Faq sobre la reducción del gasto mediante la eliminación de fugas de gases medicinales," *Rev. Arquít. Ing. Gestión Hosp. y Sanit.*, p. 7, 2020.
- [17] D. Kadur, "Evaluación y optimización del consumo de oxígeno en una institución de salud," 2005.
- [18] World Health Organization (WHO), "Oxygen sources and distribution for COVID-19 treatment centres," *WHO Guidel.*, no. April, pp. 1–6, 2020.
- [19] U. World Health Organization, WHO-UNICEF Technical Specifications and Guidance for Oxygen Therapy Devices Medical Device Technical Series. 2019.
- [20] SEPAR, N. Arraiza, Organización Mundial de la Salud, "Especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno," *Man. Separ Procedimientos*, no. 29, p. 64, 2014, [Online]. Available:<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/251911/9789243509884-spa.pdf;jsessionid=9988B3D66C98861AE3ACA0D96F035B3D?sequence=1>.
- [21] G.M. Leikan, M. Narváez, A. C. Morales, C. E. Bonell, D. O. Kadur El Ainie "Assessment of flow meters operation used for oxygen therapy in health institutions" ..SABI 2022-IFMBE Springer Proceedings Book Series 105 pp 191-200, 2024.

**PID6227 Denominación del Proyecto**

Valoración cuantitativa del consumo de oxígeno y las tecnologías asociadas, a fin de proponer metodologías para la optimización de sugestión en establecimientos de salud de la región.

**Director**

Kadur El Ainie, Diego Omar

**Unidad de Ejecución**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Dependencia**

Facultad de Ingeniería

**Contacto**

[diego.kadur@uner.edu.ar](mailto:diego.kadur@uner.edu.ar)

**Cátedra/s, área o disciplina científica**

Ingenierías y tecnologías

**Instituciones intervinientes públicas o privadas.**

Publicas: Ministerio de Salud de Entre Ríos. Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud – UADER. Hospital Materno Infantil San Roque. Hospital San Martín De Paraná. Hospital San José de Diamante. Hospital de La Baxada Dra. Teresa Ratto.

Privadas: Sanatorio La Entrerriana SA de Paraná

**Integrantes del proyecto**

Docentes UNER: Aguirre Fernando Rubén; Bonell Claudia Edith; Baroli Mónica Beatriz; Flores José María; Hirigoyen, Germán Martín; Leikan, Gabriel Maximiliano; Morales, Alejandra Cristina; Preisz, Emilce Noemí. Integrante Externo: Bejarano, Ana María (Fcvsys-Uader). Larrateguy, Luis Darío (Centro de Medicina Respiratoria) y Larrateguy Santiago Darío (Centro de Medicina Respiratoria) Colaborador Externo: Grilli Anibal Alberto; Perez, Tulio Federico; Peterson, María Virginia; Ramirez, Carlos Rodolfo.

**Fechas de iniciación y de finalización efectivas**

22/04/2021 y 26/10/2024

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 199/25 (04-07-2025)