



CADENA DE FRÍO DEL PROGRAMA NACIONAL DE INMUNIZACIONES PERUANO EN EL CONTEXTO DE LA PANDEMIA COVID-19

COLD CHAIN OF THE PERUVIAN NATIONAL IMMUNIZATION PROGRAM IN THE CONTEXT OF THE COVID-19 PANDEMIC

Alfonso Gutiérrez-Aguado ^{1,a}, Mariana Mendoza ^{2,b}, Tatiana Sarazú ^{3,a}, Paula Rodríguez-Ordoñez ^{4,a}

RESUMEN

Objetivo: Identificar aspectos críticos de la Cadena de Frío en el Perú. **Métodos:** Estudio descriptivo. Se analizaron datos del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y del Ministerio de Salud (MINSa) de los años 2020-2021, así como los registros administrativos de las Estrategias Sanitarias Regionales de inmunizaciones del MINSa en 2020. Se consideraron aspectos técnicos de la Norma Técnica de Manejo de cadena de frío, como es obsolescencia, dotación, funcionalidad y capacidad de almacenamiento. **Resultados:** En el año 2020, en términos de obsolescencia el 61.8% de los equipos de cadena de frío a nivel nacional presentaban obsolescencia, siendo regiones claves como Lima Metropolitana (capital del país) la más afectada con un 88%. En cuanto a la dotación de equipos, el 9% de los establecimientos de salud del primer nivel carecen de equipos de refrigeración, siendo Loreto la región con mayor déficit 46%, seguida de Huancavelica con un 21% de brecha. En términos de funcionamiento, se registra que el 84% de los equipos a nivel nacional funcionan, y el 16% reportan fallas técnicas, lo cual representa alto riesgo en la seguridad y potencia inmunogénica de las vacunas a prever. En términos de capacidad, al considerar el almacenamiento trimestral o mensual para las vacunas contra la COVID-19 u otras emergencias sanitarias se identificaron brechas significativas. **Conclusiones:** Existen riesgos en la operatividad, suministro y capacidad de almacenamiento de las vacunas del esquema nacional de inmunizaciones de Perú incluso ante emergencias sanitarias.

Palabras clave: Cadena de frío; Programa de Inmunizaciones; Inmunización; Vacunas. (Fuente: DeCS- BIREME)

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to identify critical aspects of the Cold Chain in the immunization process in Peru. **Methods:** A descriptive study was conducted, analyzing data from the Ministry of Economy and Finance (MEF) and the Ministry of Health (MINSa) for the years 2020-2021, as well as administrative records from the MINSa's Regional Health Strategies for immunizations in 2020. Technical aspects established in the Health Technical Standard for Cold Chain Management, such as obsolescence, allocation, functionality, and storage capacity were taken into account. **Results:** In the year 2020, at the national level, 61.8% of the cold chain equipment showed obsolescence, with some regions exceeding 75%, with Lima's metropolitan region being the most affected at 88%. Concerning equipment allocation, 9% of the first-level health facilities lacked refrigeration equipment, with Loreto having the highest deficit (46%), followed by Huancavelica with a 21% gap. The overall equipment functionality nationwide was 84%, meaning that 16% of health facilities experienced technical failures, affecting vaccine's storage capacity and posing risks to their safety and immunogenicity. Significant gaps were identified when considering quarterly or monthly storage for COVID-19 vaccines or other health emergencies. **Conclusions:** This study highlights potential risks in the operability and storage capacity of the national immunization program's vaccines in Peru during contingencies such as the COVID-19 pandemic or other health emergencies.

Keywords: Cold chain; Immunization programs; Immunization; Vaccination coverage; vaccines. (Source: MeSH NLM).

¹ Universidad Continental. Lima, Perú

² Universidad Norbert Wiener. Lima, Perú.

³ Sanofi. Lima, Perú

⁴ Sanofi. Bogotá, Colombia

^a Médico Cirujano

^b Enfermera

Citar como: Gutiérrez-Aguado A, Mendoza M, Sarazú T, Rodríguez-Ordoñez P. Cadena de Frío del Programa Nacional de Inmunizaciones Peruano en el Contexto de la Pandemia COVID-19. Rev Fac Med Hum. 2024;24(1):73-84. doi:10.25176/RFMH.v24i1.6189

Journal home page: <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH>

Artículo publicado por la Revista de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Ricardo Palma. Es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons: Creative Commons Attribution 4.0 International, CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial, por favor póngase en contacto con revista.medicina@urp.pe



INTRODUCCIÓN

La vacunación es una intervención de Salud Pública exitosa y rentable, que reduce directamente los costos médicos⁽¹⁾. En 1896, la Salud Pública peruana dio tres importantes pasos en la vacunación: 1) se hizo obligatoria en todo el país la vacunación y revacunación, 2) se estableció el Instituto Vacunal de Lima (hoy conocido como Instituto Nacional de Salud), y 3) el Ministerio de Fomento (ahora Ministerio de Salud) comenzó sus actividades⁽²⁾. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) en 1974, a través de la Resolución CD25.R27, estableció el Programa Ampliado de Inmunización (PAI), considerando la vacunación y vigilancia epidemiológica de enfermedades prevenibles como estrategias fundamentales en 1977⁽³⁾. En 1979, el PAI se implementó en Perú, y se llevaron a cabo campañas masivas contra la poliomielitis (Vacunaciones Nacionales-VAN), logrando con éxito la erradicación del virus salvaje de la polio en Perú en 1991, así como el sarampión en 2000 y la rubéola en 2006⁽⁴⁾.

Desde el año 2000, hubo cambios estructurales en el gobierno peruano, incluida la descentralización y regionalización⁽⁵⁾. En salud, se desactivaron programas "verticales" como el PAI, creando la Estrategia Sanitaria Nacional de Inmunizaciones (ESNI) en 2004, con un Comité Consultivo y un Comité Permanente como asesores⁽⁶⁾. La Ley 28010 General de Vacunas se promulgó en junio de 2003, declarando obligatorias las actividades de vacunación y los fondos destinados a ello como inamovibles. La evaluación internacional de 2014⁽⁷⁾ impulsó al PAI a formar parte de la estructura del Ministerio de Salud (MINSA)⁽⁸⁾, otorgándole mayor relevancia.

La cadena de frío en su desarrollo ha tenido una serie de desafíos y soluciones, las cuales dieron impulso al proceso de inmunización a nivel global. En 1976, el profesor David Morley del Instituto de Salud Infantil de Londres propuso que la OMS estableciera un equipo dentro del PAI, para abordar tres cuestiones críticas: ausencia de sistemas para monitorizar la temperatura de las vacunas termosensibles, ausencia de equipo apropiado para almacenar y transportar vacunas y un número insuficiente de personal adecuadamente capacitado para manipular las vacunas⁽⁹⁾. Morley destaca la importancia del manejo adecuado de la cadena de frío, mientras que la OPS-UNICEF advierte que problemas en transporte, escasez de personal, falta

de suministros o interrupciones en la cadena de frío pueden llevar a la pérdida de confianza y la disminución de la demanda de servicios de inmunización⁽¹⁰⁾. Esto subraya la necesidad de una infraestructura y logística sólidas para gestionar un programa nacional de inmunización eficiente.

En la historia de Perú, la Cadena de Frío ha sido objeto de varios inventarios. El primero se realizó en 1989, el segundo entre 1993 y 1994, y el tercero en 2004 con el apoyo de UNICEF, coincidiendo con el establecimiento de la Estrategia Sanitaria Nacional de Inmunizaciones y la Ley de Vacunas. Este último inventario reveló la necesidad de revitalizar los componentes de inmunización, priorizando la incorporación de nuevas vacunas y la actualización de la Cadena de Frío con tecnología de vanguardia para garantizar la conservación y calidad de las vacunas⁽¹¹⁾.

La dotación en la cadena de frío, según Shibeshi et al⁽¹²⁾, puede verse afectada por la inaccesibilidad geográfica de los servicios, el desabastecimiento de vacunas y/o los problemas de la cadena de frío, representando la mayoría de las oportunidades perdidas para la vacunación de los niños en muchos países, y, Pambudi et al⁽¹³⁾ refiere que el éxito de un programa de vacunación se basa no solo en el porcentaje de efectividad de la vacuna sino también en la gestión de la cadena de suministro de frío. La funcionalidad, según Ogboghodo et al⁽¹⁴⁾, es uno de los determinantes significativos de la práctica de la gestión de la cadena de frío, así como Hatchett et al⁽¹⁵⁾, describe que el funcionamiento del refrigerador de vacunas es importante para garantizar que los medicamentos permanezcan almacenados de manera segura y se mantenga su eficacia.

A nivel internacional se recomienda que los tres niveles de la cadena de frío tengan una adecuada gestión y planificación de la cadena de frío de modo que contemple criterios de manejo y administración eficaz del suministro de vacunas. Según la OMS, para la introducción de la vacuna contra la COVID-19⁽¹⁶⁾, la cadena de frío es uno de los componentes operacionales que debe garantizarse para la planificación, organización y ejecución de una vacunación nacional contra el coronavirus SARS COV-2, asegurando el acceso a estas vacunas de manera justa, equitativa y segura.



Tao et al⁽¹⁷⁾ refieren que se debe explorar el método para calcular las necesidades de capacidad de la cadena de frío utilizando la base de datos de productos de inmunización, considerando que las necesidades de capacidad de la cadena de frío para el programa de inmunización se pueden medir con precisión con el volumen de dosis de productos de inmunización, tal como está establecido en la Norma Técnica de Salud (NTS) del Manejo de la Cadena de Frío en las Inmunizaciones⁽¹⁸⁾, cuya metodología se ha empleado para el presente estudio.

En el contexto de la pandemia COVID-19, se estableció vacunar a 24 millones de peruanos⁽¹⁹⁾, para lo cual el MINSA concretó los acuerdos de compra bajo la modalidad de COVAX Facility o los convenios bilaterales para garantizar el acceso a las vacunas por parte de la población, incluida la migrante⁽²⁰⁾. Durante este periodo se establecieron lineamientos técnicos y operacionales para implementar la vacunación, los cuales se modificaron según la disponibilidad de las vacunas y la evidencia científica sobre las mismas. En la actualidad, Perú cuenta con cuatro vacunas diferentes contra el SARS_COV_2⁽²¹⁾, las cuales se han distribuido y administrado a nivel nacional.

El objetivo del presente estudio es identificar los aspectos críticos de la cadena de frío, usando como herramienta una base estructurada de información, cuyo análisis muestra la realidad situacional en los aspectos vitales de su manejo y desempeño, datos que en el contexto de la Pandemia COVID-19 y otras situaciones similares que se presenten a futuro, serán importantes para una toma de decisiones oportuna y adecuada en la gestión de inmunizaciones a nivel nacional y subnacional del Ministerio de Salud.

MÉTODOS

Localidad y período de ejecución

Este estudio incluyó la información sobre equipamiento de cadena de frío obtenida a nivel nacional de todas las entidades prestadoras de salud (IPRESS) del MINSA⁽²²⁾ que brindaron el servicio de vacunación durante el período de diciembre de 2020 a diciembre de 2021.

Tipo de estudio y diseño de investigación

Estudio descriptivo que analiza las bases de datos del Ministerio de Economía y Finanzas – MEF (SIGA módulo

patrimonio y SIAF)⁽²³⁾ de las IPRESS del MINSA, los registros de dosis de vacunas y distribución (SISMED)⁽²⁴⁾ de los años 2020 y 2021, así como los registros administrativos de las Estrategias Sanitarias Regionales de inmunizaciones del MINSA del año 2020.

VARIABLES DE ESTUDIO

Criterios de Inclusión

Datos sobre equipamiento de cadena de frío de las IPRESS del MINSA que prestaron el servicio de vacunación los años 2020 y 2021, que están registrados en el SIGA Patrimonio (MEF).

Datos sobre equipamiento de cadena de frío de todas las Unidades de Gestión de IPRESS -UGIPRESS (25) del MINSA que registran en el SIGA Patrimonio años 2020 y 2021, que están registrados en el SIGA Patrimonio (MEF).

Instrumentos de recolección de Datos

El presente estudio estableció cuatro criterios de evaluación, los mismos contemplados dentro de la norma técnica de cadena de frío peruana actualmente vigente⁽¹⁸⁾. Estos se describieron en correspondencia con los datos registrados en las Direcciones o Gerencias Regionales de Salud (DIREAS, GERESAs), Direcciones de Redes Integradas de Salud (DIRIS) y la proporcionada por la plataforma del SIGA Patrimonio del Ministerio de Economía y Finanzas.

La revisión de la información técnica nacional e internacional ha permitido valorar la operatividad y funcionalidad de la Cadena de Frío para la inmunización en Perú en el contexto de la Pandemia COVID-19:

Criterio 1: Obsolescencia. Por tiempo de instalación o uso del equipo, permite establecer cuántos equipos están adecuados para su uso. Según norma técnica peruana el 100% de los equipos deben registrar menos de 10 años de antigüedad para garantizar el funcionamiento adecuado, de lo contrario debe evaluarse la pertinencia de uso o caso contrario retirarlo del servicio.

Criterio 2: Dotación. Número de establecimientos de Salud que cuentan con equipos de cadena de frío, permite identificar la necesidad de equipamiento al 100% del país. Cada región vacuna el 100% de sus IPRESS del primer nivel, por ello un solo establecimiento

sin estos equipos es un riesgo para la conservación de las vacunas.

Criterio 3: Funcionalidad. Condición actual o nivel de funcionamiento en que se encuentran los equipos de cadena de frío, el cual establece el nivel de operatividad de la cadena de frío en los tres niveles de atención. Un equipo que no funciona o que necesita reparación, no garantiza capacidad de almacenamiento.

Criterio 4: Capacidad de almacenamiento por niveles. Describe la capacidad de almacenamiento real con la que cuenta una IPRESS para cubrir la necesidad de almacenamiento de las vacunas del esquema de rutina y de las vacunas como la COVID-19. La norma establece que todas las vacunas deben estar almacenadas entre +2°C y +8°C⁽¹⁸⁾ en el nivel local por lo que todas las IPRESS deben contar con equipamiento para el 100% de las vacunas de rutina y las vacunas de actividades complementarias (campana, emergencias, barridos entre otros).

Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis y evaluación de los datos se utilizó información de la DATA SIGA PATRIMONIO sobre equipos y complementos de cadena de frío de las IPRESS, con los registros recogidos e informados de los años 2020 y 2021, así también un análisis comparativo basado en la descripción y ubicación de estos equipos según tipo, funcionalidad y vida útil por cada centro de costo (IPRESS, UGIPRESS, Almacén).

Procesamiento y Análisis

Se revisó la información correspondiente a refrigeradores y congeladores eléctricos y solares, según la data obtenida del Módulo SIGA Patrimonio del Ministerio de Economía y Finanzas, por ser consistente y contar con más variables de valoración e identificación que la información oficiosa con la que se cuenta en la mayoría de las IPRESS que brindan el servicio de vacunación. La información obtenida del SIGA Patrimonio, se extrajo de los cubos en el aplicativo Cognos Power Play⁽²⁶⁾, posteriormente, la información correspondiente a los criterios de evaluación se exportó a Microsoft Office Excel y los cuadros de reporte se procesaron mediante tablas dinámicas.

El procesamiento final se realizó mediante la consolidación de las variables evaluadas por cada región (DIRESAS, GERESAS y DIRIS), por cada centro de

costo (IPRESS, UGIPRESS), según nivel de categoría y considerando sólo las variables que identifican los equipos de cadena de frío de uso en las inmunizaciones. El análisis se realizó tomando como base lo establecido en la norma técnica para el manejo de la cadena de frío en las inmunizaciones en criterios evaluados⁽¹⁸⁾.

Consideraciones éticas

La presente investigación fue realizada con bases de datos secundarias accesibles libremente de portales de organismos oficiales del estado, en ningún caso se presentan datos individuales de pacientes. Por ello, no fue necesario contar con la aprobación de un comité de ética.

RESULTADOS

Obsolescencia

Mediante la información obtenida de la Data del SIGA Patrimonio, se identificó el número y tipo de equipos con más de 10 años de existencia. La tabla 1 refleja los equipos de cadena de frío a nivel nacional (global) que se encuentran en obsolescencia, aproximadamente el 61.8% de los establecimientos de salud responsables del proceso de vacunación cuentan con equipos de cadena de frío obsoletos. En algunas regiones este valor supera el 75%, como es el caso de Lima Metropolitana (88%), Ayacucho (81%), Cusco (79%) y Huancavelica (77%), siendo estas las principales regiones del país. La data del SIGA Patrimonio brinda el reporte de la totalidad de equipos de cadena de frío activos que existen en los establecimientos de salud en todo el país hasta diciembre 2021, donde 7,643 equipos (38.2%) tienen una antigüedad menor de 10 años y 12,370 equipos (61.8%) tienen una antigüedad mayor a 10 años. Este hallazgo es de vital importancia en términos de gestión de riesgos en el manejo de la cadena de frío en el Perú.

Dotación

La dotación de equipos de cadena de frío en Perú ha crecido de manera progresiva desde 2008, en el año 2021 durante la Pandemia COVID-19 se fortaleció la cadena de frío en Perú con una inversión de 145 millones de soles⁽²⁷⁾, que incrementó la capacidad de almacenamiento para vacunas a nivel regional y local. De manera global a nivel regional se pueden almacenar las vacunas de rutina y contra la COVID-19, sin embargo, en el nivel local que es donde se aplican las vacunas y deben estar disponibles, existen 727 IPRESS del primer nivel de atención (9%) que carecen de este equipamiento a diciembre del año 2021, siendo una brecha de dotación vigente por atender.


Tabla 1. Obsolescencia de equipos de refrigeración y congelación a nivel nacional, enero 2022.

REGIONES	Menor de 10 años	%	Mayor de 10 años	%	Total equipos cadena de frío
LIMA METROPOLITANA ¹	243	12	1757	88	2000
AYACUCHO	182	19	788	81	970
CUSCO	192	21	724	79	916
HUANCAVELICA	226	23	768	77	994
CALLAO	60	26	172	74	232
PASCO	132	27	353	73	485
AREQUIPA	116	27	308	73	424
CAJAMARCA	321	28	809	72	1130
ANCASH	413	29	990	71	1403
PUNO	200	31	443	69	643
JUNIN	330	33	667	67	997
TUMBES	57	34	109	66	166
ICA	177	39	282	61	459
LIMA REGION	409	42	554	58	963
APURIMAC	413	44	535	56	948
TACNA	85	47	97	53	182
LAMBAYEQUE	340	48	366	52	706
LORETO	278	49	286	51	564
PIURA	729	51	697	49	1426
LA LIBERTAD	539	55	447	45	986
MADRE DE DIOS	156	56	123	44	279
AMAZONAS	531	59	371	41	902
SAN MARTIN	407	60	267	40	674
MOQUEGUA	101	62	62	38	163
UCAYALI	389	67	191	33	580
HUANUCO	617	75.2	204	25	821
TOTALES	7643	38.2	12370	61.8	20013

Fuente: SIGA Patrimonio MEF

La tabla 2 evidencia que el 91% de los establecimientos de salud de primer nivel de atención cuenta con equipos de refrigeración, por otro lado, existen 727 (9%) establecimientos sin equipos de refrigeración, siendo las regiones de Loreto (46%) y Huancavelica (21%) las que más brecha presentan, debiendo ser por el contrario las más fortalecidas por ser regiones de sierra y selva con población más dispersa e inaccesible, con registro de más bajas coberturas de vacunación de rutina y contra COVID-19^(28,29) y adicionalmente regiones

en las que se registran mayores reportes de brotes de enfermedades inmunoprevenibles. Adicionalmente, es de alto riesgo identificar que LIMA la capital del país es una de las regiones con menor dotación de equipos de cadena de frío; considerando que es la región con mayor densidad poblacional a nivel nacional. La falta de equipos de cadena de frío conlleva a una capacidad inadecuada, lo cual puede interrumpir la prestación del servicio de vacunación y contención de emergencias sanitarias⁽³⁰⁾.

Tabla 2. Dotación de equipos de refrigeración en IPRESS (establecimientos de salud) del primer nivel de atención, diciembre 2021.

REGIONES	EE.SS CON EQUIPOS	EE.SS SIN EQUIPOS	TOTAL EE.SS	%
PASCO	252	2	254	99
ANCASH	398	7	405	98
LAMBAYEQUE	178	4	182	98
CUSCO	334	8	342	98

MADRE DE DIOS	90	3	93	97
JUNIN	485	18	503	96
LIMA	319	12	331	96
CAJAMARCA	823	32	855	96
SAN MARTIN	352	14	366	96
LA LIBERTAD	289	12	301	96
ICA	137	6	143	96
PIURA	397	18	415	96
PUNO	438	26	464	94
AYACUCHO	377	26	403	94
LIMA NORTE	100	8	108	93
AMAZONAS	437	42	479	91
TACNA	69	7	76	91
HUANUCO	297	32	329	90
AREQUIPA	230	26	256	90
MOQUEGUA	56	7	63	89
CALLAO	45	6	51	88
LIMA SUR	115	16	131	88
LIMA ESTE	70	10	80	88
UCAYALI	188	29	217	87
LIMA CENTRO	63	10	73	86
APURIMAC	336	54	390	86
TUMBES	37	7	44	84
HUANCAVELICA	321	86	407	79
LORETO	233	199	432	54
TOTALES	7466	727	8193	91

Fuente: Data SIGA Patrimonio-MEF

Funcionalidad

El funcionamiento de los equipos de la cadena de frío a nivel nacional (Tabla 3) es del 84%, lo que implica que a pesar de que el 16% de establecimientos de salud cuenta con equipos de cadena de frío (refrigeración y congelación), estos presentan fallas técnicas o deterioro, con lo que la capacidad de almacenamiento de vacunas es nula en estos establecimientos de salud, generando un riesgo para la seguridad y potencia inmunogénica de las mismas. En el contexto de la vacunación contra la COVID-19 o en situaciones de contingencia similares, estos establecimientos tendrían dificultades para almacenar vacunas, pues no se podría

garantizar un adecuado mantenimiento de las temperaturas y se afectaría la capacidad inmunogénica de las vacunas, situación que pone en riesgo la disponibilidad de las vacunas de rutina⁽³¹⁾ y por consecuencia se tendría esquemas incompletos de vacunación o poblaciones sin vacunar. La tabla 3 muestra que 5 regiones tienen funcionando por encima del 95% los equipos de la cadena de frío (Lambayeque, Lima Este, Tacna, Cajamarca y Tumbes), y 5 tienen menos del 80% de sus equipos funcionando (Ucayali, Loreto, Arequipa, Lima Centro y Lima Norte). Esto trae consigo la dificultad para almacenar vacunas, situación que pone en riesgo la operatividad de la vacunación.

Tabla 3. Funcionamiento de los equipos de cadena de frío (refrigeración y congelación), diciembre 2021.

DEPARTAMENTO	D	NFRE	NFRR	NI	F	Total equipos	% en F
LAMBAYEQUE					363	363	100
LIMA ESTE			3		190	193	98
TACNA			3		190	193	98
CAJAMARCA		3	26		1759	1788	98
TUMBES		4		1	119	124	96
JUNIN		35	27	3	1185	1250	95



LA LIBERTAD		23	20		706	749	94
HUANCAVELICA		14	60		853	927	92
PIURA		1	100		871	972	90
LIMA PROVINCIAS	3	18	74		811	906	90
SAN MARTIN		46	49	4	784	883	89
HUANUCO		21	83		665	769	86
MADRE DE DIOS		2	26		172	200	86
AMAZONAS			129		765	894	86
CALLAO		10	12		125	147	85
ICA			42		219	261	84
LIMA SUR		43	28	4	371	446	83
AYACUCHO			155	1	743	899	83
ANCASH		53	164		931	1148	81
PASCO		67	29	44	595	735	81
APURIMAC			169		711	880	81
CUSCO			161		670	831	81
MOQUEGUA			36		144	180	80
PUNO		57	197	3	1007	1264	80
UCAYALI		30	86		412	528	78
LORETO		115	64	1	392	572	69
AREQUIPA			239		348	587	59
LIMA CENTRO			119		127	246	52
LIMA NORTE			260		160	420	38
Total general	3	542	2,361	61	16,388	19,548	84

Fuente: Data SIGA Patrimonio-MEF /Inventario cadena de frío DMUNI, 2021

Leyenda: F = Funciona NI = No instalado D = Deteriorado NFRE = No funciona requiere evaluación

NFRR = No funciona requiere reparación

Capacidad de almacenamiento

La NTS de manejo de la cadena de frío en las inmunizaciones, establece para esta función un personal debidamente entrenado y calificado, que debe realizar la medición del volumen de cada vacuna del Esquema Nacional de Vacunación según la metodología establecida en dicha norma⁽¹⁸⁾. La tabla 4 muestra que, si bien se tiene cubierta de manera global, la necesidad de capacidad de almacenamiento para las vacunas del esquema regular en una distribución trimestral y mensual, cuando se contrasta con lo que se requiere para el almacenamiento de vacunas COVID-19, se observa que 15 (58%) de las 26 regiones pueden

cubrir la necesidad de capacidad de almacenamiento trimestral y mensual de estas vacunas. Este análisis se realizó con la información disponible a corte de diciembre 2021, sin considerar las vacunas que requieren ultracongelación, dado que éstas solo se almacenan a nivel nacional y regional⁽²¹⁾. Adicionalmente, la brecha de 582,579 y 56,809 metros cúbicos de capacidad de almacenamiento trimestral y mensual respectivamente para las vacunas COVID-19, implica una mayor rotación en la distribución de las vacunas de rutina como de la COVID-19 en las 11 regiones (42%) que no tienen capacidad para almacenarlas de manera trimestral y mensual.

Tabla 4. Estimación de la necesidad de capacidad de almacenamiento anual, trimestral y mensual para las vacunas de rutina y las brechas para el almacenamiento de la vacuna contra COVID-19 según la capacidad disponible con las vacunas de rutina, diciembre 2021

REGIONES (MINSA)	Capacidad total (A)		Necesidad de cadena de frío para vacunas de rutina (Vac.Regular)			Capacidad disponible			Necesidad de cadena de frío Vacunas COVID-19			Brecha en cadena de frío para Vac. COVID-19		
	Anual (B)	Trimestral (C)	Mensual	(A)-(C)	(A)-(D)	Mensual (F)	Anual (G)	(H)	(I)	(E)-(H)	(J)-(I)	Mensual	Trimestral	Mensual
AMAZONAS	87,817.50	2,416.25	805.42	85,401.25	87,012.08	76,726.00	19,181.50	6,393.83	66,219.75	80,618.25				
ANCASH	78,401.50	5,725.50	1,908.50	72,676.00	76,493.00	219,466.00	54,866.50	18,288.83	17,809.50	58,204.17				
APURIMAC	57,143.50	2,106.25	702.08	55,037.25	56,441.42	79,404.00	19,851.00	6,617.00	35,186.25	49,824.42				
AREQUIPA	52,669.00	27,269.00	6,817.25	45,851.75	50,396.58	283,608.00	70,902.00	23,634.00	-25,050.25	26,762.58				
AYACUCHO	21,775.50	3,243.00	1,081.00	18,532.50	20,694.50	118,092.00	29,523.00	9,841.00	-10,990.50	10,853.50				
CAJAMARCA	129,941.50	6,789.50	2,263.17	123,152.00	127,678.33	274,326.00	68,581.50	22,860.50	54,570.50	104,817.83				
CALLAO	24,150.00	19,846.00	4,961.50	1,653.83	19,188.50	203,333.00	50,833.25	16,944.42	-31,644.75	5,551.75				
CUSCO	54,286.80	25,079.00	6,269.75	48,017.05	52,196.88	255,151.00	63,787.75	21,262.58	-15,770.70	30,934.30				
HUANCAVELICA	48,732.00	7,772.00	1,943.00	46,789.00	48,084.33	74,906.00	18,726.50	6,242.17	28,062.50	41,842.17				
HUANUCO	48,029.50	14,477.00	3,619.25	44,410.25	46,823.08	146,289.00	36,572.25	12,190.75	7,838.00	34,632.33				
ICA	29,621.50	17,019.00	4,254.75	1,418.25	25,366.75	161,213.00	40,303.25	13,434.42	-14,936.50	14,768.83				
JUNIN	68,573.50	25,599.00	6,399.75	62,173.75	66,440.25	243,997.00	60,999.25	20,333.08	1,174.50	46,107.17				
LA LIBERTAD	80,596.00	36,019.00	9,004.75	71,591.25	77,594.42	354,679.00	88,669.75	29,556.58	-17,078.50	48,037.83				
LAMBAYEQUE	56,103.50	23,744.00	5,936.00	50,167.50	54,124.83	242,125.00	60,531.25	20,177.08	-10,363.75	33,947.75				
LIMA	113,808.00	164,459.00	41,114.75	72,693.25	100,103.08	1,862,744.00	465,686.00	155,228.67	-392,992.75	-55,125.58				
METROPOLITANA	37,690.00	18,735.00	4,683.75	33,006.25	36,128.75	188,162.00	47,040.50	15,680.17	-14,034.25	20,448.58				
LIMA REGION	57,016.50	19,573.00	4,893.25	52,123.25	55,385.42	174,239.00	43,559.75	14,519.92	8,563.50	40,865.50				
LORETO	25,514.00	3,219.00	804.75	24,709.25	25,245.75	29,341.00	7,335.25	2,445.08	17,374.00	22,800.67				
MADRE DE DIOS	25,691.50	3,190.00	797.50	24,894.00	25,425.67	36,816.00	9,204.00	3,068.00	15,690.00	22,357.67				
PASCO	16,855.00	5,027.00	1,256.75	15,598.25	16,436.08	50,193.00	12,548.25	4,182.75	3,050.00	12,253.33				
PIURA	65,810.00	36,555.00	9,138.75	3,046.25	62,763.75	346,606.00	86,651.50	28,883.83	-29,980.25	33,879.92				
PUNO	68,123.50	21,897.00	5,474.25	1,824.75	66,298.75	228,670.00	57,167.50	19,055.83	5,481.75	47,242.92				
SAN MARTIN	57,586.00	15,823.00	3,955.75	53,630.25	56,267.42	159,276.00	39,819.00	13,273.00	13,811.25	42,994.42				
TACNA	25,085.50	5,954.00	1,488.50	4,961.7	23,597.00	70,031.00	17,507.75	5,835.92	6,089.25	18,753.42				
TUMBES	22,648.00	4,343.00	1,085.75	21,562.25	22,286.08	41,535.00	10,383.75	3,461.25	11,178.50	18,824.83				
UCAYALI	7,431.50	11,361.00	2,840.25	4,591.25	6,484.75	98,020.00	24,505.00	8,168.33	-19,913.75	-1,683.58				
TOTALES	1,361,100.8	588,082.0	147,020.5	1,214,080.3	1,312,094.0	6,018,948.0	1,504,579.0	501,579.0	-582,756.0	-56,809.2				

Fuente: Data SIGA Patrimonio-MEF. Fuente MINSA: Estimación necesidades vacunas COVID-19 DMUNI / CENARES



DISCUSIÓN

En la actualidad, no se ha logrado validar el control del mantenimiento preventivo especializado oportuno a nivel regional de la cadena de frío, por lo que los equipos que superan los 10 años resultan en obsolescencia programada, ocasionando dificultades en la capacidad de almacenamiento no solo de las vacunas del esquema regular sino también las vacunas contra la COVID-19, debido a que solo un 38.2% de equipos tiene una antigüedad menor a 10 años. Adicionalmente, llama la atención que alrededor del 80% de los equipos de las 5 principales regiones de Perú son obsoletos. La interrupción de la cadena de frío genera un desperdicio evitable de vacunas y la pandemia COVID-19 demostró que hay vacunas que requieren almacenamiento a diferentes temperaturas (entre 0°C y 10°C, a -20°C y -70°C), aumentando la complejidad de la cadena de suministro de vacunas y enfatizando su necesidad. El estudio actual destaca la urgencia y la importancia de fomentar estrategias de intervención en sistemas de refrigeración y biológicos que favorezcan la capacidad de almacenamiento, suministro y atención de vacunas adecuada durante contingencias similares a la pandémica del COVID 19 en el futuro.

Con relación a la dotación, el estudio de Shibeshi, Masresha y Daniel⁽¹²⁾, demostró que los problemas de la cadena de frío representaron la mayoría de las oportunidades perdidas para la vacunación de los niños en muchos países, siendo que el 25% de países no tenían suficientes equipos de cadena de frío para ejecutar los servicios de extensión. Del mismo modo Piché-Renaud⁽³²⁾ en relación con la dotación de vacunas, refiere que la COVID-19 ha provocado modificaciones sustanciales en los servicios de inmunización pediátrica en Canadá, siendo necesario implementar estrategias para mitigar las barreras a las inmunizaciones durante la pandemia para evitar brechas de inmunidad que podrían conducir a un eventual aumento de enfermedades prevenibles por vacunación, ambas situaciones descritas coinciden con lo encontrado en Perú donde la falta de equipos (9%) en el primer nivel de atención, pone en riesgo la provisión de vacunas de rutina y las de COVID-19 a la población de éstos ámbitos. De igual manera, pone como evidencia que regiones como Loreto, una de las que tiene mayor tasa de morbimortalidad por enfermedades infecciosas prevenibles, tiene un porcentaje muy bajo

de dotación de equipos de refrigeración (54%) exponiendo a mayor riesgo a la población.

El presente estudio muestra un 16% de equipamiento que no funciona, llegando a ser un factor crítico en la gestión de la cadena de frío de Perú. Según Ogboghodo et al⁽¹⁴⁾, la presencia de refrigeradores funcionales ($p=0,016$) ha sido el valor de mayor significancia como determinante significativo para la práctica de la gestión de la cadena de frío, y Hatchett⁽¹⁵⁾, demuestra que el funcionamiento del refrigerador de vacunas y los controles requeridos por los profesionales de la salud garantiza el almacenamiento de manera segura, manteniendo su eficacia. Por ello, tal como identificó Feyisa⁽³³⁾ se requiere esfuerzos atentos para brindar un manejo adecuado de las cadenas de frío de vacunas en los puntos de entrega de inmunización. La funcionalidad se relaciona directamente con la obsolescencia, considerando que a mayor número de equipos obsoletos a nivel nacional, mayor alteración en la funcionalidad de estos. Teniendo en cuenta este criterio, son valiosos los resultados de este análisis, considerando que el nivel de obsolescencia de los equipos de cadena de frío en los establecimientos de salud encargados de la vacunación; supera el 61%.

Respecto de la brecha en la capacidad de almacenamiento para vacunas COVID-19, el país requiere medidas urgentes para evitar los sobrecostos por la alta rotación de vacunas que conlleva a riesgos en la seguridad y oportunidad de las mismas, tal como lo describen Ortiz et al⁽³⁴⁾ y Bulula et al⁽³⁵⁾ cuando mencionan que la atención inmediata al fortalecimiento de los sistemas de inmunización es esencial para apoyar las respuestas a la pandemia, pero, sobre todo la capacidad de almacenamiento de vacunas y estas permitirían incluso una reducción en los costos en la cadena de suministros de vacunas. Este estudio demuestra colapso actual que existe en el almacenamiento de vacunas de forma mensual y trimestral en Lima y Ucayali.

CONCLUSIONES

El análisis nos permite evidenciar riesgos en la capacidad de almacenamiento para salvaguardar las vacunas del esquema nacional y no responder adecuadamente frente a una contingencia como la

acontecida con la Pandemia COVID-19, que requieren de una intervención oportuna, considerando que, no todas las estrategias y prácticas resultan adecuadas para todos los países y circunstancias⁽³⁶⁾, es que se plantea el concurso de planteamientos que comprendan un manejo integrado de la problemática actual de la cadena de frío para vacunas. La cadena de frío es fundamental en el sistema de suministro de vacunas, la introducción de nuevas vacunas desafía la capacidad de almacenamiento en la cadena de frío, y se requiere de innovaciones basadas en las necesidades de las comunidades, principalmente de las más desatendidas⁽³⁷⁾, considerando que los pacientes esperan ser atendidos con el mejor producto y los prestadores trabajar con tecnologías que faciliten su labor.

En este contexto, el uso de vacunas combinadas minimiza la necesidad de mayor capacidad de almacenamiento y disminuyen costos en la

operatividad de la vacunación⁽³⁸⁾. De este modo, la alternativa de usar una vacuna hexavalente acelular almacenamiento y disminuyen costos en la operatividad de la vacunación⁽³⁸⁾. De este modo, la alternativa de usar una vacuna hexavalente acelular combinada totalmente líquida en el esquema actual de vacunación peruano podría mejorar el desempeño de la cadena de frío a nivel nacional y con mayor énfasis en las zonas más inaccesibles del país⁽³⁹⁾.

La cadena de frío en el Perú ha tenido grandes avances, pero existen brechas que deben ser resueltas de la mejor manera posible, siendo importante contar con información actualizada e integrada que permita una gestión adecuada que impacte favorablemente en los procesos de introducción de nuevas vacunas, vacunación en periodos de pandemias u otras situaciones de contingencia y emergencia sanitaria.

Contribuciones de autoría: Los autores A. Gutiérrez, MA Mendoza, PA Rodríguez y T. Sarazu contribuyeron a la concepción del estudio. La recolección de datos fue realizada por MA Mendoza y el análisis de datos fue realizado por A. Gutiérrez y MA. Mendoza, el manuscrito fue preparado por A. Gutiérrez y MA. Mendoza. Todos los autores han leído y aprobado el manuscrito final: PA. Rodríguez, T. Sarazu, A. Gutiérrez y MA. Mendoza.

Financiamiento: Se contó con el apoyo financiero de Sanofi Vacunas

Conflictos de intereses: PA. Rodríguez y T. Sarazu son personal de Sanofi Vacunas, los demás autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Aprobación de comité de ética

Este artículo no involucra participantes humanos o animales antes, durante o después del estudio.

Agradecimientos

Al personal de salud responsable de los servicios de vacunación de las IPRESS de todas las DIRIS/ DIRESA /GERESA MINSA y al MEF por la DATA SIGA Patrimonio.

Recibido: 19 de Diciembre, 2023.

Aprobado: 11 de Abril, 2024.

Correspondencia: Dra. Silvina Mastaglia.
Dirección: Av. Córdoba 2351; Piso 8 (CP: 1120).
Teléfono: (+54) 1159508972
Correo electrónico: silvinamastaglia@hotmail.com



REFERENCIAS

1. Armstrong, P. Economic Benefits and Costs Associated With Target Vaccinations. Supplement to Journal of Managed Care Pharmacy JMCP September 2007 Vol. 13, No. 7, S-b www.amcp.org
2. Rabi, M; Las campañas de vacunación y las acciones inmunopreventivas contra la viruela. Proceso Histórico y social, Ed. Conmemorativa del septuagésimo aniversario del Ministerio de Salud del Perú (1935-2005). ISBN. N°9972-678-08-03. Lima – Perú, 2005. Disponible en: http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1149_HIST115-1.pdf
3. Andrus, JK. , Bandyopadhyay, AS. , Danovaro-Holliday, MC. , Dietz, V., Domingues, C., Figueroa, P. Pasado, presente y futuro de la inmunización en las Américas. Rev. Panam. Vol. 41, Número 8. Organización Panamericana de la Salud, Dic. 2017. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=googlescholar&id=GALFJA626505147&v=2.1&it=r&sid=googleScholar&asid=d7096985>
4. Reid, M., Fleck, F. The immunization programme that saved millions of lives. Organización Mundial de la Salud. 2014 [Internet] [citado 2020, Dic 10]. 92(5), 314–315 Disponible en: <https://doi:10.2471/blt.14.020514>
5. Rühling, M. Proceso de descentralización en el Perú: análisis, retos y perspectivas 2002. Aportes al Debate No. 2, Lima, febrero 2002. [Internet] [citado Dic 10] Disponible en: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/02148.pdf>
6. Ministerio de Salud. Resolución Ministerial N°771-2004/MINSA. Establece las Estrategias Sanitarias Nacionales del Ministerio de Salud, y sus respectivos órganos responsables. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/253112-771-2004-minsa>
7. Ministerio de Salud y Organización Panamericana de la Salud (OPS). Informe: Evaluación Internacional de la Estrategia Sanitaria Nacional de Inmunizaciones del Perú. 1era ed. Junio 2015. [Internet] [citado Dic 5] Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3996.pdf>
8. Ministerio de Salud. Decreto Supremo N°008-2017-SA. Decreto supremo que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del MINSa. Artículo 72°. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/190604/reglamento-de-organizacion-y-funciones-del-ministerio-de-salud-ds-n-008-2017-sa.pdf?v=1596557232>
9. Lloyd, J; Cheyne, J (2017). The origins of the vaccine cold chain and a glimpse of the future. *Vaccine*, 35(17), [Internet] 2022 [citado Abr 10] 2115–2120. doi:10.1016/j.vaccine.2016.11.097. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X17300476>
10. Maurice, J., Davey, S. Vacunas e inmunización: Situación mundial, UNICEF, Banco Mundial. tercera edición. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2010.
11. UNICEF. Resumen Evaluación Cadena de Frío: Informe Final – Inventario Cadena de Frío 2004. Lima – Perú, 2004 [Internet] [citado Mar 20]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/244635487/resumen-eval-cadena-de-frio-unicef-pdf>
12. Shibeshi ME, Masresha BG, Daniel F. Immunisation program reviews in East and Southern Africa: 2012-2018; key lessons. *Pan Afr Med J*. 2020 Dec 30;37:385. doi: [10.11604/pamj.2020.37.385.27140](https://doi.org/10.11604/pamj.2020.37.385.27140).
13. Pambudi NA, Sarifudin A, Gandidi IM, Romadhon R. Vaccine cold chain management and cold storage technology to address the challenges of vaccination programs. *Energy Reports*. 2022 Nov;8:955–72. doi: [10.1016/j.egyrs.2021.12.039](https://doi.org/10.1016/j.egyrs.2021.12.039).
14. Ogboghodo EO, Omuemu VO, Odijie O, Odaman OJ. Cold chain management practices of health care workers in primary health care facilities in Southern Nigeria. *Pan Afr Med J*. 2017 May 11;27:34. doi: [10.11604/pamj.2017.27.34.11946](https://doi.org/10.11604/pamj.2017.27.34.11946).
15. Hatchett R. The medicines refrigerator and the importance of the cold chain in the safe storage of medicines. *Nurs Stand*. 2017 Oct 4;32(6):53-63. doi: [10.7748/ns.2017.e10960](https://doi.org/10.7748/ns.2017.e10960).
16. Organización Mundial de la Salud/ Organización Panamericana de la Salud. Introducción de la vacuna contra la COVID-19: Orientaciones para determinar los grupos prioritarios y elaborar la microplanificación. Versión 1, 18 enero 2021. [citado el 13 marzo 2021]. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53250/OPSPFLIMCOVID-19210008_por.pdf?sequence=5&isAllowed=y
17. Tao LN, Wang YC, Bai QR. [Application of immunization products database in calculation of cold chain capacity needs]. *Zhongguo Yi Miao He Mian Yi*. 2009 Jun;15(3):270-3. Chinese.
18. Ministerio de Salud. Norma Técnica de Salud para el Manejo de la Cadena de Frío en las Inmunizaciones. NTS N°136-MINSA/2017/DGIESP. Lima – Perú, junio 2017. [citado abril 2022]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/189291-497-2017-minsa>
19. Ministerio de Salud. Actualización del Plan Nacional de Vacunación contra la COVID 19, Resolución Ministerial N°488-2021-MINSA, Perú abril 2021. [citado el 27 marzo 2022]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2961118/RM%20N%C2%80239-2022-MINSA.pdf.pdf>
20. Organización Mundial de la Salud/ Organización Panamericana de la Salud. Actualización sobre la pandemia de covid-19 en la Región de las Américas, preparación para el COVAX y acceso equitativo a las vacunas contra la COVID-19. Resolución CDS51.R1, Sesión especial del Consejo Directivo. Ginebra, diciembre 2020.
21. Ministerio de Salud. Modifica la Directiva Sanitaria N°137-MINSA/DGIESP-2021, “Directiva Sanitaria para la vacunación contra la COVID-19”. Resolución Ministerial N°239-2022-MINSA, Perú marzo 2021. [citado el 15 abril 2022]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/2866885-239-2022-minsa>
22. Ministerio de Salud – SUSALUD. Reglamento para el Registro Nacional de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud. Resolución de Superintendencia N°004-2021-SUSALUD/S. Lima – Perú, enero 2021. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-reglamento-para-el-registro-nacional-de-institu-resolucion-no-004-2021-susalud-1921675-1/>
23. Ministerio de Economía y Finanzas. Manual de Usuario Módulo de Patrimonio Sistema Integrado de Gestión Administrativa del SIGA – MEF. Oficina General de Tecnologías de la Información, Versión del aplicativo 20.06.01. Lima - Perú, marzo 2021. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/doc_siga/manuales/modulo_patrimonio/MU_modulo_patrimonio_siga.pdf
24. Ministerio de Salud. Sistema Integrado de Suministro de Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios – SISMED. Lima, Perú. Disponible en: https://apps.salud.minsa.gob.pe/portal_sismed/
25. Ministerio de Salud – SUSALUD. Registro de Unidades de Gestión de Instituciones prestadoras de servicios de salud y aprueban el Reglamento para el Registro de Unidades de Gestión de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud. Resolución de Superintendencia N°114-2014-SUSALUD/S. Lima – Perú, diciembre 2014. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/crean-el-registro-de-unidades-de-gestion-de-instituciones-p-resolucion-n-114-2014-susalud-1191084-1/>
26. IBM, Cognos Analytics. Cognos PowerPlay 11.0. Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/es/cognos-analytics/11.0.0?topic=configuration-cognos-powerplay-110>
27. Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), Decreto de Urgencia N°131-2020, que dicta medidas extraordinarias que permitan el almacenamiento, conservación, distribución y aplicación de la vacuna contra la COVID-19. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-de-urgencia-que-dicta-medidas-extraordinarias-que-pe-decreto-de-urgencia-n-131-2020-1908696-1>
28. Ministerio de Salud (MINSA). Repositorio Único Nacional de Información en Salud (REUNIS). Coberturas de Vacunación Regular. Disponible en: <https://www.minsa.gob.pe/reunis/data/Inmunizaciones.asp>
29. Ministerio de Salud (MINSA). Repositorio Único Nacional de Información en Salud (REUNIS). Coberturas de vacunación contra la COVID-19 Disponible en: <https://www.minsa.gob.pe/reunis/data/vacunas-covid19.asp>
30. Ashok A, Brison M, LeTallec Y. Improving cold chain systems: Challenges and solutions. *Vaccine*. 2017 Apr 19;35(17):2217-2223. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.08.045>.



31. TechNet-21. Gestión de equipos de cadena de frío – Recursos Técnicos. Disponible en: <https://www.technet-21.org/en/hot-topics-items/428-supply-chain-and-logistics/5314-cold-chain-equipment-management-technical-resources>
32. Piché-Renaud PP, Ji C, Farrar DS, Friedman JN, Science M, Kitai I, Burey S, Feldman M, Morris SK. Impact of the COVID-19 pandemic on the provision of routine childhood immunizations in Ontario, Canada. *Vaccine*. 2021 Jul 13;39(31):4373-4382. doi: [10.1016/j.vaccine.2021.05.094](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.05.094).
33. Feyisa D. Cold Chain Maintenance and Vaccine Stock Management Practices at Public Health Centers Providing Child Immunization Services in Jimma Zone, Oromia Regional State, Ethiopia: Multi-Centered, Mixed Method Approach. *Pediatric Health Med Ther*. 2021 Jul 22;12:359-372. doi: [10.2147/PHMT.S312039](https://doi.org/10.2147/PHMT.S312039).
34. Ortiz JR, Robertson J, Hsu JS, Yu SL, Driscoll AJ, Williams SR, Chen WH, Fitzpatrick MC, Sow S, Biellik RJ, Neuzil KM. The potential effects of deploying SARS-Cov-2 vaccines on cold storage capacity and immunization workload in countries of the WHO African Region. *Vaccine*. 2021 Apr 8;39(15):2165-2176. doi: [10.1016/j.vaccine.2021.02.037](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.02.037).
35. Bulula N, Mwiru DP, Swalehe O, Thomas Mori A. Vaccine storage and distribution between expanded program on immunization and medical store department in Tanzania: a cost-minimization analysis. *Vaccine*. 2020 Dec 3;38(51):8130-8135. doi: [10.1016/j.vaccine.2020.10.088](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.10.088).
36. Organización Mundial de la Salud (OMS). Estrategias y prácticas mundiales de inmunización sistemática (GRISP): documento complementario al Plan de Acción Mundial sobre Vacunas (GVAP). Marco integral de estrategias y prácticas para la inmunización sistemática. ISBN 978-92-4-351010-1. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1087182/retrieve>
37. Organización Mundial de la Salud (OMS). Agenda de Inmunización 2030. Una estrategia mundial para no dejar a nadie atrás. IA2030. Disponible en: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/immunization/strategy/ia2030/ia2030-document---spanish.pdf?sfvrsn=5389656e_69&download=true
38. Seinfeld J, Rosales ML, Sobrevilla A, López Yescas JG. Economic assessment of incorporating the hexavalent vaccine as part of the National Immunization Program of Peru. *BMC Health Serv Res*. 2022 May 16;22(1):651. doi: [10.1186/s12913-022-08006-1](https://doi.org/10.1186/s12913-022-08006-1).
39. DAR Mathijssen;M. Heisen;JF Clark-Wright;LJ Wolfson;X. Lu;S. Carrol;BCP van Dijk;SL Klijn;B. Alemayehú; (2020). Análisis del impacto presupuestario de la introducción de una vacuna hexavalente no reconstituida para la inmunización pediátrica en el Reino Unido. Revisión de Expertos de Vacunas – doi:[10.1080/14760584.2020.1873770](https://doi.org/10.1080/14760584.2020.1873770)