



# Eficiencia energética en el Instituto de Neoplásicas – Surquillo - Lima tras La pandemia del covid-19

*Energy efficiency in the neoplastic hospital – Surquillo -  
Lima after the covid-19 pandemic*

**Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B.  
Salirrosas Del Águila, Susana I. Dávila Fernández|**  
Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma

RECIBIDO: 18 de abril de 2023

ACEPTADO: 05 de junio de 2023

## RESUMEN

El objetivo del estudio evaluó la demanda energética y el coste económico del Hospital de Neoplásicas COVID-19 en su intervención de control de infecciones: tratamiento, diagnóstico y control de la enfermedad del Coronavirus. Tras proyectar hospitalizaciones por COVID.19, un modelo Energético Hospitalario e Infección. A partir del modelo se cuantificó los aumentos en la demanda de energía y las reducciones en las infecciones. Como parte de la normativa para hacer frente a la pandemia, el INEN pasó de tener 8 camas UCI (diciembre 2019) [13] a 39 camas UCI (diciembre 2021), lo que resulta en mayores costos de energía y operación. Las intervenciones pueden resultar en ahorros de costos realizados a través de la reducción de infecciones, pero simbolizan un incremento de energía que podría ser mitigado bajo la propuesta integral de un sistema híbrido con paneles fotovoltaicos. Los resultados nos confirman que el consumo de energía es proporcional a las temporadas de infección alta de COVID 19, cuando no había implementación para contener el virus, hizo que los pacientes estuvieran más días, por tanto, más consumo de energía eléctrica, en el primer trimestre del 2020, hubo una duración de paciente promedio 354.7 días con un costo de S/. 1,343,150.30. El modelamiento del sistema de panel híbrido según las dimensiones de la azotea permite implementar 683 paneles alrededor del hospital para reducir 488507 KWattH, para la distribución de alumbrado sería 146552 del total 366366.14 KWattH, permite reducir un 21% de energía, con una reducción de carbono de 5753.6 toneladas de CO<sub>2</sub>.

**Palabras clave:** Sistema Híbrido, eficiencia energética, COVID-19, camas UCI, INEN

## Cómo citar

D. V. Gálvez Ramírez y J. L. Huamán Valdez, «Eficiencia energética en el Instituto de Neoplásicas – Surquillo - Lima tras La pandemia del covid-19», *Perfiles\_Ingenieria*, vol. 19, n.º 19, pp. 15–54, jun. 2023.

## ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the energy demand and the economic cost of the Hospital for Neoplastic COVID-19 in its infection control intervention: treatment, diagnosis, and control of the Coronavirus disease. After projecting hospitalizations for COVID.19, a Hospital Energy and Infection model. From the model, increases in energy demand and reductions in infections were quantified. As part of the regulations to deal with the pandemic, INEN went from having 8 ICU beds (December 2019) [13] to 39 ICU beds (December 2021), resulting in higher energy and operating costs. The interventions may result in cost savings realized through the reduction of infections but symbolize an increase in energy that could be mitigated under the comprehensive proposal of a hybrid system with photovoltaic panels. The results confirm that the energy consumption is proportional to the seasons of high COVID 19 infections, when there was no implementation to contain the virus, it made the patients stay more days, therefore, more electricity consumption, in the first quarter of 2020, there was an average patient duration of 354.7 days with a cost of S/. 1,343,150.30. The modeling of the hybrid panel system according to the dimensions of the roof allows the implementation of 689 panels around the hospital to reduce 621535 KWattH of the total 2843200 KWattH, it allows to reduce 21% of energy, with a carbon reduction of 7,178.55 tons of CO<sub>2</sub>.

**Keywords:** Hybrid System, energy efficiency, COVID-19, ICU beds, INEN

Este artículo está publicado bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (CC-BY 4.0)



Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La pandemia de la infección respiratoria emergente, Enfermedad por Coronavirus 2019 (COVID-19), ha generado un gran aumento en la importancia de los temas relacionados con la energía eficiencia [1] en edificios públicos y privados siendo un gran desafío para ciudades y sociedades saludables [2]. Bajo este contexto, hay un compromiso con el logro y la implementación de las Naciones Unidas Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMNUCC) [3] y las distintas Conferencias de las Partes, de la Asamblea Nacional Plan de Energía, Desarrollo Sostenible previsto por Naciones Unidas 2030 (ONU, CEPE, PNUMA) y Hospitales que curan el planeta 2020 promovido por la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables en América Latina [4].

La crisis de escasez de energía no puede ser considerado un problema ocasional e individual que pueda ser remediado con acciones simples de mitigación. Es un fenómeno global (con conceptos tales como espacios interiores y edificios saludables), que concierne a todos los ciudadanos y en especial, a profesionales del área técnica y administrativa como ingenieros, arquitectos y gobiernos. En respuesta a esta tendencia, y también dado el aumento de los costos (sanitaria y económica) que representa para la sociedad, se ha producido un gran incremento en la conciencia de la necesidad de enfoques orgánicos multinivel para enfrentar el desafío de Eficiencia Energética [5].

Las iniciativas de sostenibilidad se pueden utilizar para reducir el gasto en energía de los consumidores. Asimismo, una reducción significativa del uso energético minimiza los efectos de los gases de efecto invernadero en un largo periodo. La ecoeficiencia (eficiencia tecnológica), que se centra en el eficiente uso de recursos para una mejora económica y ambiental, se usa ampliamente para analizar el rendimiento sostenible a nivel industrial, regional y nacional [6].

Habiendo logrado avances significativos en sus indicadores macroeconómicos en los últimos diez años, el Perú es visto como un ejemplo de desarrollo económico y transformación en América Latina. Ciertamente, el país desde el 2004-2016 ha experimentado un promedio bruto anual de Crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI) del 5.7%, según el Banco Mundial, 2019. Aunque el Perú ha visto un progreso considerable en el crecimiento y desarrollo económico a lo largo de los años, los indicadores del sector energético todavía necesitan mejora para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible y

eficiencia energética. La emergencia de la COVID-19 ha sacado a la luz la cuestión, a menudo subestimada, del papel que la eficiencia energética influye en el estado de la salud humana [7], y que optimizar el uso de energía demandada es parte integral de los planes y programas de salud pública.

Los hospitales son edificios inherentemente intensivos en energía [8]. Por lo tanto, las operaciones hospitalarias requieren la evaluación de la eficiencia energética al evaluar las medidas de intervención de la enfermedad por COVID-19. Dadas las preocupaciones ambientales y de sostenibilidad, los estudios han trabajado en la evaluación de las demandas de energía de los hospitales en circunstancias normales comparadas con las exigencias energéticas tras la surgencia de la pandemia [9]. A escala mundial, la demanda de energía se ha desplomado durante la pandemia de COVID-19. Pero para el sector de la salud, dependiendo del área geográfica, las demandas de energía pueden ser más altas de lo habitual [10], el acceso a la energía y un desarrollo sustentable será fundamental para la prestación y atención médica oportuna.

El Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, INEN, área cubierta para el estudio de este artículo, es un centro especializado oncológico, fundado en 1939 inicialmente en Av. Alfonso Ugarte y reubicado en el año 1988 por la creciente demanda en la Av. Angamos Este N° 2520, distrito de Surquillo [11]. Previo al surgimiento de la pandemia de la COVID-19, el sistema de salud peruano presentaba una precaria infraestructura para atender a pacientes en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Con el fin de potenciar la capacidad de respuesta del sector salud, el Ministerio de Salud (MINSA) optó por incrementar el número de camas UCI a nivel nacional a través del Decreto de Urgencia N° 055-2020 [12]. Como parte de esta normativa, el INEN pasó de tener 8 camas UCI (diciembre 2019) [13] a 39 camas UCI (diciembre 2021) [14]. Naturalmente, las demandas de electricidad se han incrementado radicalmente producto de esa implementación acelerada del MINSA en un 387.5% de camas UCI.

Este estudio proporciona un marco de investigación para evaluar las implicaciones energéticas y aumentos en la demanda de energía y costos por la implementación de camas UCI a nivel intrahospitalario. A su vez, que resume los impactos y desafíos globales de la pandemia de COVID-19 en la demanda y consumo de energía. Los datos parciales utilizados en este documento se basan en Resoluciones Ministeriales e información de libre acceso por parte del INEN. Finalmente, se propone un sistema de eficiencia energética a través del empleo de un sistema híbrido (paneles fotovoltaicos) y su evaluación costo-beneficio

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

como alternativa de mitigación del impacto energético en hospitales tras la pandemia.

## **2. ANTECEDENTES Y CONTEXTO EN LA ACTUALIDAD EN EL PERÚ**

### **2.1. Antecedentes**

En el año 2011, la ONU dio inicio a la iniciativa Energía Sostenible para Todos (SE4All por sus siglas en inglés) con el fin de movilizar a todos los sectores de la sociedad hacia el objetivo de reducir el consumo de energía excesiva [15].

En particular para hoteles, clínicas y hospitales, Bancoldex creó en el 2015 una línea de crédito con el fin de promover proyectos de eficiencia energética validados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) en estos sectores, esta financiación se encuentra orientada en inversiones para cambios de calderas, cambios de aires acondicionados, sistemas de control de aire acondicionado, cogeneración de energía, energía para el calentamiento de agua y climatización de piscinas con energía solar [16].

Años más adelante, estas iniciativas se vieron frenadas debido a la llegada de un fenómeno sin precedentes que amenazó con destruir los avances ya logrados en la última década. A finales del año 2019, se dio a conocer el primer caso de SARS-CoV-2, coronavirus, en la ciudad de Wuhan, China. Poco tiempo pasó para que la propagación del virus esté por completo en el continente asiático y europeo. Es en el mes de marzo del año 2020 que se declara pandemia y situación de alerta a nivel mundial ante un virus de propagación rápida y que ha propiciado la activación de protocolos para detener su diseminación [17].

### **2.2. Contexto en la actualidad peruana**

Ciertamente, a partir de la aparición de la pandemia de COVID-19 ha puesto a prueba severamente la atención médica existente, la infraestructura hospitalaria, y ha obligado a los gobiernos a gastar sumas significativas en mejorar y ampliar las instalaciones sanitarias existentes. Antes de la pandemia, el subsistema público en el Perú era totalmente precario. Los registros revelan

---

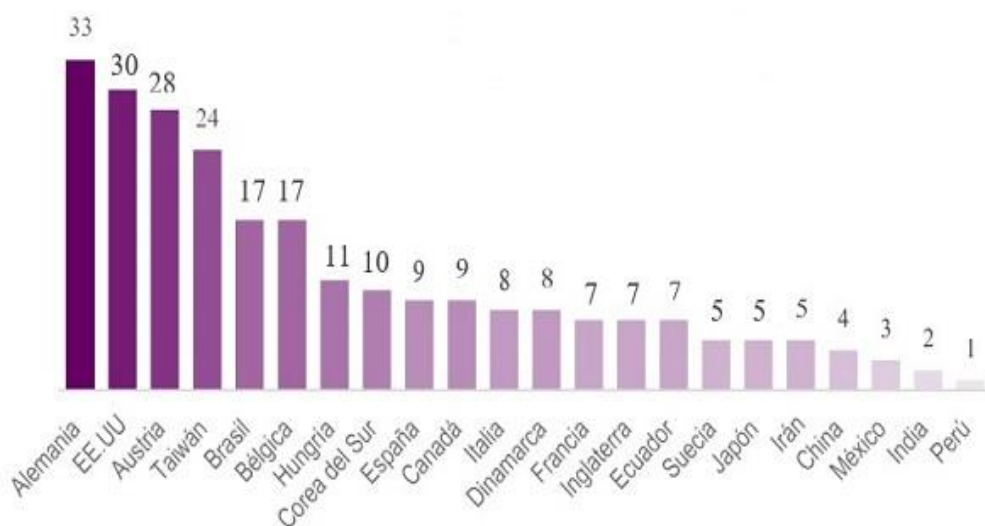
Eficiencia energética en el Instituto de Neoplásicas – Surquillo - Lima tras La pandemia del covid-19

---

que solo se contaba con 1 cama de UCI por cada 100 000 habitantes [18] (Ver Figura 1), una de las estadísticas menos favorecidas a nivel regional. Específicamente, en el Perú se optó por publicar el Documento Técnico: Lineamientos para el fortalecimiento de acciones de respuesta en establecimientos de salud, el cual establece la necesidad de plantear múltiples estrategias para el fortalecimiento del primer nivel de atención, entre ellas la implementación pronta

de más camas UCI [19] con el fin de aumentarlas ya 1179 camas de UCI, que por obvias razones no abastecían la demanda. (Ver figura 2).

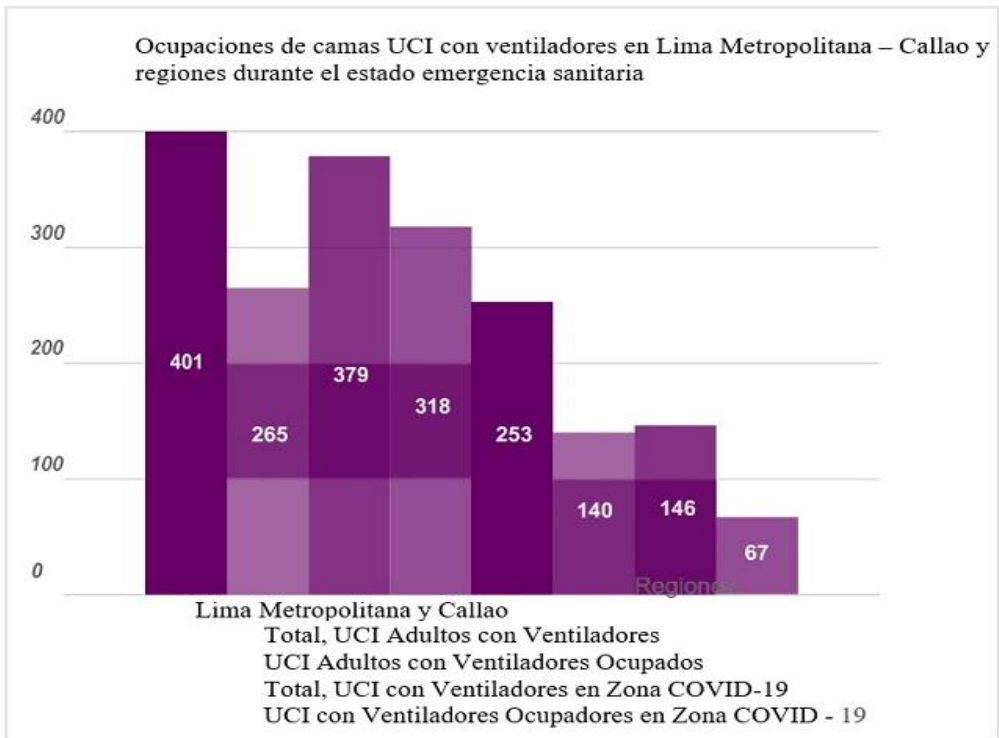
**Figura 1**  
Capacidad de las unidades de cuidados intensivos



Nota: Camas de cuidados intensivos por cada 100 000 habitantes (último año disponible, 2014 – 2020). Tomado de: Moreno (2020).

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila, Susana I. Dávila Fernández

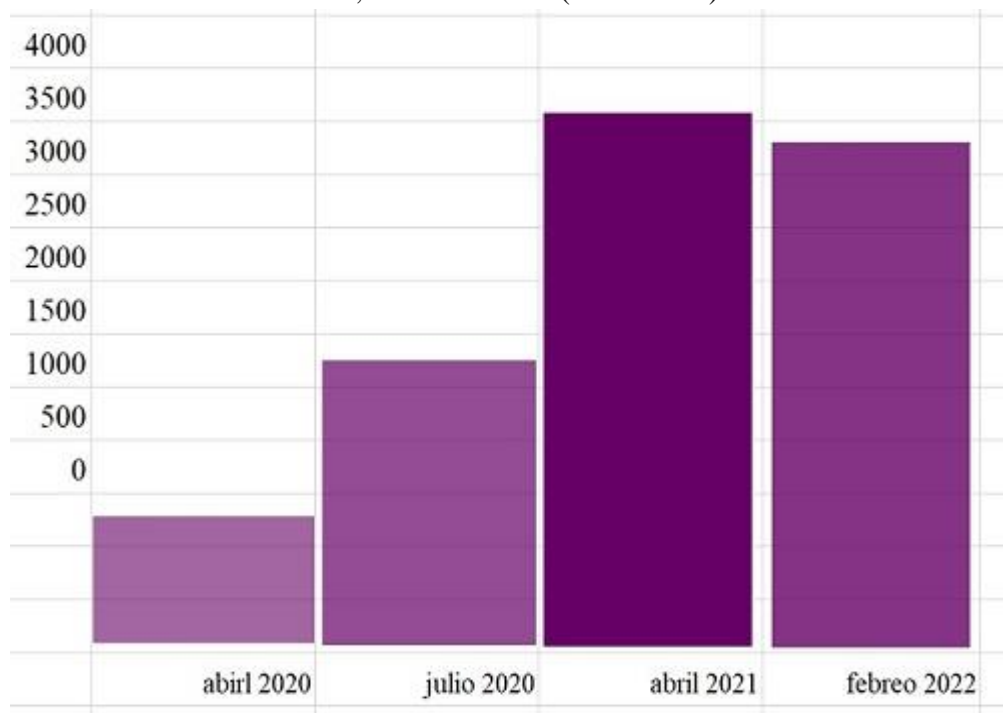
**Figura 2**  
 Aplicativo para gestión centralizada de la disponibilidad de camas de hospitalización y UCIa nivel nacional



Nota: Ocupación de camas UCI con ventiladores en Lima Metropolitana - Callao y regiones durante el estado emergencia sanitaria. Tomado de: Minsa (2020a).

De acuerdo con la información de la Superintendencia Nacional de Salud (SuSalud), de abril de 2020 a febrero de 2022, en el Perú el número de camas de cuidados intensivos (UCI) aumentó en un 220% [20]. Pasaron de 1170 a 3771 en un lapso de aproximadamente 22 meses, producto de la respuesta de emergencia a la crisis sanitaria. (Ver Figura 3)

**Figura 3**  
Total, de camas UCI (2020-2022)



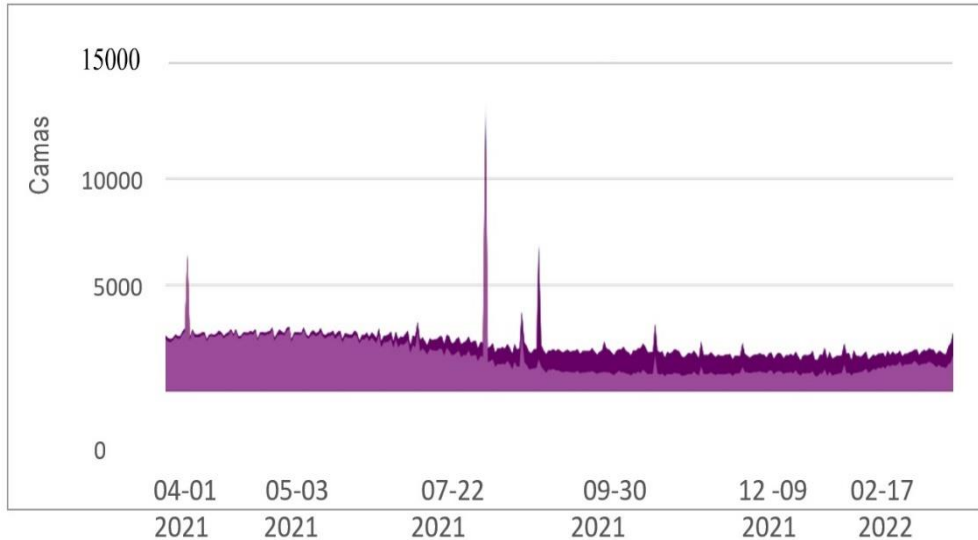
Nota: Camas totales en UCI en todo el país en cuatro momentos de la pandemia: inicio, primera ola, segunda ola y la actualidad. Tomado de: Superintendencia Nacional de Salud, SUSALUD, (2022).

A más de 2 años de pandemia, se han reportado a nivel nacional un total de 202 584 defunciones (desde abril 2020 – diciembre del 2021). En cuanto a la cantidad total de camas operativas para pacientes con COVID-19, en las zonas diferenciadas como son la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), según los datos reportados, hasta el 28 de diciembre de 2021, el 49.6% de las camas UCI se encontraban ocupadas [21]. Actualmente, se tiene la siguiente información para el primer trimestre del 2022:

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

**Figura 4**  
**Disponibilidad de camas en Unidad de Cuidados Intensivos – área COVID-19 (enero 2021– febrero 2022)**



Nota: Cantidad total de camas en condiciones de uso operativas para pacientes con COVID en la zona diferenciada (Zona COVID 19). Tomado de: Superintendencia Nacional de Salud, SUSALUD, (2022).

En la actualidad, varios países europeos y latinoamericanos están presentando mejoras en la evaluación de la eficiencia energética en diferentes sectores de la sociedad. Esto viene logrando gracias a la incorporación de estrategias de diseño energéticos en los principales establecimientos de salud. La utilización de los sistemas activos y sus requerimientos de utilidad, además de las políticas de estado a través de normativas, reglamentos y estándares que garanticen el desarrollo sostenible. En el Perú se inicia una elaboración de diagnósticos energéticos (térmicos o eléctricos) que permite identificar los consumos energéticos, evaluación de costos y la mejora a la rentabilidad de la inversión. Perú se ha planteado el objetivo de pertenecer a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en un horizonte de tiempo de 10 años, para lo cual debe cumplir con la implementación, dentro de las múltiples reformas institucionales, el uso gradual de tecnologías “limpias” que permitan una mayor productividad y a la vez, sean rentables [22]. (Ver Figura 5)



**Figura 5**  
**Requisitos para formar parte de la OCDE**



Nota: Requisitos que Perú debe implementar para pertenecer a OCDE en un plazo de 10 años. Tomado de: Gamio (2016)

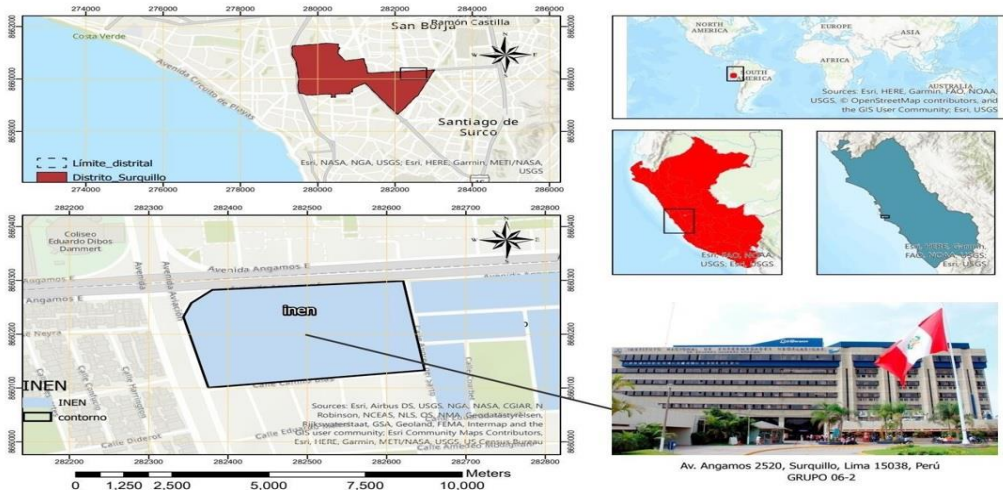
### 3. CARÁCTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El 13 de mayo de 1939 se funda el Instituto Nacional del Cáncer, posteriormente denominado Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN) que, en sus 83 años de vida institucional, se ha consolidado como una institución científica de alta especialización, cuenta con una amplia trayectoria nacional e internacional y realiza un intenso trabajo en el desarrollo de conocimiento técnico especializado en cáncer.

Ubicado en el Distrito de Surquillo, Provincia de Lima, Perú (Ver Figura 6). Está clasificado en nivel de atención otorgado por el MINSA con la categoría III-2, por cumplir con los estándares de calidad, eficiencia y alta especialización que se brinda en el majeo de la prevención y tratamiento de cáncer en el país. Actualmente, el INEN se encuentra planificando las actividades/tareas que deben realizar las unidades orgánicas para la obtención de la renovación de la categoría III-2 que se efectuará en el transcurso del año 2022, para ello se ha trazado objetivos específicos, entre ellos aprovechar oportunidades de mejora que pueda presentar la Unidad Productora de Servicios de Salud y un sistema de eficiencia energética a través del uso del gas natural (UPSS) y la reducción de consumo energético a través de tecnología limpia [23].

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila, Susana I. Dávila Fernández

**Figura 6**  
Plano de Ubicación del INEN



Nota: Ubicación de Instituto Nacional de Enfermedades de Neoplásicas (INEN) a través de Arcgis Online. Fuente: Elaboración propia.

Previo a la pandemia, el INEN al ser un centro especializado de la diagnóstico y tratamiento del cáncer ha requerido de una demanda alta de energía. Las fuentes de alta energía que tradicionalmente han requerido mayor utilización de electricidad han sido aceleradores lineales, cobalto 60 y simuladores.

**Tabla 1**  
Fuentes de Alta Energía

	Acelerador Lineal	Cobalto 60	Simulador
Requerimientos	El Departamento cuenta con un acelerador lineal de 6 MeV VARIAN, que reemplazó al Clínac 4, dos aceleradores Siemens, uno de 6 Mev con fotones y electrones y un Primus dual de alta energía (6 MeV-18 Mev)	El Departamento de Radioterapia cuenta con una infraestructura compuesta por tres unidades de cobalto 60: Theratron 1, Theratron II y el Dorado, las tres con fuentes de 6000 curies.	El simulador Pickeres un equipo de rayos X que está diseñado para reproducir las condiciones de tratamiento del acelerador lineal o de la bomba de cobalto.

Nota: Áreas de mayor empleo de energía eléctrica en el INEN.

Fuente: Cáceres, (2002)

Eficiencia energética en el Instituto de Neoplásicas – Surquillo - Lima tras La pandemia del covid-19

---

Debido a la llegada de la pandemia, el INEN tuvo que replantear sus lineamientos ahora orientados al manejo, tratamiento y seguimiento de los pacientes con COVID-19 bajo el marco de la Resolución Ministerial N° 276-2019-J/INEN. Por lo que tuvieron que actualizar su plan de contingencia para casos probables o confirmados de COVID-19, crear un flujograma de atención de pacientes y un área de atención de casos probables y confirmados de neumonía grave por COVID-19. Zona que fue implementada en el 4to piso oeste que cuenta con habitaciones individuales con sistema de presión negativa para extracción de aire contaminado y ventiladores mecánicos [24]. A continuación, se muestra la Tabla 2 que permite ver la implementación progresiva de camas UCI y camas hospitalarias.

**Tabla 2**

Cuadro de total de Camas UCI y hospitalarias para los años 2019-2021

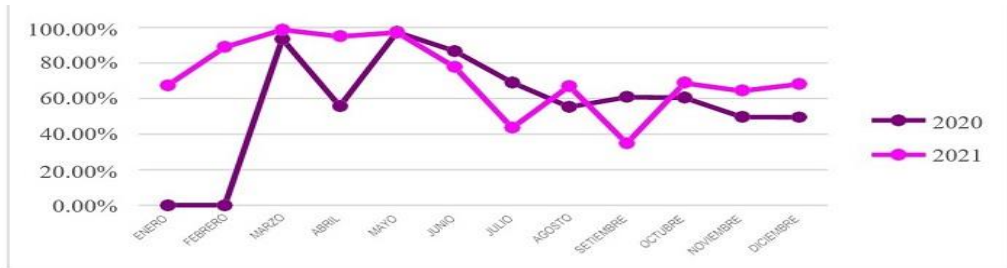
	2019	2020	2021
UCI (3ero Este)	8	8	8
COVID – 19 (Hosp. 4to Este)	-	-	26
COVID-19(UCI 4to. Oeste)	-	10	10
COVID-19 (CAP-SOSP)	-	6	6
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>50</b>

Nota: Número de camas UCI (para COVID y otras enfermedades) y camas hospitalarias para tratamiento de la enfermedad COVID. Fuente: INEN (2021)

La Tabla 3 permite ver el nivel de ocupación de camas UCI para tratamiento de la enfermedad COVID-19 en los años 2020-2021

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

**Figura 7**  
Nivel de ocupación de camas UCI – COVID 2020-2021



Nota: Cantidad total de camas en condiciones de uso operativas para pacientes con COVID en la zona diferenciada (Zona COVID 19). Tomado de: INEN (2020-2021)

Simultáneamente al incremento de la capacidad de respuesta del INEN, aumenta la urgencia de ampliar las soluciones de energía en las zonas de mayor requerimiento eléctrico con el fin de poder mitigar el consumo energético, conseguir una reducción de costos significativa y así lograr acelerar los esfuerzos por lograr una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

## 4. REVISIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA Y LAS INTERVENCIONES

### 4.1. Uso de energía en hospitales

Lombarda et al. (2008) reportó que hospitales consumen energía aproximadamente 9% (E.E.U.U), 11% (España) y 6% (Reino Unido) del uso de energía comercial en estos países respectivos. Hospitales en Estados Unidos tienen un uso de energía de 786 kWh por metro cuadrado por año [25].

Dentro de los hospitales, Singh y Pedamulla (2017) informaron que la calefacción, ventilación y aire acondicionado representaron el 44% del uso de energía en hospitales de la India y dentro de un rango del 30-40% del uso de energía fue para la iluminación [26].

La edad media de construcción de las instalaciones de salud es de aproximadamente 29 años [27], lo que plantea un desafío adicional ingenieril para la modernización de los sistemas hospitalarios y renovación de sus instalaciones para mejorar la eficiencia energética.

Eficiencia energética en el Instituto de Neoplásicas – Surquillo - Lima tras La pandemia del covid-19

### 3.2. Impacto de la Covid – 19 en el uso de energía en hospitales

De acuerdo con los centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC), la surgencia de la pandemia Covid-19 ha incrementado el consumo de energía en los hospitales, lo cual simboliza costos adicionales de las estrategias de mitigación para la transmisión de la enfermedad [28]. Para la IEA, Agencia Internacional de la Energía, la actual pandemia por el COVID-19 implica que “más allá del impacto inmediato en la salud, la crisis actual tiene implicaciones para las economías mundiales, el uso de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>” [29]. La crisis causada por el coronavirus nos recuerda la dependencia de la sociedad moderna de la electricidad. Esto lo podemos observar de forma directa en los hospitales, que requieren de equipos de alta demanda energética (ventiladores, refrigeradores y equipos médicos) (Ver Tabla 3). Este artículo, evaluará las implicaciones energéticas en el uso de las camas de unidades intensivas (UCI) en el contexto de la Covid-19.

**Tabla 3**

Requerimientos mínimos de hospital para tratamiento de COVID-19

Requerimientos	Posible Exposición		Casos positivos Covid	
	Tiempo de cuarentena	Sala de aislamiento	Atención Terapéutica Básica	UC I
Requerimiento de camas	-	300 camas por 100.000 habitantes	4 camas por cada 100.000 habitantes es imprescindible	2 camas de UCI por cada 100.000 habitantes es básico
Recursos humanos (médicos)	ANM, ASHA, AWW	Enfermeras, Oficiales Médicos	Médico General, Especialista en Medicina, Pediátrico, Microbiólogo, Psiquiatras/Psicólogos, Enfermeras, Técnico de Laboratorio, Especialista en Salud Pública	Atención Terapéutica RRHH + Respiratorio especialista, anesestesiólogos, enfermeras de UCI y técnicos
Aplicaciones	Ventiladores de escape, ventiladores de pedestal, luces, cargador móvil			
	1 unidad Termómetro		1 unidad Termómetro IR**,	4 unidades [Ventiladores

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

Equipo médico	IR**, Covid, kits de recolección de muestras (proporción población afectada, 1 hora = 10/15 pruebas)	1 unidad Termómetro IR**	3 unidades Concentrador de oxígeno/Cilindro, 6uds Oxímetro de Pulso (+2), 1 ud Rayos X Máquina (para todas las salas)	(con/sin divisores) cilindros/concentrador de oxígeno, bomba de infusión, dispositivos de succión, multipara monitor], 1 unidad de desfibrilador (+1)
Espacial Paciente Camas por módulo	Cubículo de 6 pies por 8 pies - 10 camas	Cubículo de 6 pies por 8 pies - 10 camas	Área de piso de 6 pies por 8 pies - 6 camas	Área de piso de 10 pies por 8 pies: 4 * 6 camas
Saneamiento	4 aseos y 2 duchas, Calentador de agua solar de 200 LPD. Bomba de agua (según necesidad)	4 aseos y 2 duchas, Calentador de agua solar de 200 LPD. Bomba de agua (según necesidad)	2 aseos y 1 ducha Calentador de solar de 100 LPD Bomba de agua (según necesidad)	Calentador de agua Bomba de agua (según necesidad)
Vestíbulo	Entrada normal	Canales designados de entrada y salida de esclusas de aire		

Nota: Requerimientos frente a casos positivos de Covid según gravedad.  
Tomado de: SE4ALL, (2022).

### 3.3. Camas de Unidad de Cuidados Intensivos

Los centros hospitalarios, debido al aumento de la demanda de pacientes críticos COVID-19, han implementado una serie de tecnología orientada a la atención oportuna de hospitalizados en cuidados intensivos (Ver Tabla 4). Este tipo de mobiliario médico es de suma importancia en el área de cuidados intensivos para que la recuperación del paciente sea integral y se minimice el riesgo de sufrir padecimientos derivados de la falta de movilidad en el paciente [30]. La Tabla 4 señala el requerimiento de personal médico, ratio, tecnología y equipo de soporte para una cama UCI. Mientras que la Tabla 5 recoge un promedio de demanda eléctrica que emplea una Cama UCI [31].

Eficiencia energética en el Instituto de Neoplásicas – Surquillo - Lima tras La pandemia del covid-19

---

**Tabla 4**

Tipos de camas por complejidad en unidades hospitalarias

<u>Pacientes condición Crítica</u>	
Profesional Médico	Médico especializado en terapia intensiva Enfermera especializada en terapia intensiva Por cada 12 camas un equipo médico: 1 intensivista disponible
Ratio	1 médico especialista (medicina interna, urgenciólogo, infectólogo) 2 enfermeras 3-4 asistentes de enfermería • Ventilación mecánica • Red de gases medicinales con oxígeno, aire y vacío
Tecnología	• Sistema secundario de suministro de oxígeno • Monitoreo continuo • Carro de parada con desfibrilador y marcapasos • Suministro de medicamentos por bomba de infusión • Rayos X portátil • Terapia respiratoria • Disponibilidad de anestesia
Equipo de Soporte	• Disponibilidad de cirugía para traqueostomía • Medición de gases arteriales

Nota: Requerimientos tecnológicos, equipo de soporte y recursos humanos para casos críticos de COVID-19.

Tomado de: Organización Panamericana de la Salud, OPS (2020).

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

**Tabla 5**  
Electricidad usada en Unidad de Cuidados Intensivos

	kWh	% Total UCI uso de electricidad
Demanda eléctrica de UCI ventiladores	176 kWh/día	52%
Uso de electricidad del sistema de enfriamiento de la UCI promediado y modelado sobre el típico año meteorológico	131 kWh/día	39%
Uso de electricidad de todas las luces de la UCI, máquinas de pacientes, equipos de cabecera, computadoras	32 kWh/día	9%
Uso total de electricidad por día (promediado y modelado durante un año típico)	339 kWh/ día (= 34 kWh/paciente/ día)	100%

Nota: La UCI de los Estados Unidos (US-ICU) usó electricidad a 3051 kWh de electricidad/día para 9 camas; estas camas tenían un porcentaje de ocupación de 51% durante agosto – setiembre de 2017, pasando de 34 a 39 el número de pacientes que en promedio ocuparon la UCI.

Tomado de: Forbes, M., Burnham, J., Lau, R., Aye, L, Kollef, M., Scott, M. (2018)



### 3.4. Implementación de un Sistema híbrido mediante paneles fotovoltaicos en hospitales

Para remediar situaciones como las ya mencionadas, garantizar un suministro constante de energía y, esencialmente, permitir la continuidad de las prestaciones médicas se viene implementado, en algunos continentes como Europa y Asia, paneles solares fotovoltaicos (PV) con sistemas de almacenamiento de energía. Este básicamente convierte la electricidad de corriente continua (CC) generada por energía solar módulos fotovoltaicos en electricidad de corriente alterna (CA), que se utiliza para la transmisión de electricidad, a través de inversores cuyo tamaño está en función de la carga máxima requerida por una edificación [32]. El Sistema Fotovoltaico consta de 4 componentes, en función de estos y cómo se integran que se clasifican en 2 categorías. (Ver Tabla 6) [33].

**Tabla 6**

Básica Estructura de un Sistema Fotovoltaico

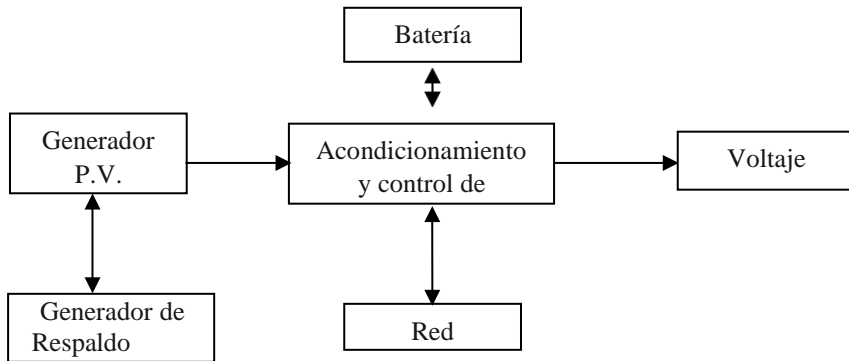
	Generación Fotovoltaica	Sistema de almacenamiento	Acondicionamiento de potencia de convertidores	Generador de respaldo
	Módulos fotovoltaicos	Batería	Rastreador	Generadores Diesel
Componentes	Sistema de seguimiento de suma	Sistema de rejilla	Sistema de control y Monitoreo	
Categorías	Sistema Fotovoltaico Independiente		Sistema PV conectado a la red	

Nota: Categoría y componentes de una Sistema a base de Instalaciones Solares. *Tomado de: Ojha, R.; Sridhar; K. (2012)*

Para esta investigación, se consideró la implementación de un Sistema Fotovoltaico conectado a Red, cuyo funcionamiento se basa en suministrar energía a la red cuando la generación solar excede la demanda de carga (durante el día) y tomar energía de la red durante la noche. Estos sistemas no requieren de almacenamiento de energía, pero requieren componentes adicionales al voltaje, la frecuencia y la forma de la onda regulares para cumplir con el estricto requisito de alimentar la energía a la red.

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

**Figura 8**  
Básica estructura de un Sistema Fotovoltaico conectado a Red



Nota: Esquema de diseño de un Red-Sistema Solar. *Tomado de: Ojha, R.; Sridhar; K. (2012)*

El Perú cuenta con leyes específicas en materia de energías solares y los gobiernos demandan constantemente el desarrollo de sistemas de energías limpias, consideradas de interés nacional. Su marco legal del Ministerio de Energía y Minas, Plan Energético Nacional 2014- 2025, se traza como objetivos prácticamente duplicar la producción de energías renovables [34]. Es por esto que es necesario analizar la viabilidad técnica y económica de los Sistemas Híbridos mediante Paneles Fotovoltaicos para el uso hospitalario en el Perú, y así discutir su conveniencia o no de su empleo.

#### 4. METODOLOGÍA

Para llevar adelante los objetivos propuestos por los autores, se plantea el desarrollo de una metodología que consta de tres etapas: (i) Diagnóstico del consumo energético del subsector salud en el área de estudio, INEN, pre pandemia y durante la pandemia; (ii) Desarrollo de estrategia de implementación del Sistema Fotovoltaico para el mejoramiento de la eficiencia energética a partir sistema de paneles interconectado a la red eléctrica; (iii) Análisis del ahorro energético potencial del establecimiento a partir del sistema propuesto apropiadas a las condiciones técnicas de la región. Cada una de las etapas se desarrolla a continuación.

#### **4.1. Diagnóstico del consumo energético del subsector salud en el área de estudio, INEN**

Para el diagnóstico del comportamiento en la zona de estudio, se analizan y sistematizan los consumos energéticos y su relación con la cantidad de Camas UCI implementadas tras pandemia, a través del portal del INEN de “Servicio de Energía Eléctrica – Reporte Anual”. A partir del cual se obtienen los consumos reales anuales del establecimiento, a partir de la lectura de medidores de electricidad y de la información productivo-sanitaria brindada por el MINSA

Una vez relevado y analizado el comportamiento energético del edificio, y la cantidad de camas UCI ocupadas por cada mes, el siguiente paso consiste en el desarrollo de estrategias de mejoramiento.

#### **4.2. Desarrollo de estrategia de implementación del Sistema Fotovoltaico para el mejoramiento de la eficiencia energética, a partir de una PV conectado a red.**

La metodología del sistema Red-Sistema Solar utiliza un enfoque analítico y consiste en modular los comportamientos edificios energéticos y productivos de la red de salud a partir de un análisis particular y detallado. Como primer paso, se realiza una evaluación de las temperaturas máximas y mínimas registradas en la zona de estudio. Seguidamente, se determina el área libre para colocación de paneles. Con ello, se especifican las características del panel seleccionado y el máximo consumo energético durante el muestreo. Se calcula el número de paneles fotovoltaicos (ec. 1)

$$M = \frac{E_c}{E_{gm} * N_{sis}} \quad (1)$$

Donde:

M= Número de módulos FV, sin unidades.  
 EC= Energía consumida diariamente, W-h.

Egm= Energía generada diariamente por cada módulo, W-h.

Nsis= Eficiencia combinada de los controladores, baterías e inversores.

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

Con dicho dato, se calcula el número de filas de módulos en serie (ec. 2) y columnas de módulos en paralelo (ec.3). Obteniéndose un número de módulos conectados por inversor que se multiplica por la tensión para conocer si el arreglo es adecuado.

$$\text{No. filas en serie} = \frac{V_{inv}}{V_m} \quad (2)$$

$$\text{No. columnas en paralelo} = \frac{I_{inv}}{I_m} \quad (3)$$

Posteriormente se determina el número de inversores que necesita para que el Sistema PV pueda cubrir la carga (ec. 4). Se comprueba el número de inversores multiplicado por la potencia de salida, el cual debe ser mayor a la potencia total teórica.

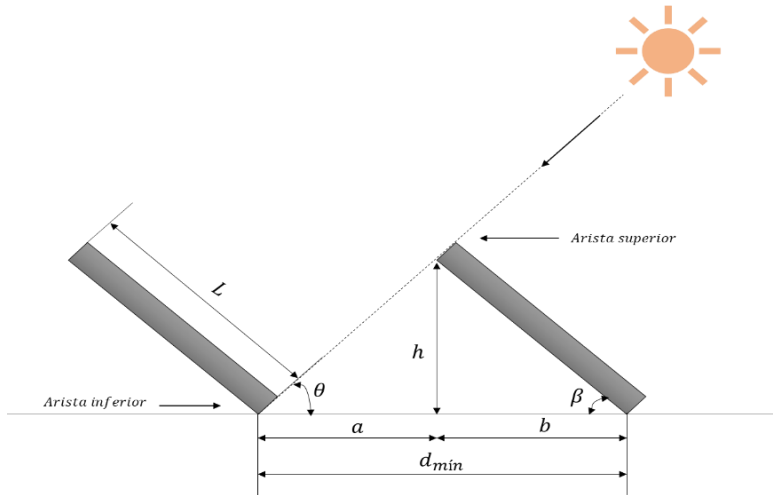
$$\text{No. Inversores} = \frac{M_{total}}{\text{No. Módulos por arreglo}} \quad (4)$$

Con dichos datos, se elabora un diseño de los módulos solares fotovoltaicos con sus dimensiones en el programa Revit, de Autodesk. Para conocer la inclinación, sombras y distancias entre paneles se elaboró un análisis solar para determinar las zonas de mayor alcance para la colocación de los paneles con el programa. El ángulo óptimo del panel que garantice su mejor aprovechamiento varía de acuerdo al lugar; por lo que se obtuvo mediante la ecuación 5.

$$\text{Inclinación} = \text{Latitud} + 10^\circ C \quad (5)$$

La distancia entre paneles se establece de tal forma que al medio día, la sombra de la arista superior del panel se proyecte, como máximo, sobre la arista inferior del panel siguiente (Ver Figura 9).

**Figura 9**  
Distancia mínima entre aristas de paneles



Nota: Componentes para hallar separación mínima en función de ángulos de inclinación y proyección del sol. *Tomado de: Elaboración propia.*

Siendo:

$$h = \text{sen}(\beta) * L \quad (6)$$

$$b = \text{cos}(\beta) * L \quad (7)$$

$$a = \frac{h}{\tan \theta} \quad (8)$$

$$d_{min} = a + b \quad (9)$$

Finalmente, se diseñó un diagrama de distribución de los paneles PV considerando las dimensiones de los paneles y el área del techo del edificio, distribuyendo los paneles con su separación mínima especificada mediante cálculos.

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

#### 4.1. Análisis del ahorro energético potencial del establecimiento a partir del sistema propuesto apropiadas a las condiciones tecno-económicas de la región.

En esta etapa se utiliza, para evaluar y comparar el índice de eficiencia energética-económica, el cual sintetiza la relación entre el comportamiento energético y el costo económico de la inversión necesaria para la aplicación de las mejoras tecnológicas-constructivas. Para obtener la energía que será generada dentro de un mes por los paneles PV, se calcula con la ecuación

10. Con dicho dato, se genera un costo por consumo de la energía eléctrica con paneles fotovoltaicos

$$Eg = \frac{Pm * No. \text{módulos} * Hp *}{301000} \quad (10)$$

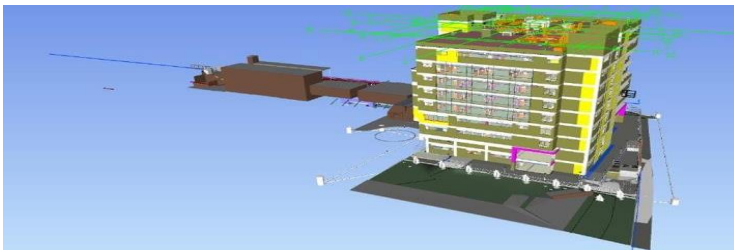
## 5. RESULTADOS

### 5.1. Diagnóstico del consumo energético del subsector salud en el área de estudio, INEN

Para el diagnóstico del comportamiento energético de la red de salud en el INEN, se comenzó por un recorrido de las instalaciones eléctricas del establecimiento (Ver figura 10). El INEN registra un incremento de la tarifa eléctrica, por ende, del consumo y/o demanda eléctrica, incrementado tras la surgencia de la pandemia, con un aumento en un 208% aproximadamente (respecto del IV semestre del 2019 y I semestre del 2022).

**Figura 10**

Animación del hospital Neoplásica, programa Naviswork-2021

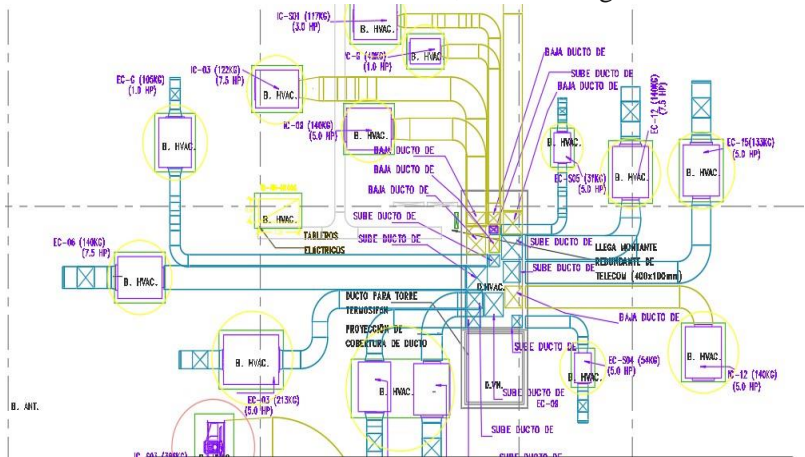


Nota: Esquematización digital de modelo constructivo del INEN a través del programa Naviswork. Tomado de: Consorcio Ítalo-peruano (2017)

Eficiencia energética en el Instituto de Neoplásicas – Surquillo - Lima tras La pandemia del covid-19

**Figura 11**

Plano de las instalaciones eléctricas, azotea. Programa AutoCAD 2021

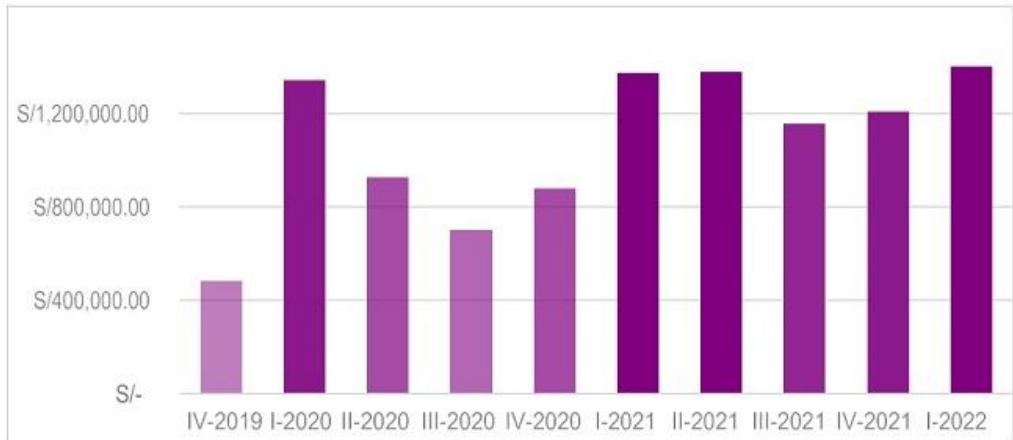


Nota: HVAC, iluminación e instalaciones térmicas en la azotea del INEN.  
Tomado de: Consorcio Ítalo-peruano, 2017.

El análisis de costo por consumo de energía trimestral desde IV trimestre 2019 hasta I trimestre 2022, permite analizar el alto consumo de energía en la etapa de pre y post pandemia, verificando el I trimestre de 2020, I trimestre de 2021, II trimestre de 2021 y I trimestre 2022 fueron los periodos más elevados. Los datos coinciden con cuatro momentos de la pandemia: inicio, primera, segunda y tercera ola del covid-2019 (Ver Figura 12). Se podría manifestar intuitivamente que dicho aumento se debe directamente a la ocupación y demanda de camas UCI (Ver Figura 13). Nos da entender que el sistema convencional no permite un ahorro de energía por lo tanto no permite reducir el Co2.

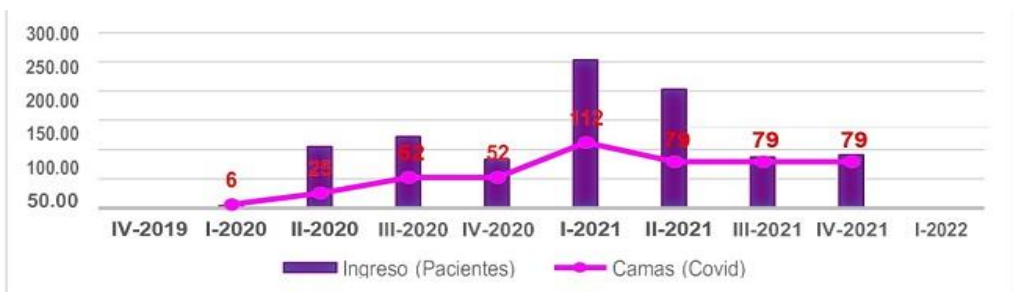
Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila, Susana I. Dávila Fernández

**Figura 12**  
Costo trimestral del consumo de energía INEN



Nota: Gasto eléctrico del Instituto de Neoplásicas para el 4° trimestre del año 2019, 1°- 4° trimestre del año 2020, 1° - 4° trimestre del año 2021 y 1° trimestre del año 2022. Adaptado de: Servicio de Energía Eléctrica – Reporte Anual (INEN). Fuente: Elaboración propia

**Figura 13**  
Ingreso de Pacientes – Uso de Camas UCI para Covid-19



Nota: Relación de ingreso de pacientes en forma general con aquellos internados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) por Covid-19. Adaptado de: Indicadores de Gestión Hospitalaria (INEN). Fuente: Elaboración propia.

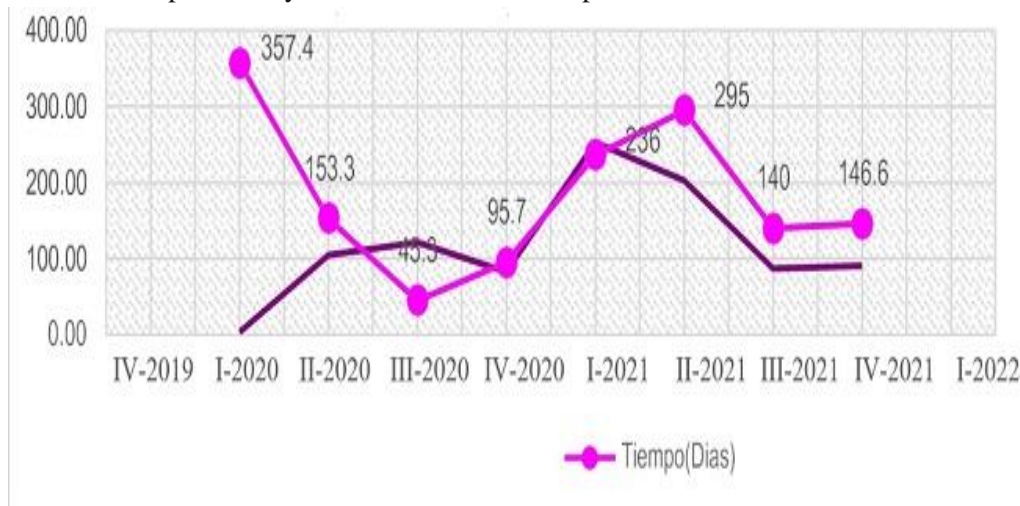


## Eficiencia energética en el Instituto de Neoplásicas – Surquillo - Lima tras La pandemia del covid-19

En la Figura 13 se refleja en la Figura 12 por la cantidad de personas que entraron con síntomas de COVID y consumo energético, la Figura 14 permite detallar la relación que hay entre ingreso de pacientes por COVID y su estadía en el Hospital, dando entender que en los días donde hubo más consumo de energía no necesariamente se debe por la cantidad de personas sino por tiempo de que estuvieron internados. En trimestre I –2020 hubo pocas personas por el inicio de pandemia, pero el consumo fue mayor por la estadía de 357.4 días que el siguiente trimestre que fue de 153 días, dando un costo de consumo de 1343150.30 soles con respecto al siguiente trimestre con un costo de 927620.47 soles.

**Figura 14**

Cantidad de pacientes y su estancia en el INEN por Covid-2019



Nota: Relación de la estancia y el ingreso de paciente para el consumo de energía. Adaptado de: Indicadores de Gestión Hospitalaria (INEN). Fuente: *Elaboración propia*

### 5.2. Desarrollo de estrategia de implementación del Sistema Fotovoltaico para el mejoramiento de la eficiencia energética, a partir de una PV conectado a red.

#### 5.2.1. Análisis del Consumo Energético Teórico y Real del INEN

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

**Tabla 7**  
Consumo de Electricidad del INEN

Mes	Horas Puntas	Fuera Punta	Total
Línea Base	254000	1254880	1508880
Enero	257680	1380000	1637680
Febrero	311440	1528800	1840240
Marzo	276640	1380480	1657120

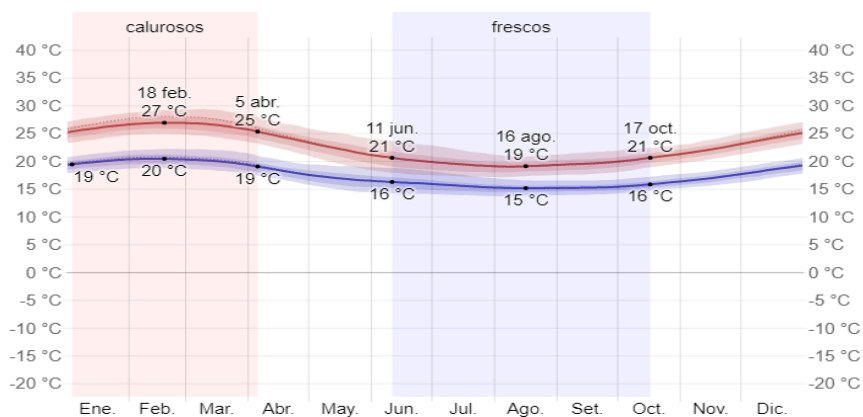
Nota: Energía Activa (Wh). Tomado de: INEN (2022)

En la Tabla 7 se observa el consumo teórico del INEN para los meses de enero, febrero y marzo. Considerando un consumo de 24 horas al día para aparatos encendidos al mismo tiempo y de forma permanente. El consumo energético por mes realizando un promedio de los 3 meses durante el monitoreo fue de 1711680 kW que multiplicado por la tarifa de Cargo por Energía Activa en Punta (cent S./kW.h) es de 130.52 y para un cargo por Energía Activa fuera de Punta (cent S./kW.h) es de 50.19 dando como un aproximado de 1'085,558.53 soles

### 5.2.2. Análisis del tipo de Celda Fotovoltaica adecuada para el INEN tomando en cuenta los Factores Ambientales y los Costos.

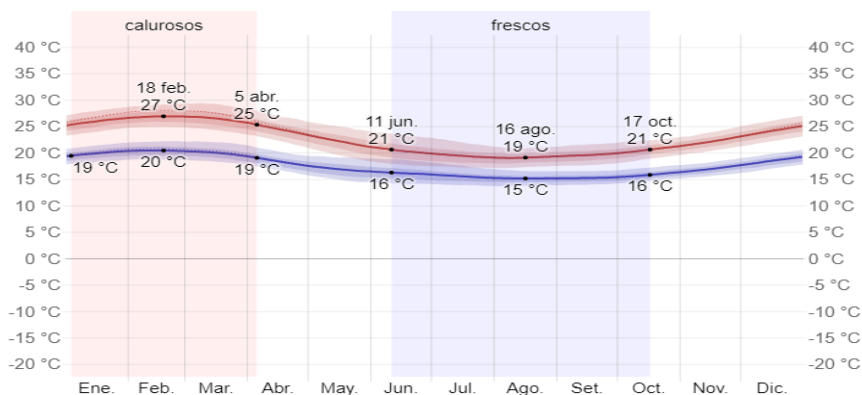
En la Figura 15, se observa que, durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 15° a 27°C y rara vez baja a menos de 14°C o sube a más de 29°C. La temporada más cálida del año en Lima es febrero, con una temperatura máxima de 27°C y mínima de 20°C. La Figura 16 muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año.

**Figura 15**  
Temperatura máxima y mínima promedio en Lima



Nota: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Tomado de: Weather Spark (2022)

**Figura 16**  
Temperatura máxima y mínima promedio en Lima

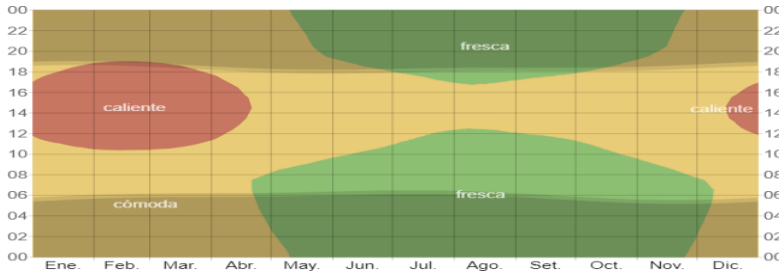


Nota: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Tomado de: Weather Spark (2022)

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

### Figura 17

Temperatura promedio por hora en Lima.



Nota: La temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil. Tomado de: *Weather Spark*(2022)

La temperatura máxima y mínima registrada en el estado están dentro del rango de la mayoría de paneles que se ofertan en el mercado y tomando en consideración que el área disponible es limitada. Seleccionada la energía eléctrica a suministrar, se selecciona un proveedor de módulos FV. Una de las principales razones para la selección de los módulos es la eficiencia y su potencia pico, ya que, a mayor eficiencia y potencia, menor número de módulos por instalación y área a utilizar. En este caso se optaron por módulos de la tecnología de Dual Sun (Ver figura 17), ya que su potencia es una de la más alta en su clase y su material tiene una mayor eficiencia a comparación de otros materiales, además de que permite al módulo operar sin problemas en múltiples configuraciones de montaje.

### Figura 18

Panel Monocristalino 320 W de 2163mm x 1030mm x 35 mm.



Nota: Dimensiones del panel seleccionado. Tomado de: *Dual Sun* (2018)

Considerando que el inversor a utilizar debe proporcionar la potencia que pueda estar conectada al sistema y las características de la instalación (monofásica y trifásica) en donde el caso más crítico es cuando todas las cargas (potencia total) están conectadas al PV, así como los parámetros de entrada del inversor, por lo que se selecciona un inversor Xantrex GT30 para conexión a la red (Ver Figura 18).

**Figura 19**  
Inversor Xantrex GT30



Nota: Inversor Schneider Xantrex GT30 E. Tomado de: *La Casa Sostenible (2018)*

### 5.2.3. Cálculo del número de Paneles Fotovoltaicos necesarios para abastecer lademanda energética del INEN

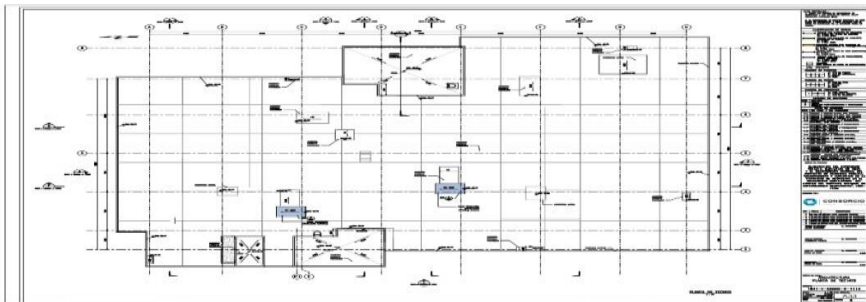
Considerando que el sistema de paneles a instalar es interconectado a la red eléctrica general, el espacio disponible para la instalación es 600 m<sup>2</sup>, el panel seleccionado tiene una dimensión de 1.9403 m<sup>2</sup> (Ver Figura 19), se suministrara 70% del máximo consumo registrado durante el muestreo, que se encuentra según la Tabla 7 para el mes de febrero 2022 que fue de 1840240 kWh por lo que se suministra 1288168 kWh. Utilizando la radiación en la localidad que para Lima Metropolitana es de 4.9 horas, la tensión máxima es de 1500 V y corriente máxima del módulo es de 10.7 A.

$$M = \frac{1288168 \text{ kW}}{1500 \text{ V} \times 10.70 \text{ A} \times 4.9 \text{ h}} = 16.28 \text{ módulos}$$

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila, Susana I. Dávila Fernández

De acuerdo con el cálculo se necesitan 17 paneles solares fotovoltaicos para cubrir la demanda a suministrar, se instalarán 18 PV para que los inversores queden niveleados.

**Figura 20**  
Azotea INEN



Nota: Representación gráfica de la Azotea del INEN. Tomado de: Consorcio Ítalo-Peruano(2017).

### 5.2.4. Cálculo del arreglo de los paneles PV

**Figura 21**  
Cantidad de números de paneles fotovoltaico

Cantidad de N° módulos

$$M = \frac{E_c}{E_{gm} * N_{sis}}$$

Ec	609741
Egm	375
N sis	0.42
M	682.90992
M	683

Nota: La cantidad de números de paneles fotovoltaicos para el abastamiento del hospital Neoplásica según su consumo y la dimensión de la azotea. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 22**

Cálculo de la energía propuesta con paneles Fotovoltaicos por un mes

Cálculo de la energía propuesta con paneles Fotovoltaicos

$$Eg = \frac{Pm \times N^{\circ} \text{ modulos} \times Hp \times 30}{1000}$$

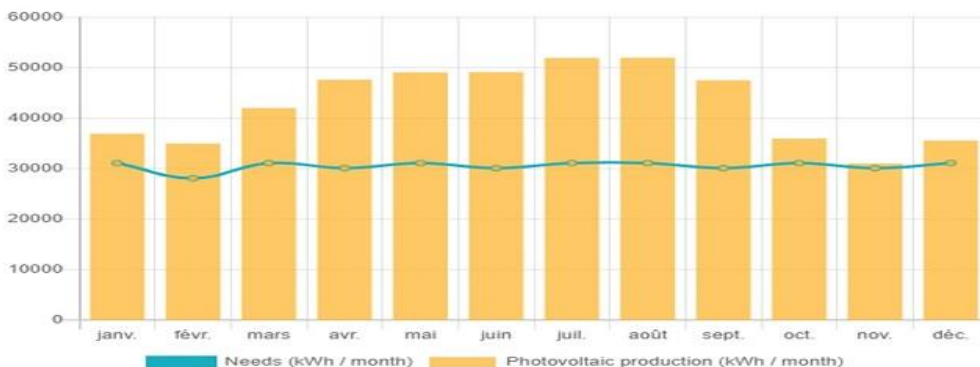
Pm	375
No	683
Hp	4.9
30	
1000	
<b>Eg</b>	<b>= 37650.375 kw</b>

Nota: La cantidad de energía con los paneles fotovoltaicos con una inclinación 19° según la latitud de la ubicación del edificio. Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Análisis del ahorro energético potencial del establecimiento a partir del sistema propuesto apropiadas a las condiciones tecno-económicas de la región.

**Figura 23**

Producción mensual de los paneles fotovoltaico vs consumo del hospital programa (DualSun)



Nota: La producción de energía del panel fotovoltaico nos ayuda a analizar mejor que tan eficiente son los paneles fotovoltaicos. Dual Sun, 202

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

### Figura 24

Reducción de CO2 por toneladas según Dual Sun

Durante 25 años, su instalación habrá evitado la emisión a la atmósfera de:

**5.753,6 toneladas de CO2**

o un balance ecológico neto de 5.642,11 toneladas de CO2 ⓘ

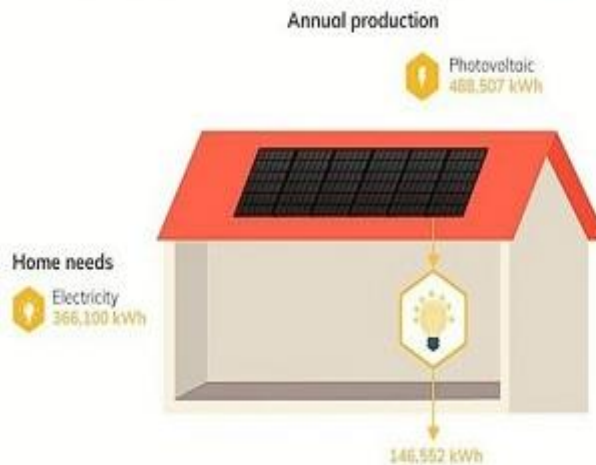
Nota: Reducción de CO2 por el simulador de la empresa Dual Sun, según la implementación de los 683 paneles durante 25 años se reducirá 5753.6 toneladas de CO2

### Figura 25

Modelo de ahorro de energía con paneles Fotovoltaico

**40 % de autonomía energética**

El siguiente gráfico le permite visualizar cómo su producción solar contribuye a su autonomía energética:



Nota: Consumo de energía 366366.14kwh, un porcentaje del 40% del total de consumo anual. Dual Sun, 2022



## 6. DISCUSIÓN

La correcta gestión de los Paneles fotovoltaico en puntos estratégicos y el uso correcto técnico en del Hospital Neoplásica permitirán ofrecer un modelo sólido, coherente y útil, para la gestión y operación del proyecto de infraestructura. Contar con este método sostenible, que permite que las personas involucradas (cliente, diseñador. Pacientes) esto constituye un aspecto fundamental para que el proyecto de infraestructura que pueda incorporarse como pieza contributiva en el contexto de una un Hospital eco-saludable. El modelo de información constituye en sí mismo un aporte para el desarrollo de los objetivos de desarrollo sostenible.

El presente trabajo solo se centró para solución en la reducción de consumo energético paracasos de pandemia: COVID-19. No se expandió al análisis de calidad de aire, análisis de huella de carbono.

El principal factor técnico que afecta el costo del sistema híbrido es la demanda de energía. Se observa que la implementación de un Sistema Fotovoltaico solo cubriría con un 40% de la demanda eléctrica, aunque el valor no es despreciable, se podría optimizar en búsqueda de mejores modelos con mayores potencias, tensiones y amperaje que permita un flujo de corriente continua. Sin embargo, lo que es óptimo y destacable es el nivel de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, que es un aproximado de 5753.6 toneladas; valor que permitiría al Hospital posicionarse como un modelo de Hospital Verde en Latinoamérica.

## 7. CONCLUSIONES

- Los ahorros en energía se obtuvieron con la identificación e implementación de medidas para el ahorro de electricidad, de las cuales fueron asociadas con fórmulas establecidas para un modelo energético hospitalario en la cual se determina la demanda y el costo de la energía antes y después de cada intervención por año. De igual modo se aplicó el programa SPSS cuyo fin fue determinar la inversión óptima en cada intervención por año de manera que reduzca el nivel de contagios.
- Los datos obtenidos de consumo energético-eléctrico del INEN pueden no ser del todo precisos, puesto que las lecturas de suministro eléctrico no reflejan necesariamente la realidad para los meses iniciales de

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

pandemia. Puesto que por medidas de aislamiento social para frenar la propagación del COVID-19, se suspendió la toma de lectura de medidores a través del Decreto de Urgencia 035- 2020. Tanto las empresas Luz del Sur como Enel fueron autorizadas a emitir recibos por consumos de electricidad utilizando un sistema de promedio, que luego fue reajustado en los posteriores meses como un sobrecargo. Esto es lógico, ya que se puede evidenciar en el primer trimestre del 2020 ningún impacto.

- Mediante un análisis del costo trimestral por uso de instalaciones convencionales del consumo de energía en el Hospital Neoplásicas se determinó que durante el periodo de 2020 – 2021 el costo de consumo fue elevada, ya que afectó el nivel de daños a la salud debido a la pandemia afectando a miles de peruanos. Siendo los 2 primeros trimestres del 2021 y el primer trimestre del 2022 los costos más elevados, por lo cual nos permite conocer que el sistema convencional no permite un ahorro de energía, por ende, no permite reducir el CO<sub>2</sub>.
- El consumo de electricidad en iluminación depende del número de lámparas, número de horas de iluminación y su eficiencia (iluminación/potencia eléctrica). Sabemos que cada hospital no puede parar sus actividades, estos funcionan las 24 horas, siete días x semana, en lo cual es posible obtener ahorros energéticos importantes si tomamos en cuenta el uso adecuado del material para la instalación en cada lugar/ambiente.
- Para un análisis del ahorro energético potencial, los resultados del cálculo de las características tecnológicas constructivas de la envolvente se puede observar el mejoramiento para un comportamiento térmico y los costos de inversión para cada propuesta. Se observa que para cada reciclado 1,2 y 3 presentan un índice de eficiencia energético – económica de valores 0.0008, 0.0005 y 0.0005 respectivamente de la cual se toma en cuenta el ahorro energético y económico.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Huynh, A.; Barkokebas, R.D.; Al-Hussein, M.; Cruz-Noguez, C.; Chen, Y. (2021) Energy-efficiency requirements for residential building envelopes in cold-climate regions. *Atmosphere*, 12, 405.
- Saavedra, E., Rey, F. J., & Luyo, J. E. (2016). Sistemas de iluminación, situación actual y perspectivas.
- European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal. COM/2019/640 Final. Recuperado de: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:-52019DC0640> (accessed on 28 May 2021)
- Salud sin daño (2020). Informe sobre el trabajo de los miembros de la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables en América Latina. Red Global de Hospitales Verdes y Saludable.
- Hernández, J., et. al. (2017). Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 28(54). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/145/14551170003.pdf>
- Vásquez-Ibarra, L.; et. al. (2020) The joint use of life cycle assessment and data envelopment analysis methodologies for eco-efficiency assessment: A critical review, taxonomy and future research. *Sci. Total Environ.* 2020, 738, 139538. [CrossRef]
- Cheek, E.; Guercio, V.; Shrubsole, C.; Dimitroulopoulou, S. (2021). Portable air purification (2021). Review of impacts on indoor air quality and health. *Sci. Total Environ.* 766, 142585. [CrossRef] [PubMed]
- Beraún Espíritu, M. M. (2021). La eficiencia energética en tiempos de pandemia basado en el consumo energético en hospitales del Perú. Recuperado de: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/REVROOS\\_-97fc6a724432cadcd12f6dd976a9c07](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/REVROOS_-97fc6a724432cadcd12f6dd976a9c07)
- Morgenstern, P & Raslan, Rokia & Ruyssevelt, Paul. (2016). Reducing hospital electricity use: an end-use perspective.

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

- Martínez-Sierra, David, García-Samper, Martha, Hernández-Palma, Hugo, & Niebles- Núñez, Willian. (2019). Gestión Energética en el Sector Salud en Colombia: Un Caso de Desarrollo Limpio y Sostenible. *Información tecnológica*, 30(5), 47-56. <https://dx.doi.org/10.4067/S071807642019-000500047>
- Salazar, Miriam Rosario, Regalado-Rafael, Roxana, Navarro, Jeannie Magalli, Montañez, Dayana Melissa, Abugattas, Julio Elías, & Vidaurre, Tatiana. (2013). El Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas en el control del cáncer en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 30(1), 105-112. Recuperado en 14 de junio de 2022, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S172646342013000100020&lng=es&tIng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172646342013000100020&lng=es&tIng=es).
- Bejar Chuchon, E. M., & Castro Tito, Y. G. (2021). Los dilemas médicos que se suscitan ante la insuficiencia de camas de UCI por el coronavirus desde una perspectiva biojurídica. *Revista Oficial Del Poder Judicial*, 13(15), 357-380. <https://doi.org/10.35292/ropj.v13i15.400>
- Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (2019). Indicadores de Gestión Hospitalaria. Departamento de Epidemiología y Estadística del Cáncer. Recuperado de: [https://portal.inen.sld.pe/wp-content/uploads/2020/01/-DICIEMBRE\\_2019.pdf](https://portal.inen.sld.pe/wp-content/uploads/2020/01/-DICIEMBRE_2019.pdf)
- Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (2021). Indicadores de Gestión Hospitalaria. Departamento de Epidemiología y Estadística del Cáncer. Recuperado de: [https://portal.inen.sld.pe/wpcontent/uploads/-2022/04/DICIEMBRE\\_2021.pdf](https://portal.inen.sld.pe/wpcontent/uploads/-2022/04/DICIEMBRE_2021.pdf)
- Gallagher, M. & Wykes, S. (2015). Participación de la Sociedad Civil en la iniciativa de Energía Sostenible para Todos. Pratical Action. CAFOD. Recuperado de: <https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G03879.pdf>
- Martínez, D.; García, M.; Hernández, H. & Niebles, W. (2019). Gestión Energética en el Sector Salud en Colombia: Un caso de Desarrollo Limpio y Sostenible. *Información Tecnológica*. Vol. 30(5), 47-56 (2019). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500047>

- Palacios, M.; Santos, E.; Velázquez, M. & León, M. (2020). COVID-19, una emergencia de salud pública mundial. Revista Clínica Española. Recuperado de: <https://medicinainterna.net.pe/sites/default/files/Covid19%20Emergencia%20Publica%20Mundial.pdf>
- Villanueva-Carrasco Rosa, Domínguez Samamés Rafael, Salazar De La Cruz Miriam, Cuba-Fuentes María Sofía. Respuesta del primer nivel de atención de salud del Perú a lapandemia COVID-19. An. Fac. med. [Internet]. 2020 Sep [citado 2022 Jun 14]; 81(3): 337-341. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/-scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S102-555832020000300337&Ing=es.http://dx.doi.org/10.15381/anales.v81i3.18952](http://www.scielo.org.pe/-scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102-555832020000300337&Ing=es.http://dx.doi.org/10.15381/anales.v81i3.18952)
- L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, C. Pout (2008), A review on buildings energy consumption information, Energy Build. 40 (3) pp. 394–398.
- Britto, F. et al (2021). Tiempos de pandemia 2020-2021. 1° Edición digital. Recuperado de: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/5485.pdf>
- Ministerio de Salud (2022). Plan Frente a la Pandemia por COVID – 19, para el año 2022, del Ministerio de Salud. Documento Técnico. Recuperado de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2852615/Documento%20T%C3%A9cnico%20Plan%20frente%20a%20la%20pandemia%20por%20COVID-19%20para%20el%20a%C3%B1o%202022.pdf>
- V.K. Singh, L.R.T. Pedamallu, A.C. Ziebell. (2017) Addressing Implementation Methods and Challenges for Energy Efficiency in Health Sectors of India, 3rd International Conference on Energy and Environment: bringing together Engineering and Economics Porto.
- Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (2022). Plan de trabajo para la recategorización del INEN 2021-2022. Comité Operativo de Recategorización del INEN.
- Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (2020). Resolución Jefatural. <https://portal.inen.sld.pe/wp-content/uploads/2020/06/RJ-147-2020.pdf>
- Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout C (2008). A review on buildings energy consumption information. Energy Build. 40(3):394–398. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778807001016>

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

- S. Kumar, R. Kapoor (2009) Energy Efficiency in Hospitals: Best Practice Guide, USAID, ECO-III, BEE, India.
- Energy Information Administration, Commercial buildings energy consumption survey (CBECS) (2015). <https://www.eia.gov/consumption/-commercial/-data/2012/bc/pdf/b1-b2.pdf>
- L. Schulster, R.Y. Chinn (2003) Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC)., MMWR. Recommendations and reports: Morbidity and mortality weekly report. Recommendations and reports. 52 1-42
- International Energy Agency (IEA), 2020. COVID-19: Exploring the impacts of the Covid-19 pandemic on global energy markets, energy resilience and climate change. Disponible en: <https://www.iea.org/topics/covid-19>
- Cevallos, P. (2020). Automatización de una cama de cuidados intensivos del Hospital Carlos Andrade Marín. Universidad Tecnológica Equinoccial. Recuperado de: [https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5742/-1/43770\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5742/-1/43770_1.pdf)
- Forbes, M., Burnham, J., Lau, R., Aye, L, Kollef, M., Scott, M. (2018). The carbon footprint of treating patients with septic shock in the intensive care unit. 20(4): 304-312. [32] Ioannou, Kyriacos. (2020). Supplying Electricity to an off-grid hospital using solar PV. [10.13140/RG.2.2.27191.96164](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27191.96164).
- Ojha, Rajesh. (2012). Design of a Stand-alone photovoltaic system for a rural Hospital. [10.13140/2.1.1016.1288](https://doi.org/10.13140/2.1.1016.1288).
- Ministerio de Energías y Minas (2014). Plan Energético Nacional 2014-2025. Dirección General de Eficiencia Energética. N. Van Doremalen, T. Bushmaker, D.H. Morris, M.G. Holbrook, A. Gamble, B.N. Williamson, A. Tamin, J.L. Harcourt, N.J. Thornburg, S.I. Gerber, Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1, N. Engl. J. Med. 382 (2020)1564-1567.
- B. Casini, B. Tuvo, M.L. Cristina, A.M. Spagnolo, M. Totaro, A. Baggiani, G.P. Privitera, Evaluation of an Ultraviolet C (UVC) Light-Emitting Device for Disinfection of High Touch Surfaces in Hospital Critical Areas, International journal of environmental research and public health. 16 (2019) 3572.

- S.L. Burrer, M.A. de Perio, M.M. Hughes, D.T. Kuhar, S.E. Luckhaupt, C.J. McDaniel, R.M. Porter, B. Silk, M.J. Stuckey, M. Walters, Characteristics of health care personnel with COVID-19- United States, February 12- April 9, MMWR. 69 (2020) (2020) 477– 481.
- Lozano, Ysabel, & Palacios, Enver V. (2021). Factores asociados a la hospitalización de pacientes con COVID-19 en la Unidad de Cuidados Intensivos de una clínica en 2020. *Horizonte Médico (Lima)*, 21(1), e1379. <https://dx.doi.org/10.24265/horizmed.2021.v21n1.09>
- M.M. Squire, T. Igusa, S. Siddiqui, G.K. Sessel, E.N. Squire Jr, Cost-Effectiveness of Multifaceted Built Environment Interventions for Reducing Transmission of Pathogenic Bacteria in Healthcare Facilities, *Health Env Research & Design Journal* 12 (2019) 147–161.
- Organización Mundial de la Salud. (1996). "Solar Energy and Rural Health Care: WHO Fact Sheet N132. Ginebra, Suiza. Disponible en <http://www.who.int/inf-fs/en/f.ctl32.htinl>
- R. Arce Ramos; F. Jurad Pérez. (2020). “Análisis de fallas en sistemas híbridos conectados a la red eléctrica”. *Revista Ingeniantes*. 2(1). Disponible en <https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes7no2vol1/10%20An%C3%A1lisis%20de%20fallas%20en%20sistemas%20h%C3%ADbridos%20conectados%20a%20la%20red%20el%C3%A9ctrica.pdf>
- A. Suarez, J. Rojas. (2021). Criterios de diseño – Hospital en Pandemia. *Fundamentos generales* (1-5). Recuperado de: [https://hospitecnia.com/sites/default/files/inlinefiles/Arquitectura%20hospitalaria\\_Pandemias.pdf](https://hospitecnia.com/sites/default/files/inlinefiles/Arquitectura%20hospitalaria_Pandemias.pdf)

Daniella V. Gálvez Ramírez, Juan L. Huamán Valdez, Junior B. Salirrosas Del Águila,  
Susana I. Dávila Fernández

---

Daniella V. Gálvez Ramírez

Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma

<https://orcid.org/0009-0003-2315-2568>

Autor correspondal: [201821012@urp.edu.pe](mailto:201821012@urp.edu.pe)

Juan L. Huamán Valdez

Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma

<https://orcid.org/0009-0003-9392-7592>

[201821021@urp.edu.pe](mailto:201821021@urp.edu.pe)

Junior B. Salirrosas Del Águila

Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma

<https://orcid.org/0009-0005-1857-850X>

[junior.salirrosas@urp.edu.pe](mailto:junior.salirrosas@urp.edu.pe)

Susana I. Dávila Fernández

Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma

<https://orcid.org/0000-0002-6949-1317>

[susana.davila@urp.edu.pe](mailto:susana.davila@urp.edu.pe)