**INGENIERÍA BIOMÉDICA**

**PUCP-UPCH**

“Diseño de un monitor de signos vitales (temperatura, frecuencia de pulso, presión sanguínea y saturación de oxígeno) ad hoc para niños durante intervención quirúrgica.”

**INTEGRANTES:**

Víctor Castillo Tello; Astrid Morán Alvarez; Mateo Portal von Hesse; Sebastián Rodríguez Ríos; Tayel Saavedra Barboza; Vivian Loli Torres

**CURSO:**

Proyectos de Biodiseño 1

**ASESOR:**

MSc PhD Candidate Rossana Rivas Tarazona

**2021-2**

**Índice**

[**Problemática**](#_477f81outu3h) **2**

[Contexto](#_i8a042shxarn) 2

[General](#_txlyo72mp07j) 2

[Económico](#_79mt1a3jse5k) 3

[Social](#_bdmpitmpkatj) 4

[Definición del problema](#_rofpgid8lkjh) 6

[Planteamiento de problema](#_cp8gad4c5o95) 6

[Mapas de stakeholders](#_6ueyer7z5ski) 6

[Mapas de empatía](#_ik711yanqv1i) 7

[Árbol de problemas](#_xmeqd6sl5oh4) 9

[Análisis de efectos y su impacto](#_3n30z8jgn4ok) 9

[Análisis de causas y sus factores](#_hpn4jvanptc0) 11

[Propuesta preliminar de solución](#_ncr1c7nkasmu) 12

[**Definición**](#_wbl9w5wxbpfq) **12**

[Objetivos](#_5q0o3w9m06ex) 12

[General](#_tgnyclbf6snq) 12

[Específicos](#_qgzeozyl30pr) 12

[Metodología](#_gai8vajtj4kq) 12

[Alcance](#_tsoksnmkvxet) 13

[Estado del arte](#_4gochcggh03l) 13

[Patentes y trabajo de investigación](#_rqq3ukiz79as) 13

[Patentes](#_bbrh22q765qh) 13

[Trabajos de investigación](#_b01kpm4aj0q2) 15

[Sistemas Comerciales](#_3r5i7kpcxkfe) 16

[Normativa](#_xjb5ptu97jfj) 19

[Global](#_7i284nfuj8x2) 19

[Europea](#_yqxnz3vl4tza) 19

[Peruana](#_81ybd8b2zh4) 19

[Requerimientos de diseño](#_98jq2hsa5zyz) 21

[Requerimientos funcionales](#_c143xfn7kkmr) 21

[Requerimientos no funcionales](#_i03wazfpmjs) 22

[**Anexos**](#_4zdyh7hx09ar) **24**

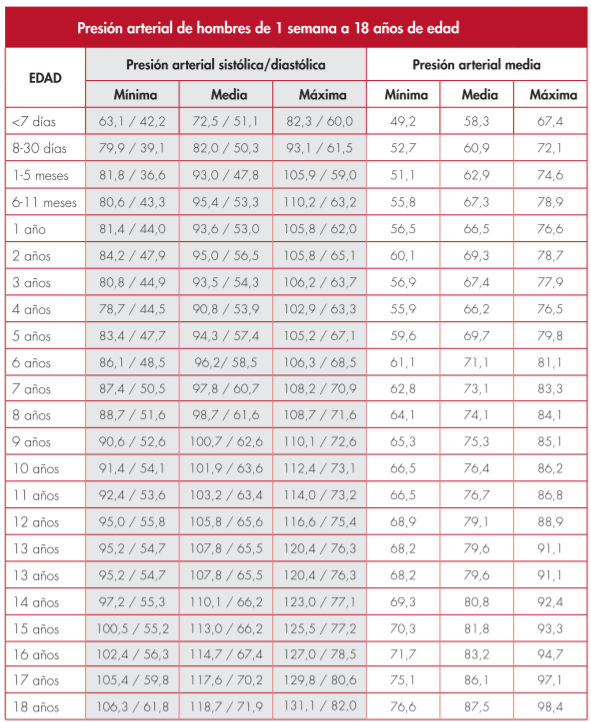
[**Referencias bibliográficas**](#_p59h5tdw4wmm) **25**

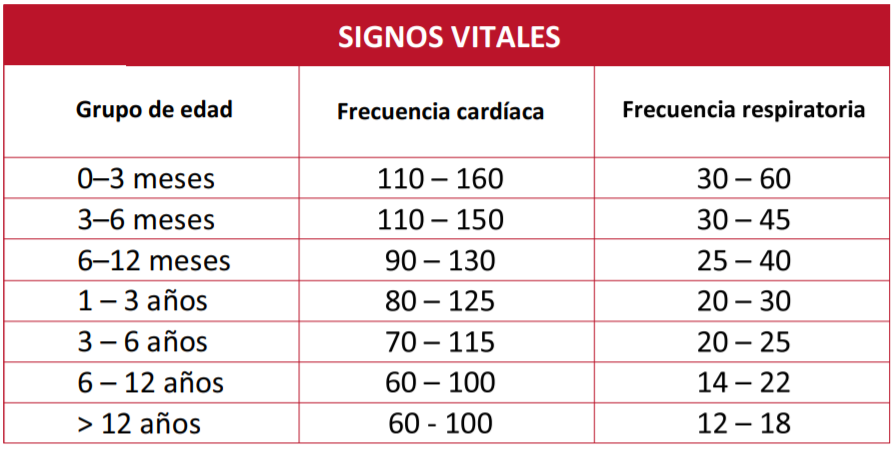
# Problemática

## Contexto

### General

Los signos vitales reflejan funciones esenciales del cuerpo entre los que se encuentran el ritmo cardíaco, la frecuencia respiratoria, la temperatura y la presión arterial. La importancia de un monitor de signos vitales radica en que este dispositivo muestra de forma clara y en tiempo real el estado de salud del paciente en una intervención quirúrgica [1], esta información será decisiva en las decisiones que tome el personal médico en la operación, siendo este monitor la principal fuente de información sobre la salud del paciente con el médico, ya que este se encuentra anestesiado. Los signos vitales normales cambian con la edad, el sexo, el peso, la capacidad para ejercitarse y la salud general. En el caso de los niños, los signos varían bastante conforme el crecimiento del niño *Figura 1 y Figura 2*. Por otro lado, en una intervención quirúrgica en el cual un paciente es un niño, el personal de salud tiene que vigilar más frecuentemente los signos vitales, pues estos tienden a descompensarse más fácil y rápidamente que un adulto.



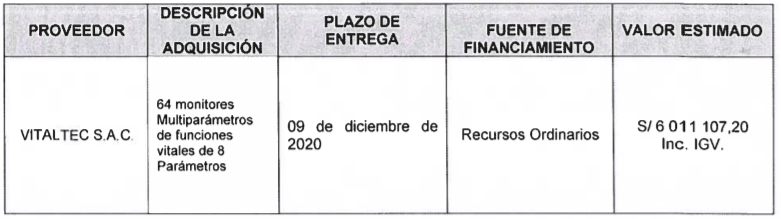




### Económico

En Latinoamérica existe un acceso desigual a los servicios de salud, esto se debe a que los países de esta región del globo invierten menos en la salud de sus ciudadanos. De acuerdo a *El Panorama de la Salud: Latinoamérica y el Caribe 2020* de la OCDE, se plantea que el gasto total en salud en los países de América Latina corresponde a un 6,6% del PIB, inferior al 8,8% en los países de la OCDE. El número de países que supera el promedio de gastos de salud per cápita en Latinoamérica es muy reducido; cabe destacar que nuestro país también se encuentra por debajo de este promedio.[3] Esta situación repercute en la infraestructura de los centros médicos y posterior adquisición de equipos médicos como lo serían los monitores de signos vitales. De esta forma el Banco Mundial exhorta que tanto los países de Latinoamérica y el Caribe necesitan gastar más y mejor en salud para poder enfrentar estas situaciones de salud pública [4].

Ahora bien, enfocándonos en el Perú, según la “Guía de Orientación al Ciudadano del presupuesto público 2021” del Ministerio de Economía y Finanzas, el presupuesto en salud en millones de soles para Lima Metropolitana es de 9,528; un 14.5% del presupuesto total, mientras que en provincias como el Callao, Cusco y Arequipa el presupuesto (porcentaje del total) es de 521 (12.4%), 577 (8.1%) y 618 (14%), respectivamente.[5] Si bien es cierto que la densidad poblacional de la capital es mucho mayor que en las regiones y por lo tanto es lógico que haya mayor presupuesto en ese lugar, consideramos que esto no justifica la brecha tan notoria que existe hoy en día.

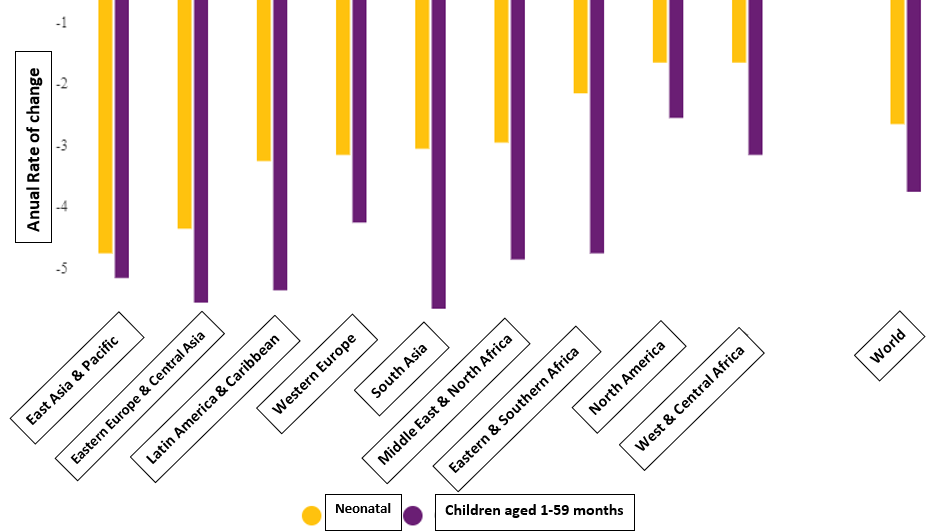
El 26 de enero del 2021 el Ministerio de Salud publicó la Resolución Ministerial N° 098-2021, en donde se menciona la compra de 64 monitores multiparámetro de funciones vitales de 8 parámetros de la empresa VITALTEC S.A.C. por un valor estimado de S/. 6,011,107.20. De este dato se saca que cada monitor en singular costó aproximadamente 94,000.00 soles, un monto muy elevado. 



También es importante señalar la gran deficiencia en infraestructura hospitalaria que existe en las provincias, donde solo la provincia de Lima concentra 200 hospitales de los 604 en total en todo el Perú, lo cual nos demuestra la ausencia de atención de nivel secundario fuera de la capital [7]*.*

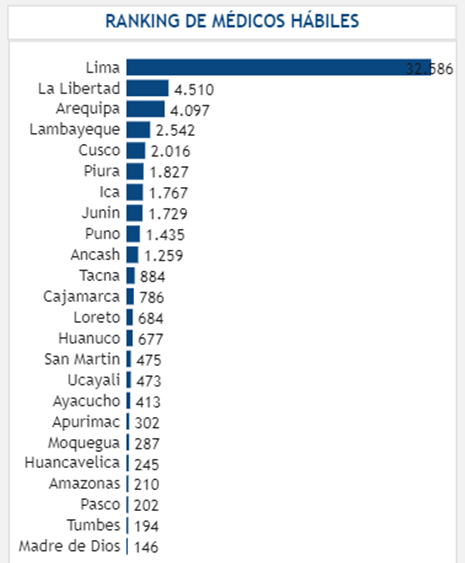
### Social

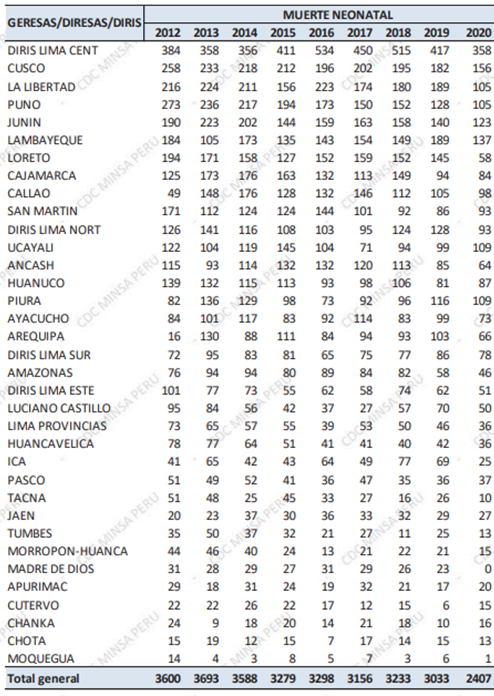
La tasa de mortalidad infantil ha ido en descenso durante los últimos años, gracias en parte a nuevas técnicas en el campo de la salud y a la gran inversión de parte de los países [8], en especial en el sector salud. Sin embargo, la pandemia del coronavirus ha provocado un aumento en la curva de mortalidad en países de todo el mundo, entre ellos Perú [9]. Este aumento general de la tasa de muerte mundial también involucra a niños desde la edad neonatal hasta los 5 años, tal como lo informan las Naciones Unidas [10].

Un informe de UNICEF basado en información brindada por las Naciones Unidas nos indica que en el 2019 e inicios del 2020, las muertes neonatales representaron el 47% de las muertes de menores de 5 años en el mundo [11]. Esto a pesar de que la etapa neonatal abarca únicamente 29 días desde el nacimiento. Es por esta razón que cada vez se apuesta por el desarrollo de dispositivos médicos de monitoreo y la investigación, como por ejemplo los estudios publicados en "Journal of medical economy" a inicios de 2020, los cuales resaltaron la importancia y pertinencia del monitoreo continuo por sobre la intermitente [12]. Estos avances también están siendo aprovechados por los neonatos y niños en edad menor de 5 años.



En el Perú existe una gran desigualdad y centralización de personal médico en la capital respecto a las demás provincias, lo que nos brinda un idea clara de la situación en la que se encuentra el personal médico en ciudades ajenas a la capital. La inequitativa distribución de médicos hábiles responde a una diferencia de población en cada región presentada y la diferencia en el ranking de defunciones registradas a nivel nacional. En Perú, es Lima la región que aglomera la mayor cantidad de recursos humanos.









Por otro lado, es importante conocer a detalle el procedimiento de las cirugías pediátricas en el Perú, así como los implementos necesarios con el que cuenta el personal de salud en el quirófano. En este caso, nos basaremos en el Manual de procesos y procedimientos en cirugía pediátrica brindada por el hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins. En primer lugar el paciente es atendido por la enfermera cuya función es ingresar al paciente a sala de operaciones, luego el médico anestesiólogo verifica que el paciente cumpla con todos los requerimientos para ser operado, es decir, se encuentre apto para la intervención y elabora un consentimiento informado. Finalmente el cirujano pediátrico opera al paciente [15]. Es importante mencionar que en el caso de que el paciente necesite ser anestesiado, se necesitará todos los recursos médicos enumerados en la *Figura 7,* donde una vez se aprecia la presencia de los monitores de signos vitales*.*

## 

## Definición del problema

***Figura 7. Recursos Médicos, MINSA - 2021 [16]***

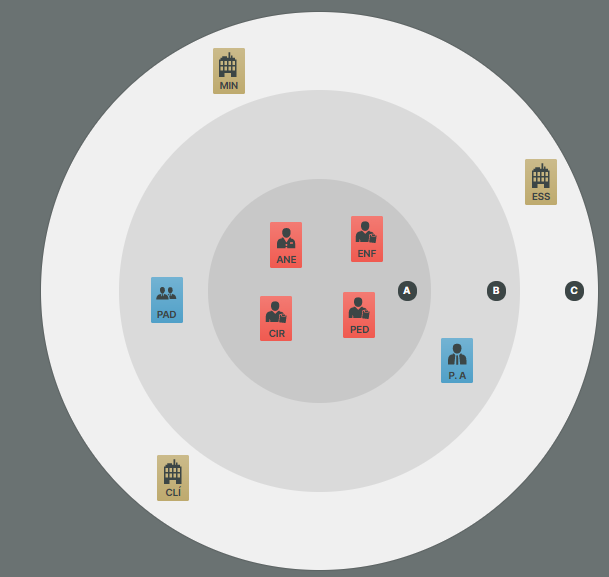
### Planteamiento de problema

Según el contexto investigado, nos dimos cuenta que la población de neonatos es la más vulnerable entre todos los grupos de niños, teniendo un 47% de tasa de mortalidad en comparación con edades superiores. Esta mortalidad puede deberse a muchos factores, pero nos enfocaremos en la insuficiencia de monitores de signos vitales y sus sensores, los cuales son la base de una buena monitorización continua y la ejecución de una buena labor del personal médico durante una cirugía.

### Mapas de *stakeholders*

Un adecuado mapeo de stakeholders permite identificar grupos de interés que pueden ser futuros aliados del proyecto, debido a aquello es importante realizar una investigación a fondo respecto de qué actores son influyentes en nuestro proyecto. Sin un adecuado mapeo de stakeholders se presentarán dificultades de comunicación e intereses en un futuro.

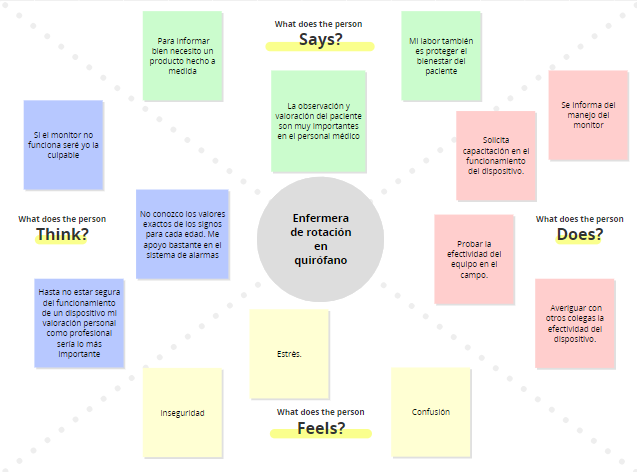
En el siguiente mapa de Stakeholders (*Figura 6*) se han considerado 3 niveles de interacción:

* **Nivel A - Interacción Directa**
* **ANE:** Anestesiólogo
* **PED:** Pediatra
* **ENF:** Enfermera
* **CIR:** Cirujano
* **Nivel B - Interacción Indirecta**
* **PAD:** Padres de familia y/o apoderados
* **P.A :** Personal administrativo
* **Nivel C - Interacción Lejana**
* **MIN:** MINSA
* **ESS:** EsSalud
* **CLI:** Clínicas Privadas

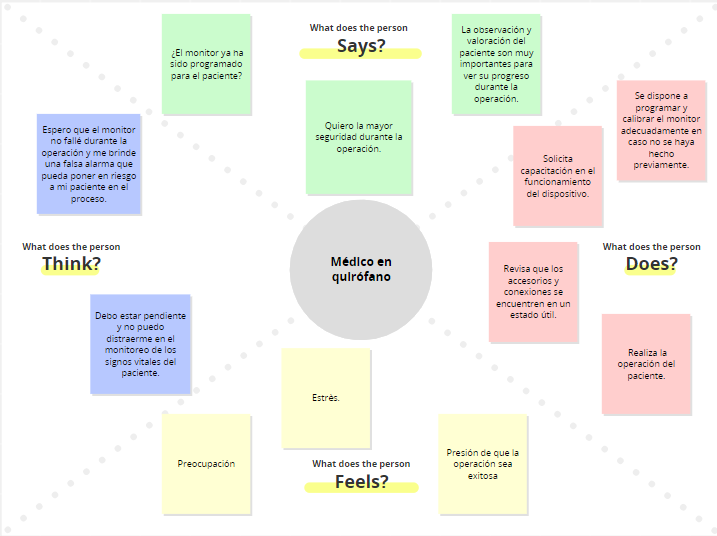
### Mapas de empatía

***Figura 8. Mapa de Stakeholders. Elaboración propia.***

En base a nuestro mapa de stakeholders, seleccionamos a dos usuarios que tendrán interacción directa con nuestra solución y les desarrollamos un mapa de empatía a cada uno. Estos usuarios son las enfermeras de rotación en quirófano y los médicos en quirófano.



***Figura 9. Mapa de empatía de enferma de rotación en quirófano. Elaboración propia.***

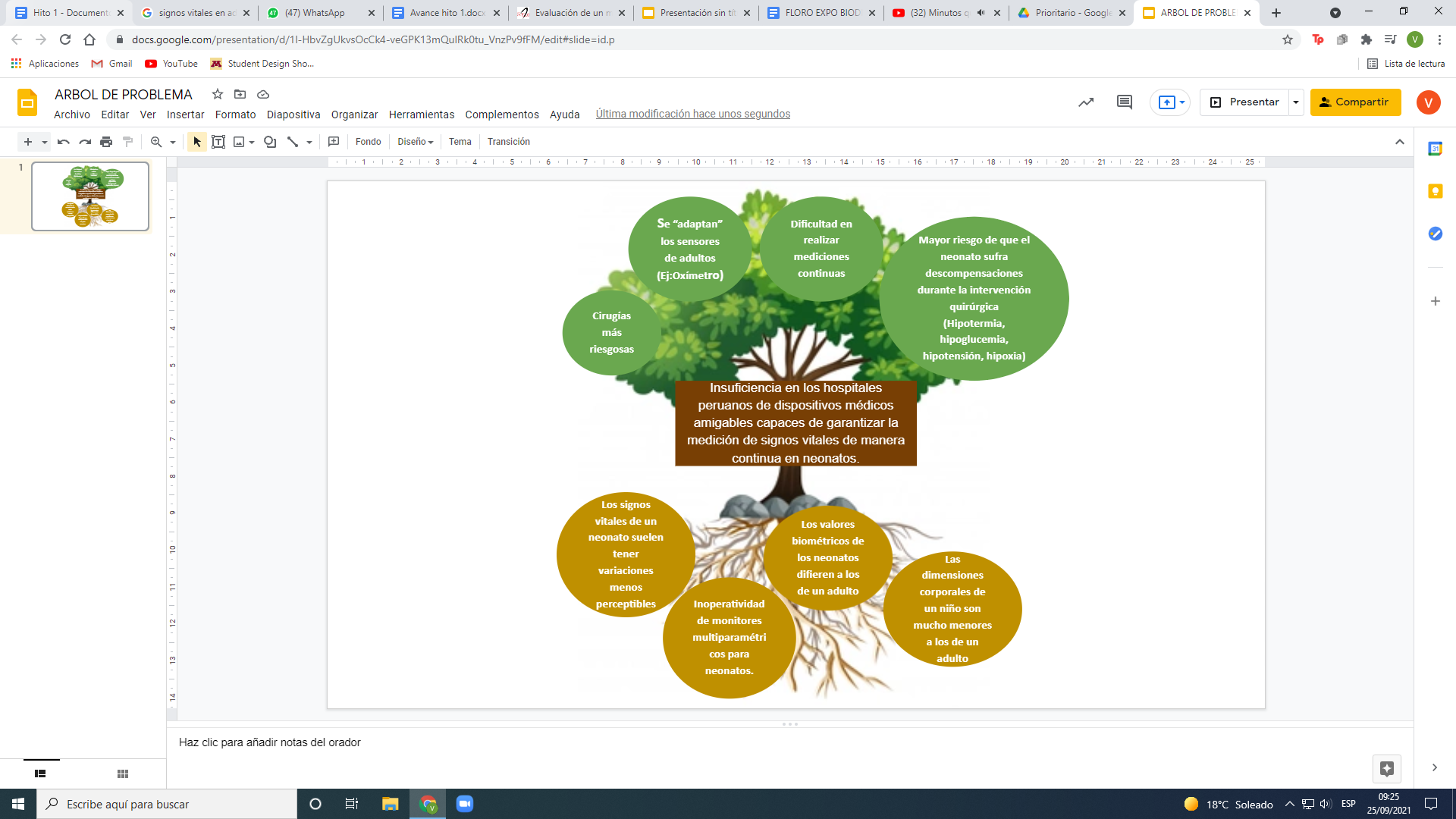


*.*

***Figura 10. Mapa de empatía médico en quirófano. Elaboración propia***

### Árbol de problemas

El diagrama presentado a continuación ayuda a poder establecer adecuadamente los efectos y sus respectivas causas. En las raíces se ubican las causas mientras que en las hojas se ubican los efectos. Una vez culminado dicho proceso se incluye el problema central en el cual se enfocará el proyecto.



***Figura 11. Árbol de problema. Elaboración propia.***

## Análisis de efectos y su impacto

En base al reto planteado se identificaron 4 efectos y se midió su impacto en una escala del 1 al 5 en base a ciertos parámetros establecidos por el equipo, siendo 5 la cuantificación de impacto mayor. Estos fueron los siguientes:

1. **Se “adaptan” los sensores de adultos para niños:** Debido a la falta de dispositivos especializados para el uso en niños y el alto costo de los mismos mencionado en la *Figura 3* y publicados por el ministerio de Economía y Finanzas, donde se menciona que el valor de un monitor de 6 parámetros alcanza los S/174,499.00 [17], la opción que toman los hospitales con bajos recursos es adaptar monitores ya existentes y usados en adultos para el uso en niños. El impacto que desencadena esto es la imprecisión al medir los signos vitales en el paciente durante la operación ya que los parámetros que se siguen para los adultos no son los mismos que para los infantes y se corre el riesgo de que estos fallen en cualquier momento.

**IMPACTO: 4 / 5**

1. **Cirugías más riesgosas:** En las entrevistas realizadas, se nos comentó que para los médicos es esencial tener un buen equipamiento médico capaz de cumplir todas las funciones necesarias. Sin los dispositivos adecuados la confianza de los doctores disminuye pues se ven sumergidos a problemas con muy difícil solución. Como consecuencia aumentan las probabilidades de fracaso en la operación, que dependiendo del paciente podrían ya ser altas, generando una mayor preocupación y desconfianza en los padres, los cuales no pueden estar tranquilos sabiendo que no se está operando a su hijo en las mejores condiciones.

**IMPACTO: 4 / 5**

1. **Dificultad en realizar mediciones continuas:** Un dispositivo adaptado nunca podrá funcionar de igual forma que un dispositivo especializado, la probabilidad de que estos fallen en medio de la operación es mucho más alta, como se menciona en "Journal of medical economy" el monitoreo continuo de un paciente sometido a una operación es fundamental para el éxito de la misma [12]. Sabemos de los riesgos que de por sí presenta una operación con una buena tecnología, pero si a esta le añadimos el riesgo de falla de un monitoreo de signos vitales el impacto puede ser muy perjudicial para el paciente.

**IMPACTO: 5 / 5**

1. **Mayor riesgo de que el niño sufra descompensaciones durante la intervención quirúrgica:** Durante una operación las probabilidades de un paro cardiaco siempre están presentes, incluso hay pacientes que por sus condiciones físicas tienen más probabilidades de sufrir uno. De hecho, según la sociedad argentina de pediatría, en niños hospitalizados con enfermedades cardiacas la frecuencia de un paro cardiaco es 10 veces mayor que en aquellos sin enfermedades cardiovasculares. Y el dato es más preocupante teniendo en cuenta que el índice de supervivencia tras estos incidentes es del 37%.[18] Es por esto que prevenir un paro cardíaco es determinante en las operaciones y se requiere de equipos médicos especializados para conseguirlo y poder actuar en consecuencia.

**IMPACTO 5 /5**

En el siguiente cuadro se puede ver como fue cuantificado el impacto de cada efecto:

***Figura 12. Cuadro de medición del impacto. Elaboración propia.***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Efecto 1** | **Efecto 2** | **Efecto 3** | **Efecto 4** |
| Afecta al personal médico (Stakeholder nivel A) | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |
| Afecta a los padres de familia (Stakeholder nivel B) | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |
| Difícilmente solucionable | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |
| Dificultan la operación | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ |
| Arriesgan la vida del paciente | x | x | ✔ | ✔ |
| **TOTAL** | **4** | **4** | **5** | **5** |

## Análisis de causas y sus factores

Una vez analizado el problema central y sus efectos, logramos identificar 5 causas del problema los cuales fueron los siguientes:

* **Inoperatividad de monitores multiparamétricos para neonatos:** De acuerdo a un reciente reporte de la Defensoría del Pueblo en el cual se investigó el área neonatal de 50 hospitales de todo el Perú, se encontró que en la mitad de ellos hay mínimo un monitor multiparamétrico inoperativo, dejando varios de estos hospitales sin monitores funcionales [19]. Esto nos dice claramente que no hay monitores suficientes especializados para neonatos en los hospitales de nuestro país y debido al alto costo de estos se opta por adaptar dispositivos de adultos.
* **Los signos vitales de un neonato suelen tener variaciones menos perceptibles:** Como podemos observar en la ***figura 2,*** los rangos en los signos vitales como la presión arterial, la cual varía aproximadamente unos 20 mmHg son más cortos que en un adulto, que varía aproximadamente 40 mmHg [20]. Esto hace que un dispositivo originalmente diseñado para identificar cambios en los signos vitales de adultos, no reconozcan las variaciones en un neonato. Como consecuencia de esto la medición no se podría realizar de manera continua y adecuada. ‌
* **Los valores biométricos de los niños difieren de un adulto:** En un adulto los rangos normales para sus signos vitales son:

-Presión arterial: 100/60 mm Hg hasta 140/90 mm Hg

-Respiración: 15 a 20 respiraciones por minuto

-Pulso: 80 a 70 latidos por minuto

-Temperatura: 36.4-37.2 ºC

Mientras que en los niños son:

-Presión arterial: 63/42 mm Hg hasta 82/60 mm Hg

-Respiración: 30 a 60 respiraciones por minuto

-Pulso: 110 a 160 latidos por minuto

-Temperatura: 37ºC ‌[20]

Por lo tanto, un dispositivo adaptado de adultos para niños puede tener errores en la lectura que arrojen resultados incorrectos o imprecisos que interfieran en el desarrollo de la operación.

* **Las dimensiones corporales de un neonato son mucho menores que las de un adulto:** Es evidente que el cuerpo de un neonato no es igual a de un adulto, los últimos en promedio presentan aproximadamente 65 cm de longitud de brazo y una circunferencia de muñeca de 17 cm en promedio, en cambio un bebe promedio de máximo 2 meses presenta una longitud de brazo de máximo 20 cm y un contorno de puño de 10,5 cm [21]. Cabe destacar que en un neonato se espera un crecimiento de aproximadamente 0.5 cm por semana desde su nacimiento, por lo que para poder adaptar un dispositivo de adulto se tiene que tener previamente la medición del cuerpo del paciente. Por otro lado, la piel de los neonatos es más sensible que la de un adulto, por lo que el material de los sensores debería ser especializado para no hacerles daño. En base a esto es apropiado decir que el adaptar un dispositivo de adultos es perjudicial ya que no cumplen con los requerimientos estéticos para ser usados en neonatos.

## Propuesta preliminar de solución

Respaldados por la información antes mostrada, en el presente trabajo de investigación, se innovará y optimizarán modelos de pulsioxímetros para neonatos buscando ser específicos para la realidad económica y social del país. En esta propuesta nos basaremos en modelos de pulsioxímetros para neonatos de monitorización continua ya existentes buscando la flexibilidad, amigabilidad con la piel y adaptabilidad a las dimensiones del paciente.

El concepto se basa en sensores flexibles, los cuales pueden ser aprovechados para crear pulsioxímetros adaptables a cualquier tamaño y que no sufran los errores causados por el movimiento brusco ni la incompatibilidad de tamaños. Además, este proyecto propondrá una alternativa para el problema común de quemaduras leves en la piel del neonato causado por la larga exposición al led rojo y luz infrarroja.

# Definición

## Objetivos

### General

Diseñar conceptualmente un dispositivo específico para la monitorización continua de signos vitales en neonatos que permita un enfoque económico y biocompatible que tenga un alcance a nivel nacional.

### Específicos

1. Realizar un estudio del estado del arte actual respecto a sensores usados en monitores de signos vitales.
2. Plantear los deseos y requerimientos necesarios para la realización del producto.
3. Esquematizar las funciones que ejecutarán nuestras propuestas de solución
4. Seleccionar la propuesta de solución más idónea para el contexto socioeconómico planteado.

## Metodología

## Para la realización del objetivo general del proyecto de investigación se seguirá la siguiente metodología de trabajo:

Se realizará un estudio del estado del arte de monitores de signos vitales neonatales. Luego, se realizará y analizará su estructura de funciones. A continuación, se completará una matriz morfológica con las alternativas de solución para cada una de las funciones detectadas, a partir de la cual se presentarán tres diseños conceptuales previos. Después de un análisis técnico económico de los tres diseños conceptuales de solución, se seleccionará el óptimo para la solución de la problemática mencionada. Finalmente, se implementará un prototipo de baja resolución del diseño conceptual seleccionado.

## Alcance

En el presente trabajo de investigación se realizará un estudio del estado del arte, se desarrollará una solución conceptual óptima a partir de un análisis técnico-económico de tres soluciones parciales, y se implementará un prototipo de baja resolución del diseño conceptual seleccionado.

## Estado del arte

### Patentes y trabajo de investigación

#### **Patentes**

* + 1. **Monitor clínico y dispositivo de rescate pediátrico**

Esta patente se basa en un dispositivo de monitorización y rescate para pediatría el cual se compone de la camilla, un módulo terminal y un módulo de alarma, en el que las patas de soporte están conectadas de forma fija a la pared lateral del extremo inferior de la camilla. Además cuenta con una placa fija conectada a la pared lateral de la cama y un detector de signos vitales conectado a esta placa. Otros componentes son una placa de montaje y un mecanismo de posicionamiento emparejados de forma que el paciente pueda ser monitoreado de la forma más efectiva.[22]

La motivación de este invento se basa en las veces en que el niño necesita de un cuidado las 24 horas del día y en varias ocasiones las familias de ellos no están capacitadas para tratar con esta enfermedad y realizar el cuidado de forma adecuada. Debido a esto el paciente se expone a graves peligros que solo pueden ser solucionados con una atención profesional.

Es por esto que el gran beneficio de esta patente recae en que todos sus componente están diseñados para trabajar de una forma sincronizada de forma que la monitorización del paciente es realizada de forma continua, por ende cuando el paciente se encuentre en una situación de peligro, el personal médico pueda asistirlos de forma rápida y efectiva de esta forma evitar perjuicios a su salud.

* + 1. **Dispositivo de monitoreo y almacenamiento para determinar el riesgo en la cirugía del paciente**

Esta aplicación da a conocer un tipo de dispositivo de monitoreo y almacenamiento de datos para calcular el riesgo de la cirugía de los pacientes. Este método se basa en obtener los datos de múltiples signos vitales como respiración, temperatura corporal, ritmo cardíaco, presión arterial, y oxígeno en sangre del paciente durante un intervalo predeterminado. El índice de riesgo de operación del paciente se calcula mediante los datos de los múltiples signos vitales y la política predeterminada asociada a estos, este índice se utiliza para monitorear en tiempo real el estado global del paciente durante la operación y este es enviado al médico para que pueda estar al tanto del estado de él [23].

La ventaja que nos presenta esta patente es que elimina la inseguridad de los cirujanos durante una intervención quirúrgica, lo cual identificamos como el impacto de uno de nuestros efectos, ya que gracias a este índice de riesgo son capaces concentrarse al 100% en la operación sabiendo que tienen un respaldo que les indicara cuando algo exista una situación riesgosa para la salud del paciente.

* + 1. **Dispositivo y método no invasivo de medición de parámetros fisiológicos**

La patente consta de un sistema electrónico epidérmico (EES) el que comprende una variedad de componentes electrónicos, cables flexibles interconectados eléctricamente; además de una capa de encapsulación de elastómero de silicona que rodea parcialmente los componentes electrónicos.

El sistema de sensores comprende un primer sistema dispuesto en el torso del paciente, el cual mide el movimiento inercial o sistema de acelerómetro (por ejemplo, electrocardiografía (ECG)); y un segundo sistema de sensor dispuesto en una región de las extremidades del sujeto, este sensor se encarga de realizar una fotopletismografía (PPG, estudio del cambio de los volúmenes de la sangre). Ambos sistemas de sensores comprometen un tablero electrónico plegable [24].

Aspectos positivos de esta patente:

* Sistema de monitoreo de signos vitales inalámbrico que utiliza un par binodal de módulos de medida, estos son capaces de interactuar de forma amigable y no invasiva con la piel de los recién nacidos.
* Alimentado con batería el cual permite un uso continuo de al menos 24 horas entre cargas, asimismo permite la supervisión de un conjunto completo de signos vitales.
* La interfaz de su diseño permite una integración segura con la piel del recién nacido, incluso durante intervenciones como la desfibrilación cardíaca.
* Presenta un diseño de placa electrónica plegada para minimizar el área de superficie del sensor.
  + 1. **Oxímetro flexible para neonatos**

Esta patente consiste en un modelo de oxímetro flexible ajustable para el pie del neonato que soluciona gran parte de los problemas ocasionados por la variación de dimensiones durante esa edad. Un oxímetro necesita mantenerse lo más fijo posible al cuerpo del paciente para evitar imprecisiones en las mediciones y al mismo tiempo no irritar la sensible piel del neonato. Es por ello que se sugiere el uso de materiales con alto coeficiente de fricción que no hagan uso de adhesivo. Lo más novedoso es el uso de un sensor de luz en forma de tiras flexible que medirá la pérdida de luz del LED infrarrojo durante su paso a través de la sangre, este sistema es posible gracias a que se trata de un oxímetro de monitorización continua y no tiene una batería de modo portátil, lo que permite ahorrar espacio [25].

Aspectos positivos de esta patente:

* La fuente de luz debe de estar sobre un tejido bien perfundido como la yema del dedo, lóbulo de la oreja etc.
* La absorción de ciertas longitudes de onda está relacionada con el nivel de saturación de oxígeno de la hemoglobina en la sangre que perfunde el tejido. Las variaciones en la absorción de luz causadas por cambios en las saturaciones de oxígeno hacen posible la medición directa del contenido de oxígeno arterial.
* De ser posible se debería poder garantizar su esterilización ya sea con calor húmedo o calor seco.
* También, es importante mencionar que no debemos usar material adhesivo para fijar los sensores porque podría irritar más la piel.
* La capa no adhesiva o la ventanita del LED tiene un gran coeficiente de fricción estática para ayudar a mantener el sensor inmóvil en relación con el paciente.
* Sistema de ajuste funcional a largo plazo.

Un dato importante es que la capa externa de la bandita sea de color claro para mejorar la amplitud de las señales de luz recibidas por el fotodetector.

#### **Trabajos de investigación**

* + 1. **Material adecuado para fabricación de dispositivos médicos que estén en contacto con piel neonatal**

El material del dispositivo médico desempeña un aspecto muy importante en el desarrollo de sensores que estén en contacto con la piel de los neonatos pues esta es sumamente sensible a irritaciones y quemaduras si el uso es continuo. Es por eso que se buscan alternativas a los materiales comunes e irritantes. Una de ellas es el uso de polidimetilsiloxano, material que nos permite crear estructuras que pueden envolver manos, pies o nuestra zona de interés. Esto combinado con el método de impresión 3D "Freeform reversible embedding" (FRE) puede darnos una matriz amigable con la piel, fácil de fabricar y de bajo costo [26].

Aspectos positivos de este trabajo de investigación:

* Este material entra en la categoría de siliconas, en general tienen excelentes propiedades mecánicas (elastómero) y de biocompatibilidad. Gracias a su superficie hidrófoba y termoestable.
* Actualmente son usadas en muchas aplicaciones biomédicas como catéteres, lentes de contacto, geles reconstructivos y prótesis.
* Además, es un material muy amigo de la impresión 3D, pudiendo ser usado como material de bioimpresión y que actualmente marca las tendencias futuras [28].
* Ahora hablemos de la silicona de nuestro interés, el PDMS. Este es un polímero inorgánico capaz de alterar sus propiedades gracias a entrecruces con otros, lo cual nos abre muchas opciones de diseño en la imitación de superficies suaves.
* Es perfecto para funcionar como revestimiento en dispositivos microelectrónicos otorgando también protección contra la humedad a todo el producto.
* Ópticamente transparente y generalmente se considera inerte, no tóxico y no inflamable.
* Es inodoro, no permite el crecimiento bacteriano, es resistente a la corrosión de la sangre y permeable al oxígeno.
* Se está analizando su entrecruce con politetrafluoruro de etileno (Teflón), el cual tiene un elevado punto de fusión lo que nos permitiría poder esterilizar nuestro dispositivo médico mediante calor seco. Además, no se absorbe, no provoca alergias, tiene una respuesta inflamatoria mínima y es muy resistente a la tracción [28].
  + 1. **Prototipo de monitoreo oxímetro adulto-pediátrico**

El presente trabajo de investigación nos presenta un oxímetro para el monitoreo pediátrico, específicamente diseñado para satisfacer el mercado peruano. Uno de los principales problemas que detectaron es el alto costo de equipos biomédicos y la integración de los oxímetros con los monitores. El problema de esto último es que, si el monitor se malogra, no se podrán supervisar ningún signo vital. Perdiendo el uso de sus demás funciones. Por lo que un oxímetro de pulso adulto-pediátrico con diseño modular y con pantalla propia es la solución que se propone [40].

Aspectos positivos de este trabajo de investigación:

* La interfaz de usuario es intuitiva
* La muestra obtenida se aplica medidas descifrables para poder mostrar un texto fácil de entender
* El sistema tiene un buen rango de filtrado
* El sistema desarrollado requiere una alimentación única de 5 voltios.
* Utilización de sensores económicos y accesibles, por lo que ante un daño al dispositivo, estos se podrán reemplazar sin la necesidad de adquirir uno nuevo.

### Sistemas Comerciales

* + 1. **Monitor Vista 120 (Dragerwerk):**

El monitor Vista 120 es uno de los más comercializados en el país y ofrece monitorización continua para pacientes pediátricos, neonatales y adultos. Ofrece practicidad al tener una pantalla táctil de 380 mm y capacidad de mostrar hasta 8 parámetros. Su costo es un poco elevado pero es de los dispositivos médicos más completos del mercado [29].

#### 

***Figura 13. Monitor de signos vitales Vista 120 [30].***

* + 1. **Sensor SpO2 de dedo F533-16 (Nihon Kohden)**

Sensor de oximetría hecho de microespuma suave desechable del modelo Nihon Kohden BSM 2301 K Lifescope S. Se adapta a la zona de aplicación para mayor comodidad del paciente con su diseño especial para pieles frágiles. Proporciona resultados constantes incluso en zonas del cuerpo con baja perfusión [30].



***Figura 14. Sensor SpO2 F533-16 [30].***

* + 1. **Sensor para oximetria de envoltura reutilizable para recién nacidos SpO2, neonatal, mano/pie (Philips)**

Sensor de saturación de oxígeno tipo lazo envoltura reutilizable para múltiples pacientes no fabricado con látex natural. Especializado para neonatos y aplicable en manos y pies con conexión de 8 pines [31].

***Figura 15. Sensor SpO2 PHILIPS [31].***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | ***Clasificación norma legal DIGEMID*** | |  |  |  |  |
| ***Sistema comercial analizado*** | ***Marca*** | ***Reusabilidad*** | ***Según riesgo*** | ***Según tiempo de uso*** | ***Portabilidad*** | ***Especificidad (Ad hoc para neonatos)*** | ***Normas de validación que certifican*** | ***Otros datos*** |
| ***SISTEMA 1*** | ***Dragerwerk*** | ***SI*** | ***Clase I (De bajo riesgo)*** | ***Corto plazo (>60 mins, <30 días)*** | ***NO*** | ***BAJA*** |  | ***Suele ser adquirido por el gobierno peruano, en 2018 y 2020 se adquirieron varios al por mayor. Usable para adultos, pediátricos y neonatales. 8 parámetros.*** |
| ***SISTEMA 2*** | ***Nihon Kohden*** | ***NO*** | ***Clase I (De bajo riesgo)*** | ***Transitorio (<60 mins)*** | ***NO*** | ***ALTA*** | ***Certificación por la CE y la FDA*** | ***Al ser de un solo uso su precio es reducido. Microespuma especial para pieles sensibles. Existen sensores de la misma línea para manos y pies*** |
| ***SISTEMA 3*** | ***PHILIPS*** | ***SI*** | ***Clase I (De bajo riesgo)*** | ***Corto plazo (>60 mins, <30 días)*** | ***NO*** | ***ALTA*** | ***Certificado CE*** | ***No compatibilidad con productos que no sean de la misma línea de producción de la empresa. Puede ser usado en manos o pies.*** |

### 

***Figura 16. Tabla comparativa de Sistemas Comerciales. Elaboración propia.***

### Normativa

#### **Global**

**ISO 13485:**

* Acuerdo internacional que plantea los requerimientos con propósitos regulatorios que aseguran un sistema de gestión de calidad en la industria de dispositivos médicos
* La más reciente revisión de la norma enfoca su contenido en la gestión de riesgos y la toma de decisiones para evitarlos
* Aplica su estándar a organizaciones envueltas en el rubro de diseño, reparación y mantenimiento de dispositivos médicos. Además involucra a los componentes secundarios que necesite.

**ISO 80601-2-61:2017:**

* Equipamiento médico electrónico. Requerimientos de seguridad básica de pulsioxímetros.
* Incluye todos los componentes para uso normal en humanos (monitor, oximetro, cable extensor,etc).

#### **Europea**

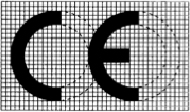
**Marcado CE (*Conformité Européenne*):**

Muchos productos deben llevar obligatoriamente el marcado CE para poder comercializar en la Unión Europea, demuestra que el producto cumple con los requisitos de seguridad, sanidad y protección. La mayoría de dispositivos médicos requieren poseer este marcado al ser productos destinados a ser usados en humanos. Se puede obtener mediante evaluación independiente o recurriendo a un organismo notificado.

Los fabricantes son los únicos responsables de declarar la conformidad del producto con todos los requisitos. No necesita una licencia para colocar el marcado CE en el producto, pero antes de hacerlo tiene que:

1. Garantizar la conformidad del producto con todos los requisitos pertinentes a escala de la UE
2. Determinar si usted mismo puede evaluar el producto o debe recurrir a un organismo notificado
3. Preparar un expediente técnico que documente la conformidad del producto
4. Redactar y firmar una declaración UE de conformidad.

Una vez que el producto lleve el marcado CE, si la autoridad nacional competente lo solicita, debe facilitarle toda la información y documentación justificativa sobre el marcado CE. [38]



***Figura 17. Representación del marcado CE. [39]***

#### **Peruana**

**NORMAS LEGALES DIGEMID:**

Puntos importantes a destacar:

* Los dispositivos médicos se clasifican según riesgo en clase I,II,III y IV: De bajo riesgo, De moderado riesgo, De alto riesgo y Críticos en materia de riesgo.
* Según tiempo de uso pueden clasificarse en: Transitorio (<60 minutos), corto plazo (>60 mins y <30 días) y largo plazo (>30 días).

**Artículo 8:**

* Los dispositivos médicos deben diseñarse y fabricarse de tal manera que, al usarse bajo las condiciones y propósitos previstos por el fabricante, se desempeñen conforme a lo previsto y no comprometan la condición clínica ni la seguridad de los pacientes.
* Las soluciones adoptadas por el fabricante para el diseño y fabricación de los dispositivos médicos, deben cumplir con los principios de seguridad.

**Artículo 9:**

* Se debe prestar atención a la elección de los materiales utilizados, especialmente en materia de toxicidad y, cuando corresponda, a la inflamabilidad.
* La compatibilidad entre los materiales utilizados y los tejidos biológicos, células y líquidos corporales, teniendo en cuenta el uso previsto del dispositivo médico.
* Se debe prestar particular atención a los tejidos expuestos y a la duración y frecuencia de la exposición.
* El diseño debe permitir una fácil manipulación y esterilización, o en caso no se pueda, una correcta desinfección.

**INECAL**

En caso de las normas del Instituto Nacional de calidad, la más importante es la NTP-ISO 13485:2017, esta NTP especifica los requisitos de un sistema de gestión de la calidad cuando una organización precise demostrar su capacidad para proporcionar dispositivos médicos y servicios relacionados que cumplan consistentemente los requisitos del cliente y los requisitos regulatorios aplicables.

## Requerimientos de diseño

### Requerimientos funcionales

* + 1. **Mandatorios:**

1. **Medir los signos vitales del paciente con precisión:**

Se determinó este requerimiento debido a la gran importancia que significa medir los signos con precisión, ya que estos últimos son indicadores directos del estado fisiológico del paciente. De acuerdo a la tabla de valores de signos vitales de la OPS [2], observamos que para neonatos son valores ya establecidos, los cuales difieren de las medidas para adultos.

1. **Mostrar los datos recolectados de signos vitales en forma continua:**

La detección temprana y documentación continua de los cambios en los signos vitales antes del deterioro clínico del paciente son claves para una intervención oportuna adecuada que puede salvar vidas [37]. Por lo anterior mencionado, se considera como requerimiento mandatorio que las medidas y cambios críticos en los signos vitales sean mostrados al personal de salud encargado de forma continua.

1. **Indicar visual o auditivamente cuando los signos vitales del paciente estén fuera del rango:**

El monitor a desarrollar debe contar con algún modo/método de aviso al personal de salud cuando los signos vitales no correspondan a los valores adecuados, puesto que podría resultar en una emergencia que ponga en riesgo la vida del paciente. En el caso del sistema comercial 9.2.1, el cual es el Monitor Vista 120 [29], se presenta tanto un indicador visual (luz LED), así como indicador auditivo (pitido de alarma).

* + 1. **No Mandatorios:**

1. **Indicar el riesgo del paciente durante la operación:**

Este requerimiento surgió gracias a la patente 9.1.2, el cual es un monitor que ya posee un valor determinado para cada signo vital, puede calcular el índice de riesgo del paciente en base a los valores de los signos vitales. Este índice es comunicado al personal médico para que pueda estar al tanto del estado del paciente y actuar en consecuencia.[23] Sería muy ventajoso que nuestro dispositivo posea esta característica ya que ayudaría mucho al desarrollo de las operaciones.

### Requerimientos no funcionales

* + 1. **Mandatorios:**

1. **Estar hecho de un material amigable al cuerpo del paciente:**

De acuerdo al artículo 9 de las normas legales DIGEMID es necesario darle gran importancia al material del dispositivo médico cuidando su toxicidad y teniendo en cuenta el tiempo tendrá contacto con el paciente. En este caso, en el cual el dispositivo está destinado a neonatos (pacientes con una piel mucho más sensible), es fundamental que el material de nuestro dispositivo cumpla características como ser antibacteriano y antiinflamatorio.

1. **Poder ser adaptable correctamente al cuerpo del paciente:**

Tomamos como referencia el sistema comercial 9.2.3. para este requerimiento. Consideramos primordial que el paciente sienta la mayor comodidad posible para así no alterar la medición de los signos vitales, por lo que, si el dispositivo es por ejemplo muy pequeño, el neonato se sentirá incómodo. Otro caso sería si el tamaño es muy grande, en tal escenario la medición no sería correcta y habría problemas para que el contacto entre dispositivo-paciente sea continua. Con esto en mente, necesitamos que, al menos, el dispositivo sea ajustable para así poder adaptarse correctamente a la forma del neonato.

1. **Tener un costo accesible:**

Una reciente resolución del Ministerio de Salud indica que el costo aproximado de un monitor multiparamétrico de 8 parámetros es de S/. 94,000.00 [6], un costo muy elevado para el bajo presupuesto de hospitales peruanos, sobre todo en provincias como Cusco y Piura donde el índice de calidad en gastos de salud es menor al 20%. [36] Es por esto que nos proponemos diseñar un dispositivo el cual el costo no sea demasiado elevado para que sea accesible para los hospitales con menos recursos.

1. **Ser fácilmente esterilizable:**

Uno de los puntos del artículo 9 de las normas del DIGEMID indica que el dispositivo debe permitir una fácil manipulación para su correcta desinfección y esterilización. Este requerimiento es muy importante ya que el dispositivo estará en constante contacto con pacientes sin un sistema inmunológico muy desarrollado, es por esto que para cada uso el dispositivo debe estar libre de bacterias.

1. **Debe presentar una larga vida útil:**

En base a un reporte de la Defensoría del Pueblo sobre el área neonatal de distintos hospitales del Perú, se señaló que existen al menos 64 monitores multiparametricos no operativos debido a que ya no funcionan y no se les ha realizado el mantenimiento correspondiente.[19] Es por esto que buscamos diseñar un monitor el cual rinda bien durante un largo tiempo para que aquellos hospitales remotos en los cuales no se realiza un mantenimiento constante de los equipos médicos puedan contar siempre con al menos un monitor de signos vitales capacitado para el área neonatal.

* + 1. **No mandatorios:**

1. **Ser fácil de usar para personas no especializadas:**

Según un reciente informe de calidad del sector de salud en el Perú publicado por el MINSA, se evidencia que se ha ido evolucionando en la cantidad de personal médico por habitantes en las distintas provincias del Perú; sin embargo en provincias como Piura o San Martín [36] aún hay poco personal médico y sería una gran ventaja que el dispositivo sea fácil de usar para personal no tan capacitado.

# 

# Anexos

ANEXO A: ENTREVISTAS

Se realizaron una serie de entrevistas a especialistas en la salud. Esta breve sección pretende resumir las conclusiones más importantes resaltadas por ellos que nos ayudaron a enfocar la problemática. El personal médico entrevistado fue el siguiente: Lic. Vilma Celestino (Jefa del área de neonatología, Hospital III “José Cayetano Heredia”-EsSalud en Piura), PhD. Frank Saavedra Idrogo (Médico cirujano, Hospital Heysen en Chiclayo), PhD. Edilberto Córdova (Médico Anestesiólogo, Hospital San Juan de Dios en Lima). Los datos recolectados más importantes fueron los siguientes:

1. Los oxímetros elásticos para neonatos que existen hoy en día en Piura usan una hebilla, a veces el tamaño de los puntos de unión no encaja con la extremidad del paciente por lo que se debe usar gasas para rellenar el espacio, lo cual hace probable obtener una mala medición.
2. En los oxímetros de monitorización continua, la piel del neonato está expuesta mucho tiempo a las luces de led roja y a la infrarroja. Es por eso que a veces presentan enrojecimiento o incluso una quemadura leve.
3. Algo muy importante es el material del que está hecho nuestro producto, ya que la piel de los neonatos es muy sensible.
4. Los monitores hoy en día prácticamente ya tienen todas las herramientas para monitorear a un neonato. Las herramientas ya existen, pero no siempre llegan a todo el país.
5. Incluso el más perfecto de los dispositivos es mejorable en algún lado.
6. En jerarquía de signos vitales más importantes en una cirugía están en orden jerárquico están la oxigenación, frecuencia respiratoria, temperatura, presión arterial, frecuencia cardiaca. Información que concuerda con el ATLS de emergencia.

# 

# Referencias bibliográficas

1. Seisamed, “Importancia del monitoreo de los signos vitales en hospitales,” SeisaMed La Solución Inteligente, Nov. 13, 2020. (accessed Sep. 7, 2021) <https://www.seisamed.com/importancia-del-monitoreo-de-los-signos-vitales-en-hospitales>.
2. “Tabla presión arterial media y signos vitales. - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud,” Paho.org, 2020. (accessed Sep. 11, 2021) <https://www.paho.org/es/documentos/tabla-presion-arterial-media-signos-vitales>
3. “Panorama de la Salud: Latinoamérica y el Caribe 2020.” (accessed: Sep. 18, 2021). [Online].<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/34959/9789264973497.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
4. Banco Mundial, "Los países de Latinoamérica y el Caribe necesitan gastar más y mejor en salud para poder enfrentar una emergencia de salud pública como el COVID-19 de manera efectiva", 2020. (accessed Sep. 18, 2021) <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/06/16/latin-america-caribbean-health-emergency-covid-19>
5. Ministerio de Economía y Finanzas, "Guía de Orientación al Ciudadano del presupuesto público 2021", Ministerio de Economía y Finanzas, Lima, 2021.(accessed Sep. 20, 2021) <https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/documentac/guia_orientacion_ciudadano2021_proyectoley.pdf>
6. MINSA, "Resolución Ministerial N° 098-2021-MINSA", Ministerio de Salud, Lima, 2021. (accessed Sep. 22, 2021) <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1585852/Resoluci%C3%B3n%20Ministerial%20N%C2%B0%20098-2021-MINSA.pdf>
7. “PERÚ Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI,” *Infraestructura del sector salud según departamento*, 2019. (accessed Sep. 11, 2021). <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/health-sector-establishments/>
8. Gasto (% del PIB) | Data,” *Bancomundial.org*, 2021. (accessed Sep. 19, 2021). <https://datos.bancomundial.org/indicator/GC.XPN.TOTL.GD.ZS?end=2020&name_desc=false&start=1972>
9. M. G. Flores López, A. Soto Tarazona, and J. A. De La Cruz-Vargas, “Regional distribution of COVID-19 mortality in Peru,” *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, vol. 21, no. 2, pp. 326–334. (accessed Sep 19, 2021) <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2308-05312021000200326&script=sci_arttext&tlng=en>
10. “CME Info - Child Mortality Estimates,” Childmortality.org, 2021. (accessed Sep. 19, 2021) <https://childmortality.org/>
11. “Neonatal mortality - UNICEF DATA,” *UNICEF DATA*, Jul. 20, 2021. (accessed Sep 19, 2021). <https://data.unicef.org/topic/child-survival/neonatal-mortality/>
12. Cost utility analysis of continuous and intermittent versus intermittent vital signs monitoring in patients admitted to surgical wards,” *Journal of Medical Economics*, 2020. (accessed Sep. 20, 2021). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13696998.2020.1747474>
13. MINSA, 2020. *Información de Recursos Humanos en el Sector Salud en el Marco de la Pandemia COVID – 19*. Lima. (accessed Sep 19, 2021) <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2040124/Documento.pdf>
14. Ministerio de Salud, “.: REUNIS :. Repositorio Único Nacional de Información en Salud - Ministerio de Salud, Minsa.gob.pe, 2021. (Accessed Sep. 25, 2021) <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2021/SE07/mneonatal.pdf> .
15. EsSalud. MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS DEL PROCESO DE CIRUGÍA PEDIÁTRICA. Enero de 2020. (accessed Sep 23, 2021) <http://www.essalud.gob.pe/transparencia/procesos_procedimientos/MPP_HNERM_Departamento_Cirujia_Pediatrica.pdf>
16. MINSA, 2021. Recursos médicos. (accessed Sep 23, 2021) [*https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2051365/R.D.%20N%C2%BA%20148-2021-DG-HNAL.pdf.pdf*](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2051365/R.D.%20N%C2%BA%20148-2021-DG-HNAL.pdf.pdf)
17. Ministerio de Economía y Finanzas, Tribunal de Contrataciones del Estado, 2021. (accessed Sep. 8, 2021) <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1062067/0699-201820200729-107894-1ifpow4.pdf>.
18. Sociedad Argentina de Pediatría, “Reanimación Cardipoulmonar en el Paciente con Cardiopatía Congénita. [Online] (Accessed: 25- Sep- 2021) <https://www.sap.org.ar/docs/CursosTop/RCP/story_content/external_files/reanimacion.pdf>
19. Defensoría del Pueblo, "Supervisión Nacional a los Servicios de Neonatología y UCI Neonatal", Lima, 2019. (Accessed: 18- Sep- 2021) <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2020/02/IA-10-2019-AAE-Supervisi%C3%B3n-Nacional-a-los-Servicios-de-Neonatolog%C3%ADa-y-UCI-neonatal.pdf>
20. “UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN,.” [Online]. (Accessed: 25- Sep- 2021) <http://famen.ujed.mx/doc/manual-de-practicas/a-2016/03_Prac_01.pdf> .
21. "Tabla de equivalencias de las medidas por tallas", *Valeria Lanas*. [Online]. (Accessed: 25- Sep- 2021) <https://www.valerialanas.com/es/escuela/tabla-de-equivalencias-de-las-medidas-por-tallas/>.
22. Han Ting Guo, “ Pediatric clinical monitoring and rescuing device”, 2020 [Online]. (Accessed: 14- Oct- 2021) <https://patents.google.com/patent/CN111202498A/en?q=Vital+signs+pediatric+monitor&after=priority:20180101>
23. Cao Hanzhong, “ Monitor method, processor, monitoring device and the storage device of patients surgery risk”, 2018 [Online]. (Accessed: 14- Oct- 2021) <https://patents.google.com/patent/CN109147942A/en?q=Vital+signs+pediatric+monitor&after=priority:20180101>
24. J. A. Rogers *et al.*, “Apparatus and method for non-invasively measuring physiological parameters of mammal subject and applications thereof.” <https://patents.google.com/patent/WO2020092786A1/en?q=Pediatric+monitor+of+vital+signs&before=priority:20220101&after=priority:20180101>.
25. D. Hannula and P. Mannheimer, “Non-adhesive oximeter sensor for sensitive skin.” <https://patents.google.com/patent/US20070219440?oq=oximeter> (accessed Oct. 16, 2021).
26. S. Abdollahi, E. J. Markvicka, C. Majidi, and A. W. Feinberg, “3D Printing Silicone Elastomer for Patient‐Specific Wearable Pulse Oximeter,” Advanced Healthcare Materials, vol. 9, no. 15, p. 1901735, Jun. 2020, doi: 10.1002/adhm.201901735.
27. “Silicone-based biomaterials for biomedical applications: Antimicrobial strategies and 3D printing technologies,” en.x-mol.com. <https://en.x-mol.com/paper/article/1397699464565080064> (accessed Oct. 16, 2021).
28. “DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA.” [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15618/1/T-ESPEL-IPE-0025.pdf>.
29. “Monitor para paciente de signos vitales Mod. Vista 120 A Cat. DAG-V120A Drager,” www.beracahmedica.mx. <https://www.beracahmedica.mx/tu_empresa/monitor-de-signos-vitales-mod-vista-120-a-cat-dag-v120a-drager.html> (accessed Oct. 16, 2021).
30. “Sensor SpO2 de dedo Unimed Medical Supplies,” http://twitter.com/MedicalExpoNews, 2018. <https://www.medicalexpo.es/prod/unimed-medical-supplies/product-129265-956937.html> (accessed Oct. 17, 2021).
31. “Sensor para oximetría de envoltura reutilizable para recién nacidos SpO2,” Philips, 2018. <https://www.philips.com.pe/healthcare/product/HCM1193A/reutilizableneonatalenvolturasensorspo2neonatalmanopiesensor> (accessed Oct. 17, 2021).
32. “Instituto Nacional de Calidad: Norma Técnica Peruana para dispositivos médicos” [Online]. Available: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=24925>
33. “International Organization for Standardization: 13485”. [Online]. Available: <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100377.pdf>
34. “International Organization for Standardization: 80601-2-61:2017”. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/67963.html>
35. “Dirección general de medicamentos: Publicación Normas legales publicadas en El Peruano 2020”. [Online]. Available: <http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad/UpLoaded/PDF/Normatividad/2020/DS_003-2020-SA.pdf>
36. MINSA: “Informe de Calidad del Gasto Público en Salud 2019” [Online]. (accessed Oct. 20, 2021). <https://www.comexperu.org.pe/upload/articles/reportes/informe-calidad-001.pdf>
37. I. J. Brekke, L. H. Puntervoll, P. B. Pedersen, J. Kellett, and M. Brabrand, “The value of vital sign trends in predicting and monitoring clinical deterioration: A systematic review,” PLOS ONE, vol. 14, no. 1, p. e0210875, Jan. 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0210875.
38. "Marcado CE: obtención del certificado, requisitos de la UE", Your Europe, 2021. [Online]. Available: <https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_es.htm>. [Accessed: 19- Oct- 2021].
39. "Manufacturers - Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs - European Commission", Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs - European Commission, 2021. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/manufacturers_en>. [Accessed: 22- Oct- 2021].
40. D. Alvarez, “Diseño de un prototipo de monitor oxímetrico Adulto-Pediátrico hospitalario” ́ Facultad de Ingeniería, UTP. Lima, junio de 2019. Available: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2470/David%20Alvarez\_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional\_Titulo%20Profesional\_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

‌