

LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PÚBLICA PRIMARIA  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

NATALIA ANDREA ACOSTA BARRAGÁN

LEIDY VIVIANA FAJARDO CUEVAS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD

ARQUITECTURA

BOGOTÁ

9 DE DICIEMBRE 2020

**Lineamientos de diseño para centro de salud pública primaria**

**Tipologías energéticamente autónomas para Cundinamarca**

**Natalia Andrea Acosta Barragán**

**Leidy Viviana Fajardo Cuevas**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de arquitecto**

**Yuber Alberto Nope Bernal**

**Cargo: Tutor de monografía**



Universidad La Gran Colombia

Facultad de arquitectura

Arquitectura

Bogotá D.C.

## **Agradecimientos**

El presente trabajo de investigación fue realizado en el marco de la investigación titulada “Lineamientos de diseño para centros de salud pública primaria” bajo un ambiente de colaboración extrema, desarrollado por el grupo de investigación de hábitat tecnológico y construcción de la facultad de arquitectura, Universidad la Gran Colombia.

En primer lugar, queremos agradecer a nuestros tutores; el Arq. Yuber Alberto Nope Bernal, la Arq. Anna Gabriela Ramírez y el Arq. Jonathan David Ruiz Pinzón. A su vez agradecer al laboratorio de bioclimática y al semillero de investigación Diseño integrado Energético Ambiental + BIM quienes con sus conocimientos y apoyo nos guiaron a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba. Sin dejar de lado el apoyo de nuestros compañeros y familiares quienes nos acompañaron en este proceso.

### Resumen

La emergencia sanitaria generada por el COVID-19 refuerza la necesidad de una arquitectura sustentable que conciba el diseño arquitectónico con un optimizado desempeño energético, el cual minimice el uso de sistemas mecánicos. Los establecimientos sanitarios son en general edificaciones complejas de gran relevancia social y de alto consumo operativo. En Colombia el diseño de la infraestructura en salud pública primaria está dada principalmente por APS [Atención Primaria en Salud], quienes son el primer contacto del usuario con el servicio. Sin embargo, su diseño incorpora reducidas estrategias bioclimáticas elevando el consumo energético y costos asociados. El propósito de esta investigación fue establecer lineamientos de diseño que mejoren la capacidad de respuesta ante situaciones de crisis, reduciendo la demanda energética del equipamiento. Por ello se caracterizaron cinco tipologías nacionales y una internacional (CESFAM, Chile), proponiendo tres tipologías con adición de recintos principalmente de tratamiento para infecciones respiratorias. Posteriormente, se realizaron 78 simulaciones de demanda y aporte solar activo mediante software de simulación: DesignBuilder y Energy 3D, combinando variables de orientación, materialidad y clima. Para finalmente formular lineamientos replicables en otros territorios con similar condición climática, siendo plasmados en un manual guía (anexo 1). Esta investigación identifico que mediante la materialidad optimizada se puede disminuir la demanda energética desde un 47% hasta un 61% y gracias al aporte solar activo desde un 25% hasta un 67% del mismo. Obteniendo recursos económicos que se puedan usar para ampliar la cobertura del servicio a nivel nacional.

**Palabras claves:** aporte solar, eficiencia energética, lineamientos, resiliencia, tipologías.

**Abstract**

The sanitary emergency generated by the COVID-19 reinforces the need for a sustainable architecture that conceives the architectural design with an optimized energy performance, which minimizes the use of mechanical systems. Sanitary establishments are generally complex buildings of great social relevance and high operational consumption. In Colombia, the design of the infrastructure in primary public health is mainly given by APS [Atención Primaria en Salud], who are the first contact of the user with the service. However, its design incorporates reduced bioclimatic strategies, increasing energy consumption and associated costs. The purpose of this research was to establish design guidelines that improve the response capacity in case of crisis situations, reducing the energy demand of the equipment. Therefore, five national typologies and one international one (CESFAM, Chile) were characterized, proposing three typologies with the addition of enclosures mainly for the treatment of respiratory infections. Subsequently, 78 demand and active solar contribution simulations were carried out using simulation software: DesignBuilder and Energy 3D, combining orientation, materiality and climate variables. Finally, this information would afford to create guidelines were formulated that could be replicated in other territories with similar climatic conditions, and were set out in a guide manual (Annex 1). This research identified that energy demand can be reduced from 47% to 61% using optimized materiality, and due to the active solar it was got a contribution and an end reduction between 25% and 67%. The economic resources saved can be used to extend the coverage of the service at a national level.

Key words: Solar contribution, Energy efficiency, Guidelines, Resilience, Typologies.

**Índice**

Agradecimientos	1
Índice	4
Lista de tablas	6
Lista de figuras	7
Introducción	8
Capítulo 1. Antecedentes	9
Problemática	9
Justificación	11
Objetivo	14
Preguntas objetivo	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Hipótesis	15
Metodología	15
Materiales y herramientas	19
Capítulo 2. Marcos y estado del arte	20
Marco conceptual	20
Marco normativo	22
Sistemas de salud pública primaria en Colombia	22
Políticas y normas para centros de salud básica pública primaria	23
Marco teórico	25
Diseño de centros de salud eficientes	25
Guía de construcción sostenible para el ahorro de energía en edificaciones.	26
Estado del arte	27
Estrategias de sostenibilidad implantadas en centros de salud pública primaria	27
Estrategias de Bioclimática para el diseño de centros de salud pública primaria.	28
Edificaciones cero energías	29
Referentes de centros de salud	34
Capítulo 3 Registro y análisis	35
Capítulo 4. Caracterización	45

LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA	5
Capítulo 5. Evaluación.	50
Evaluación eficiencia energética y aporte solar	50
Capítulo 6. Consolidar	52
Capítulo 7. Resultados	61
Conclusiones.	67
Referencias bibliográficas	69

**Lista de tablas**

Tabla 1	Relación departamentos con equipamientos de salud.....	37
Tabla 2	Cantidad de municipios frente a centros de salud. ....	40
Tabla 3	Tabla de necesidades insatisfechas en el sector salud.....	43
Tabla 4	Factor forma.....	47
Tabla 5.	Programa Arquitectónico para tipologías propuestas.....	48
Tabla 6	Cuadro de resultados clima cálido .....	53
Tabla7	Cuadro de resultados clima frío .....	54
Tabla 8	Cuadro de recomendaciones .....	56
Tabla 9.	Porcentaje de aporte energético clima cálido.....	58
Tabla 10	Porcentaje de aporte energético clima frío .....	59



**Lista de figuras**

<i>Figura 1.</i> Centro de salud Guataqui.....	13
<i>Figura 2.</i> Centro de salud de San Cayetano .....	14
<i>Figura 3</i> Diagrama de simulaciones .....	16
<i>Figura 4.</i> Análisis de demanda de iluminación en lux .....	17
<i>Figura 5.</i> Flujo de aire .....	17
<i>Figura 6.</i> Densidad de personas.....	18
<i>Figura 7.</i> Área por m2 de espacios en centros de salud. ....	19
<i>Figura 8.</i> Interoperabilidad .....	20
<i>Figura 9.</i> Relación población por departamento. ....	35
<i>Figura 10.</i> Análisis de equipamientos de salud por departamento.....	36
<i>Figura 11.</i> Análisis de equipamientos de salud pública .....	36
<i>Figura 12.</i> Mapa de departamentos con mayor cantidad de población en Colombia.....	37
<i>Figura 13.</i> Análisis de infraestructura en salud pública en Bogotá.....	38
<i>Figura 14.</i> Análisis de infraestructura en salud pública en Cundinamarca .....	38
<i>Figura 15.</i> Análisis de infraestructura en salud pública en Atlántico.....	39
<i>Figura 16.</i> Análisis de infraestructura en salud pública en Antioquia .....	39
<i>Figura 17.</i> Análisis de infraestructura en salud pública en Valle del Cauca.....	40
<i>Figura 18.</i> Torta de sectores de salud .....	42
<i>Figura 19.</i> Relación municipio-centros de atención.....	42
<i>Figura 20.</i> Temperatura media de municipios.....	44
<i>Figura 21.</i> Proyecto tipo centro de salud DPN.....	45
<i>Figura 22.</i> CESFAM Chile.....	46
<i>Figura 23.</i> Tipologías propuestas. ....	48
<i>Figura 24.</i> Materialidad base .....	51
<i>Figura 25.</i> Materialidad mejorada .....	51
<i>Figura 26.</i> Materialidad optimizada .....	51
<i>Figura 27.</i> Análisis de indicadores necesarios para las simulaciones. ....	52
<i>Figura 28.</i> Zona de Implantación en el municipio de Junín. ....	60
<i>Figura 29.</i> Implantación en el municipio de Junín. ....	61
<i>Figura 30.</i> Resultados simulación clima frío.....	62
<i>Figura 31.</i> Resultados cuadrada clima cálido.....	62
<i>Figura 32.</i> Resultados tipo irregular clima cálido. ....	63
<i>Figura 33.</i> Resultados tipo irregular clima frío.. ....	64
<i>Figura 34.</i> Resultados tipo rectangular clima cálido. ....	64
<i>Figura 35.</i> Resultados tipo rectangular clima frío. ....	65
<i>Figura 36.</i> Resultados de aporte solar de acuerdo al mes.....	66
<i>Figura 37.</i> Resultados de aporte solar de acuerdo al mes en topología irregular.....	67
<i>Figura 38.</i> Resultados de aporte solar de acuerdo al mes tipo rectangular .....	67

### **Introducción**

La arquitectura en general representa un alto impacto a nivel ambiental, sin embargo, los equipamientos con un uso extendido como lo son los del servicio de salud, requieren mayores recursos para su funcionamiento afectando a su vez el factor social y económico al poseer una mayor demanda energética.

Un ejemplo de estos equipamientos son las APS, ya que son la primera interacción de un paciente con el servicio colombiano de salud y al carecer del mismo, la población se ve en la necesidad de desplazarse hasta los hospitales generalmente alejados de las urbes, dificultando la accesibilidad del servicio e incrementando la carga de usuarios en los hospitales. Sumado a ello los diseños actuales carecen de estrategias de bioclimática en cuanto a la materialidad a utilizar y la orientación de sus fachadas, por ende, existe una alta demanda energética al hacer uso de sistemas mecánicos para la climatización del espacio.

Ante esta problemática se plantearon nuevas tipologías de centros de salud pública en el departamento de Cundinamarca en Colombia, con el fin de generar lineamientos que guíen a los arquitectos hacia la construcción de equipamientos eficientes energéticamente para reducir el impacto y la demanda que se genera.

Se consultaron como referente las APS planteadas por el MINSALUD y el DNP frente a los CESFAM en Chile, desde donde se encontraron una carencia de espacios dedicados a la atención de enfermedades respiratorias, urgencias y zonas de asilamiento. Por lo tanto, no son adecuadas especialmente ante situaciones de vulnerabilidad social como la pandemia generada por el COVID 19 o similares.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Para establecer un rango de temperatura que permita replicar el diseño, se eligieron dos municipios del departamento de Cundinamarca con climas extremos, San Cayetano con 17 °C (clima frío) y Guataquí con 24 °C (clima cálido). Estos diseños fueron evaluados desde dos softwares: DesignBuilder y Energy 3d. El primero para identificar la demanda energética y el segundo para hallar el equivalente de aporte energético producido por el uso de paneles fotovoltaicos.

Tras las simulaciones se consolidaron los lineamientos en un manual, que, a través de la implantación en el municipio de Junín Cundinamarca, se concluyó que es posible aplicar las indicaciones de materialidad, factor forma y orientación y a partir de ello obtener un ahorro económico a largo plazo, teniendo recursos disponibles que pueden ser reinvertidos en la construcción de nuevos centros de salud, aumentando la cobertura del servicio a nivel nacional.

### **Capítulo 1. Antecedentes**

#### **Problemática**

En la actualidad se hacen presentes tres circunstancias relevantes a nivel mundial, la crisis sanitaria dada por la pandemia COVID 19, la crisis ambiental y económica. Por lo cual se han requerido condiciones de resiliencia para enfrentar de forma rápida a nivel de arquitectura las tres determinantes.

El COVID 19 es un virus que afecta principalmente el sistema respiratorio por lo cual se implementaron salas de atención para Enfermedad Respiratoria Aguda [ERA] e Infección Respiratoria Aguda [IRA] al identificar que el sistema salud colombiano de primer nivel carece de estos espacios.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

La crisis ambiental es un problema a nivel mundial que ha generado en el transcurso del tiempo una serie de tratados internacionales (carta mundial de la naturaleza, cumbre de río de janeiro, cumbre de milenio, entre otras) con el objetivo principal de preservar los recursos naturales para futuras generaciones.

La economía afectada por el COVID 19 ha tenido que tomar medidas de aislamiento social con el fin de evitar la propagación, al no existir suficiente cobertura en la infraestructura de salud y como resultado hubo una disminución del capital generado por la actividad económica. Demostrando la necesidad de implementar estrategias como la aplicación de normativas enfocadas a aprovechar los recursos naturales en pro de reducir la demanda, por ende, reduciría el gasto a nivel económico especialmente en equipamientos tan necesarios en momentos de recesión como el vivido en la actualidad.

Cabe resaltar que la arquitectura, el urbanismo y construcción es uno de los mayores responsables de la contaminación e impacto ambiental. El crecimiento acelerado de las urbes ha hecho que el diseño arquitectónico no corresponda a las determinantes naturales inmediatas, por lo cual se aumenta la demanda energética para solventar el déficit de confort térmico especialmente en equipamientos relacionados con la salud.

En Colombia los establecimientos de salud presentan demandas diferenciadas según zona climática a causa de usar el mismo diseño en diferentes climas, lo que trae como consecuencia el uso de sistemas mecánicos de alta demanda para garantizar la temperatura interna aumentando costos por el gasto energético.

Si se observa la influencia de las *Leyes de indias* (Bartolomé, 1542) (legislación promulgada por los colonizadores españoles) en Colombia, al estar en una zona intertropical se puede identificar la restricción de diseño que tienen las construcciones actuales, ya que

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

estaban propuestas para climas estacionales por ende generan falencias en ambos climas tanto por materiales de construcción como por orientación básica del diseño.

Sumado al mal diseño de los equipamientos, estos se encuentran ubicados en áreas urbanas, por lo cual las zonas rurales presentan escasez de servicios. El DNP (2018) establece que en muchas ocasiones estos son de baja capacidad y calidad, por ende, es necesario aumentar la cobertura del servicio reduciendo el desplazamiento a grandes distancias para obtener la atención requerida, especialmente en circunstancias como el COVID-19 donde la movilización aumenta el contagio.

Los centros de salud pública primaria permiten que las comunidades obtengan atención mínima además de educación para la prevención de enfermedades, de esta forma se disminuye la carga de los hospitales al ser la APS la primera en recibir los usuarios dentro del sistema colombiano. Por ende, durante situaciones emergentes como el COVID -19 el déficit de cobertura podría colapsar los equipamientos.

En conclusión, se hace relevante generar un modelo de APS replicable y eficiente para incrementar el rango de cobertura de tal manera que solvete las necesidades de los usuarios siendo resiliente ante cualquier circunstancia.

### **Justificación**

Los centros de salud son el primer contacto que tiene la población con en el servicio. Sin embargo, en Colombia existe un alto déficit de cobertura en relación con su población, sumado a que la infraestructura actual es ineficiente al poseer lineamientos no funcionales para el territorio. Por ende, se ha aumentado la necesidad de construir centros de salud

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

públicos energéticamente eficientes, tanto para suplir el servicio como para reducir los costos de sostenibilidad durante su ciclo de vida, brindando la posibilidad de reinvertir estos recursos económicos en la construcción de más equipamientos.

En el departamento de Cundinamarca existe un déficit de cobertura con respecto a su población de acuerdo a la capacidad y alcance de la infraestructura de salud registrada en el Plan Territorial de Salud [PTS] realizado en el 2016, donde establece que, de sus 116 municipios, 27 deben recibir atención de forma prioritaria.

Por lo anterior se seleccionó Guataquí y San Cayetano al tener temperaturas extremas entre el área de necesidad del departamento. Con el fin de tener un rango de temperatura lo más amplio posible en este sector afectado.

En el caso de Guataquí se plantean ampliar su cobertura de salud ya que el objetivo es brindar salud para todos. Según el Plan de Desarrollo (2016) propuesto para el periodo de tiempo entre 2016 y 2019, existe una cobertura local del 25,00% en la tasa de mortalidad en menores de 1 año (por mil nacidos vivos), 70% en Cobertura de controles prenatales y alta cobertura de vacunación. Sin embargo, presenta porcentajes del 0% en tasas de población atendida por desnutrición en niños menores de 5 años, Enfermedad Diarreica Aguda [EDA], enfermedades no transmisibles, Enfermedad Respiratoria Aguda [ERA], Infección Respiratoria Aguda [IRA] y mortalidad materna en el área rural.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA



*Figura 1.* Centro de salud Guataqui, en la imagen se observa el puesto de salud Dumian Medical ESS (entidad Promotora de salud (EPSS) donde se resalta la pequeña escala que tiene lo que causa un rango de coberturas muy escaso para la población del municipio. Tomado de “Google maps” por Google. Maps, 2014. Recuperado de <https://n9.cl/ff4y>

Esto se puede evidenciar que para una población de 2.811 (DANE,2019) habitantes existe actualmente un centro de salud que no cumple con las condiciones establecidas por el DNP y el MINSALUD para los centros de salud.

En el Municipio de San Cayetano con una población de 4.892 habitantes según la alcaldía (2019), existe la necesidad de contratar la prestación de los servicios con las Empresas Sociales del estado (E.S.E.S) para suplir el servicio actual. Además de esto se tiene presente que la mayor causa de morbilidad en el municipio se da por enfermedades ERA Y EDA.

Por lo anterior se resalta que el municipio solo cuenta con un centro de salud, que no cubre las necesidades que tiene la comunidad ya que no se acceden a servicios como el tratamiento de las enfermedades anteriormente nombradas y no está construido con los lineamientos actuales que generó el DNP. De igual manera se tiene en cuenta que el municipio se apoya en el hospital universitario de la Samaritana ubicado en el municipio de Zipaquirá a más de dos horas de distancia (80,9 KM), por lo que en caso de emergencia la atención se vería retrasada y podría generar contratiempos en la atención.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA



*Figura 2.* Centro de salud de San Cayetano, Se observa el centro de salud Cagua, aunque se encuentra en buen estado, no cumple con los requerimientos necesarios para la atención del municipio lo que obliga a los habitantes a desplazarse al hospital de Zipaquirá para ser atendidos. Tomado de “Google maps” por Google maps, 2014. Recuperado de <https://n9.cl/67cgl>

### Objetivo

#### Preguntas objetivo

1. ¿Cuáles son las condiciones de cobertura de los centros de salud pública en Cundinamarca?
2. ¿Cómo es la infraestructura de centros de salud en Cundinamarca?
3. ¿Qué estrategias se requieren para garantizar resiliencia ante posibles emergencias en los centros de salud?
4. ¿Cómo asegurar eficiencia energética y aporte solar en los centros de salud pública primaria?

### Objetivo General

Formular lineamientos de diseño sostenible para centros de salud pública primaria, que mejoren la capacidad de respuesta en Cundinamarca, para situaciones de crisis y de alta vulnerabilidad social.

### Objetivos Específicos

- 1 Registrar y analizar modelos de centro de salud pública primaria en Cundinamarca para identificar la situación actual del sistema.



## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

2. Caracterizar arquitectura de centros de salud pública primaria sugeridos por el DNP, el MINSALUD y el CESFAM para reconocer el programa arquitectónico, condiciones constructivas presentes, faltantes y establecer las nuevas tipologías.
3. Evaluar el desempeño energético y el aporte solar de las tipologías en combinación con variables constructivas y de energía renovable. Para identificar los mejores lineamientos de materiales en relación al clima y lograr el confort térmico.
4. Consolidar un documento informativo que funcione como apoyo al diseño y construcción de futuros centros médicos en Cundinamarca y el país.

### **Hipótesis**

Los lineamientos de eficiencia energética para el diseño de centros de salud pública primaria en Cundinamarca, aportan a la solución de situaciones de crisis y generan ahorros para la reinversión en la construcción de nuevos equipamientos, obteniendo mayor cobertura y capacidad de resiliencia ante eventos de alta vulnerabilidad social.

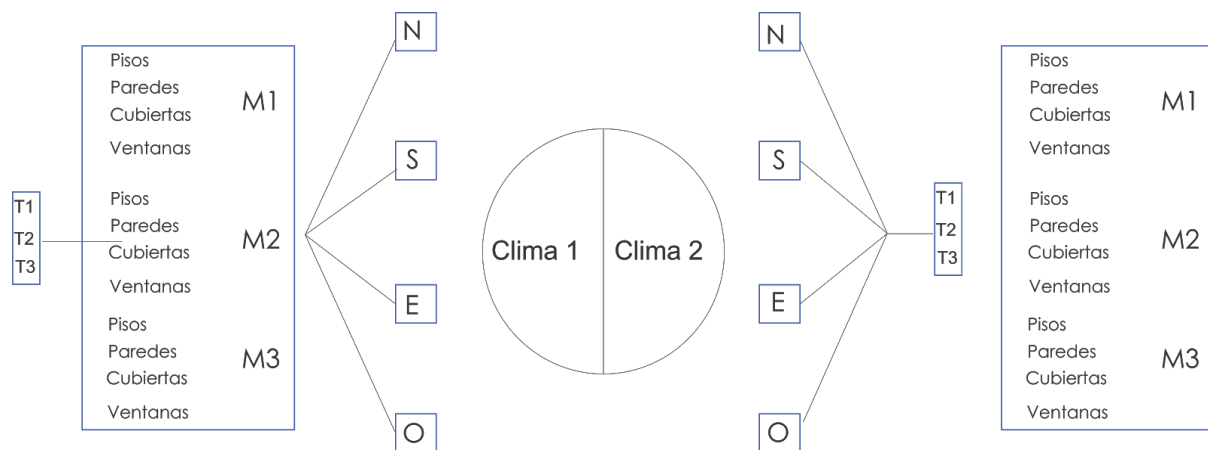
### **Metodología**

En el desarrollo del proyecto se inició con un registro de los centros de salud existentes en relación con la cantidad de habitantes de los cinco departamentos con mayor población en Colombia, destacando a Cundinamarca. Tras ello se identificaron los municipios con carencia de cobertura del sistema de salud primario seleccionando dos climas extremos en los municipios más afectados: Guataquí (clima cálido) y San Cayetano (clima frío), e identificando los materiales que se utilizaban en los equipamientos existentes en Cundinamarca según el clima. A partir de ello se evidenció la presencia de materiales inadecuados para los climas, causando el uso de sistemas mecánicos de forma excesiva aumentando la demanda energética.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

A su vez se comparó el programa arquitectónico planteado por el MINSALUD y el DNP (2017) a nivel nacional, frente a los CESFAM en Chile (2019), evidenciando una deficiencia de espacios destinados a la atención de enfermedades e infecciones respiratorias, zonas de aislamiento y urgencias por ende se plantearon tres tipologías que suplan estas carencias aumentando la cobertura del servicio (5.000, 10.000 y 30.000 suscritos).

De las materialidades encontradas en los equipamientos existentes se definió una materialidad base y se establecieron una mejorada y una optimizada. A partir de las tres tipologías se evalúa frente a las variables de orientación, materialidad, clima y aporte solar. Con el fin de considerar todas las determinantes, dando como resultado 78 simulaciones evaluadas entre DesignBuilder el cual evalúa la eficiencia energética y Energy 3D el aporte solar activo.



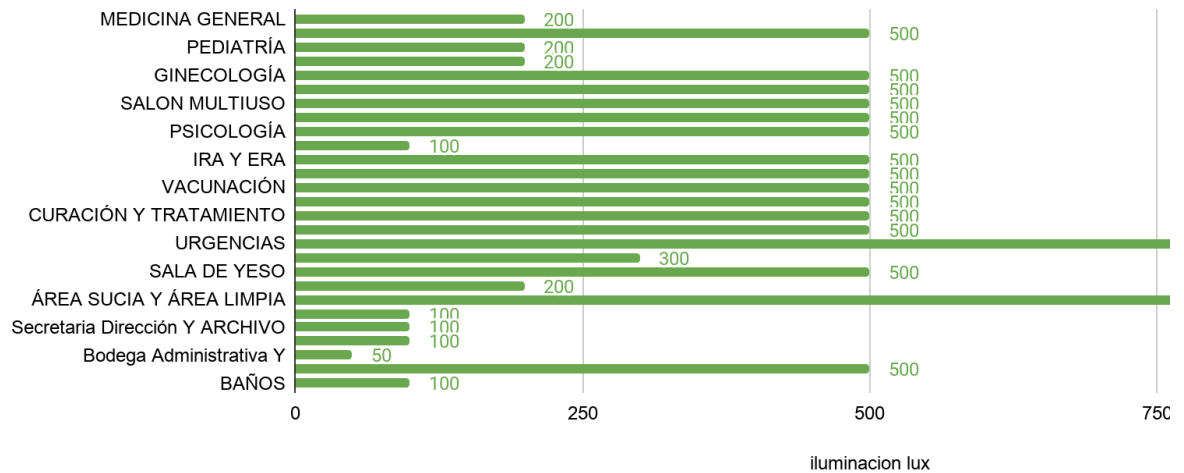
*Figura 3* Diagrama de simulaciones, la figura muestra el desarrollo de las combinaciones de las variables de los centros de salud que serán evaluadas en diferentes programas de aporte solar y eficiencia energética. Elaboración propia.

En DesignBuilder es necesario contar con la demanda de los equipos que se requieren en los equipamientos de salud, sistemas mecánicos de climatización óptimos y comunes, horarios de apertura de ventanas según el clima, carga lumínica necesaria para cada tipo de espacio (figura 4), actividad realizada en relación con la población que lo habita, flujo de aire establecido, entre otros requisitos programados en el software. Todo ello, mediante una automatización en la materialidad

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

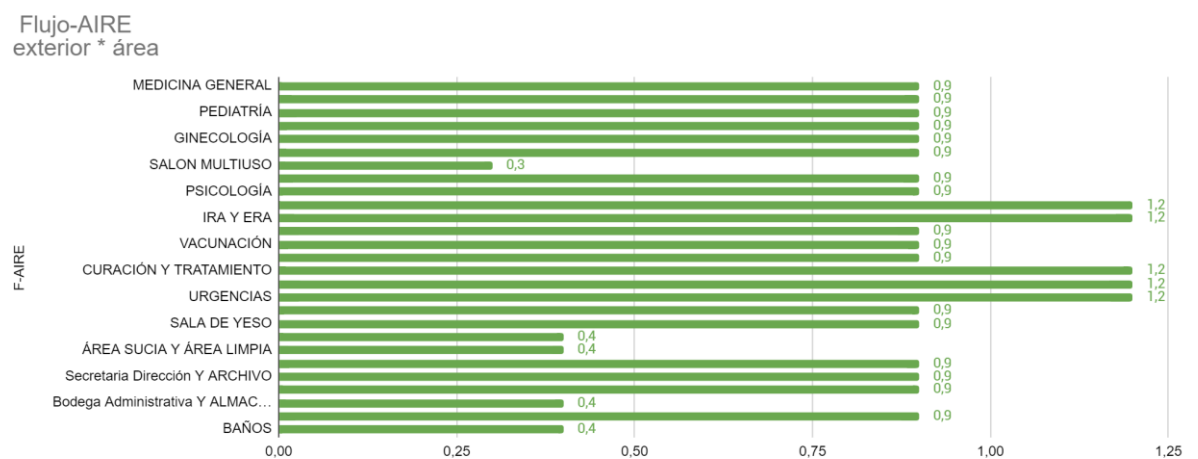
mejorada y optimizada al definirse la temperatura máxima permitida, antes de que se activen los sistemas mecánicos como lo son la bomba de calor y el intercambiador de aire.

### Demanda de iluminación en Lux



*Figura 4.* Análisis de demanda de iluminación en lux. Adaptado de “Guía técnica de eficiencia energética en iluminación” por Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE], 2001. Recuperado de <https://bit.ly/355Mofx>

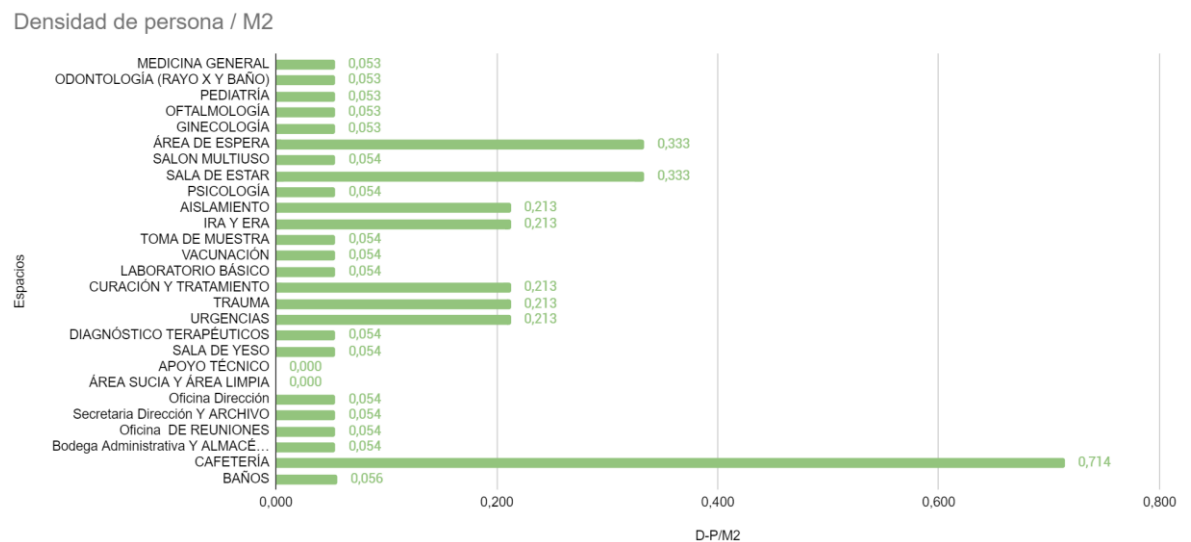
De igual manera se analizó el HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) y ventilación natural. Teniendo como base el flujo de aire necesario en cada espacio que se da a partir de los m<sup>2</sup> de cada espacio y la cantidad de usuarios en ellos, (figura 5).



*Figura 5.* Flujo de aire Adaptado del “ASHRAE” por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de aire Inc, 2019. Recuperado de <https://bit.ly/38nHUTp>

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Por otra parte, se habla de la ocupación por metro cuadrado y la cantidad de habitantes que ocupan la zona de acuerdo con sus necesidades manteniendo una actividad como estar “sentado o quieto” la cual representa el metabolismo (1.0 /factor metabólico) (figura 6).



*Figura 6.* Densidad de persona. Adaptado del “ASHRAE” por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de aire Inc, 2019. Recuperado de <https://bit.ly/3mZyIbV>

Todos estos datos anteriormente mencionados se relacionaron directamente con los metros cuadrados de cada espacio, los cuales solo varían entre tipologías según la cantidad de espacios manteniendo el área individual.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

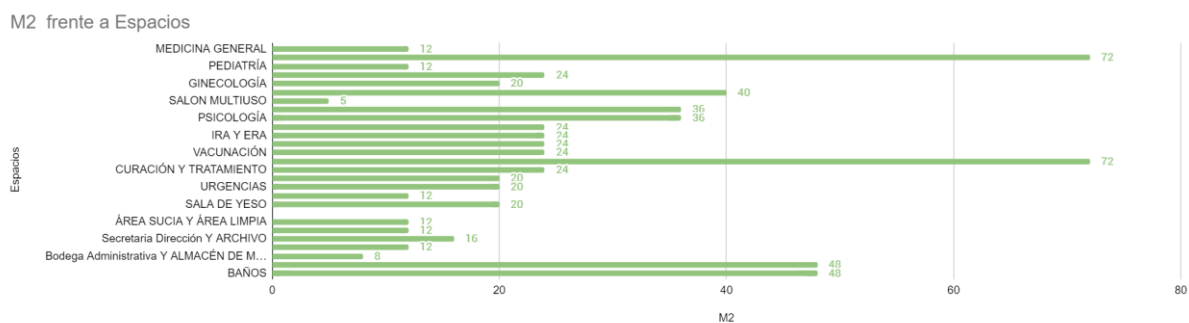


Figura 7. Área por m2 de espacios en centros de salud. Elaboración propia

Por otro lado, el Programa Energy 3D solo necesita el modelado del equipamiento creando en REVIT y posteriormente importado al software para colocar los paneles fotovoltaicos generando una relación de área de cubierta tipo y cantidad de paneles.

### Tipo de investigación

El resultado esperado es cuantitativo al ser un instructivo de decisiones arquitectónicas que provee de datos y porcentajes sobre cuál es la mejor estrategia de diseño que requiere el arquitecto al momento de diseñar un centro de salud pública primaria.

### Materiales y herramientas

Como herramientas se utilizaron datos de población proveídos por el DANE los cuales se contrapusieron con la cobertura del servicio de salud pública, encontrados en el *Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos* del Ministerio de Salud a la vez que se uso el manual planteado por el MINSALUD y el DNP identificando su programa arquitectónico frente al de los CESFAM en Chile. Se diseñaron tres tipologías plasmadas en REVIT y exportadas a diferentes formatos para garantizar la compatibilidad e interoperabilidad entre softwares. Inicialmente se requirió exportar el archivo desde REVIT en formato XML para ser importado en DesignBuilder junto al formato EPW (necesario para que el programa establezca

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

las características específicas del clima, anteriormente analizadas en “Climate Consultant”). Por otra parte, para ENERGY 3D fue necesario exportar desde REVIT a DWG (AutoCAD) y a COLLADA (3D MAX). Finalmente, tras las múltiples simulaciones tabuladas en EXCEL se redactaron las conclusiones en un artículo y manual en donde se especifica el procedimiento para comprender y usar los lineamientos.



Figura 8. La figura muestra el proceso y la variedad de programas que se tuvieron en cuenta en la realización del proyecto. Elaboración propia.

## Capítulo 2. Marcos y estado del arte

### Marco conceptual

**COVID 19:** Enfermedad originaria de Wuhan, China. Es similar a las enfermedades respiratorias ERA e IRA, que se contagia a partir de la saliva y tiene la capacidad de permanecer en la superficie de los materiales. Por lo cual se requiere un proceso de desinfección de espacios, manos y cara. Ya que el jabón es capaz de penetrar su superficie compuesta por grasa y deshacerse del mismo (OMS,2019).

**Eficiencia energética:** La eficiencia energética se relaciona con la demanda mínima de energía a partir de la optimización de recursos reduciendo el gasto energético. Es posible

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

una eficiencia energética cuando se implementa el uso de energías renovables, puesto que estas disminuyen la demanda de energías más contaminantes (Poveda, 2007).

**Bioclimática:** Es un concepto de

...diseño y construcción de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas específicas del lugar de implantación. Se centra en el aprovechamiento de los recursos naturales como: el sol, la vegetación, la lluvia o el viento para minimizar el impacto y la demanda energética sobre el medio ambiente (Piñeiro, 2015, p.9).

**Centros de salud:** los centros de salud son aquellos espacios que cuentan con los recursos necesarios para dar atención en la salud primaria (medicina general, odontología, pediatría, entre otras) estos equipamientos actúan de manera zonal ya que están diseñados para abarcar y atender en un rango de acción menor a la de un hospital.

**Edificios cero energías:** son aquellos edificios donde la demanda energética es casi nulo o nulo. Esto debido a la implementación de estrategias de diseño pasivas y al uso de energías renovables para disminuir la demanda de energía no renovable.

**Aporte solar:** Es la energía proveniente del sol que se puede captar y utilizar para el funcionamiento energético de un diseño arquitectónico.

**Energía fotovoltaica:** Es la generación de energía eléctrica a partir del calor que produce el sol. Este recurso natural permite la producción de una energía inagotable y renovable pues se obtiene a través de paneles solares.

**IRA: Infección Respiratoria Aguda** Infección respiratoria de gravedad que requiere de atención especializada causada por virus o bacterias que a pesar de ser frecuente no se debe dejar llegar a estados avanzados (Organización Panamericana de la Salud [OPS],2012).

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

**ERA:** Enfermedad respiratoria de gravedad frecuente en menores de 5 años y que representa la causa más común de mortalidad en este rango de edad (OPS,2012).

**APS:** La atención Primaria en Salud [APS] es la puerta de entrada para los usuarios al servicio de salud el primer contacto que tiene los usuarios para ser atendidos, esta se da a partir de centros de salud ubicados en puntos cercanos a las zonas de vivienda de los habitantes de las ciudades o municipios de tal manera que sea de fácil acceso a ella (MinSalud,2020).

### **Marco normativo**

#### **Sistemas de salud pública primaria en Colombia**

El sistema de salud de Colombia en la Constitución Política de 1991 establece recomendaciones para los centros de salud. Con el fin de garantizar y mejorar la prestación de servicios establecidos en el derecho de salud a cargo del Estado (art,49).

Por lo anterior el ministerio de salud junto a la subdirección de infraestructura en salud ha generado diferentes normas durante los últimos años que se tengan como base principal para el desarrollo y construcción de los centros de salud a nivel nacional, dándole mayor relevancia a las APS desde la ley 1122 de 2007, esto con el fin de garantizar el confort y efectividad de los equipamientos, planteando estrategias desde la ley 1438 de 2011 para coordinar la integración del servicio y manteniendo el registro en el Sistema Unificado en Salud [SUIS].

De acuerdo con la Constitución Política de 1991 los establecimientos de salud están estructurados por Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud [IPS] que son las



## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

encargadas de brindar un servicio clasificadas por nivel de complejidad dependiendo la población.

Por ende, de acuerdo al decreto DEC 3039 de 2007 se adoptó el plan nacional de salud pública de 2007 al 2010 donde se plasman las estrategias y donde se establecen a su vez los Planes Territoriales de Salud [PTS] para garantizar la equidad siendo vigilado desde la resolución 0425 de 2008 la cual se encarga de hacer seguimiento a los junto a la ley 715 de 2001 que es la encargada de estructura el funcionamiento a nivel municipal.

### **Políticas y normas para centros de salud básica pública primaria**

La normativa en Colombia para los centros de salud primaria está regulada por el ministerio de salud y protección social ofreciendo estrategias de diseño y ubicación para fomentar el cuidado ambiental.

A nivel de implantación se establece la importancia de ofrecer un ambiente libre de polución, contaminación acústica y ambiental, además de un grado de seguridad para el usuario. Por lo tanto, inicialmente deben ser implantados lejos de las rondas de caños, ríos, lagunas, océanos o de terrenos propensos a inundación, erosión o deslizamiento.

Debido a la contaminación actual, es importante diseñar con base a principios de sostenibilidad utilizando medidas pasivas y activas en ventilación e iluminación. Una forma eficaz de hacer sostenible basado en la normativa es el uso de materiales con las características de sanidad, pero correspondientes al clima de la región. Estos se utilizan en muros, cubiertas, aislamientos, etc. Además de procurar con el diseño obtener un ahorro de agua, reutilización de aguas lluvias y el uso de energías renovables.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

En la demanda energética la iluminación es un factor fundamental de las construcciones por lo cual su desperdicio implica mayor gasto tanto para iluminar como para climatizar, por ello su control mediante sensores es viable en la resolución. De acuerdo a la Resolución 180540 del 30 de marzo de 2010, a la Norma Técnica Colombiana NTC 4435 (2010) y la Ley 253 de 1996 existe un Instructivo para establecer la luz requerida dependiendo el espacio que se interviene.

En el diseño se encuentran varias normas para guiar al arquitecto a generar centros de salud según la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial que genera diferentes lineamientos para la ejecución de estos equipamientos (Sistemas de Tratamiento de agua para consumo humano. Sistemas de tratamiento de aguas residuales, y la Resolución 14861 de 1985, para garantizar acceso universal tanto en escaleras como en zonas interiores.

De igual manera se dan normas como la NSR 10 (L 400,1997) que genera pautas para construcciones sismo resistentes, que va desde la parte estructural hasta la de evacuación en caso de emergencia. El Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC también se encuentra y es el que acredita el sistema de seguridad y legibilidad del espacio.

En conclusión, encontramos varias leyes decretos y normas que facilitan y generan pautas para el diseño de centros de salud en Colombia que garantice la seguridad, el confort de estos equipamientos, además de resoluciones como la Resolución 4445 de 1996, en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir las IPS.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

### Marco teórico

#### Diseño de centros de salud eficientes

Los Centros de salud son parte importante de la sociedad actual, son el primer contacto que tiene la comunidad a los servicios de salud, de modo que es necesario mejorar la calidad de los servicios y a su vez mejorar la infraestructura del equipamiento que los ofrece, por ello se hace relevante mejorar la eficiencia de estos. De acuerdo con Nope (2019), el desarrollo de lineamientos para la construcción de edificios sostenibles es de vital importancia puesto que al generar un equipamiento más eficiente disminuye el coste de desarrollo del mismo, lo que genera un impacto directo con la calidad de vida del usuario y una ampliación del rango de cobertura, trayendo fines como la integración social un acceso más equitativo al servicio además de la mejora en el desarrollo de las comunidades.

El diseño de los centros se da a partir de entender qué actividades y necesidades se deben suplir. Haciendo un análisis internacional se toma como referente las CESFAM, donde sus actividades se dividen en áreas, sub-áreas y dependencias, se involucran áreas como atención médica, administrativa, apoyo técnico, servicios generales entre otras. Esto se relaciona en una etapa temprana con una variedad de criterios de diseño arquitectónico (flexibilidad, sustentabilidad, imagen arquitectónica, medidas y modulaciones) todo con el fin de generar un equipamiento más eficiente (Nope,2019).

A nivel nacional se tomaron como referentes el documento titulado *Construcción y Dotación de Infraestructura Básica de Salud* (DPN, 2017) esta propuesta muestra unos modelos adaptables a ciertas condiciones de los lugares de implantación (metros cuadrados, condiciones geológicas, topográficas y climáticas) esto con el fin de que se pueda ejecutar en la mayor cantidad de zonas del país (Colombia) que tengan como necesidad un equipamiento de este uso. Se resalta que el diseño se da a partir de un módulo base que tiene como

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

diferentes actividades (laboratorio, atención, aseo, entre otros), esto con el fin de que su adaptación al lugar sea más eficaz y fácil a la hora de su implantación, eso sin afectar los espacios.

### **Guía de construcción sostenible para el ahorro de energía en edificaciones.**

Esta guía tiene como objetivo generar una herramienta que funcione para la implementación de estrategias para la construcción sostenible, que pueda ser aplicada en todos los departamentos del país. Así mismo explica las estrategias que pueden aplicarse en Colombia, para así poder disminuir la dependencia de los medios activos de energía, estas estrategias se dividen en tres partes: iluminación envolvente y ventilación.

El documento de lineamientos como el diseño de ventanas para la entrada y el aprovechamiento de la luz natural, la protección solar mediante el uso de elementos horizontales como lo son los balcones, doseles entre otros, elementos verticales como persianas o aletas, la ventilación cruzada para el mejor aprovechamiento de la entrada del aire lo que ayuda a reducir la carga de enfriamiento mecánica, entre otros lineamientos, para así producir espacios más eficientes y con menor demanda energética a nivel nacional.

Para concluir la guía genera unas recomendaciones de diseño que permiten establecer los enfoques que debe tener el elemento arquitectónico para que se eficiente, tales como asegurar la luz de día, para aprovechar la sombra y la ganancia solar, la forma de la edificación y la confirmación del viento, la velocidad del viento, la incorporación de sensores, entre otras cosas. Todo esto para garantizar así que el edificio sea eficiente y que su demanda energética sea mucho menor a otros.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PÚBLICA

### Estado del arte

#### **Estrategias de sostenibilidad implantadas en centros de salud pública primaria**

Desde 1987 con el informe Brundtland se estableció el compromiso para proteger los recursos tanto para las comunidades actuales como venideras, por ello es responsabilidad de los constructores plantear soluciones para cumplir este objetivo. Según Menjívar (2013), para conseguir un avance en el aspecto sostenible de las construcciones se debe partir de la evaluación de referentes construidos y desde este punto determinar qué aspectos utilizados en otros contextos pueden ayudar a reducir la demanda del nuevo diseño a generar.

Según Enersinc (2017), entidad contratada por el estado para realizar estudios de la demanda energética en Colombia. Durante los últimos años ha comenzado a tener un aumento en la eficiencia energética al existir dos programas pertenecientes al Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía [PROURE] ya que estos buscan incentivar los diseños con menor demanda energética ofreciendo incentivos tributarios y verificaciones de aporte real para de esta manera promover la sostenibilidad.

Sin embargo, cabe resaltar que a pesar de contar con herramientas como el sello ambiental (resolución 1555 de 2005) cuyo objetivo es hacer competitivo el país a nivel de sostenibilidad en el mercado nacional e internacional sin embargo aún no existen entidades responsables de llevar control por consiguiente este tipo de diseño no se ha implementado en la mayoría del territorio colombiano.

De acuerdo con Rodríguez, Villadiego, Padilla y Osorio (2018), se determina que la eficiencia energética es un medio con el cual conseguir un grado de sostenibilidad al reducir la demanda energética que requiere la construcción durante su ciclo de vida. Por lo tanto, es

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

importante implementarlo en los equipamientos, según Nope (2019), los centros de salud son edificaciones complejas con un consumo medio de 80 Kwh/m<sup>2</sup> diferenciado por zona climática y el no considerar el clima del lugar de implantación tendrá por consecuencia un elevado consumo energético.

### **Estrategias de Bioclimática para el diseño de centros de salud pública primaria.**

Según Piñeiro (2015), la arquitectura bioclimática se debe implementar conscientemente ya que de lo contrario esta se suele malinterpretar como una implementación de modas al ser replicados sin razón lógica, por ello de acuerdo con (Perico, 2017) este proceso consiste en retomar el conocimiento ancestral para volver a obtener un equilibrio entre eficiencia energética y aprovechamiento de recursos.

Según Martínez, García, Hernández y Niebles (2019), el aumento de consumo energético en las construcciones se debe a la climatización e iluminación, por eso se asume que el diseño bioclimático permite reducir este gasto energético por medio del aprovechamiento de recursos, por ello de acuerdo con Chávez (2002), se deben aprovechar los recursos que se tienen a la mano para conseguir la eficiencia que se desea.

En el caso de Colombia al estar ubicada en una Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), existe una amplia variedad de temperaturas que requieren de un planteamiento bioclimático diferente y para ello de acuerdo al Departamento Nacional de Planeación [DNP] (2018), se pueden utilizar técnicas como; la captación directa e indirecta de sol, el aislamiento térmico y propiedades de inercia en los materiales entre otras posibilidades que se consiguen desde la forma brindando un espacio de buena calidad con un pensamiento de responsabilidad por el medio ambiente.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Según Zalamea y Quesada (2017), los desarrollos de sistemas solares activos poseen una alta capacidad para reducir la demanda energética sin importar el uso de la construcción. Debido a que el sol es un recurso natural que no solo emite radiación, sino que también provee calor, por lo que Menjívar (2013), lo define como el factor más importante para proveer confort físico y psicológico.

Cabe resaltar que la energía solar es una de las más efectivas a la hora de disminuir el gasto energético por medio del aprovechamiento de factores naturales, esto lo confirma (García, López y Cuadros, 2012) cuando habla de la capacidad de modificar la temperatura mediante la captación solar y producción de frío mediante biomasa para de esta manera aprovechar las energías renovables y conseguir sostenibilidad.

### **Edificaciones cero energías**

Los edificios cero energías son aquellos que se diseñan, se modifican y se regulan de tal manera que tengan una eficiencia energética alta, lo que trae consigo un gasto energético casi nulo, este tipo de edificaciones trae consigo muchos beneficios desde la parte económica como es en el ahorro de recursos hasta la parte ambiental que se vislumbra en la disminución de gasto energético y de emisión de gases de CO<sub>2</sub> (Estevez, 2016).

Por ello, de acuerdo con Ochoa (2009), que expresa que las decisiones que se toman en el desarrollo de un proyecto arquitectónico influyen en el rendimiento energético, las estrategias de diseño como las fachadas inteligentes utilizan la captación solar como método de conservación térmica, gracias a los materiales que lo componen. En el contexto colombiano este factor es útil ya que al no existir variaciones térmicas extremas como sí pasa

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

en zonas afectadas por las estaciones, los sistemas como lo es el sistema de acristalamiento activo con agua circulante recomendado por (Pujazon, 2015) no requieren ser adaptativos.

El problema del elevado aislamiento térmico es el que resulta eficaz para los climas fríos durante épocas de invierno, sin embargo, este mismo sistema tiene falencias a la hora de garantizar este mismo confort en la misma construcción.

Según Guinea (2008), es necesario una arquitectura que maneje de mejor manera el uso de la energía, orientado a la recuperación de las emisiones residuales que genera el edificio y un mejor desarrollo de las actividades que los usuarios tienen al interior del mismo, todo con el fin de reducir notablemente el consumo de energía eléctrica.

A su vez, según Linares (2009), la reducción de consumo energético es uno de los métodos más eficaces para disminuir costos, ahorrar recursos económicos y evitar el uso de recursos fósiles, ya que estos son los principales responsables de la producción y emisión de gases de efecto invernadero.

Tomando cuenta a García (2009), visualizar a los centros de salud como uno de los mayores agentes consumidores de energía y además generar un diseño ineficaz del mismo permitirán el desarrollo del centro de forma coherente y precisa, permitiendo un uso más racional de la energía y disminuyendo su gasto energético hasta en un 30%. Esto tomando como factores la orientación, aislamiento térmico, los materiales entre otros, que usándolos adecuadamente permite el aprovechamiento del ambiente, trayendo consigo aportes como iluminación natural y confort térmico dentro del equipamiento.

Además de lo anterior también se toma en consideración las herramientas de diseño como estrategia para el desarrollo más eficaz de edificaciones, tal como lo dice (Ortiz, Velarde, Bardales & Chávez, 2019) la aplicación de metodologías Building Information Modeling [BIM] permite la disminución de contratiempos a la hora de desarrollo de un



## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

proyecto. De igual manera según Peterson y Svensen (2010), la importancia de las herramientas de simulación para generar predicciones de rendimiento energético que garanticen la eficiencia en las edificaciones es muy grande, ya que disminuye las alteraciones a los diseños arquitectónicos y de mismo modo la demanda energética, además de los costos operativos. Igualmente, también muestra la necesidad de que los arquitectos tomen conciencia de las consecuencias que conlleva el diseño y la construcción de un objeto arquitectónico, puesto que estas no se ven únicamente en el contexto ambiental sino igualmente en el económico y social entre otros.

Así mismo, Attia (2013), explica la importancia de generar simulaciones de rendimiento de los edificios para tomar decisiones en cuanto al diseño temprano de las construcciones de energía cero. Eso haciendo énfasis en el análisis de sensibilidad de las edificaciones y la importancia de estas herramientas para el desarrollo de los elementos arquitectónicos.

Lo anterior resalta lo primordial de un método para el diseño eficaz de edificios energéticamente eficientes, partiendo de la necesidad de tomar decisiones desde las simulaciones en un diseño arquitectónico Nearly Zero Energy Building, edificios cero energías [NZEB]. Esto lo reafirma Weytjens (2011), cuando enfatiza en la relevancia que tiene el soporte del diseño temprano a la hora de diseñar edificios cero energías, y como las herramientas de simulación en este proceso son tan importantes para garantizar la eficiencia del edificio.

Los edificios cero energías, son diseños donde el enfoque es reducir en lo posible la demanda energética de la construcción y a su vez se busca plantear estrategias pasivas con las cuales proveer de energía natural su diseño.

De igual manera Sulzakimin (2020), dice que los edificios NZEB es una idea que toca

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

la energía renovable como eje funcional del proyecto. El uso de esta energía en combinación con los recursos térmicos renovables como la energía solar, logra equilibrar la energía que consume con la que produce.

En su mayoría estos sistemas existen en países con presencia de estaciones debido a sus cambios bruscos de temperatura y la alta demanda que representan, en cambio en Colombia (país tropical carente de las mismas), la eficiencia energética aún no es utilizada de forma masiva a pesar de que es considerada por la ley como,

... un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales (L. 697, 2001, p.1)

y que es un tipo de sistema que no reduciría la demanda tan solo en estaciones sino en todo el año.

Por lo anterior es un aspecto a considerar dentro de las estrategias utilizadas en los edificios cero energías para racionalizar su uso, ya que este tiene un gran impacto tanto a nivel ambiental como económico por lo cual representa una gran responsabilidad. Sin embargo, existe una creencia popular de que esta forma de diseñar representa mayores gastos a lo cual

...los cálculos muestran que el costo de un edificio con eficiencia energética de 1 m<sup>2</sup> es solo un 8-10% más alto que el costo promedio del edificio estándar. Los costos adicionales se pagan dentro de 10-20 años debido a la reducción de los costos operativos, por ejemplo, por la pérdida de calor a través de las paredes externas (Perlova y Gorshkov, 2014, p.3).

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Por ello queda demostrado que, a pesar de dar la apariencia de implementar mayores costes, equilibrando el monto sumado con la vida útil que tendrá la construcción dicho porcentaje monetario se recuperaría con el ahorro obtenido por lo cual no se generan pérdidas reales.

Además de lo mencionado anteriormente la ley colombiana también establece que el servicio de electricidad no solo se debe proyectar en términos de cobertura sino también de costos y viabilidad (L. 143, art 4, 1994).

Por lo tanto, debería proveer estándares mínimos de iluminación según el uso para que de esta manera se haga un análisis consciente al momento de implementar el diseño energético ya que muchas veces el porcentaje mínimo se puede solventar con energías renovables.

Según la resolución No 18 1331, (2009)

El aprovechamiento de la luz natural en un diseño de iluminación, debe partir del conocimiento de la disponibilidad de luz exterior, tanto en sus niveles como en sus periodos de duración, de acuerdo a las horas de los días con cielos despejados, parcialmente despejados y cielos nublados. (p.81)

La luz natural es un recurso muy utilizado en edificios cero energías al ser fácil de obtener, el problema radica en el porcentaje que este sistema no alcanza a cubrir por ende es importante considerar antes de utilizar energía eléctrica convencional en estos tipos de diseños eficientes que tipo de luz se va a implementar ya que como se ha visto en algunas de ellas los bombillos LED es más eficaz ya que no desperdicia energía en calor y si aprovecha un 91% de los lúmenes (Arellano,2015).

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PÚBLICA

### Referentes de centros de salud

Para el desarrollo del proyecto se buscaron diferentes referentes entre los que se encuentran tesis, proyectos de investigación y arquitectónicos referentes a centros de salud y proyectos de energía cero. Tomamos como base para el desarrollo de la investigación el proyecto titulado *Evaluación energética de centros de salud pública primaria para morfologías arquitectónicas y sustentables* (Nope, 2019), que tiene como objetivo generar unos lineamientos que faciliten al arquitecto la toma de decisiones a la hora de diseñar, implantar y ejecutar la construcción de un centro de salud, a partir de unos requerimientos arquitectónicos de unas necesidades de la población y generando unas simulaciones que midieran la eficiencia energética entre otras variables.

La siguiente tesis encontrada es la titulada *estudio de la eficiencia energética en los sistemas hospitalarios de salud- hospital II Ayaviri* que expresa la problemática desde el gasto energético que producen los edificios con uso de salud, catalogado como uno de los mayores consumidores de energía a nivel nacional. El autor busca establecer la relación que existe entre la eficiencia energética con los sistemas hospitalarios de salud. Usando como caso de estudio el hospital II Ayaviri, donde se propone que se genera una relación directa entre la eficiencia energética con los sistemas hospitalarios ya que es necesario la implementación de estrategias que permitan disminuir el consumo en estos equipamientos, puesto que estos son de los mayores en el consumo de energía. Lo anterior, para finalmente concluir que existen los usos inadecuados en la energía de los equipos existen los “usos inadecuados de la energía como producto de malos Hábitos, los cuales incluyen aspectos relacionados con las calderas, iluminación, bombas, ascensores, equipos ofimáticos y sistema eléctrico” (Ttacca y Mostajo, 2017, p.96).

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

**Capítulo 3 Registro y análisis**

Registrar y analizar modelos de centro de salud pública primaria en Cundinamarca para identificar la situación actual del sistema.

En Colombia de acuerdo con los datos de proyección del DANE para el año (2019) existe una población de 49.395.678 dividida entre 33 departamentos (figura 9 y 10). Para este análisis se tomó como muestra inicial a nivel nacional los 5 departamentos con mayor población que en este caso fueron: Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Atlántico debido a que los 5 departamentos son un sector muy amplio para utilizar como población muestra.

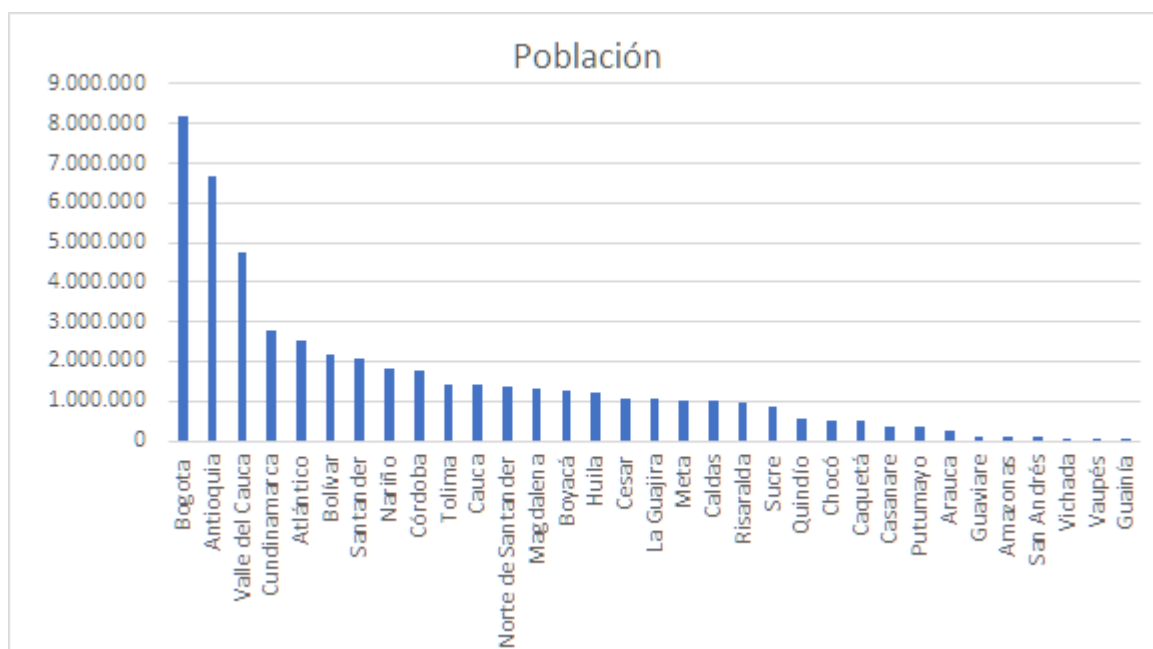


Figura 9. Relación población por departamento. Se realizó un filtro basado en el registro especial de prestadores de servicios, por el Ministerio de salud en el año 2020 para considerar la variable “centros de salud” en contraposición a la población. Adaptada de “*anexas-proyecciones-población - segregación-2018-2020*” por DANE, 2019. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

En esta gráfica está representada la cantidad de centros de salud privada existentes en los departamentos de referencia donde podemos observar que Bogotá al ser la capital, posee la mayor cantidad de centros de salud privada, por lo cual es el primer departamento

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

descartado, ya que a pesar de que los centros de salud no son públicos, tienen la capacidad de cubrir en gran parte la demanda de los usuarios (figura 9).

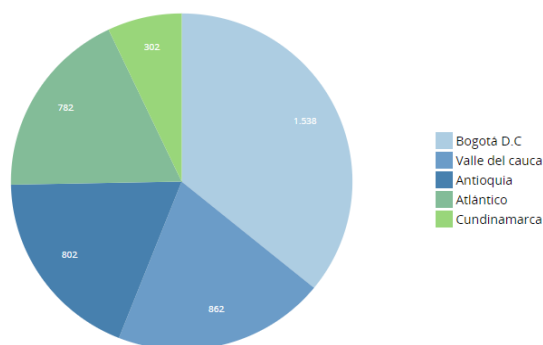


Figura 10. Análisis de equipamientos de salud por departamento. La figura hace relación de los equipamientos de salud (hospitales centros de salud clínicas entre otros) en los diferentes sectores que ofertan el servicio (público y privado). Tomado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

Evaluando el aspecto clave de la tesis que es son los centros de salud pública, entre los 5 departamentos se evidencia que la mayor cantidad está ubicada en Antioquia, seguido por valle del Cauca, Cundinamarca, Atlántico y por último Bogotá (figura 11).

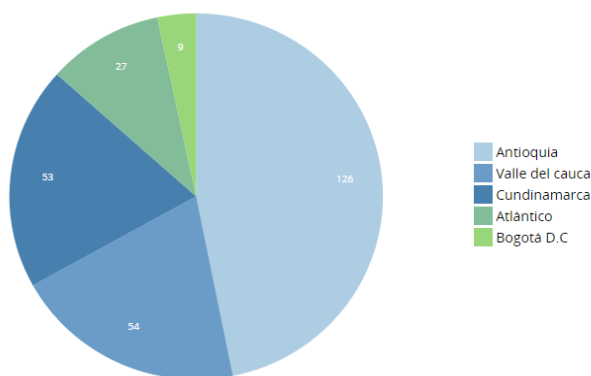


Figura 11. Análisis de equipamientos de salud pública, análisis de los equipamientos de salud pública en los departamentos con mayor población del país teniendo en cuenta los diferentes sistemas de salud (hospitales centros de salud entre otros). Tomado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

Sin embargo, en relación con la población se evidencia el déficit real donde Cundinamarca representa un alto nivel de desigualdad entre población y centros de salud. Al ser la segunda con menor cobertura en general, pero con mayor población que la primera (tabla 1 y figura 12).

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Tabla 1  
Relación departamentos con equipamientos de salud

Departamento	Población	Privado	Público	Mixto	Total
Bogotá, D.C.	7.592.871	1,538	9	2	1549
Antioquia	6.550.206	802	126	3	931
Valle del Cauca	4.506.768	861	54	1	917
Cundinamarca	3.085.522	302	53	1	356
Atlántico	2.638.151	782	27	2	811

Nota. En la tabla se hace una relación de la infraestructura de salud y la población en los cinco principales departamentos que dejan ver que la cobertura de servicios la aporta el sector privado. Tomado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

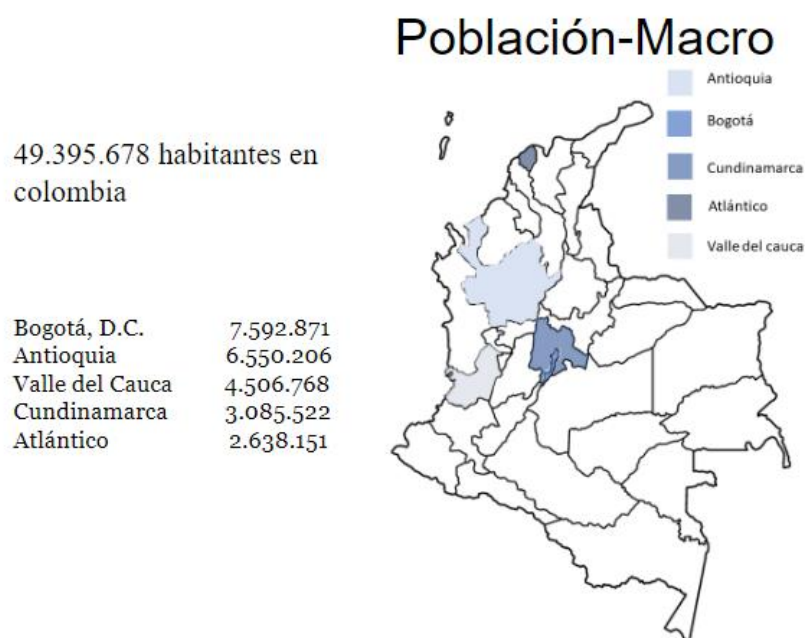


Figura 12. Mapa de departamentos con mayor cantidad de población en Colombia, el mapa resalta los cinco departamentos con mayor población, por ende, son los sectores que necesitan una mayor cobertura en salud. Adaptado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Con los datos de población y la división del sector de la salud (público, privado y mixto) se hace un análisis en cuanto a centros de salud en los 5 departamentos haciendo una comparación con los hospitales públicos que existen en los diferentes municipios de estos departamentos (figura 13,14,15,16, 17).

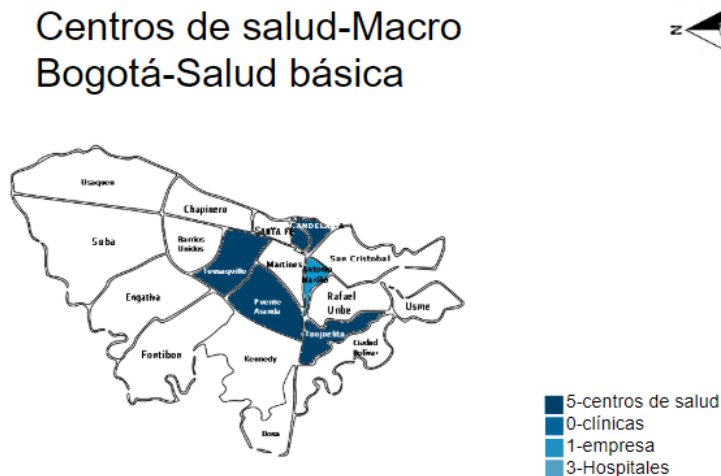


Figura 13. Análisis de infraestructura en salud pública en Bogotá, se refleja la baja cantidad de centros de salud pública que hay en la capital del país. Adaptado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

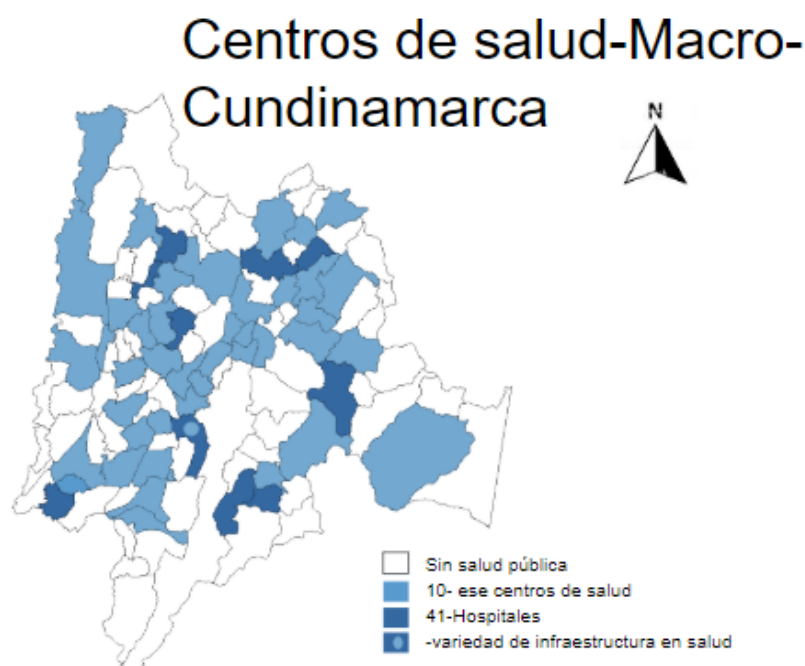


Figura 14. Análisis de infraestructura en salud pública en Cundinamarca, se observa que la mayor parte de la infraestructura pública del departamento se da por el sector hospitalario lo que deja a la vista la deficiencia de las APS en la prestación del servicio. Adaptado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>



## Centros de salud-Macro Atlántico-Salud básica

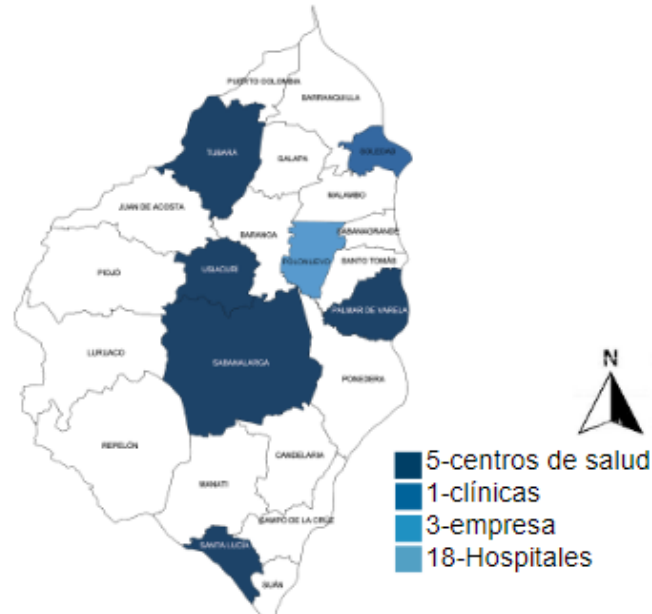


Figura 15. Análisis de infraestructura en salud pública en Atlántico, donde se resalta la infraestructura pública en salud donde la zona oscura son centros de salud y las zonas claras son hospitales y se logra ver que los hospitales se ubican solo en un sector del departamento.

Adaptado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

## Centros de salud-Macro-Antioquia-mapa completo

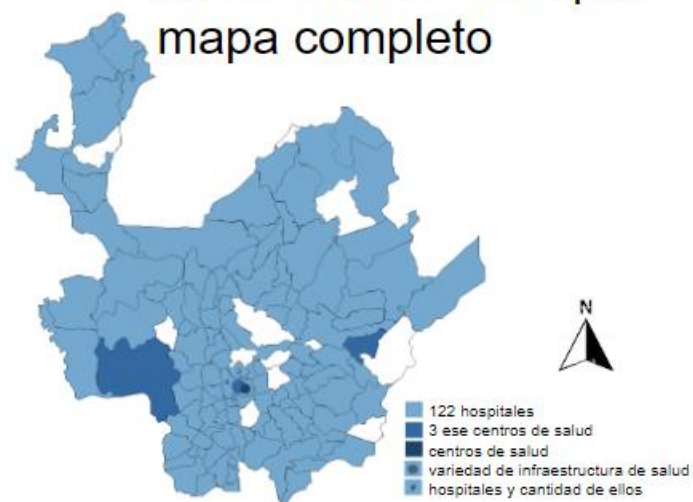
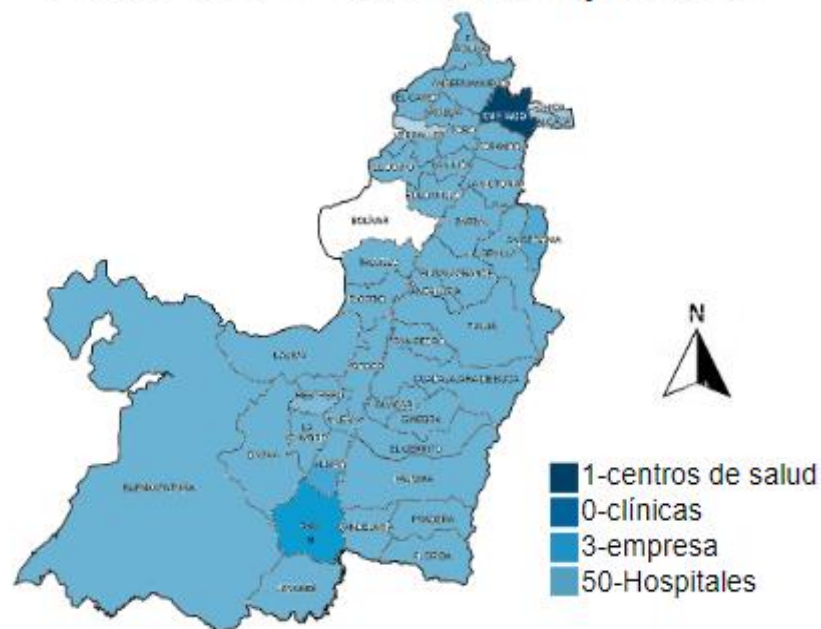


Figura 16. Análisis de infraestructura en salud pública en Antioquia, es el departamento con mayor atención pública de Colombia donde la mayor parte de la infraestructura son hospitales lo que permite un rango de cobertura mucho más amplio. Adaptado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Los datos anteriores dejan resaltar el déficit de centros de salud en los departamentos con más población en Colombia puesto que hay un gran margen de diferencia entre la infraestructura hospitalaria y la básica en el sector público a escala Macro (tabla 2).

## Centros de salud-Macro Valle del Cauca-hospitales



*Figura 17.* Análisis de infraestructura en salud pública en Valle del Cauca, el departamento tiene una amplia cobertura de servicios de salud, pero predomina los hospitales como en los anteriores departamentos. Adaptado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Tabla 2

Cantidad de municipios frente a centros de salud.

Departamento	Municipios por departamento	% Hospitales públicos	% Centros de salud pública	Número de centros.
Atlántico	23	78,2%	21%	18 hospitales, 5 centros de salud, 3 ESE, 1 clínica
Bogotá	20 localidades	15%	25%	3 Hospitales, 5 centros de salud, 1 ESE (empresa social del estado)
Cundinamarca	116	46%	9%	42 Hospitales, 11 ESE centros de salud
Antioquia	125	97,6	3.2%	122 hospitales, 3 ESE centros de salud 1 Centro de salud
Valle del cauca	42	119%	9,5%	50 Hospitales, 1 centro de salud 3 ESE

Nota. La tabla permite ver la cantidad de centros de salud y hospitales públicos y la diferencia de cobertura que hay entre ambas, Tomado de "Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS" por Ministerio de salud, 2020. Adaptado de "Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS" por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

En la escala Meso- Cundinamarca encontramos una población de 3.085.522 en la cual según registro del DANE (2019). Este departamento posee 350 equipamientos de salud que se clasifican en tres partes; pública, privada y mixta (figura 18), donde el sector privado cubre más del 50% de la infraestructura y la parte pública se ve en un campo de acción mucho menor.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

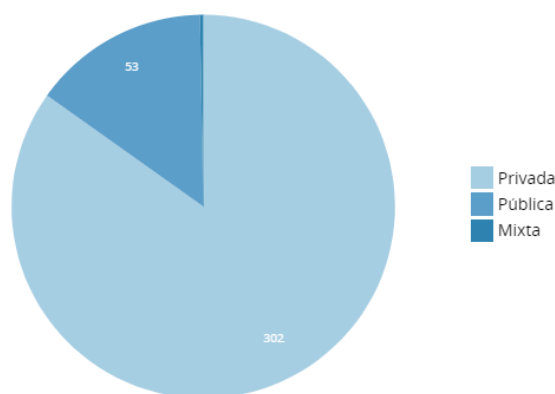


Figura 18. Torta de sectores de salud la torta divide la cobertura del servicio de salud en Cundinamarca por los diferentes sectores prestadores del mismo donde se observa que el sector privado como el principal prestador. Adaptado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

De igual manera se caracteriza por dos tipos de infraestructura; Hospitales y centros de salud (figura 19) donde se realiza una evaluación de la relación entre provincias y cantidad de equipamientos correspondientes, la cual deja ver la cantidad de municipios por regiones y el número de equipamientos de salud pública y privada que estos poseen. Evidenciando el déficit existente en algunas de las regiones del departamento al existir más municipios que número de equipamientos.

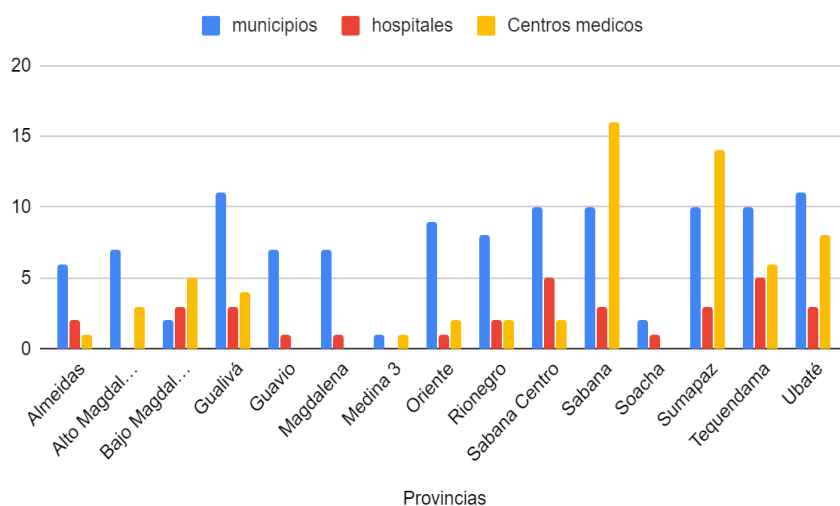


Figura 19. Relación municipio-centros de atención. Esta gráfica permite ver la población y la infraestructura de salud que en mucho caso del departamento no logra cubrir todas las necesidades y a toda la población. Adaptado de “Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS” por Ministerio de Salud, 2020. Recuperado de <https://n9.cl/d176>

Los equipamientos de salud pública al no tener un mayor porcentaje en infraestructura no cuentan con los medios para abarcar todo el departamento de Cundinamarca ya que dichos

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

equipamientos tienen un bajo rango de cobertura y tan sólo logran cubrir la demanda de algunos municipios. Por lo tanto, la población se ve en la necesidad de desplazarse a otro municipio para acceder al servicio en los casos donde el sector privado no solventa el déficit.

A partir de lo anterior se escogió a Cundinamarca como muestra por poseer un alto déficit de atención en salud pública, tener tan solo 356 centros de salud (entre público y privado) para 3'085.522 habitantes, donde el 84% de la cobertura es del sector privado además de presentar una variación de pisos térmicos (posee todos los pisos térmicos) lo que permite un análisis más amplio.

De igual manera Cundinamarca presenta índices de bienestar social por debajo del promedio nacional, especialmente en la cobertura de los servicios públicos salvo la energía eléctrica, lo cual hace que sea un caso de estudio apto para el proyecto. Con ello en el desarrollo del mismo se toma como muestra 2 de sus 116 municipios para implementar los modelos planteados.

Para la selección de los municipios de intervención puntuales se realizó un filtro con base a los datos proporcionados por la oficina de planeación sectorial en salud del ministerio de salud (tabla 3), donde se organiza desde el 25 % de los municipios con mayor necesidad hasta el 25 % con menor necesidad.

Tabla 3

Tabla de necesidades insatisfechas en el sector salud

Valor Desde	Valor Hasta	Descripción
-17,07	-4,28	Representa el 25% de los datos con menores resultados, nos indica el 25% de los municipios con mayores necesidades de salud insatisfechas
-4,27	0,06	Representa la mediana, divide el 50% de los datos con menores y mayores valores, nos indica los municipios que se encuentran entre el 25%- 50% con mayores índices de necesidades de salud insatisfechas
0,05	4,28	Representa los valores entre el 51% - 75% de los valores observados, nos indica los municipios que se encuentra, por encima de la mediana con menores necesidades en salud.
4,27	16,75	Representa el 25% de los datos con mayores resultados, lo que nos indica el 25% de los municipios con menores índices de necesidades de salud

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PÚBLICA

Nota. El departamento de Cundinamarca divide las necesidades en 4 ítems el color rojo con mayor necesidad y el color verde los lugares con menor necesidad. Tomada de “Abordaje de los efectos de salud y sus determinantes”, por Min Salud, 2017. Recuperado de <https://bit.ly/3khlQfo>

Con esta clasificación se descartó todas las provincias a excepción de las que están en el nivel 1 de prioridad con las cuales se hace una comparación de temperaturas (figura 20).

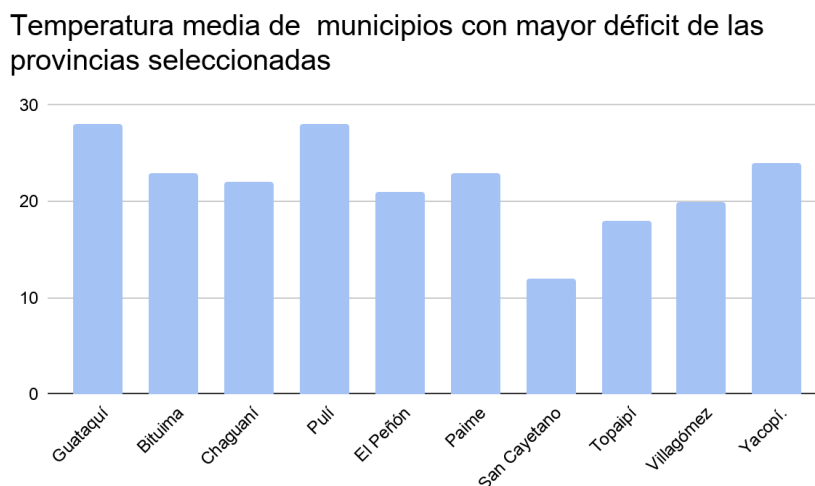


Figura 20. Temperatura media de municipios, Cundinamarca es uno de los departamentos con mayores pisos térmicos esto debido a que los municipios de este se encuentran a diferentes alturas a nivel del mar lo que permite esta variación. Adaptado del “Mapa de Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa y listado de municipios” por Ministerio De Vivienda, Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL y Corporación Financiera Internacional, 2013. Recuperado de <https://bit.ly/3lgW0d0>

Finalmente después de las múltiples figuras y tablas generadas por la recopilación de datos, se logran escoger dos municipios (San Cayetano y Guataquí), como muestra base para el desarrollo de la evaluación de los centros de salud, esto por ser dos de los municipios con déficit de salud más alto (ya que no tienen acceso a infraestructura de salud básica inmediata), y ser sectores con pisos térmicos extremos, lo que permite establecer estrategias replicables en otras zonas con condiciones climáticas similares.

En conclusión, se logra visibilizar la gran carencia de servicios e infraestructura de salud pública primaria, debido a que esta no tiene la capacidad suficiente para cubrir las necesidades de la población, especialmente la de los habitantes de escasos recursos. A su vez

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

se identificó a nivel rural en los diferentes departamentos analizados, que la gran mayoría se han establecido en edificaciones no diseñadas específicamente para tal fin. Por ende, no son las adecuadas para generar esta prestación de servicios debido a que solo cuentan con los requerimientos mínimos necesarios para la atención general, lo que aumenta la carga de usuarios hacia los hospitales generalmente ubicados en las urbes para la atención en especialidades.

### Capítulo 4. Caracterización

Caracterizar arquitectura de centros de salud pública primaria sugeridos por el DNP, el Min salud y el CESFAM para reconocer el programa arquitectónico, condiciones constructivas presentes, faltantes y establecer las nuevas tipologías.

Para desarrollar este objetivo se hizo un análisis de los programas arquitectónicos dados por el DNP (2017) nombrado *Construcción y Dotación de Infraestructura Básica de Salud* (figura 21), y una investigación titulada *Evaluación energética para centros de salud pública primaria para morfologías arquitectónicas y sustentables* (Nope,2019) (figura 22).



Figura 21. Proyecto tipo centro de salud DPN, centros de salud elaborados a través de un sistema modular que permite una flexibilidad a la hora de implantación ya que se acopla a un predio de una manera más sencilla por sus módulos independientes. Tomado de "Construcción y Dotación de Infraestructura Básica de Salud", por DNP, 2017. Tomada de <https://bit.ly/32sDuqJ>

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

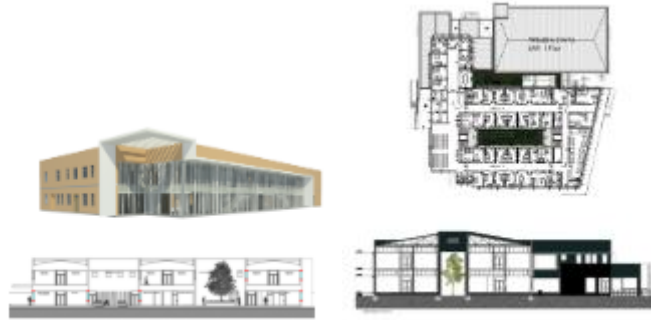


Figura 22. CESFAM Chile, es un proyecto que evalúa la eficiencia de los centros de salud y propone un programa arquitectónico para la atención primaria del país. Tomado de "Evaluación energética para centros de salud pública primaria para morfologías arquitectónicas y sustentables". Por Nope,2019.

Con el análisis de los programas arquitectónicos se visualiza que el programa nacional (DNP, 2017) solo provee servicios básicos a la comunidad, lo que no permite que en caso de crisis este sea un apoyo importante para la atención de los usuarios. Además de esto no cuenta con una infraestructura adecuada para generar una cobertura más amplia en los sectores donde se implanta (equipamientos no sobrepasan los 1000 m<sup>2</sup>).

Por otra parte, el análisis del programa arquitectónico internacional (CESFAM, 2019 Chile) muestra que la APS tiene un rango de servicios más amplio puesto que tiene servicios especializados que permite que la comunidad no tenga que desplazarse hasta un equipamiento hospitalario, además de eso tiene una infraestructura arquitectónica de mayor escala (equipamientos que sobrepasan los 1000m<sup>2</sup>). Lo que amplía la cobertura permitiendo que más usuarios puedan acceder a este servicio.

Para no limitar al diseñador con la forma se establece un factor forma que le permitirá implantarse de acuerdo a la población objetivo (tabla 4) teniendo en cuenta que los diseños están pensados para el área rural.



## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Tabla

4

Factor forma

Clima	Tipología	SF	SC	SS	Volumen	Factor de forma
Cálido	Cuadrada	1.012	1.056	2.068	8.364	0,2472501196
	Irregular	1.547	1798	3.345	16.112	0,2076092354
	Rectangular	2.692	1558	4.250	28.327	0,1500335369
Frio	Cuadrada	1.088	1.056	2.144	9120	0,2350877193
	Irregular	1672	1798	3.470	16984	0,2043099388
	Rectangular	2928	1558	4.486	30626	0,1464768497

Nota. El factor forma se calcula a partir de: Superficie de Fachada [SF], Superficie de Cubierta [SC], Suma de Superficies[SS] y Volumen donde se divide la SS/ volumen para identificar el factor forma, de acuerdo a la forma del lote que se tenga dependiendo del clima (rojo Guataquí con 24°C y azul con 17°), se debe seleccionar el rango del factor correspondiente establecido en la tabla de resultados final. Elaboración propia.

Con respecto a el factor forma, el cual posibilita establecer un porcentaje de compacidad lo que significa elimina la restricción de la forma se relaciona la suma de fachadas y superficie de cubierta en relación con el volumen. De acuerdo con Nope (2019) “La compacidad, es atendida como la relación entre la superficie que rodea al edificio y su volumen, o sea que se refiere al grado de concentración de las masas que lo componen” (p.34).

Con los resultados del análisis realizado anteriormente se genera 3 propuestas de programa arquitectónico (figura 23 y tabla 5) con diferentes rangos de atención (5.000, 10.000 y 30.000 usuarios) teniendo como principal servicio la atención de enfermedades respiratorias (IRA Y ERA) y áreas de aislamientos para enfermedades altamente contagiosas como la actual pandemia (COVID-19). Lo anterior sin dejar de lado los servicios principales ampliando y mejorando las áreas de áreas de servicio para que se pueda atender más usuarios al día.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

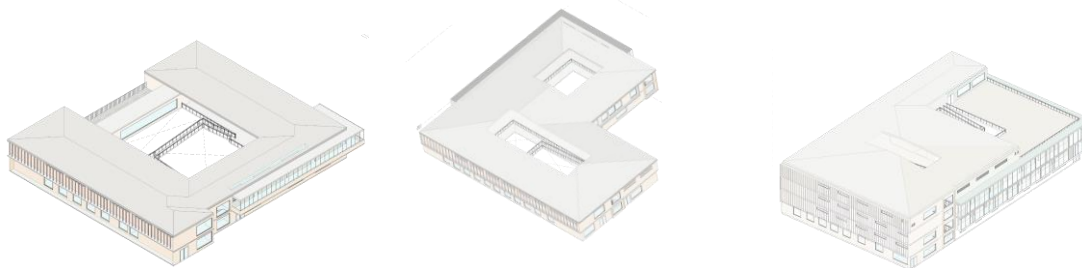


Figura 23. Tipologías propuestas, la tipología propuesta tiene como característica que poseen un área netamente destinada para la atención de enfermedades respiratorias y zonas de aislamiento para enfermedades contagiosas. Elaboración propia.

Tabla 5.  
Programa Arquitectónico para tipologías propuestas

Superficie	PMA REFERENCIAL						
	Superficie recinto (m2)	30.000 inscritos		10.000 inscritos		5.000 inscritos	
		N° Recintos	TOTAL (m2)	N°	Total (m2)	N° Recintos	Total (m2)
<b>AREA DE ATENCION CLINICA</b>							
CONSULTORIO MG	12	19	228	10	120	5	60
ODONTOLOGIA (RAYO X Y BAÑO)	72	1	72	1	72	1	72
PEDIATRIA	12	5	60	3	36	2	24
OFTAMOLOGIA	24	2	48	2	48	1	24
GINECOLOGIA	20	2	40	2	40	1	20
AREA DE ESPERA	40	1	40	1	40	1	40
HABITACION DE AISLAMIENTO	24	9	216	7	168	4	96
SALON MULTIUSO	36	1	36	1	36	1	36
SALA DE ESTAR	36	1	36	1	36	1	36
PSICOLOGIA	24	2	48	2	48	1	24
ERA y IRA	24	48	1152	16	384	9	216
TOMA DE MUESTRA	24	1	24	1	24	1	24
VACUNACION	24	1	24	1	24	1	24
LABORATORIO BASICO	72	1	72	1	72	1	72
CURACION Y TRATAMIENTO	24	1	24	1	24	1	24
TRAUMA	20	1	20	1	20	1	20
URGENCIAS	20	1	20	1	20	1	20
DIAGNOSTICO TERAPEUTICOS	12	1	12	1	12	1	12
SALA DE YESO	20	1	20	1	20	1	20
AREA DE APOYO TECNICO	M2						
SALA DE ESPERA	16	1	16	1	16	1	16
DISPENSACION	16	1	16	1	16	1	16

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

BODEGA	12	1	12	1	12	1	12
ARIA SUCIA Y AREA LIMPIA	12	2	24	1	12	1	12
AREA ADMINISTRATIVA	M2						
Oficina Dirección	12	1	12	1	12	1	12
Secretaría Dirección Y ARCHIVO	16	1	16	1	16	1	16
Oficina DE REUNIONES	12	1	12	1	12	1	12
Bodega Administrativa Y ALMACEN DE MATERIAL DE OFICINA	8	1	8	1	8	1	8
Cafetería	48	1	48	1	48	1	48
TRATAMIENTO RESIDUOS H	9	1	9	1	9	1	9
CUARTO DE BOMBAS	4	1	4	1	4	1	4
BAÑOS	M2						
PUBLICO	48	2	96	2	96	2	96
GINECOLOGIA	4	3	12	2	8	1	4
AREA SUCIA Y LIMPIA	4	1	4	1	4	1	4
VESTUARIOS CON BAÑOS	40	2	80	1	40	1	40
<b>TOTAL RECINTOS</b>			<b>2.561</b>		<b>1.557</b>		<b>1.173</b>
MUROS (12%)			307		187		141
<b>TOTAL RECINTOS Y MUROS</b>			<b>2.868</b>		<b>1.744</b>		<b>1.314</b>
CIRCULACIONES (50%)			1.434		872		657
<b>TOTAL</b>			<b>4.302</b>		<b>2.616</b>		<b>1.971</b>

Nota. Se plantea un programa arquitectónico con los espacios necesarios para mejorar y ampliar el área de servicios de los centros de salud. Elaboración propia.

En conclusión, en este capítulo se logra consolidar el diseño de las 3 propuestas de equipamientos de salud a 3 diferentes escalas de cobertura. Desde equipamientos con capacidad para cinco mil usuarios, hasta para treinta mil suscritos. Esto con el fin de poder mejorar los servicios y la infraestructura de los centros de salud. Haciendo énfasis en el desarrollo e implementación de espacios como urgencias, aislamiento y tratamiento de enfermedades respiratorias como el ERA e IRA. Lo anterior teniendo en cuenta el aprovechamiento de las determinantes naturales como el sol y el viento, generando vacíos internos en los diferentes equipamientos para que los factores anteriormente mencionados sean utilizados.

## Capítulo 5. Evaluación.

### Evaluación eficiencia energética y aporte solar

Evaluar el desempeño energético y el aporte solar de tipologías en combinación con variables constructivas y de energía renovable para identificar los mejores desempeños respetando habitabilidad y confort ambiental.

En el desarrollo de este objetivo se modelaron las tres propuestas arquitectónicas de los programas arquitectónicos desde el programa de REVIT, procurando un diseño de fachada que diferencie la propuesta de las tipologías existentes. Posteriormente se importó a DESIGNBUILDER (eficiencia energética) y PVSOL PREMIUM (aporte solar) para realizar las respectivas simulaciones.

Inicialmente se planteó un análisis de materiales desde la recopilación de un catálogo diferenciado por superficies, en él se organizó por materialidad y transmitancia térmica (valor U) que se consiguió a partir de la multiplicación del espesor por la conductividad. Con ello se identificó una variedad considerable que permite contar con la información necesaria durante el proceso de simulación y comparación para realizar modificaciones y elegir el más adecuado.

Estos materiales se clasificaron por superficie de contacto es decir entre suelo, paredes, ventanas y cubiertas a partir de ello se seleccionaron los que poseen el menor valor U debido a la resistencia a la captación solar que presentan. Con el fin de evitar pérdidas de calor en clima frío y sobrecalentamientos en climas cálidos gracias a su inercia térmica (figura 24,25,26).

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

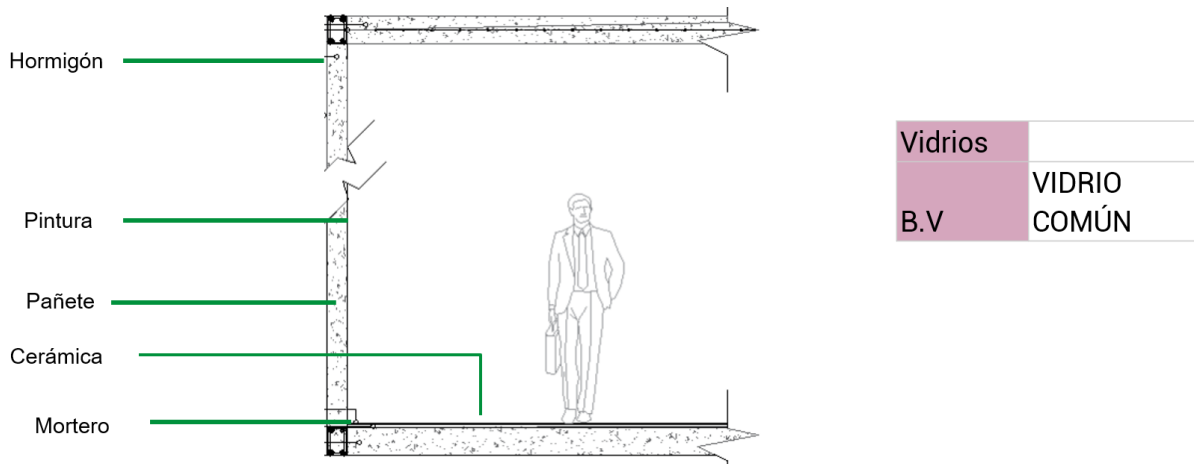


Figura 24. Materialidad base, Corte fachada con aplicación del material base del proyecto. Elaboración propia.

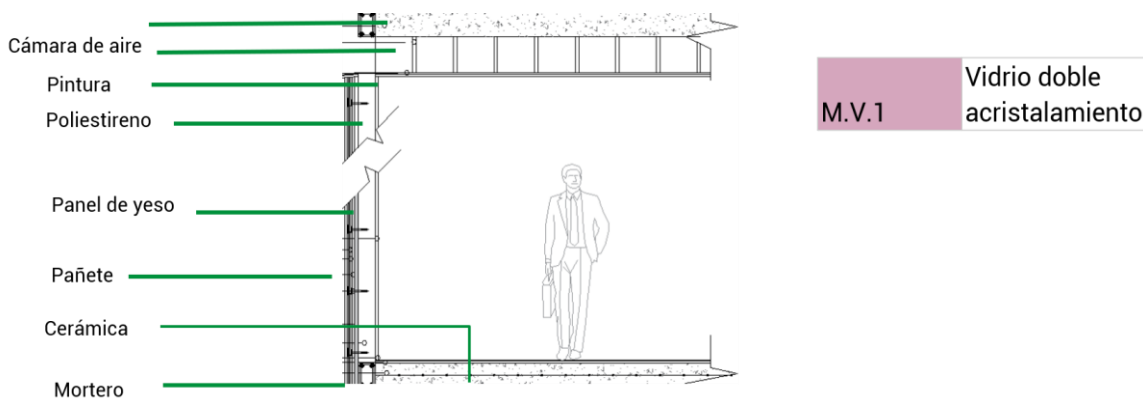


Figura 25. Materialidad mejorada, Corte fachada con aplicación del material mejorada del proyecto. Elaboración propia.

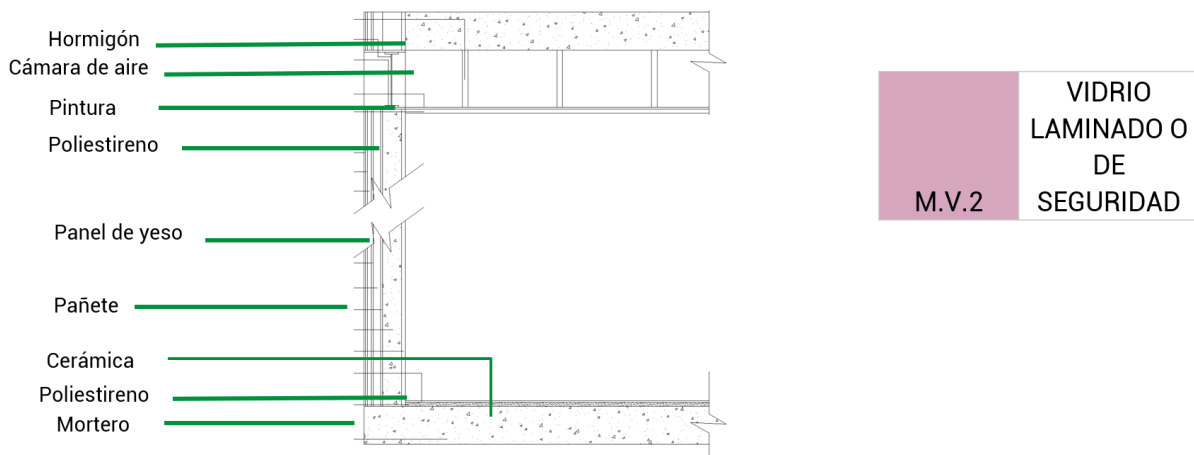


Figura 26. Materialidad optimizada, Corte fachada con aplicación del material optimizado del proyecto. Elaboración propia.

El aislamiento evita pérdidas de calor o sobrecalentamientos debido a sus características específicas como lo son el grosor, inercia térmica, conductividad térmica o valor U, entre otros factores que intervienen en el comportamiento del material. Sin embargo, los dos factores

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

principales son el espesor necesario y el menor valor  $u$  con lo cual se mantiene una constancia en la temperatura.

### Capítulo 6. Consolidar

Consolidar un documento informativo que funcione como apoyo para el diseño y construcción de futuros centros médicos en Colombia.

Finalmente, en este último capítulo se organizan los resultados de las simulaciones realizadas en el anterior, se generan conclusiones de acuerdo con los datos recogidos durante el proceso consolidando un documento final (ficha técnica, cuadro de lineamientos, entre otros).

En la etapa de simulación, se tuvo en cuenta la actividad realizada en cada espacio, el consumo energético según los equipos que utilizaba, la materialidad, el porcentaje de apertura con respecto a DesignBuilder y Energy 3D área de cubierta necesaria directamente relacionada con el aporte obtenido (Figura 27).

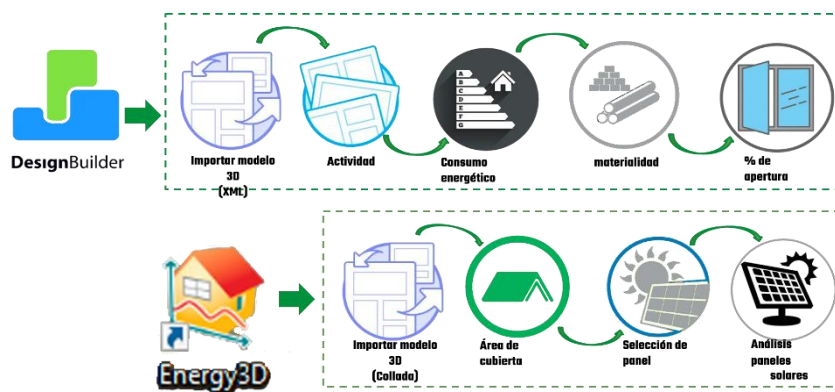


Figura 27. Análisis de indicadores necesarios para las simulaciones. Elaboración propia

En la evaluación en el programa DesignBuilder se identificaron los determinantes que se relacionan con el proyecto, tales como los materiales, clima y orientación. Sumado a factores de ventilación por litros sobre segundo (l/s) para garantizar la habitabilidad dentro

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

del espacio en relación con la cantidad de Personas (P) y m<sup>2</sup> entre otros aspectos.

**Resultados de simulación**

Finalmente luego de todo el proceso de simulación se recopilan los datos obtenidos en diferentes tablas teniendo en cuenta que se dan de una manera mensual por lo que se hace necesario sumar cada uno de los ítems, desde la carga de los equipos, la iluminación, las ganancias internas las infiltraciones entre otros, con los resultados anuales se genera el último cálculo que consiste en sumar todos los datos para generar la demanda total del equipamiento según las variables dadas, en este caso orientación y materialidad, en general se dieron 72 resultados de las simulaciones divididos entre clima frío y cálido, estos se recopilan en dos tablas generales que se dividen a partir del clima.

En los resultados del clima cálido (Guataquí) observamos una demanda base que se encuentra entre 347 y 576 kWh/m<sup>2</sup> al año esto a partir de una materialidad base donde se puede observar que la tipología con menor demanda fue la cuadrada mientras que la que mayor genero fue la irregular (tabla 6), a partir de ello se puede visualizar que en la materialidad mejorada disminuye entre un 36 a un 53% y en el caso de la optimizada hasta un máximo de un 61% siendo la tipología rectangular la que mayor disminución obtuvo.

Tabla 6  
Cuadro de resultados clima cálido

**RESULTADOS GUATAQUÍ**

MATERIALIDAD	BASE				MEJORADO				OPTIMIZADO			
	TIPOLOGIA	ORIENTACIÓN	M2	Demanda anual kwh kWh/m2 Año	Demanda anual kwh	kWh/m2 AÑO	Diferencia Kwh/m2	%	Demanda anual kwh	kWh/m2 AÑO	Diferencia kWh/m2	%
CUADRADA	SUR	1173	408044,5638	347,86	258710,5271	220,55	127,31	36,60	173347,2763	147,78	200,08	57,52
CUADRADA	ESTE	1173	408365,5757	348,14	313403,4731	267,18	80,96	23,25	185444,8692	158,09	190,04	54,59
CUADRADA	NORTE	1173	411310,4867	350,65	264690,3958	225,65	125,00	35,65	171878,2751	146,53	204,12	58,21
CUADRADA	OESTE	1173	408365,5757	348,14	314553,0914	268,16	79,98	22,97	185926,387	158,51	189,63	54,47
IRREGULAR	SUR	1557	907697,5396	582,98	518476,714	333,00	249,98	42,88	349631,8898	224,55	358,42	61,48
IRREGULAR	ESTE	1557	923909,641	593,39	474918,4553	305,02	288,37	48,60	349449,932	224,44	368,95	62,18
IRREGULAR	NORTE	1557	907532,5984	582,87	519494,8774	333,65	249,22	42,76	349631,8898	224,55	358,32	61,47

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

IRREGULAR	OESTE	1557	907007,8694	582,54	494287,9853	317,46	265,07	45,50	349244,5515	224,31	358,23	61,49
RECTANGULAR	SUR	2561	1329263,808	519,04	689306,746	269,16	249,89	48	596631,8543	232,97	286,07	55,12
RECTANGULAR	ESTE	2561	1477301,511	576,85	694234,939	271,08	305,77	53	597558,662	233,33	343,52	59,55
RECTANGULAR	NORTE	2561	1328190,79	518,62	659203,718	257,40	261,22	50	599619,6788	234,13	284,49	54,85
RECTANGULAR	OESTE	2561	1476556,786	576,55	661359,991	258,24	318,31	55	599389,3619	234,05	342,51	59,41

Nota. La tipología irregular en este clima es la que tiene el mejor porcentaje de disminución de demanda con el caso optimizado (hasta un 62%). Elaboración propia.

En los resultados tabulados para el clima frío se aumenta la demanda en la tipología cuadrada mientras que las otras se mantienen en el mismo rango que en el caso cálido, para este se genera un porcentaje menor al anterior puesto que la materialidad mejorada da una disminución de 45% máximo y en el caso optimo se genera hasta un 58% alrededor de 3% menos que en el cálido.

Tabla7  
Cuadro de resultados clima frío

RESULTADOS SAN CAYETANO												
MATERIALIDAD	BASE				MEJORADO				OPTIMIZADO			
	TIPOLOGÍA	ORIENTACIÓN	M2	Demanda anual kwh	kWh/m2 AÑO	Demanda anual kwh	kWh/m2 AÑO	Diferencia Kwh/m2	%	Demanda anual kwh	kWh/m2 AÑO	Diferencia Kwh/m2
CUADRADA	SUR	1173	590217,29	503,17	436991,6256	372,54	130,63	26	310683,8281	264,86	238,31	47,36
CUADRADA	ESTE	1173	622145,03	530,39	480535,3835	409,66	120,72	23	313877,2712	267,59	262,80	49,55
CUADRADA	NORTE	1173	598415,51	510,16	445609,591	379,89	130,27	26	311591,5617	265,64	244,52	47,93
CUADRADA	OESTE	1173	624383,62	532,30	452244,148	385,54	146,75	28	313074,0006	266,90	265,40	49,86
IRREGULAR	SUR	1557	892843,065	573,44	655746,767	421,16	152,28	27	366642,1474	235,48	337,96	58,94
IRREGULAR	ESTE	1557	881469,8145	566,1	638315,3414	409,96	156,17	28	367344,4452	235,93	330,20	58,33
IRREGULAR	NORTE	1557	896005,1063	575,47	650485,644	417,78	157,69	27	367344,4452	235,93	339,54	59,00
IRREGULAR	OESTE	1557	881503,662	566,16	639082,2794	410,46	155,70	28	366694,4922	235,51	330,64	58,40
RECTANGULAR	SUR	2561	1444215,841	563,93	701620,501	273,96	289,96	51	656058,5748	256,173	307,754	54,57
RECTANGULAR	ESTE	2561	1440052,797	562,30	723519,984	282,51	279,79	50	657580,7275	256,767	305,534	54,34
RECTANGULAR	NORTE	2561	1232317,934	481,19	702423,129	274,28	206,91	43	632849,3441	247,110	234,076	48,65
RECTANGULAR	OESTE	2561	1440755,684	562,58	755274,215	294,91	267,66	48	656058,5748	256,173	306,403	54,46

Nota. La tabla deja ver que en la tipología cuadrada la mejor orientación es la sur. Elaboración propia.

Estas dos tablas permitieron generar una tabla general que recopila todos los resultados más óptimos obtenidos en cada caso (tabla 8). Esta se divide en 4 secciones, la primera muestra la



## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

tipología, el número de ocupantes de la misma y el factor forma dado para cada clima, en la segunda parte se encuentra los mejores resultados en cada materialidad con la orientación que lo genera, finalmente en la última división del cuadro se establece una serie de recomendaciones que permiten la ejecución del proyecto.

Tabla 8  
Cuadro de recomendaciones

ORIENTACIÓN SUGERIDA										
CAPACIDAD	FACTOR DE FORMA	CLIMA	CONSUMO ENERGÉTICO KWh/m2 Año	% EFICIENCIA ENERGÉTICA	MATERIALIDAD	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	CONCLUSIÓN
TIPOLOGÍA CUADRADA 5.000	FACTOR Entre	FRIO	503,17	BAJA 0%	BASE	X	✓	X	X	PARA ESTA TIPOLOGIA PREDOMINA LA DRECCIÓN SUR COMO LA MAS OPTIMA EN CADA UNA DE LAS MATERIALIDADES POR LO CUAL ES LA ORIENTACIÓN RECOMENDADA EN GENARAL, TENIENDO EN CUENTA QUE LA MEJOR ES LA OPTIMIZADA CON UN PORCENTAJE DE AHORRO EN LA DEMANDA DEL 47 Y 58 %
		CALIDO	347,86	BAJA 0%	BASE	X	✓	X	X	
	0,22 y 0,26									
	0,21 y 0,25	FRIO	372,54	MEDIA 26 %	MEJORADA	X	✓	X	X	
	VACIOS	CALIDO	220,55	MEDIA 36%	MEJORADA	X	✓	X	X	
	1	FRIO	264,86	ALTA 47%	OPTIMIZADA	X	✓	X	X	
		CALIDO	146,53	ALTA 58%	OPTIMIZADA	✓	X	X	X	
TIPOLOGÍA IRREGULAR 10.000	FACTOR	FRIO	566,1	BAJA 0%	BASE	X	X	✓	X	EN ESTA TIPOLGÍA PREDOMINA LA ORIENTACIÓN ESTE COMO LA MAS OPTIMA A EXCEPCIÓN DE LA MEJORADA, POR LO TANTO SE RECOMIENDA UTILIZAR LA ORIENTACIÓN SUR EN EL CLIMA FRIO Y OESTE EN CALIDO, CON UN PORCENTAJE DE AHORRO DEL 59 Y 61 % RESPECTIVAMENTE
		CALIDO	582,54	BAJA 0%	BASE	X	X	X	✓	
	0,18 y 0,22									
	0,18 y 0,22	FRIO	409,46	MEDIA 28%	MEJORADA	X	X	✓	X	

LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

	VACIOS	CALIDO	305,02	MEDIA 48%	MEJORADA	X	X	✓	X	
		FRIO	235,48	ALTA 59%	OPTIMIZADA	X	✓	X	X	
		CALIDO	224,31	ALTA 61%	OPTIMIZADA	X	X	X	✓	
TIPOLOGÍA RECTANGULAR 30,000	FACTOR	FRIO	481,19	BAJA 0%	BASE	✓	X	X	X	EN ESTA TIPOLOGÍA LA ORIENTACIÓN OCILA ENTRE EL NORTE Y EL SUR CONSIGUIENDO UN PORCENTAJE DE MEJORA DESDE EL 50 % CON LA MATERIALIDAD MEJORADA Y HASTA EL 55 % CON LA OPTIMIZADA
		CALIDO	519,04	BAJA 0%	BASE	X	✓	X	X	
	0,13 y 0,17									
	0,12 y 0,16	FRIO	273,96	MEDIA 43%	MEJORADA	X	✓	X	X	
	VACIOS	CALIDO	257,4	MEDIA 50%	MEJORADA	✓	X	X	X	
		FRIO	247,11	ALTA 49%	OPTIMIZADA	✓	X	X	X	
		CALIDO	232,97	ALTA 55%	OPTIMIZADA	X	✓	X	✓	

Nota. La demanda para acondicionamiento térmico se da a partir de la suma de la ganancia solar y la ocupación y restando la infiltración. Demanda total: demanda para acondicionamiento térmico sumado a iluminación y equipos cuarto eléctrico. Estos valores fueron divididos en m2 para tener demanda de energía, teniendo en cuenta que según la envolvente va a mejorar debido a que las ganancias y las infiltraciones van a disminuir con respecto a la materialidad. Elaboración propia.

Por otra parte, se realizó las simulaciones de Energy 3D la cuales generaron datos en Kwh del aporte generado a través del uso de paneles solares, estos se transforman a kWh/m<sup>2</sup> al año para así poder relacionarlos con los datos obtenidos en DesignBuilder, lo anterior con el fin de encontrar el porcentaje de aporte que esta estrategia genera en cada uno de los casos. para el caso base se puede reducir la demanda desde un 11% a un 36%, en el caso mejorado hasta 58% y en el caso más óptimo logra un aporte del 70% esto dependiendo de las variables y las demandas generadas. (Tabla 9 y 10).

Tabla 9.  
Porcentaje de aporte energético clima cálido

Aporte energético clima cálido							
Tipología	Materialidad	Orientación	m <sup>2</sup> Construidos	Demanda KWH/M2(AÑO)	Generación KWH Año	Generación KWH/M2 (AÑO)	%
1-C	BASE	SUR	1173	347,86	150767	128,53	36,9
		ESTE		348,14			36,9
		NORTE		350,65			36,7
		OESTE		348,14			36,9
	MEJORADO	SUR		220,55			58,3
		ESTE		267,18			48,1
		NORTE		225,65			57,0
		OESTE		268,16			47,9
	OPTIMIZADO	SUR		200,08			64,2
		ESTE		190,04			67,6
		NORTE		204,12			63,0
		OESTE		189,63			67,8
2-L	BASE	SUR	1557	582,98	281331	180,69	31,0
		ESTE		593,39			30,5
		NORTE		582,87			31,0
		OESTE		582,54			31,0
	MEJORADO	SUR		333,00			54,3
		ESTE		305,02			59,2
		NORTE		333,65			54,2
		OESTE		317,46			56,9
	OPTIMIZADO	SUR		224,55			80,5
		ESTE		224,44			80,5
		NORTE		224,55			80,5
		OESTE		224,31			80,6
3-R	BASE	SUR	2761	519,04	182058	65,94	12,7
		ESTE		576,85			11,4
		NORTE		518,62			12,7
		OESTE		576,55			11,4
	MEJORADO	SUR		269,16			24,5
		ESTE		271,08			24,3
		NORTE		257,40			25,6
		OESTE		258,24			25,5
	OPTIMIZADO	SUR		256,17			25,7
		ESTE		256,77			25,7
		NORTE		247,11			26,7
		OESTE		256,17			25,7

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Nota. La tabla recopila toda la información otorgada en las múltiples simulaciones, tanto en DesignBuilder como Energy 3D. Elaboración propia.

Tabla 10  
Porcentaje de aporte energético clima frío

Aporte energético clima frío							
Tipología	Materialidad	Orientación	m2 Construidos	Consumo KWH/M2(AÑO)	Generación KWH Año	Generación KWH/M2 (AÑO)	%
1-C	BASE	SUR	1173	503,17	149854	127,75	25,4
		ESTE		530,39			24,1
		NORTE		510,16			25,0
		OESTE		532,30			24,0
	MEJORADO	SUR		372,54			34,3
		ESTE		409,66			31,2
		NORTE		379,89			33,6
		OESTE		385,54			33,1
	OPTIMIZADO	SUR		264,86			48,2
		ESTE		267,59			47,7
		NORTE		265,64			48,1
		OESTE		266,90			47,9
2-L	BASE	SUR	1557	573,44	279164	179,30	31,3
		ESTE		566,1			31,7
		NORTE		575,47			31,2
		OESTE		566,16			31,7
	MEJORADO	SUR		421,16			42,6
		ESTE		409,96			43,7
		NORTE		417,78			42,9
		OESTE		410,46			43,7
	OPTIMIZADO	SUR		235,48			76,1
		ESTE		235,93			76,0
		NORTE		235,93			76,0
		OESTE		235,51			76,1
3-R	BASE	SUR	2761	563,93	180650	65,43	11,6
		ESTE		562,30			11,6
		NORTE		481,19			13,6
		OESTE		562,58			11,6
	MEJORADO	SUR		273,96			23,9
		ESTE		282,51			23,2
		NORTE		274,28			23,9
		OESTE		294,91			22,2
	OPTIMIZADO	SUR		256,173			25,5
		ESTE		256,767			25,5
		NORTE		247,110			26,5
		OESTE		256,173			25,5

Nota. Elaboración propia.

Ya con las tablas establecidas, se hace necesario ejecutar un estudio de caso para verificar los datos obtenidos, por ello se escoge el municipio de Junín Cundinamarca, que posee un clima frío y alrededor de 8000 habitantes, con un predio de alrededor de 7300 m2 (figura 28).

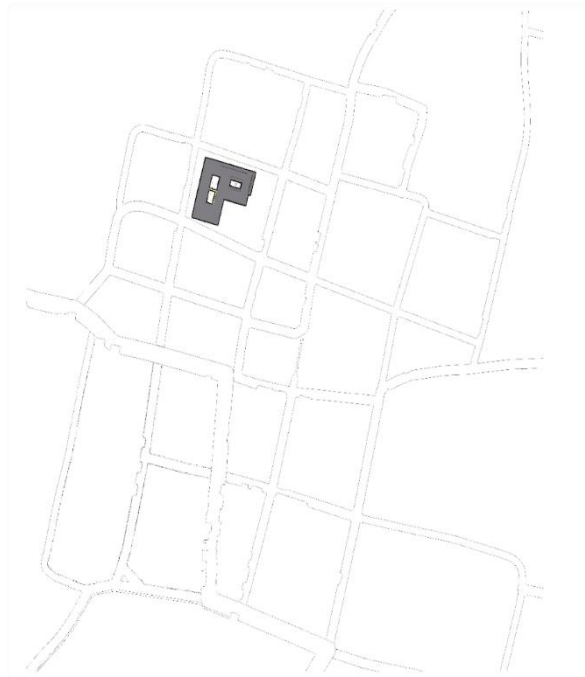


Figura 28. Implantación en el municipio de Junín. El centro de salud se implantó en un lote baldío cercano a los servicios principales del municipio. Adaptado de “Snazzy maps”. Recuperado de <https://snazzymaps.com/style/8097/wy>

Este municipio se encuentra en Guavio el cual se es una de las zonas con mayor escasez en el servicio de salud, ya que posee únicamente un hospital y un centro de salud para una población de alrededor de 80,597.

Para el área a intervenir se decide usar un equipamiento con un aforo de 10000 usuarios, por ello se identificó que el factor forma entre 0.18 y 0.22. Analizando lote se determina que la forma irregular se puede implantar de una manera adecuada cumpliendo con el factor, ya con estas variables establecidas se decide usar una materialidad optimizada siendo la orientación sur la más adecuada con la tipología y el clima. A partir de ello se observó que el equipamiento genera una demandan de 225 kWh/m<sup>2</sup> al año, por lo que se hace uso de paneles solares. El área de cubierta de este centro de salud permite implantar alrededor de 900 lo que genera un aporte de alrededor del 70% dejando una demanda final de 56 kWh/m<sup>2</sup> al año cumpliendo así con el indicador dado por la Passivhaus de 120 kWh/m<sup>2</sup> al año (figura 29).

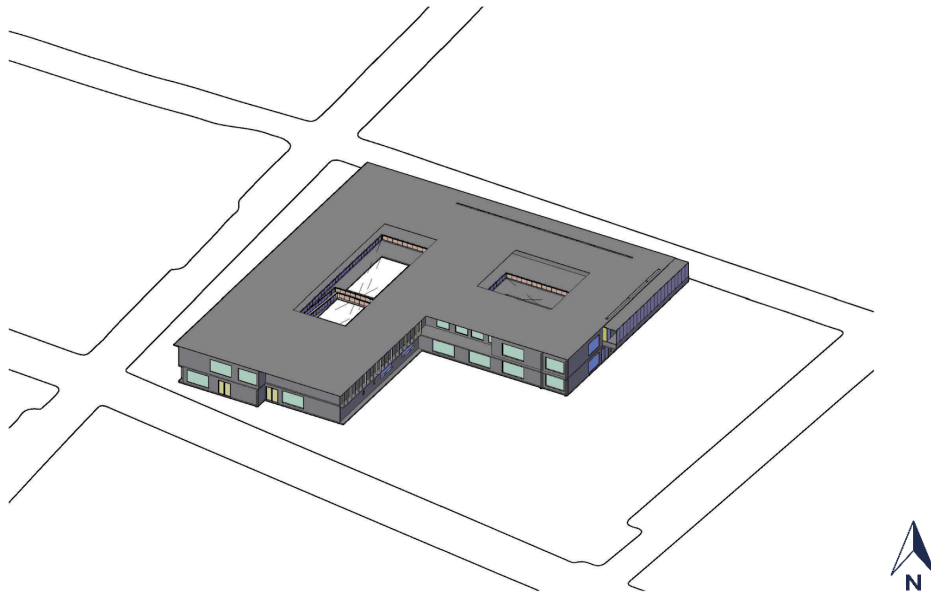


Figura 29. Implantación en el municipio de Junín. El centro de salud se implantó en un lote baldío cercano a los servicios principales del municipio. Adaptado de “Snazzy maps”. Recuperado de <https://snazzymaps.com/style/8097/wy>

## Capítulo 7. Resultados

Para finalizar el proyecto se decide comparar los mejores resultados a partir de la tipología y el clima iniciando con la cuadrada (con un aforo de 5.000 usuarios). Está fue implantada en un clima frio generando una demanda base de 500 Kwh/m<sup>2</sup> al año, en la mejorada reduciendo la demandada hasta un 26% y con la optimizada se logró disminuir un 49%. (Durante esta evaluación se observó que la orientación sur fue la que mejor resultados género en todos los casos), (figura 30).

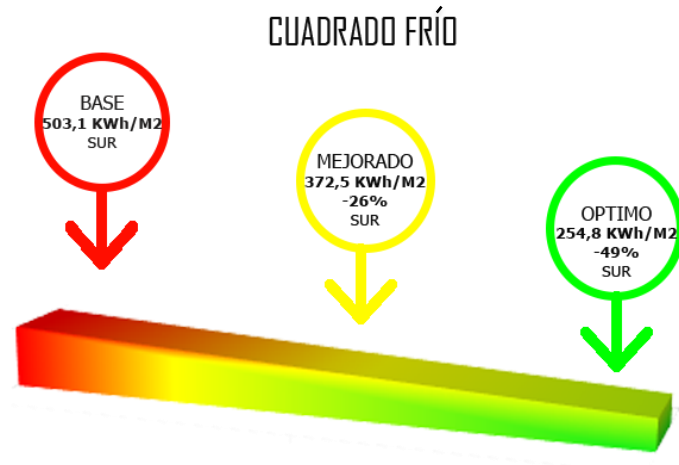


Figura 30. Resultados simulación clima frío. Esta simulación demuestra que el clima frío todos los materiales se comportan mejor en todas las tipologías. Elaboración propia.

Para el caso cálido se observó que esta tipología genera una demanda base menor al anterior caso siendo esta de (347 KWh/m<sup>2</sup>). Por lo que al usar una materialidad optimizada se logra una disminución de alrededor del 58% teniendo en cuenta que la mejor orientación fue la norte (figura 31).

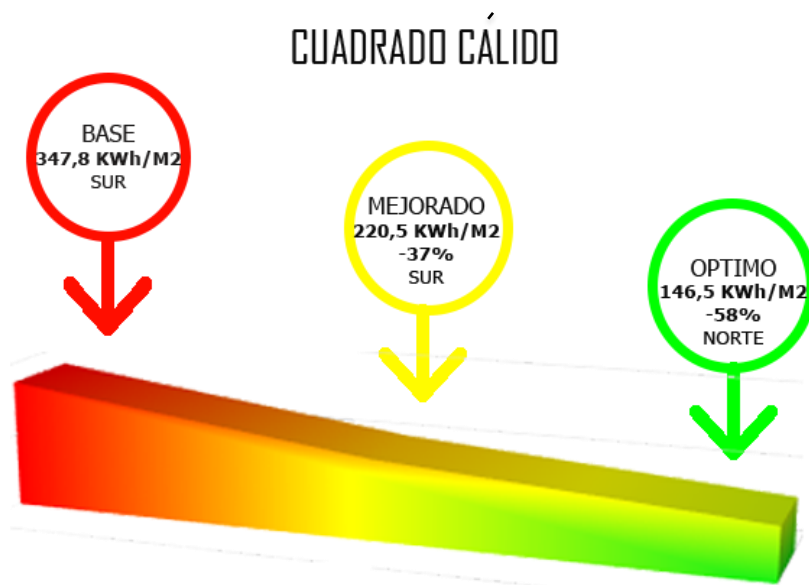


Figura 31. Resultados cuadrada clima cálido. Elaboración propia.



## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

El caso irregular en clima cálido la tipología fue la que más demanda genero tendiendo alrededor 582 KWh/m<sup>2</sup> al año, pero así mismo se logra visualizar una disminución que va desde el 37 hasta el 58% en los materiales mejorados y optimizados respectivamente. Por lo que la demanda final con el mejor caso sería de alrededor de 224 KWh/m<sup>2</sup> al año (figura 32).

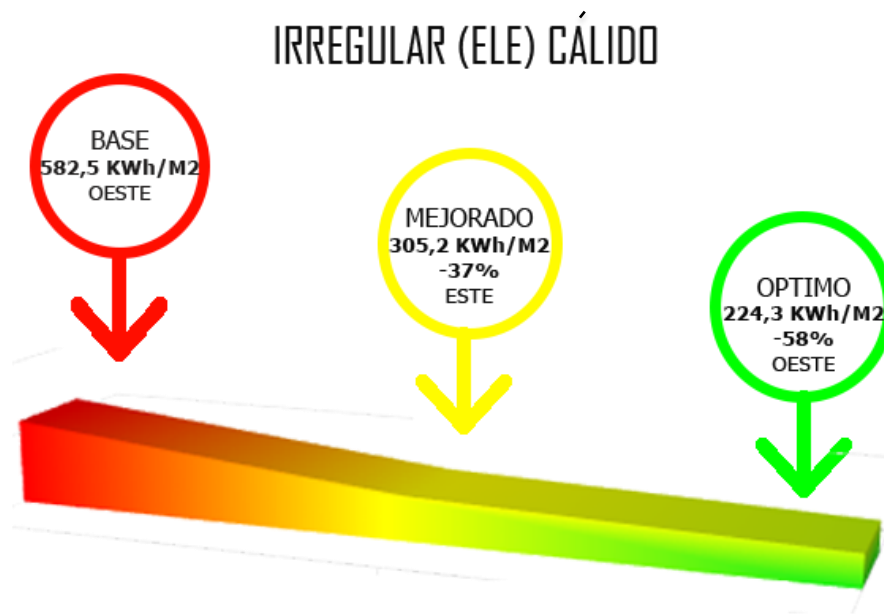


Figura 32. Resultados tipo irregular clima cálido. Elaboración propia.

En los resultados obtenidos en esta tipología en clima frío, se observa que no hay gran variación de demanda como en el tipo cuadrada, puesto que este tipo genera una demanda base de 566 kWh/m<sup>2</sup> al año y al usar las dos materialidades siguientes se puede disminuir de

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

un 28 hasta un 58% de la misma, siendo la orientación “este” en dos de los 3 resultados la que genera menor demanda (figura 33).

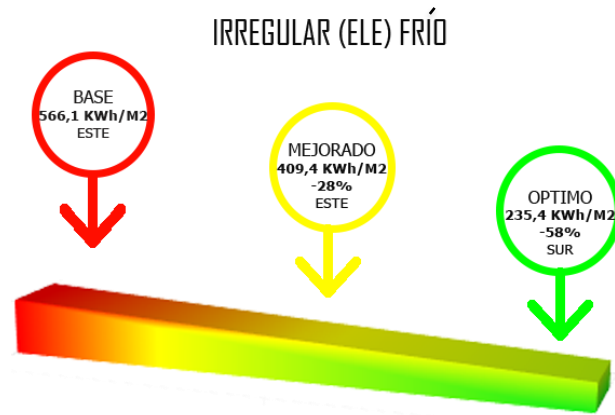


Figura 33. Resultados tipo irregular clima frío. Elaboración propia.

Finalmente, en la tipología con mayor área con la forma rectangular, se observa que se genera una demanda de alrededor 519 kWh/m<sup>2</sup> al año, donde la mejor orientación fue la sur logrando disminuir hasta un 58%. Esto equivale a una demanda final de 232 kWh/ m<sup>2</sup> al año usando la fachada principal hacia el sur.

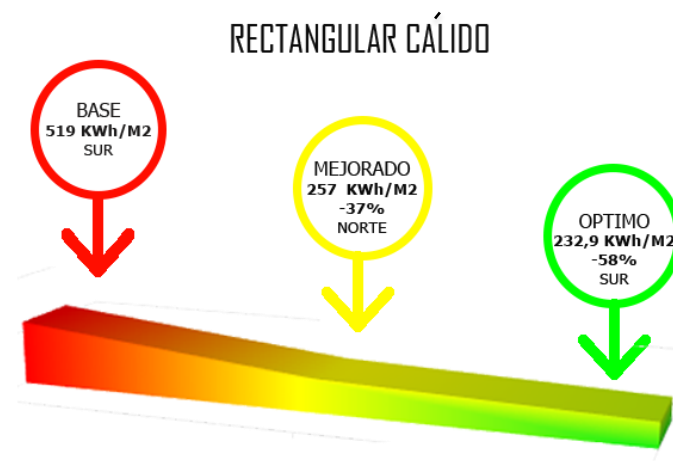
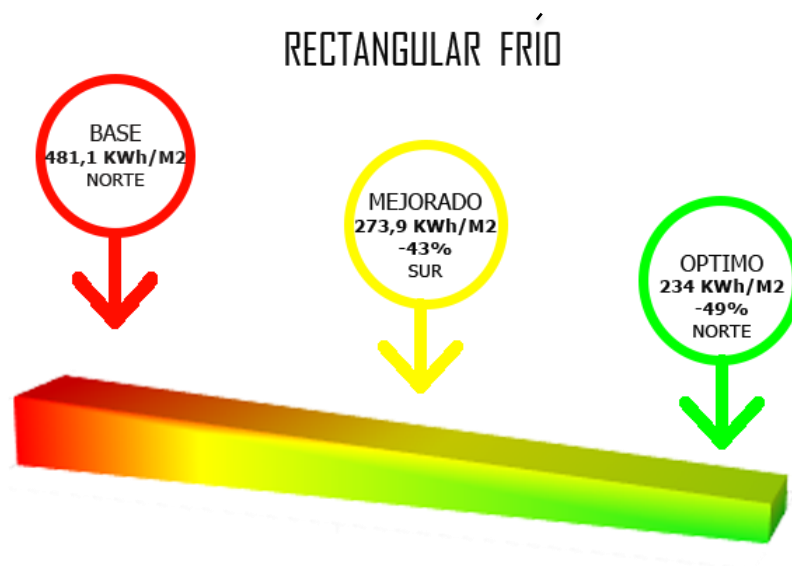


Figura 34. Resultados tipo rectangular clima cálido. Elaboración propia.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Por otra parte, en el clima frío con la misma tipología se logra una demanda base menor a la anterior (481 kWh/m<sup>2</sup> al año). Sin embargo, al usar la materialidad mejorada y optimizada se consigue un menor porcentaje de disminución (43 al 49%) generando una demanda final similar al caso cálido de 234 kWh/m<sup>2</sup> al año (figura 35).



*Figura 35.* Resultados tipo rectangular clima frío. En esta tipología la orientación más representativa fue la norte mientras que en el caso cálido fue el sur puesto que tuvo los mejores resultados en dos de los casos de materiales (base y óptimo). Elaboración Propia.

Por último, se tiene los resultados finales de Energy 3D. Para este proceso se determinó las ciudades de Bogotá y Medellín para la evaluación al tener características similares a los municipios tomados como muestra (San Cayetano y Guataqui), puesto que, el programa no permite la importación de nuevos climas. De esta evaluación encontramos que no varía en gran medida el aporte generado en las diferentes ciudades, ya que en ambos casos los resultados son similares, diferenciándose tan solo los meses de mayor y menor aporte.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

Al evaluar la tipología cuadrada encontramos que genera un aporte de 149.854 Kwh/m<sup>2</sup> al año representando alrededor del 67% de disminución de la demanda dependiendo de la materialidad y orientación a utilizar (figura 36). Para el tipo irregular al tener un área de cubierta mayor, se pueden implantar una cantidad más grande de paneles lo que aumenta el aporte solar anual. En este caso se generó alrededor 180 Kwh/m<sup>2</sup> al año, lo que logra suplir hasta el 70% de la demanda dada por esta tipología en el caso más óptimo (figura 37).

Por último, en la tipología rectangular pese a ser la de mayor área, parte de la cubierta funciona como una terraza para el público, disminuyendo el área para la aplicación de los paneles y por ende, genera únicamente un aporte de 68 kWh/m<sup>2</sup> al año lo que en porcentaje solo se asemeja de un 11 hasta el 25% de aporte. En este caso cabe la posibilidad de manejar la terraza para el público o utilizarla para ampliar la cantidad de paneles y aumentar así el aporte de los mismos al equipamiento (figura 38).

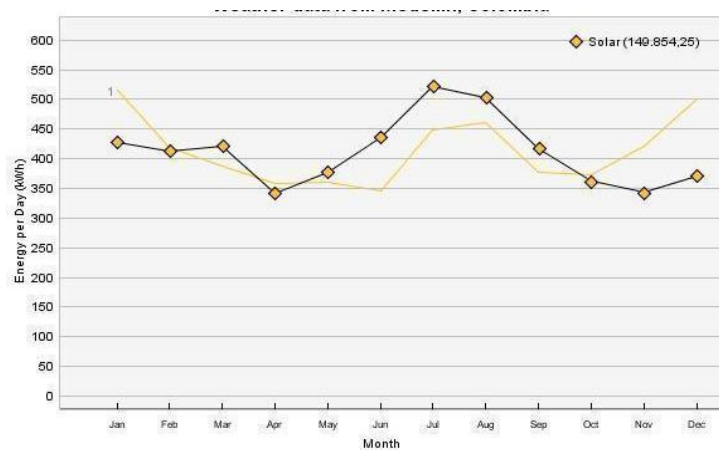


Figura 36. Resultados de aporte solar de acuerdo al mes. En la imagen se puede observar el aporte dado en meses en dos climas diferentes, en un clima frío se observa que el aporte se da más en los meses de diciembre a febrero mientras que en el clima cálido se da entre los meses junio y julio. Elaboración propia.

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

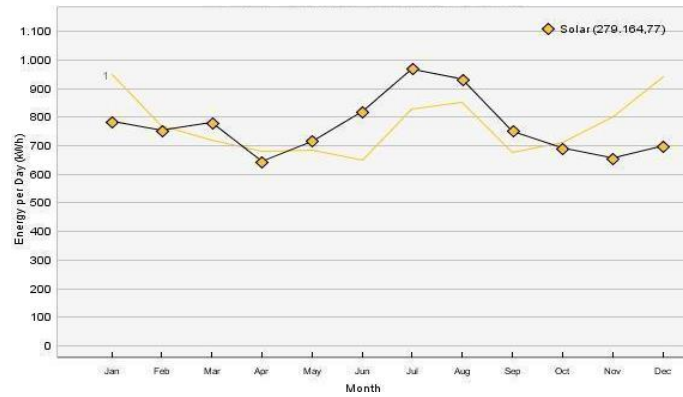


Figura 37. Resultados de aporte solar de acuerdo al mes en topología irregular. Para esta simulación se utilizaron paneles mono cristalinos lo que permitía una mayor ganancia de energía al panel. Elaboración propia.

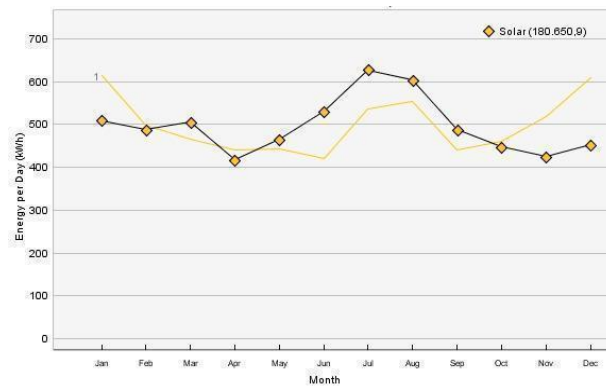


Figura 38 . Resultados de aporte solar de acuerdo al mes tipo rectangular. A pesar de que esta tipología tuvo más aporte que el tipo cuadrada que es la de menor área, no tiene el suficiente aporte puesto que al tener más espacios la demanda que tiene es mucho mayor al otro caso. Elaboración propia.

### Conclusiones.

1. La bioclimática es fundamental a la hora de ejecutar un proyecto arquitectónico, puesto que cuando se tiene en cuenta los factores ambientales del lugar de implantación se puede evitar diferentes contratiempos. Como en este caso la demanda energética, donde se observó que solo con la orientación varían los resultados.
2. La materialidad es uno de los factores más influyentes a la hora de diseñar un proyecto, basta una materialidad adecuada al contexto para disminuir considerablemente la demanda energética de un elemento arquitectónico. Además, al incluir en la superficie de cubierta cámaras de aire, se regula la temperatura y por consiguiente se disminuye el uso de

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

sistemas mecánicos. Lo que a su vez genera una disminución en la demanda energética del equipamiento.

3. El uso de la materialidad optimizada más la implementación de paneles solares activos permitirá disminuir la demanda energética de estos equipamientos. Con lo cual el ahorro económico resultante puede ser reinvertido en la construcción de nuevos centros de salud, aumentando de esta manera la cobertura del servicio.

4. Es menester aludir la sustentabilidad que se busca a través del factor social, económico y ambiental. Desde la pretensión por aumentar la cobertura para la población vulnerable mediante el aporte económico resultante hasta la reducción del impacto ambiental que generan estos equipamientos.

Para futuras líneas de investigación se prevé que se pueda continuar con la ampliación de la investigación en relación con lineamientos que busquen y promuevan la autosostenibilidad, asemejándose a tipologías cero energías. Lo que permitiría a futuro aumentar la cobertura del sistema de salud en el país mejorando la calidad del servicio, la responsabilidad social y ambiental en este tipo de equipamientos públicos.

### Referencias bibliográficas

- Attia, S., Herde, A. (2011). Early design simulation tools for net zero energy buildings: A comparison of ten tools. *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, February 2016*, 94–101. Recuperado de [http://ibpsa.org/proceedings/BS2011/P\\_1148.pdf](http://ibpsa.org/proceedings/BS2011/P_1148.pdf)
- Autodesk. (2020). Revit. [software de computador]. Autodesk. Recuperado de <https://bit.ly/30CG0JO>
- Bello, S. (1998). Confort térmico en las edificaciones públicas de atención médica ambulatoria. *Revista Tecnología y construcción*, 14 (1), 15–22. Recuperado de <https://n9.cl/1nz1y>
- Chávez, F. (2002). *Conceptos Generales sobre Ambiente y Confort Térmico. Zona Variable De Confort Térmico*, 19–36. Recuperado de <https://n9.cl/25wy>
- Departamento Nacional de planeación DNP. (2018) *Construcción y dotación de infraestructura básica en salud*, (1ª ed.). Recuperado de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/salud/PTsalud.pdf>
- Departamento Nacional de planeación DNP. (2017). *Energy Demand Situation in Colombia. 2ed.* Recuperado de <https://n9.cl/lyt0e>
- DesignBuilder. 2020.DesignBuilder. [software de computador]. DesignBuilder. Recuperado de <https://www.designbuilder-lat.com/>
- Constitución política de Colombia [Const. P.]. (1991). Colombia. Obtenido el 05 de marzo de 2020. Recuperado de <https://bit.ly/3iAt4eg>
- Crespo, J., Soto, J., Bengoa, A., Nitsch, B., Días, N. Vogt, A., Royo, R., Berger, W., Vidal, J., Hernández, M., Barambio, A., Wassouf, M. (2011). *Guía del estándar Passivhaus*. 209. Recuperado de <https://n9.cl/f9mp>
- Hernández, O. (2016). *Edificios Inteligentes Y Sostenibles: Arquitectura De Percepción Y Control*. [Tesis Doctoral] Universidad Complutense De Madrid. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/35620/1/T36835.pdf>
- Horrillo, L. (2017). *Metodología de diseño y análisis de soluciones de eficiencia energética para la consecución de edificios de consumo casi nulo (NZEB)*. [Tesis Doctoral Universidad de Extremadura, España]. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=148478>
- Ley 10/90, enero 10, 1990 Diario Oficial. [D.O.] 39.17 (Colombia). Obtenido el 15 de abril 2020. Recuperado de <https://n9.cl/0fd3>

## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

- Ley 143/94. Julio 11. 1994[D.O.]: 41.434, (Colombia). Obtenido el 25 de abril de 2020. <https://n9.cl/x9r15>
- Ley 1697/01, octubre 3, 2001. Diario Oficial. [D.O.]: 44573. (Colombia). Obtenido el 25 de abril de 2020. Recuperado de <https://n9.cl/9tda0>
- Linares, P. (2014). Eficiencia energética y medio ambiente. *Economía y Medio Ambiente*.827 (2),15-18. Recuperado de <https://www.iit.comillas.edu/docs/IIT-09-005A.pdf>
- Martinez, 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*, 30(5), 47–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500047>
- Menjivar, M. (2013). Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones. *Revista Semestral de Ingeniería e Innovación de La Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco.*, 5, 123–133. Recuperado de [http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/548/1/arquitectura\\_bioclimatica.pdf](http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/548/1/arquitectura_bioclimatica.pdf)
- Mercader, M., Ramírez, A., & Olivares, M. (2012). Modelo de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. *Informes de La Construcción*, 64(527), 401–414. <https://doi.org/10.3989/ic.10.082>
- Ministerio de salud y Proyección social. (Enero,2016). Política de Atención Integral en Salud. *Repositorio Institucional Digital Minsalud (RID)*, 97. Recuperado de <https://n9.cl/omhk>
- Muñoz, E., Hernandez, C., Aguilar, O., Claros, L., & Rojas, A. (2012). *Análisis y propuesta para el desarrollo de la Atención Primaria, la Promoción de la Salud y el enfoque de determinantes orientados a la reducción de las inequidades, articulado al sistema de salud colombiano*. 100. Recuperado de <https://n9.cl/omhk>
- Nope, Y. (2019). *Evaluación energética de centros de salud pública primaria para morfologías arquitectónicas y sustentables* [Tesis Doctoral] Universidad del Bio Bio Chile.
- Pérez, B., Pujazón, M. (2015). *La implementación arquitectónica de los acristalamientos activos con agua circulante, y su contribución en edificios de consumo de energía casi nulo*. [Tesis Doctoral] Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/40150/1/BELLEN\\_PEREZ\\_PUJAZON\\_MILLAN.pdf](http://oa.upm.es/40150/1/BELLEN_PEREZ_PUJAZON_MILLAN.pdf)
- Perico, D,2017. *Recomendaciones bioclimáticas prototipos de salud*. Recuperado de <https://www.findeter.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=255541>
- Perlova, E., Platonova, M., & Gorshkov, A., Rakova, X. (2015). Concept project of zero energy building. *Procedia Engineering*, 100, 1505–1514. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.522>



## LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA CENTROS DE SALUD PUBLICA

- Piñeiro, M. (2015). *Arquitectura bioclimática: consecuencias en el lenguaje arquitectónico*. [Tesis de Grado] Universidad Da Coruña. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2183/15941>
- Prada, S., Pérez, A., Rivera, A. (2017). Clasificación de instituciones prestadores de servicios de salud según el sistema de cuentas de la salud de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico: El caso de Colombia. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 16(32), 51–65. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps16-32.cips>
- Resolución 1555/05*. Octubre 20, 2005. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (Colombia). obtenido el día 25 de junio de 2020. Recuperado de <https://n9.cl/118w>
- Rodríguez, L. Osorio, H., Villadiego, K., Padilla, S. (2018). Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia. Una mirada al marco reglamentario. *Bitácora Urbano Territorial*, 28(3), 19–26. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v28n3.52051>
- Sanz, J. (2014). *Diseño de centros de salud eficientes* (Agencia Extremeña de la Energía (ed.); Agencia Ex, Issue April). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/288835666\\_Diseño\\_de\\_centros\\_de\\_salud\\_eficientes](https://www.researchgate.net/publication/288835666_Diseño_de_centros_de_salud_eficientes)
- Solsta. 2020. PV-Sol Premium. [software de computador]. Solsta. Recuperado de [https://solsta.co/?gclid=Cj0KCQjw8fr7BRDSARIsAK0Qqr7VhHbw7WT80L73KnCXfXQGBRKJHkG4i5ISerOHMygabu0iHnnTo7gaAsw1EALw\\_wcB](https://solsta.co/?gclid=Cj0KCQjw8fr7BRDSARIsAK0Qqr7VhHbw7WT80L73KnCXfXQGBRKJHkG4i5ISerOHMygabu0iHnnTo7gaAsw1EALw_wcB)
- Sulzakimin, M., Masrom, M., A. N., & Hazli, R., Adaji, A., Seow, T., Mohd, W. (2020). Benefits for Public Healthcare Buildings towards Net Zero Energy Buildings (NZEBs). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 713(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/713/1/012042>
- Ttacca, J., Mostajo, A. (2017). Estudio De La Eficiencia Energética En Los Sistemas Hospitalarios De Salud – Hospital Ii Ayaviri. [Tesis Pregrado] *Repositorio Institucional UNA-PUNO*, 133. Recuperado de <https://n9.cl/95mnp>
- Zalamea, E., Quesada, F. (2017). Criterios de integración de energía solar activa en arquitectura. Potencial tecnológico y consideraciones proyectuales. *Revista de Arquitectura*, 19(1), 65–79. <https://doi.org/10.14718/revarq.2017.19.1>