

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE ARTES Y DISEÑO  
ÁREA ACADÉMICA DE DISEÑO DE PRODUCTO

PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
CPG

SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN AÉREA EN CADENA DE FRÍO

MARÍA ALEJANDRA SÁNCHEZ ALBA

TUTORES

ERICK HANSEN GÓMEZ

LEONARDO VÁSQUEZ MIRANDA

BOGOTÁ D.C., MAYO DE 2021

# AGRADECIMIENTOS

Dedico este proyecto a mi familia por su apoyo constante durante el desarrollo no solo de la tesis sino también a lo largo de mi formación como diseñadora industrial.

A mi padre por su acompañamiento, por su constante apoyo, por ser fuente de inspiración, por guiarme en la toma de decisiones y por ser una de las principales personas involucradas en ayudar a que este proyecto fuera posible.

A mis tutores por su apoyo y guía durante el proceso de los últimos dos semestres de mi formación profesional y la concreción de este trabajo de grado.

Esto fue posible gracias a ustedes.

# CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	viii
GLOSARIO	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN	6
MARCO TEÓRICO	7
VACUNACIÓN	7
CADENA DE FRÍO	8
NIVELES DE LA CADENA DE FRÍO	9
NIVEL CENTRAL	9
NIVEL REGIONAL	9
NIVEL LOCAL	10
ELEMENTOS DE LA CADENA DE FRÍO	11
1. RECURSOS HUMANOS	11
2. RECURSO MATERIAL	11
3. RECURSOS FINANCIEROS	12
¿QUÉ DAÑA LAS VACUNAS?	12
RUTA DE ACCESO DE COLOMBIA	13
NEGOCIACIONES CON LAS FARMACÉUTICAS	15
ESTADO DE GRATUIDAD	17
RED NACIONAL DE CARRETERAS	17
ESTADO DE LAS VÍAS EN COLOMBIA	18
SITUACIÓN EN CUNDINAMARCA	26
DRONES	29
CARACTERÍSTICAS ALA FIJA	29
CARACTERÍSTICAS MULTIRROTOR	32
ANTECEDENTES	35

INDIGO	35
METAFRIDGE	36
ARKTEK	36
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	37
OBJETIVO GENERAL	38
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
ANÁLISIS DE ACTIVIDAD	39
DETERMINANTES Y REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	39
IDENTIDAD GRÁFICA	41
PRIMERA PROPUESTA SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN	43
PROPUESTAS Y VALIDACIONES	49
PROPUESTA CERO	49
PRIMERA VALIDACIÓN Y PROPUESTA FORMAL	50
SEGUNDA VALIDACIÓN	52
TERCERA VALIDACIÓN Y SEGUNDA PROPUESTA FORMAL	54
CUARTA VALIDACIÓN	55
QUINTA VALIDACIÓN Y TERCERA PROPUESTA FORMAL	58
SEXTA VALIDACIÓN	59
SEPTIMA VALIDACIÓN Y CUARTA PROPUESTA FORMAL	60
OCTAVA VALIDACIÓN	62
NOVENA VALIDACIÓN Y QUINTA PROPUESTA FORMAL	63
DECIMA VALIDACIÓN	65
DECIMA PRIMERA VALIDACIÓN Y SEXTA PROPUESTA FORMAL	66
DECIMA SEGUNDA VALIDACIÓN	69
PROPUESTA FINAL	71
VERIFICACIÓN DE AERODINÁMICA	75
IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS	76
ACTIVIDAD	77
SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN COVIDRON FINAL	79
EMPAQUE	80
ALCANCE DEL PROYECTO	83
ELEMENTOS PERIFÉRICOS	86
CONCEPTO DE DISEÑO	88

PLAN DE PROTOTIPADO FINAL	90
PLANOS	93
CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	99

## LISTA DE FIGURAS

Figure 1. Cadena de frío.....	8
Figure 2. Cámaras frigoríficas .....	9
Figure 3. Refrigeradora y congeladora (de izquierda a derecha).....	10
Figure 4. Cajas frías y termos (de izquierda a derecha).....	10
Figure 5. Niveles de la cadena de frío.....	11
Figure 6. Ruta de acceso de Colombia.....	14
Figure 7. Transporte de la vacuna Pfizer. ....	16
Figure 8. Red vial según funcionalidad. ....	21
Figure 9. Estado general de vías terciarias.....	22
Figure 10. Vías terciarias sin asfalto.....	23
Figure 11. Vías terciarias con asfalto.....	24
Figure 12. Dificultad de acceso en los departamentos de Colombia. ....	25
Figure 13. Municipios de Cundinamarca y dificultad de acceso. ....	27
Figure 14. Municipio de Anapoima y sus veredas.....	28
Figure 15. Normas para que pueda pilotar un dron de forma legal. ....	29
Figure 16. Dron ala fija. ....	30
Figure 17. Dron multirrotor. ....	32
Figure 18. Indigo.....	35
Figure 19. MetaFridge. ....	36
Figure 20. Arktek. ....	36
Figure 21. Primera propuesta de identidad gráfica. ....	41
Figure 22. Segunda propuesta de identidad gráfica. ....	42
Figure 23. Identidad gráfica.....	42
Figure 24. Cadena de frío intervenida.....	43
Figure 25. Envío de vacunas por medio de drones. ....	45
Figure 26. Puntos de partida. ....	48
Figure 27. Primer acercamiento formal. ....	50
Figure 28. Prueba aerodinámica de la primera propuesta.....	50
Figure 29. Anemómetro interno.....	51
Figure 30. Prueba aerodinámica de la primera propuesta.....	51
Figure 31. Segunda validación en refrigeración .....	52
Figure 32. Tamaño del dron y vacunas .....	54
Figure 33. Prueba aerodinámica de la segunda propuesta .....	54
Figure 34. Organización de unidades refrigerantes .....	56
Figure 35. Tercera propuesta formal.....	59
Figure 36. Sistema de refrigeración .....	60
Figure 37. Cuarta propuesta formal .....	61
Figure 38. Primera propuesta de la bandeja interna.....	62
Figure 39. Posicionamiento de las vacunas dentro del contenedor .....	63
Figure 40. Quinta propuesta formal.....	63

Figure 41. Prueba aerodinámica de la cuarta propuesta. ....	64
Figure 42. Segunda propuesta la bandeja interna. ....	65
Figure 43. Flujo de aire para la segunda propuesta la bandeja interna. ....	65
Figure 44. Comprobación del sistema de refrigeración. ....	66
Figure 45. Cambio de posicionamiento de las vacunas dentro del contenedor ....	67
Figure 46. Sexta propuesta formal. ....	67
Figure 47. Prueba aerodinámica de la sexta propuesta ....	68
Figure 48. Sexta propuesta del contenedor con sujeción. ....	69
Figure 49. Secuencia de desbloqueo de la tapa (de izquierda a derecha) ....	70
Figure 50. Módulo de sujeción ....	71
Figure 51. Producto final COVIDRON ....	72
Figure 52. Interior del contenedor COVIDRON ....	72
Figure 53. COVIDRON ....	73
Figure 54. COVIDRON ....	73
Figure 55. Modelado y comprobación de aerodinámica. ....	75
Figure 56. Integración al equipo del Ministerio de Salud. ....	76
Figure 57. COVIDRON y figura humana. ....	77
Figure 58. Actividad ....	78
Figure 59. Servicio de distribución COVIDRON final. ....	79
Figure 60. Propuesta de empaques. ....	80
Figure 61. Empaque COVIDRON ....	81
Figure 62. Embalaje COVIDRON ....	81
Figure 63. COVIDRON ....	82
Figure 64. Segmento de clientes. ....	88
Figure 65. Propuesta de valor. ....	89
Figure 66. Planos generales COVIRON. ....	93

## LISTA DE TABLAS

Table 1. Factores que influyen en la pérdida de la actividad de las vacunas.....	13
Table 2. Farmacéuticas en negociación. ....	15
Table 3. Vías según terreno. ....	18
Table 4. Vías según funcionalidad.....	20
Table 5. Ventajas y desventajas del dron ala fija.....	30
Table 6. Ventajas y desventajas del dron multirrotor .....	32
Table 7. Determinantes y requerimientos .....	39
Table 8. Distancias y tiempos de recorrido aéreo en las veredas.....	46
Table 9. Patrones para la rejilla.....	53
Table 10. Unidades refrigerantes análogas usadas .....	56
Table 11. Organización y pesos de unidades refrigerantes.....	57
Table 12. Características COVIDRON.....	74
Table 13. Alcance del proyecto .....	83
Table 14. Limitaciones del proyecto.....	84
Table 15. Componente proyectado COVIDRON .....	86
Table 16. Componente proyectado COVIDRON .....	87
Table 17. Componente proyectado COVIDRON .....	87
Table 18. Neveras portátiles refrigerantes. ....	90
Table 19. Precio COVIDRON sin dron .....	92
Table 20. Precio COVIDRON con dron .....	92



## GLOSARIO

**DRON:** vehículo aéreo no tripulado, el cual ejerce su función remotamente. Es reutilizable, capaz de mantener de manera autónoma un nivel de vuelo controlado y sostenido.

**CADENA DE FRÍO:** proceso logístico que asegura la correcta conservación, almacenamiento y transporte de las vacunas, desde que salen del laboratorio que las produce, hasta el momento en el que se va a realizar la vacunación.

**VACUNA:** cualquier preparación destinada a generar inmunidad contra una enfermedad estimulando la producción de anticuerpos. Puede tratarse, por ejemplo, de una suspensión de microorganismos muertos o atenuados, o de productos o derivados de microorganismos.

**ZONA RURAL:** Se localiza a grandes distancias de la zona urbana y se caracteriza por el gran espacio de zona verde que se usa para las labores de agricultura, ganadería, agropecuaria, agroindustria, caza, entre otras actividades que logren abastecer comida y materia prima a las grandes ciudades.

**CASCO URBANO:** Grandes ciudades industrializadas.

**TERMOESTABILIDAD:** Rangos de temperaturas de almacenamiento por tipo de vacuna organizadas en un cuadro.

**DIAGRAMA DE VORONOI:** es una estructura que captura la información de proximidad de un conjunto de puntos P descomponiendo el plano en regiones poligonales convexas.

## RESUMEN

El trabajo a continuación presenta un sistema de transporte y almacenamiento de vacunas para COVID-19, el cual permite el mantenimiento de la cadena de frío durante su trayecto hecho por medio de drones, para llegar a las comunidades alejadas de los cascos urbanos. El proceso se inició con la recopilación de información a partir de un proceso de investigación en los ámbitos de la vacunación, red vial nacional y drones. Y se finalizó con una primera propuesta de diseño.

**PALABRAS CLAVE:** Vacunas, Colombia, Distribución, Cadena de frío, Difícil acceso, Dron.

## ABSTRACT

The work below presents a vaccine transport and storage system for COVID-19, which allows the maintenance of the cold chain during its journey made by means of drones, to reach communities far from urban centers. The process began with the collection of information from a research process in the fields of vaccination, the national road network and drones. And it ended with a first design proposal.

**KEY WORDS:** Vaccines, Colombia, Distribution, Cold chain, Difficult access, Drone.

# INTRODUCCIÓN

En Colombia el acceso a un servicio de salud presenta complicaciones especialmente en zonas alejadas de los cascos urbanos. Ocasionalmente para muchos habitantes de estos lugares sea realmente difícil la consulta con un médico, obtener medicamentos o tener la oportunidad de controles periódicos en caso de embarazos o enfermedades crónicas. Esto se debe principalmente a las distancias geográficas al centro urbano más cercano, ya que el trayecto puede durar incluso días y los ingresos económicos que disponen estas personas para costear los gastos implicados son muy bajos. Sin embargo, las enfermedades están a la orden del día, indiferentes a los problemas en estos lugares.

El presente documento hace un acercamiento en tres temas principales para la consolidación en información recolectada respecto a: cómo se encuentra el país en cuanto a temas de vacunación, las estructuras que componen este proceso y las especificaciones requeridas para mantener la eficacia de las vacunas durante la cadena de frío. En segundo lugar se encuentra la red vial nacional, enfocada en la red terciaria y su estado clasificado como bueno, malo, regular, pavimentada o no pavimentada en gran parte del territorio colombiano. Y por último los drones y su nula necesidad del estado de vías terrestres para su movilización.

A partir de la situación expuesta, se propone implementar un servicio que permita el envío de vacunas del COVID 19 por medios aéreos a zonas de difícil acceso para tener una distribución dinámica a las comunidades apartadas, logrando la disminución de tiempo y

gastos económicos en la entrega a los vacunadores sin perder la viabilidad del producto e inmunizando a estas poblaciones en particular.

## JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento de la cadena de frío para la vacunación en zonas rurales o apartadas, presenta dificultades en cuanto a un almacenamiento que pueda garantizar las temperaturas necesarias durante el proceso de la cadena de frío y mantenga la viabilidad de las vacunas distantes a la temperatura del medio. Sumándole a esto, la geografía escarpada en diferentes zonas del país dificulta el acceso a dichos lugares, ampliando el tiempo de distribución y medios para poder llegar.

Por estos motivos, el proyecto se centra en el desarrollo un sistema de distribución de vacunas que mantenga la cadena de frío y sea transportado por medio de drones, conservando la eficacia de las vacunas del COVID - 19 y disminuyendo los rangos de tiempo para enviarlas a diferentes puntos del municipio de Anapoima en Cundinamarca.

# MARCO TEÓRICO

## VACUNACIÓN

De manera general la vacunación es una forma sencilla, inocua y eficaz de protegernos contra enfermedades dañinas antes de entrar en contacto con ellas. Las vacunas activan las defensas naturales del organismo para que aprendan a resistir a infecciones específicas, y fortalecen el sistema inmunitario. (Organización Mundial de la Salud, 2019)

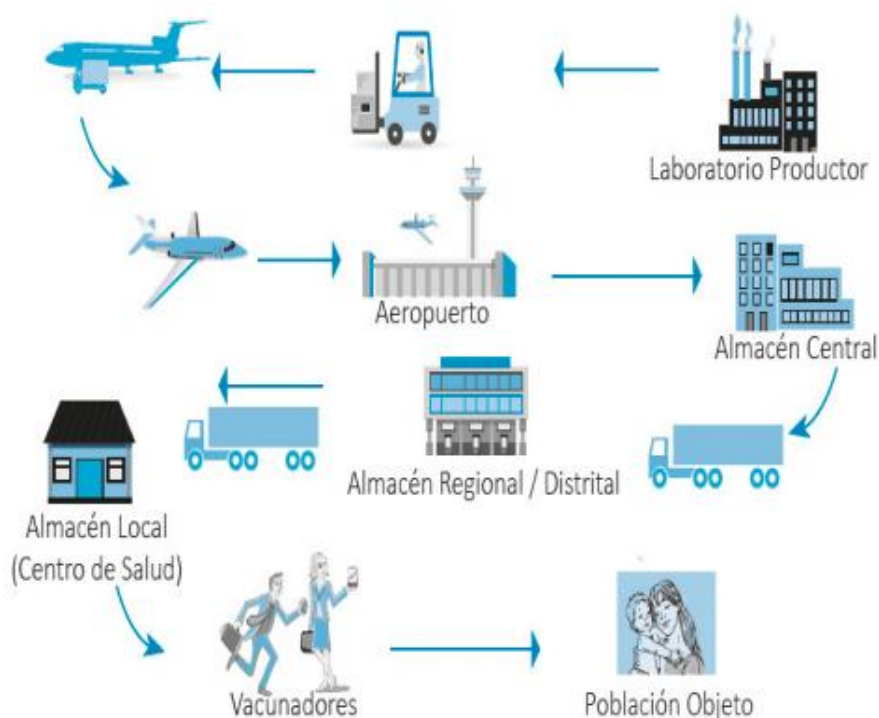
Actualmente es una manera de prevenir y salvar vidas debido a la diversidad de inmunizaciones frente a diferentes enfermedades que afectan a la población, sin importar el nivel socioeconómico, la mortalidad por causas de alguna enfermedad puede convertirse en una complicación a nivel social dependiendo de su facilidad de contagio.

Cuando nos vacunamos, no solo nos protegemos a nosotros mismos, sino también a quienes nos rodean. A algunas personas, por ejemplo, las que padecen enfermedades graves, se les desaconseja vacunarse contra determinadas enfermedades; por lo tanto, la protección de esas personas depende de que los demás nos vacunemos y ayudemos a reducir la propagación de tales enfermedades. (Organización Mundial de la Salud, 2019). Si bien, las vacunas proveen de una protección a la población, no quiere decir que sean indestructibles, de hecho, presentan el caso opuesto, en especial cuando se refiere a rangos de temperatura específicos que requieren para mantener su efectividad como agente inmunizante y esto se lleva a cabo gracias al debido proceso de la cadena de frío.

## CADENA DE FRÍO

Al tratar con vacunas, es de suma importancia tener en cuenta la cadena de frío, la cual se ve representada por medio de la gráfica 1. En definición es un conjunto de normas y procedimientos que aseguran el correcto almacenamiento y distribución de vacunas a los servicios de salud desde el nivel nacional hasta el nivel local. La cadena de frío está interconectada con equipos de refrigeración que permiten conservar las vacunas a las temperaturas recomendadas para mantener su potencia. (Organización Mundial de la Salud, s.f.a)

Figure 1. Cadena de frío



Fuente:

<https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GIPG06.pdf>

Dependiendo del tipo de la vacuna hay dos rangos de temperaturas para el almacenamiento de las mismas: Vacunas que son sensibles al congelamiento deben almacenarse a temperaturas entre 2°C a 8°C. Las vacunas producidas con cepas víricas y/o



liofilizadas pueden almacenarse a temperaturas entre  $-15^{\circ}\text{C}$  y  $-25^{\circ}\text{C}$  (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

## NIVELES DE LA CADENA DE FRÍO

Retomando los niveles nombrados en el apartado anterior, se procede a informar acerca de las características y diferentes equipos frigoríficos con lo que cuentan los tres niveles, en los cuales se deben tener en cuenta las temperaturas y periodos de tiempo según las recomendaciones generales para el almacenamiento de vacunas.

### NIVEL CENTRAL

Es un edificio o parte de un edificio que está habilitado con cámaras frigoríficas (Figura 2) para mantener temperaturas de conservación y/o congelación con capacidad suficiente para almacenar vacunas por largos periodos de tiempo. (Organización Panamericana de la Salud, 2006)

*Figure 2. Cámaras frigoríficas*



*Fuente:*

[https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51816/9275325456\\_mod3\\_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51816/9275325456_mod3_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

### NIVEL REGIONAL

Corresponde una parte del territorio, es decir, los departamentos, provincias o gobernaciones. Puede estar habilitado también con cámaras frigoríficas, dependiendo de la

población. Dispone de refrigeradores y congeladores (Figura 3) para almacenar y conservar vacunas por períodos limitados de tiempo. (Organización Panamericana de la Salud, 2006)

*Figure 3. Refrigeradora y congeladora (de izquierda a derecha).*



*Fuente:*

[https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51816/9275325456\\_mod3\\_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51816/9275325456_mod3_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

## NIVEL LOCAL

Abarca hospitales, clínicas, centros y puestos de salud. Cuenta con refrigeradores para mantener las vacunas por cortos periodos de tiempo (recomendable un mes), asimismo, este nivel cuenta con cajas frías y termos porta vacunas (figura 4) para transportar los biológicos a los puestos de vacunación. (Organización Panamericana de la Salud, 2006)

*Figure 4. Cajas frías y termos (de izquierda a derecha).*



*Fuente:*

[https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51816/9275325456\\_mod3\\_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51816/9275325456_mod3_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Cada nivel cuenta con un periodo de tiempo establecido para mantener las vacunas durante la cadena de frío contemplados en la figura 5, que se verá a continuación y consta del tipo de vacuna, la temperatura y el tiempo a permanecer en dicho nivel.

Figure 5. Niveles de la cadena de frío.

Nivel	Central	Regional	Local
Vacunas	6 a 12 meses	3 a 6 meses	1 a 3 meses
VPO polio oral	De -15 ° C a -25 ° C		De +2 ° C a +8 ° C
BCG	Conservar estas vacunas entre -15 ° C y -25 ° C Pueden conservarse temporalmente entre +2 ° C y +8 ° C <b>ATENCIÓN: ¡Los diluyentes NO deben congelarse!</b>		De +2 ° C a +8 ° C
Sarampión, rubéola y parotiditis			
Sarampión y rubéola			
Fiebre amarilla			
Hib, liofilizada			
Varicela	De +2 ° C a +8 ° C <b>No congelar</b>		
Meningococo			
Hepatitis A			
Hepatitis B			
DPT- hepatitis B			
DPT - hepatitis B- Hib, líquida			
Hib, líquida			
DPT			
DT /Td			
Neumococo			
Rotavirus			
VPH (virus del papiloma humano)			
Influenza estacional, virus vivos atenuados			
Influenza estacional virus inactivados			
VPI polio inactivada			
Rabia humana, células vero			

Fuente: <https://www.paho.org/es/inmunizaci%C3%B3n/cadena-frio>

## ELEMENTOS DE LA CADENA DE FRÍO

Para la distribución de las vacunas es necesaria la participación de tres elementos fundamentales a tener en cuenta durante todo el proceso.

### 1. RECURSOS HUMANOS

Las personas que de manera directa o indirecta tienen que organizar, manipular, transportar, distribuir y administrar las vacunas, o vigilar los equipos frigoríficos donde se conservan. (Organización Panamericana de la Salud, 2006)

### 2. RECURSO MATERIAL

Incluye el equipo indispensable para almacenar, conservar y trasladar las vacunas de un lugar a otro: equipos frigoríficos

(refrigeradores, congeladores, cuartos fríos de refrigeración y congelación, camiones refrigerados, termos, cajas frías, termómetros, alarmas, graficadores, etc.).(Organización Panamericana de la Salud, 2006)

### 3. RECURSOS FINANCIEROS

Los medios económicos necesarios para asegurar la operatividad de los recursos humanos y materiales, así como el funcionamiento del sistema.

(Organización Panamericana de la Salud, 2006)

La planificación y participación de estos elementos permite el respectivo mantenimiento de la cadena de frío para los viales en condiciones óptimas, pero como todos los procesos en temas tan delicados como el almacenamiento, transporte y distribución de las vacunas, incluso el mayor de los cuidados y precauciones pueden no ser suficientes para mantener la viabilidad de las vacunas.

## ¿QUÉ DAÑA LAS VACUNAS?

Anteriormente se había hablado que las vacunas no son indestructibles, sino que presentan el caso opuesto, en especial cuando se refiere a rangos de temperatura específicos. Añadiendo a esto, hay que nombrar y tener en cuenta otros factores que afectan la viabilidad de las vacunas, aparte de la sensibilidad que tienen a la temperatura en la siguiente tabla.

Table 1. Factores que influyen en la pérdida de la actividad de las vacunas

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Exposición a alta temperatura.	Dependiendo de la vacuna, puede dañarse si pasa los -15°C o los 8°C.
Congelación.	Dependiendo de la vacuna, puede dañarse si baja los -25°C o los 2°C.
Luz y envejecimiento.	No debe ser expuesto a la luz ni a la temperatura ambiente durante un extenso lapso de tiempo.
Daño externo	Mala manipulación y manejo de las vacunas por parte de los operarios.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de <https://vacunasaep.org/documentos/manual/cap-6#1>

## RUTA DE ACCESO DE COLOMBIA

Hasta este punto en tema de vacunación, se ha presentado la información para la cadena de frío en vacunas tradicionales a enfermedades que el país y el mundo habían vivido y tenido relativamente el tiempo para contrarrestarlo sin llegar a medidas extremas de aislamientos y cuarentana a nivel mundial como es el caso que puso la pandemia del COVID-19 la cual afectó de diferentes maneras a todas las personas, gobiernos, etc. En este apartado se mostrará la estrategia para la inmunización en la población colombiana, entre otros.

Frente a la situación del COVID - 19 y la carrera para la adquisición en las vacunas. El ministerio de salud mostró la estrategia para la adquisición de la vacuna COVID-19 para la inmunización de la población, la cual se contempla en siete etapas de manera general en la figura 6 y sus detalles en la breve descripción posterior, para informar o que representa cada etapa.

Figure 6. Ruta de acceso de Colombia



Fuente: Elaboración propia con base en datos de <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-explico-la-estrategia-para-la-adquisicion-de-la-vacuna-COVID-19.aspx>

1. Definición de política pública: Resolución 1270 de 2020 con un ejercicio de planeación operativa que permita el acceso y su preparación para la llegada, y sobre esa planeación operativa cómo se adquiere la vacuna.
2. Planeación operativa: ajuste de cronogramas, contratos, procesos logísticos y programas y políticas de adquisición de vacunas.
3. Adquisición: mecanismo multilateral (Es cuando muchos países se unen, se integran para comprar de manera integrada vacunas) y mecanismo bilateral (negociación directa con proveedores, especialmente los desarrolladores de la industria farmacéutica).
4. Distribución: bodegaje (almacenamiento en cuarto frío de vacunas), asignación a cada una de las entidades territoriales según sus necesidades y transporte.
5. Aplicación: campañas (PAI) y adecuación de puntos de vacunación actuales.
6. Seguimiento y evaluación del proceso: fases anteriores (1,2 y 3)
7. Apoyos tecnológicos: seguimiento de pacientes, compras y logística.

(Ministerio de salud, 2020)

Cabe resaltar que en Colombia no se desarrolla ninguna vacuna contra el COVID - 19 y no por falta de experiencia en tal campo, ya que durante el siglo XX el país fabricó millones de dosis de vacunas contra la viruela, la rabia, la tuberculosis y el cólera. También las exportó a más de 20 países; pero su producción se estancó por falta de recursos y decisiones políticas que hoy muestran las consecuencias: la incapacidad para fabricar esos medicamentos en medio

de una pandemia. (El Espectador, 2020). Por ello, actualmente Colombia busca obtener las vacunas de empresas farmacéuticas exteriores de las que se mostraran a continuación.

## NEGOCIACIONES CON LAS FARMACÉUTICAS

Como todos los gobiernos en el mundo, la carrera por la adquisición de dosis que protejan a su población comenzó incluso desde antes de dar luz verde a una en particular; negociando y vigilando el desarrollo de las farmacéuticas para negociar y obtener una primera entrega de dosis. En este caso, Colombia tiene acuerdos de confidencialidad con las seis empresas productoras de vacunas que están liderando el proceso: Pfizer, AstraZeneca, Janssen, Sinovac, Sputnik V y Moderna (Ruiz Gómez, 2020). A continuación, se mostrará la tabla 2 con las farmacéuticas nombradas, las dosis, efectividad y temperaturas que requieren publicadas hasta la fecha, de las cuales se han aplicado en la jornada de vacunación las marcas resaltadas de tono naranja (Sinovac y Pfizer).

*Table 2. Farmacéuticas en negociación.*

<b>FARMACÉUTICA</b>	<b>EFFECTIVIDAD</b>	<b>DOSIS</b>	<b>TEMPERATURA</b>
PFIZER - BIONTECH	95%	2	-70° C.
ASTRAZENECA - U. OXFORD	79%	2	2°C a 8°C
SINOVAC	50%	2	2°C a 8°C
JANSSEN	85%	1	2°C a 8°C
SPUTNIK V	91%	2	-18°C
MODERNA	94,1%	2	-25°C a -15°C

*Fuente: Elaboración propia con base en datos del periódico El Tiempo, El Espectador, Revista Semana y Noticias BBC.*

Teniendo en cuenta la tabla 2, la posición de la farmacéutica de Pfizer se encuentra en primer lugar al ser la primera con la que el gobierno afirmó la compra de las dosis de la vacuna. Sin embargo, para esta vacuna en particular presenta una necesidad de temperatura

de  $-70^{\circ}\text{C}$  para mantener la efectividad de la misma, un completo desafío al ser temperaturas árticas y muchos países no están preparados para manejar.

No hay ningún país que haya aprobado una vacuna con esta tecnología. Al ser nueva, tiene, entre otras, una especificación: a diferencia de las vacunas convencionales, que deben mantenerse siempre a una temperatura de  $2^{\circ}\text{C}$  a  $8^{\circ}\text{C}$ , la de Pfizer requiere  $-70^{\circ}\text{C}$ . Para hacernos una idea, un refrigerador doméstico en el que se hacen los cubitos de hielo suele estar a unos  $-18^{\circ}\text{C}$  o  $-19^{\circ}\text{C}$ . (Silva Numa, 2020)

Un desafío para mantener la cadena de frío y Pfizer ha optado por utilizar sus propias neveras portátiles, del tamaño de una maleta, que cuentan con un monitor de temperatura por GPS ("transportistas térmicos", los llaman), en vez de depender de los mayoristas que se dedican a la distribución de medicamentos. Cada nevera portátil transporta cinco bandejas de viales ("cajas de pizza") y necesita 22 kilos de hielo seco para su conservación. (Fernández Novo, 2020). Como se ve en la figura a continuación.

Figure 7. Transporte de la vacuna Pfizer.



Fuente: [https://www.niusdiario.es/ciencia-y-tecnologia/ciencia/millones-cajas-pizza-hielo-seco-dificultades-produccion-masiva-vacuna-pfizer-COVID-19-reto-distribucion-farmaceuticas\\_18\\_3045795271.html](https://www.niusdiario.es/ciencia-y-tecnologia/ciencia/millones-cajas-pizza-hielo-seco-dificultades-produccion-masiva-vacuna-pfizer-COVID-19-reto-distribucion-farmaceuticas_18_3045795271.html)



Debido a estas dificultades en el mantenimiento de la cadena de frío, Colombia ha optado por la distribución de la vacuna de Pfizer en contextos urbanos y las producidas por Jonhson and Jonhson, AstraZeneca y Coronavac en contextos rurales gracias a que presenta la cadena de frío tradicional de los 2° a 8°c permitiendo el mantenimiento de la viabilidad de las dosis. La aplicación será completamente gratis para la población en general.

## ESTADO DE GRATUIDAD

En un principio se propuso que la vacuna fuera gratuita para la mayor parte de la población exceptuando los estratos 5 y 6, sin embargo, Ricardo Ferro destacó que "logramos que se aprobara nuestro proyecto, retornando al texto original en lo que tiene que ver con la gratuidad para todos los colombianos, independientemente de su estado socioeconómico (no se cobrará a estratos 5 y 6, como se sugirió previamente en el Senado)".(Caracol Radio, 2020). Además, sería agregada a las otras 21 vacunas del Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI), que es una acción conjunta de las naciones del mundo y de organismos internacionales interesados en apoyar acciones tendientes a lograr coberturas universales de vacunación, con el fin de disminuir las tasas de mortalidad y morbilidad causadas por las enfermedades inmunoprevenibles y con un fuerte compromiso de erradicar, eliminar y controlar las mismas. (Ministerio de salud, s.f.). Como dato a resaltar con orgullo, Colombia es uno de los países con los mejores esquemas de vacunación a nivel mundial.

## RED NACIONAL DE CARRETERAS

La Red Vial Nacional de Carreteras está conformada por las troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de este con los demás países.(INVÍAS, 2019). Colombia se identifica por tener una geografía escarpada a lo largo de su territorio,

que en términos de construcción y planeación vial presenta grandes desafíos para la infraestructura vial, impidiendo la conexión directa entre todo el territorio colombiano.

## ESTADO DE LAS VÍAS EN COLOMBIA

Las carreteras en Colombia se clasifican según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del 2008, adoptado como Norma Técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional, mediante la Resolución número 0744 del 4 de marzo del 2009, y se exponen por medio de las siguientes tablas y gráficas correspondientes:

Table 3. Vías según terreno.

<b>SEGÚN TIPO DE TERRENO</b>				
<b>TERRENO</b>	<b>PENDIENTE TRANSVERSAL</b>	<b>PENDIENTE LONGITUDINAL</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS</b>
Plano	<5°	<3%	Mínimo	Los vehículos pesados mantienen aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.
Ondulado	6° - 13°	3% - 6%	Moderado	Obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los

				vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.
Montañoso	13° - 40°	6% - 8%	Grande	Obliga a los vehículos pesados a operar a velocidades sostenidas en rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes.
Escarpado	>40°	>8%	Máximo	Obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que en aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas y en oportunidades frecuentes.

*Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de diseño geométrico de carreteras, INVIAS, 2008.*

En la tabla 4 se presentan las vías según su funcionalidad y la distancia en kilómetros que recorren a lo largo del territorio.

Table 4. Vías según funcionalidad.

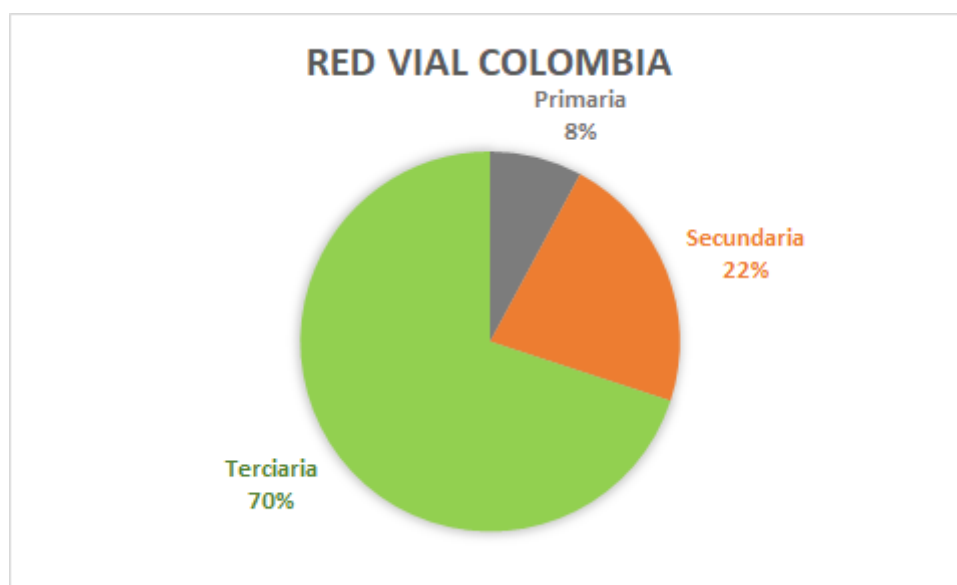
<b>SEGÚN FUNCIONALIDAD</b>			
<b>VÍA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>SUPERFICIE</b>	<b>DISTANCIA</b>
<p>Primaria</p> <p>A cargo de la nación</p>	<p>Troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.</p>	<p>Deben funcionar pavimentadas</p>	<p>De 206.727 km en red de carreteras, hay 19.306 km de vía primaria.</p>
<p>Secundaria</p> <p>A cargo de los departamentos</p>	<p>Vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.</p>	<p>vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.</p>	<p>De 206.727 km en red de carreteras, hay 45.137 km de vía secundaria.</p>
<p>Terciaria</p> <p>A cargo de los municipios</p>	<p>Vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.</p>	<p>Deben funcionar en afirmado o en caso de pavimentarse, deberán cumplir con las condiciones</p>	<p>De 206.727 km en red de carreteras, hay 142.284 km de vía terciaria.</p>

		geométricas estipuladas para las vías Secundarias.	
--	--	--	--

*Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de diseño geométrico de carreteras, INVIAS, 2008 y <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-principal/57-estado-de-la-red-vial>.*

Luego de esclarecer principalmente las vías según su funcionalidad, cabe aclarar que este proyecto de investigación se centra en el tipo de vía terciaria (más adelante se explicará la razón, sin embargo, es preciso entender el terreno a partir de estadísticas primero). En la figura 8 se muestra el porcentaje de vías a través del territorio colombiano según su funcionalidad, para exponer la predominancia de las vías terciarias (Siete de cada 10 kilómetros de la red pertenecen a esta vía) sobre las primaria y secundarias con menor presencia.

*Figure 8. Red vial según funcionalidad.*



*Fuente: Elaboración propia con base en datos de INVÍAS*

A partir de la figura 8 se puede ver que la red terciaria predomina con un 70% contrario al 22% de las secundaria y el 8% de la primaria, es decir, que en Colombia existen 142.000 kilómetros de vías terciarias, de las cuales sólo el 6% está en buen estado, estas son las vías que unen a los municipios con las veredas y reflejan el abandono de las zonas rurales del país (Gil Chavarría, 2019) como puede verse en la figura a continuación que solo contempla la vía terciaria.

Figure 9. Estado general de vías terciarias.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de <https://www.larepublica.co/infraestructura/del-total-de-la-red-vial-terciaria-con-la-que-cuenta-colombia-96-esta-en-mal-estado-2828335>

El estado de estas vías no es un tema desconocido ya que según el Departamento Nacional de Planeación (DNP), la cuarta parte de todas las vías terciarias están en tierra, y pese a que el hecho de que no tengan pavimento no es un mal indicador, de las que no tienen asfalto, 45,4% está en mal estado y 36,1% en estado regular. Juan Esteban Gil, director del Invías, le explicó a LR que el 96% de estas vías está en malas condiciones y que con pavimento está poco menos de 8.000 kilómetros (solo 33,5% está en buen estado) (Rodríguez Salcedo, 2019) y según el informe de 2013 del Consejo Privado de Competitividad, el mal

estado de la malla vial provoca demoras en los tiempos de entrega a los puertos generando sobrecostos. (Periódico El País, 2013).

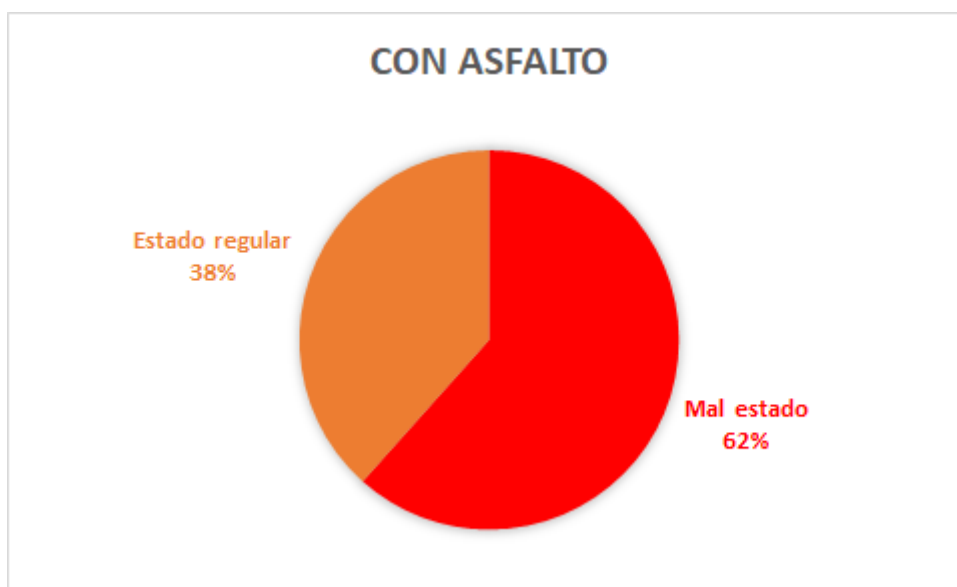
Esto es visible en la figura 10 y 11, teniendo en cuenta que 142.284 Km total de la vía terciaria, 134.284 km se encuentran sin asfalto.

Figure 10. Vías terciarias sin asfalto.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de <https://www.larepublica.co/infraestructura/del-total-de-la-red-vial-terciaria-con-la-que-cuenta-colombia-96-esta-en-mal-estado-2828335>

Figure 11. Vías terciarias con asfalto.

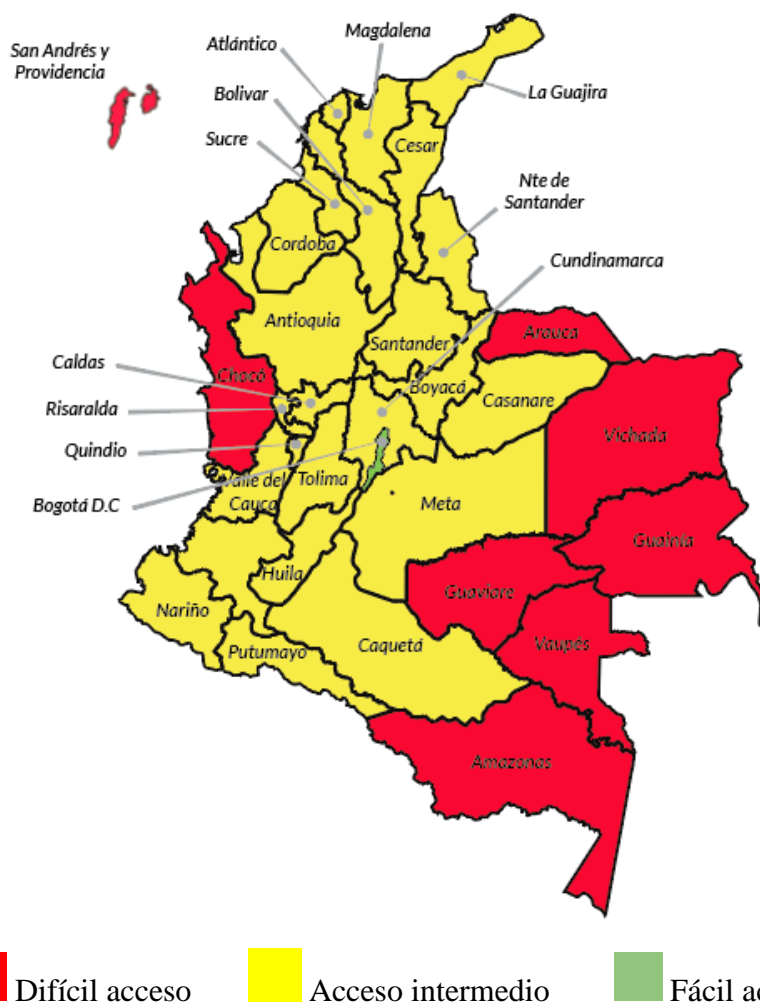


Fuente: Elaboración propia con base en datos de <https://www.larepublica.co/infraestructura/del-total-de-la-red-vial-terciaria-con-la-que-cuenta-colombia-96-esta-en-mal-estado-2828335>

A partir de las gráficas presentadas, las vías que tienen mayor dominio en cuanto a cobertura en la red vial nacional, presentan estados denominados entre regular y mal, que afecta a diversas poblaciones en el país las cuales viven en zonas categorizadas como de difícil acceso. A continuación, se presenta una vista rápida de estas zonas por departamentos.



Figure 12. Dificultad de acceso en los departamentos de Colombia.



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de [https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/02-fct-ups-a5\\_clasificacion\\_de\\_mun\\_dificultad\\_de\\_acceso-180420.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/02-fct-ups-a5_clasificacion_de_mun_dificultad_de_acceso-180420.pdf)

En Colombia el territorio dificulta en gran parte la generación de infraestructura vial que comunique las zonas rurales con cascos urbanos, en especial en zonas denominadas como de difícil acceso según el ICBF, a partir de la resolución No. 4928 (31 de octubre de 2018), en la cual se establece las situaciones a considerar (debe padecer al menos una) para ser catalogada como tal:

1. Que sea necesaria la utilización habitual de dos o más medios de transporte para un desplazamiento hasta el perímetro urbano.
2. Que no existan vías de comunicación que permitan el tránsito motorizado durante la mayor parte del año lectivo.
3. Que la prestación del servicio público de transporte terrestre, fluvial o marítimo, tenga una sola frecuencia, ida o vuelta, diaria.

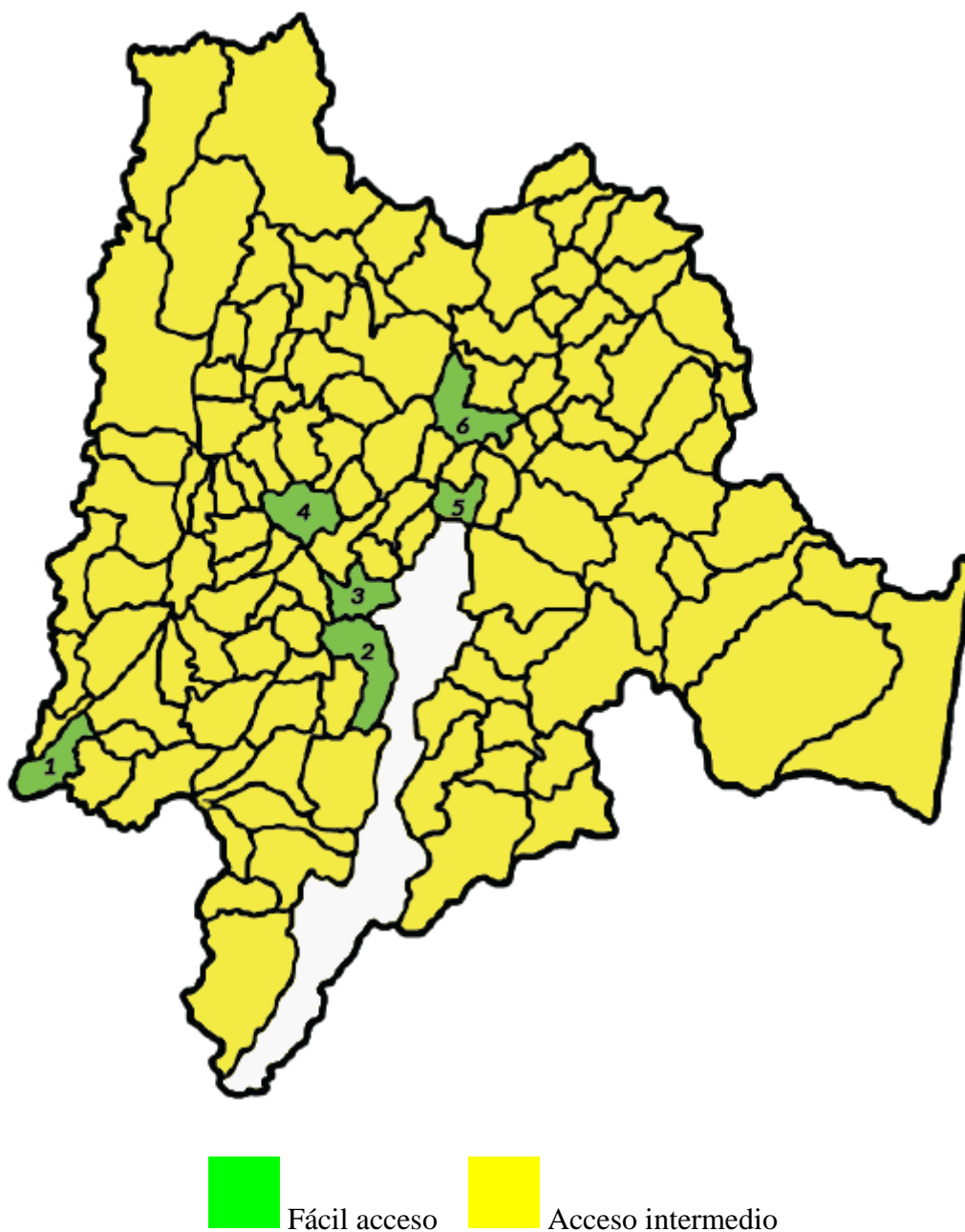
## SITUACIÓN EN CUNDINAMARCA

Como breve introducción el territorio cundinamarqués es reconocido por ser el tercero más poblado del país. El 70% corresponde a suelo rural. Dotándolo de naturaleza y consolidando al departamento como la principal despensa agrícola del país, gracias a la labor realizada por la población rural predominante en el departamento.

En el campo, según el Dane, viven 2,7 millones de productores, muchos de los cuales no reciben todos los beneficios del Estado. La ausencia de vías también incide en el panorama recurrente de escuelas y centros médicos que, además de padecer la falta de equipamientos, tienen una infraestructura deteriorada porque es difícil llegar a ellos. (Semana, 2018)

Pasando a hablar en materia de accesibilidad, de los 116 municipios, 6 son seleccionados en la figura 13 en el territorio de Cundinamarca que son: Girardot (1), Soacha (2), Mosquera (3), Facatativá (4), Chía (5) y Zipaquirá (6), no serán tomados en cuenta ya que al no presentan dificultad para acceder ellos. Los 110 municipios restantes son catalogados como de acceso intermedio como se verá en la figura a continuación:

Figure 13. Municipios de Cundinamarca y dificultad de acceso.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de [https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/02-fct-ups-a5\\_clasificacion\\_de\\_mun\\_dificultad\\_de\\_acceso-180420.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/02-fct-ups-a5_clasificacion_de_mun_dificultad_de_acceso-180420.pdf)

Ahora la selección del municipio dista mucho de categorización según su dificultad de acceso, en su lugar, es tomado como punto de referencia por motivos personales y cercanía sentimental al territorio y población a trabajar. Este municipio escogido para trabajar es Anapoima, compuesto de 28 veredas como se verá a continuación.

Figure 14. Municipio de Anapoima y sus veredas.



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de <https://mapasyestadisticas-cundinamarca-map.opendata.arcgis.com/datasets/6e2d1bc163634e5aa335072679f79c98>

Para poder distribuir las vacunas evitando los problemas geográficos propios de Colombia. Este proyecto propone el uso de un medio que sea independiente del estado vial, antes mostrado: los drones, de los cuales se profundizará a continuación.

## DRONES

Este tipo de vehículo aéreo no tripulado ofrece una gran versatilidad en cuanto a tareas por realizar. Actualmente el uso de drones ha facilitado la realización de tareas de difícil acceso, convirtiéndolos en una herramienta de trabajo utilizada en diferentes sectores y actividades.

Figure 15. Normas para que pueda pilotar un dron de forma legal.



Fuente: <https://www.asuntoslegales.com.co/actualidad/conozca-cuales-son-las-normas-para-pilotear-un-dron-de-forma-legal-27>

## CARACTERÍSTICAS ALA FIJA

Según esté equipado con motor eléctrico o de explosión, puede permanecer en el aire varias horas. Es la plataforma perfecta para trabajos que abarquen una gran extensión de terreno. Por otra parte, es el más eficiente aerodinámicamente hablando, ya que, con la configuración adecuada, puede permanecer bastante tiempo sin necesidad de utilizar el motor

gracias al planeo. Por otra parte, el hecho de poder planear hace que sea una plataforma mucho más segura, ya que en un supuesto fallo de motor puede planear hasta llegar al punto de aterrizaje. (Powered by Zima Robotics, 2018)

En la figura 16 se muestra el dron antes mencionado y la tabla 5 presenta las ventajas y desventajas de esta aeronave.

Figure 16. Dron ala fija.



Fuente: <https://elvuelodeldrone.com/drones-profesionales/drones-industriales/drone-de-ala-fija-delair-ux11/>

Table 5. Ventajas y desventajas del dron ala fija.

<b>ALA FIJA</b>			
<b>DESVENTAJAS</b>		<b>VENTAJAS</b>	
Aterrizaje y despegue	Será necesario disponer de un espacio amplio, para configurar el	Más eficiente aerodinámicamente hablando	Puede permanecer bastante tiempo sin necesidad de utilizar el motor gracias al

	despegue y aterrizaje		planeo
Son más costosos	Por lo general tienen precios más elevados que su contraparte	Planear hace que sea una plataforma mucho más segura	En un supuesto fallo de motor puede planear hasta llegar al punto de aterrizaje
Difíciles de volar	Son difíciles de operar, para el operador y al momento de configurar y hacer vuelos automáticos	Amplio rango de vuelo	Vuelan considerablemente más tiempo que los multirrotor por ciclo de batería
Menos compacto	Tienden a ser mucho menos resistentes a golpes al momento de transportarlos	Gran estabilidad	Su diseño e ingeniería les brinda gran estabilidad, sin depender de motores
Menos eficientes para mapeo	Necesitan más espacio para dar la vuelta de regreso, y no poseen la maniobrabilidad de un multirrotor		

Fuente: Elaboración propia con base en datos de <https://rentadrone.cl/multi-rotor-o-ala-fija-aprende-a-elegir/>

## CARACTERÍSTICAS MULTIRROTOR

Los multirrotores son la herramienta más extendida actualmente y la que todos al pensar en drones tenemos en nuestra mente. Proporciona una gran versatilidad y eficacia en las operaciones por su simpleza a la hora de ser pilotado y por la velocidad de montaje. Es una plataforma estable por naturaleza, debido a que los motores se encuentran a la misma distancia del centro de gravedad de la aeronave. (Powered by Zima Robotics, 2018)

En la figura 17 se muestra el dron multirrotor y la tabla 6 presenta las ventajas y desventajas de esta aeronave.

*Figure 17. Dron multirrotor.*



*Fuente: <http://www.heliceo.com/es/produits-pour-geometres/fox4-dron-multirrotor/>*

*Table 6. Ventajas y desventajas del dron multirrotor*



<b>MULTIRROTOR</b>			
<b>DESVENTAJAS</b>		<b>VENTAJAS</b>	
Rangos cortos de vuelo	Poco rango de vuelo por batería	Precios bajos	En el mercado actual, los multirrotor son más económicos que los de ala fija
Dependiente de las condiciones climáticas	La aerodinámica de este tipo de aeronaves los deja muy vulnerables a condiciones climáticas	Mejor Maniobrabilidad	Los multirrotor pueden despegar y aterrizar de manera vertical, necesitando de mucho menos espacio para tomar vuelo
		Compacto	No necesitan una superficie amplia para despegue y aterrizaje
		Fácil de usar	Para los operadores, como para programar piloto automático
		Mayor capacidad de carga (depende del dron y su tamaño)	Mayor estabilidad para el despegue y aterrizaje con carga

Fuente: Elaboración propia con base en datos de <https://rentadrone.cl/multi-rotor-o-ala-fija-aprende-a-elegir/>

Teniendo en cuenta los datos presentados del estado de vías terciarias anteriormente en el apartado de la red nacional de carreteras, el uso del dron tiene como propósito aprovechar la ventaja de un trayecto directo desde un punto de distribución (centro médico), al punto de aplicación colectiva para las poblaciones apartadas, evadiendo los contratiempos y dificultades del transporte terrestre que puede presentar el estado de las vías.

## ANTECEDENTES

La necesidad de un transporte termoestable para las vacunas, viene siendo desarrollado desde hace varios años, por ejemplo: las cajas frías de poliestireno expandido o los cuartos fríos, ambos buscan mantener la cadena de frío y permitir su almacenamiento durante un cierto periodo de tiempo.

La investigación contempla productos que permiten el mantenimiento de la temperatura ideal de las vacunas en contextos apartados de los cascos urbanos, para su análisis y comprensión, teniendo en cuenta el parentesco de necesidades relacionadas entre los productos a ver y el producto que se dispone a realizar a en este proyecto.

### INDIGO

Figure 18. Indigo.



Este recipiente, pensado para las vacunas, puede mantenerlas en su temperatura idónea cinco días sin utilizar hielo, electricidad o baterías para ello, funciona calentándose, pues si se expone a una fuente de calor, el agua introducida en el interior pasa a un compartimento separado en forma de vapor donde puede aguantar meses. (Fidalgo, 2018)

Fuente: [https://www.elplural.com/leequid/ciencia/bill-gates-presenta-indigo-una-nevera-portavacunas-que-no-necesita-hielo-ni-energia\\_130242102](https://www.elplural.com/leequid/ciencia/bill-gates-presenta-indigo-una-nevera-portavacunas-que-no-necesita-hielo-ni-energia_130242102)

## METAFRIDGE

Figure 19. MetaFridge.



Fuente: <http://metafridge.org/metafridge>

Es una nevera tradicional que puede seguir funcionando sin corriente ni energía con una autonomía de cinco días, y sus componentes electrónicos están diseñados para ser efectivos durante apagones o cortes de servicio. Además, cuando deja de funcionar, el propio refrigerador manda datos de forma remota para que un equipo la repare. (Fidalgo, 2018)

## ARKTEK

Figure 20. Arktek.



Fuente: <http://www.madrimasd.org/blogs/patentesymarcas/page/28/>

Es un contenedor con una capacidad de aislamiento muy elevada que reduce en gran medida la transferencia de calor. Es capaz de mantener refrigeradas las vacunas durante 1 mes. Tiene como objetivo la invención de tecnologías que mejoren la vida en los países en vías de desarrollo; invenciones que sean accesibles, económicas y apropiadas para las condiciones de esas regiones con escaso desarrollo. (Patentes y marcas, 2016)

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible desarrollar un dispositivo que permita el transporte, protección y conservación de la cadena de frío de vacunas de COVID-19 por medio de drones a las comunidades alejadas en Colombia, en un tiempo menor al que sería por medios terrestres?

## OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un contenedor refrigerado que mantenga una temperatura interna de entre 2°C –y 8°C y que sea transportable con drones para el envío de vacunas contra el COVID-19, a zonas apartadas de los cascos urbanos colombianos.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.1 Definir las especificaciones técnicas que debe tener el contenedor para el mantenimiento de la cadena de frío de las vacunas farmacéuticas.

1.2 Definir las tecnologías aplicables a la construcción del contenedor.

1.3 Establecer las zonas en las que se pretende implementar el envío de vacunas mediante drones.

1.4 Establecer el sistema de refrigeración ligero.

## ANÁLISIS DE ACTIVIDAD

Luego de una investigación, recopilación de datos y entrevistas, se unificó parte de esta información en un pequeño video a modo de stopmotion donde se mostró la actividad a proponer, definiendo el contexto, el punto de partida y llegada, las carga a enviar y el medio utilizado con una aproximación al producto a diseñar. Esta actividad se mantiene y más adelante fue desarrollada como servicio y contenedor.

El siguiente link permite visualizar el stopmotion realizado como primer análisis de actividad. [https://youtu.be/NZTaC7wRB\\_A](https://youtu.be/NZTaC7wRB_A)

## DETERMINANTES Y REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

A partir de la investigación anterior se contemplan los determinantes y requerimientos para el diseño del producto. Estos se pueden evidenciar en la siguiente tabla.

*Table 7. Determinantes y requerimientos*

DETERMINANTE	REQUERIMIENTO
Refrigeración	<p>Sistema que mantenga la cadena de frío constante dentro del rango de 2°-8°C.</p> <p>Componente que permita el monitoreo de la temperatura dentro del contenedor sin necesidad de abrirlo.</p> <p>Fuente de alimentación para el sistema de refrigeración.</p>

Aerodinámico	Capacidad de romper el aire de frente y disminuir la fricción generada por el mismo cuerpo.
Almacenamiento	Contención de 80 dosis por viaje.
Protección	Evitar la exposición a la luz  Evitar daños físicos producidos por la turbulencia durante el transcurso aéreo.
Estabilidad	Base que mantenga al contenedor estable durante la carga y jornada de vacunación.
Portabilidad	Agarre que permita al usuario manipularlo.  Sujeción al dron que lo mantenga seguro.
Rendimiento	Menor peso posible evitando consumir la menor cantidad posible de batería del dron.

*Fuente: Elaboración propia*



## IDENTIDAD GRÁFICA

Durante el proceso de desarrollo de producto y validaciones (véase sección “propuestas y validaciones” página 48) se llevó a cabo una evolución en la identidad gráfica del producto. Esta evolución se realizó en tres etapas, la primera se propone al finalizar el proceso de IPG (figura 21). La segunda propuesta (figura 22) se llevó a cabo al inicio de CPG en la cual se ven tres variantes de colores, una fuente ligeramente diferente y el cambio de las posiciones de los elementos, siendo elegida la opción 1 debido a las tonalidades azules frecuentemente usada en el sector de salud. La propuesta final (figura 23) cuenta con los tonos azules, su logo y slogan “servicio de distribución aérea en cadena de frío”.

*Figure 21. Primera propuesta de identidad gráfica.*



*Fuente: Elaboración propia*

Figure 22. Segunda propuesta de identidad gráfica.



Fuente: Elaboración propia

Figure 23. Identidad gráfica.

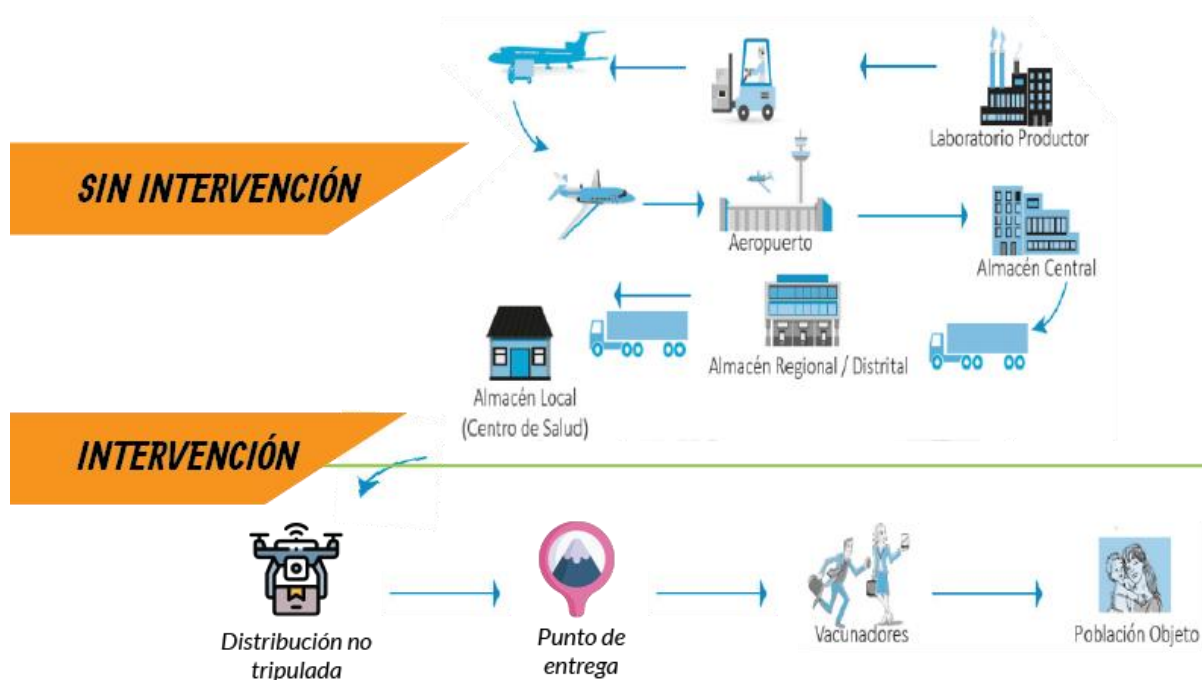


Fuente: Elaboración propia

## PRIMERA PROPUESTA SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN

En la figura 20 se muestra en la cadena de frío desde qué punto de este proceso se planea la intervención de COVIDRON, para llegar a las poblaciones que lo requieren. Retomando los niveles de la cadena de frío (nivel nacional, regional y local), en el proyecto presente el interés se centra en el nivel local debido a que abarca hospitales, clínicas, centros y puestos de salud. Cuenta con refrigeradores para mantener las vacunas por cortos periodos de tiempo (recomendable un mes). Así mismo, este nivel cuenta con cajas frías y termos porta vacunas para transportar los biológicos a los puestos de vacunación. (Organización Panamericana de la Salud, 2006) y luego de este nivel se procede a la vacunación por parte del personal médico, trasladando las vacunas en implementos térmicos impidiendo la posible pérdida de la viabilidad de la vacuna.

Figure 24. Cadena de frío intervenida.



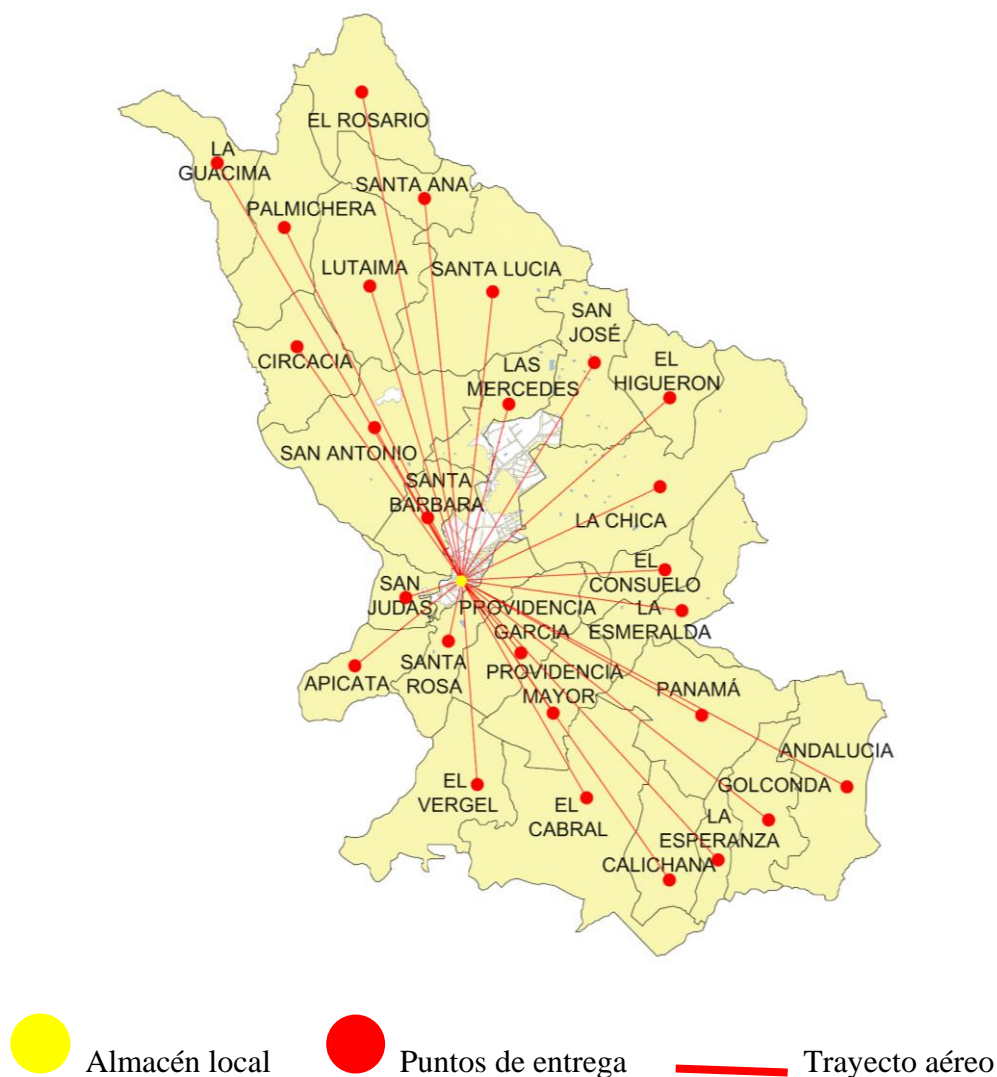
Fuente: Intervención propia con base en gráfica de

<https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GIPG06.pdf>

La intención comenzar a nivel local y no desde otro lugar es que se pueda mantener estable la temperatura requerida para las vacunas. Al llegar a este punto en particular, que tiene tiempos de almacenamiento y recursos limitados, comienza la separación de un sistema robusto y soportado a un transporte por medio de neveras portátiles y termos que mantienen la temperatura por medio de paquetes fríos en lo que pueden ser trayectos largos y calurosos. El monitoreo constante y la revisión y cambio de paquetes de frío también generan la necesidad de medio refrigerante (ejemplo una nevera) que requiere un consumo de energía mayor y estable.

El servicio comenzaría desde un punto central en Anapoima, más exactamente desde el Hospital Pedro León Álvarez Díaz, el cual ofrece el servicio de vacunación y es una entidad de carácter público. Desde esta entidad se haría el cargue de dosis de vacunas a aplicar y se enviarían a puntos intermedios de las veredas (figura22) o en su defecto los puntos equis dantes donde las poblaciones rurales muy dispersas acostumbren a reunirse.

Figure 25. Envío de vacunas por medio de drones.



Fuente: Intervención propia con base al mapa de <https://mapasyestadisticas-cundinamarca-map.opendata.arcgis.com/datasets/6e2d1bc163634e5aa335072679f79c98> e intervenido por cuenta propia.

La propuesta de valor de COVIDRON consiste en acortar el tiempo de refrigeración en este último eslabón de la cadena de frío.

Este servicio contaría con cronogramas de vacunación (teniendo en cuenta la variación en el tipo de transporte) para estas zonas con terrenos peculiares. Los vacunadores partirían sin las dosis, únicamente con los materiales que no requieren de una termo

estabilidad para su uso adecuado, y posteriormente llegaría el dron con las vacunas refrigeradas en rangos de tiempo que no superan los doce minutos, para proceder a la aplicación de la vacuna.

En cuanto al tiempo nombrado en el párrafo anterior, la cifra procede del ejercicio de promediar el tiempo que usaría un dron en el recorrido y se hizo de la siguiente manera: se ubicó el punto central de distribución (centro médico) del cual comenzaría la etapa no tripulada y el punto final de entrega. Se tomó como referente el peso aproximado de 10 kg de una nevera isotérmica de capacidad de 42 litros para transporte de vacunas y el dron Discover 2 con las capacidades de transporte máximo de 9 kg y una velocidad de 20m/s. Las distancias fueron medidas por medio de la Google maps; en línea recta y sin contar con variables climáticas para ser presentadas en la siguiente tabla.

*Table 8. Distancias y tiempos de recorrido aéreo en las veredas.*

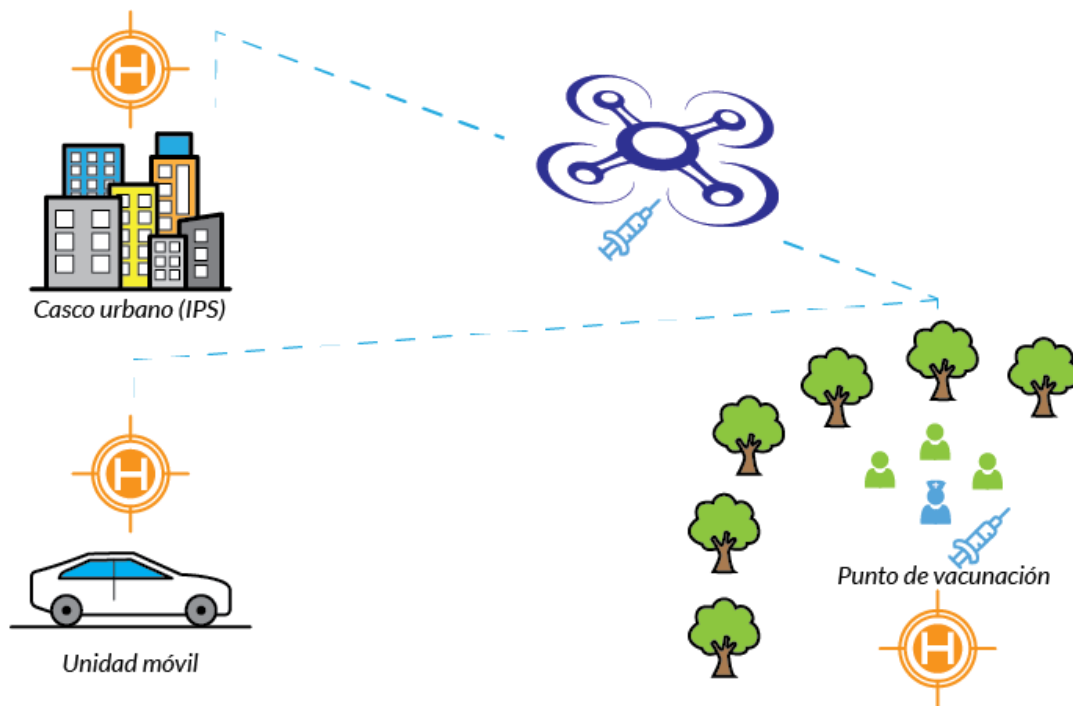
<b>NOMBRE DE LA VEREDA</b>	<b>DISTANCIA AÉREA (km)</b>	<b>VELOCIDAD(m/s)</b>	<b>TIEMPO</b>
El Rosario	9.51	20	7min 55seg
La Guacima	9.88	20	8 min 14 seg
Palmichera	8.39	20	6 min 59seg
Lutaima	7.95	20	9 min 32 seg
Santa Ana	8.18	20	9 min 48 seg
Circaia	6.16	20	7 min 23 seg
Santa Lucía	6.58	20	7 min 53 seg
San Antonio	3.7	20	4 min 26 seg
Las Mercedes	3.83	20	4 min 35 seg
San José	5.35	20	6 min 25 seg
Santa Barbara	1.05	20	1 min 15 seg

<b>NOMBRE DE LA VEREDA</b>	<b>DISTANCIA AÉREA (km)</b>	<b>VELOCIDAD(m/s)</b>	<b>TIEMPO</b>
El Higuierón	5.33	20	6 min 23 seg
La Chica	4.37	20	5 min 14 seg
San Judas	1.38	20	1 min 39 seg
El Consuelo	3.46	20	4 min 9 seg
Esmeralda	3.68	20	4 min 24 seg
Provincia García	1.76	20	2 min 6 seg
Santa Rosa	2.57	20	3 min 5 seg
Providencia Mayor	3.41	20	4 min 5 seg
Panamá	5.19	20	6 min 13 seg
Apicata	2.85	20	3 min 25 seg
El Vergel	4.86	20	5 min 49 seg
El Cabral	4.47	20	5 min 21 seg
Andalucía	7.57	20	9 min 5 seg
La Esperanza	5.68	20	6 min 48 seg
Calichana	5.83	20	6 min 59 seg
Golconda	5.49	20	6 min 35 seg

*Fuente: Elaboración propia*

En la figura (26) se puede ver cómo sería la partida desde la IPS o unidad móvil hasta el punto de vacunación con dificultades de acceso y viceversa, teniendo en cuenta los elementos periféricos propuestos que funcionan como plataformas para el despegue y aterrizaje del dron dependiendo de la necesidad que se encuentre o el punto de partida. Esto con la finalidad de facilitar al piloto de dron el manejo al momento de llegar o partir y ayudando al cuidado de este.

Figure 26. Puntos de partida.



Fuente: Elaboración propia

Para la implementación de este servicio se planteó diferentes etapas partiendo de los Lineamientos técnicos y operativos para la vacunación contra el covid-19, dispuestos por el Ministerios de Salud, en el cual se muestra una intervención en el monto de la distribución únicamente. La jornada no se vería afectada ni los papeles de los sujetos ya definidos, sin embargo, se vio la necesidad de agregar a un nuevo actor; el piloto de dron en caso de que se requiera el pilotaje manual y o haya alguien con el manejo suficiente del dispositivo para ello, previendo que haya algún accidente aéreo, con los usuarios o las vacunas.



## PROPUESTAS Y VALIDACIONES

A continuación, se mostrarán algunas de las validaciones hechas a partir de modelados 3D, maquetas análogas y comprobación de programaciones. En el primer caso permitió la elaboración de modelados para posteriormente implementar el software de simulación de aerodinámica e identificar la forma que más favoreciera al producto.

El segundo caso dio paso a la interacción con diferentes valoradores no estrictamente ligados al usuario final (en este caso un enfermero o enfermera). Sin embargo, las retroalimentaciones en cuanto a manipulación y comunicación por parte del producto ayudaron sustancialmente al desarrollo del mismo. Y, por último, el uso de programación para elementos electrónicos permitió el desarrollo del sistema de refrigeración con una disminución de peso significativo versus a los métodos tradicionales usados en termos porta vacunas.

### PROPUESTA CERO

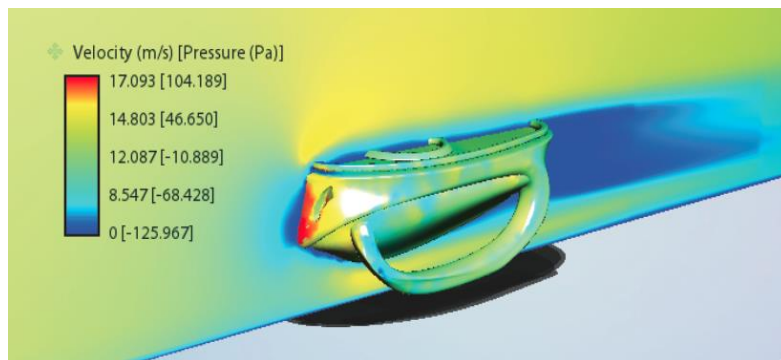
Al finalizar el proceso de IPG se propone un primer acercamiento para comprobar el comportamiento del aire a través de la forma del contenedor como puede verse en la figura 27 en cuanto a contenedor de transporte para vacunas que pretende mantener la cadena de frío y protección de la luz externa durante su trayecto.

Figure 27. Primer acercamiento formal.



Fuente: Elaboración propia. Realizado con fusion 360

Figure 28. Prueba aerodinámica de la primera propuesta



Fuente: Elaboración propia. Simulado con Flow Design

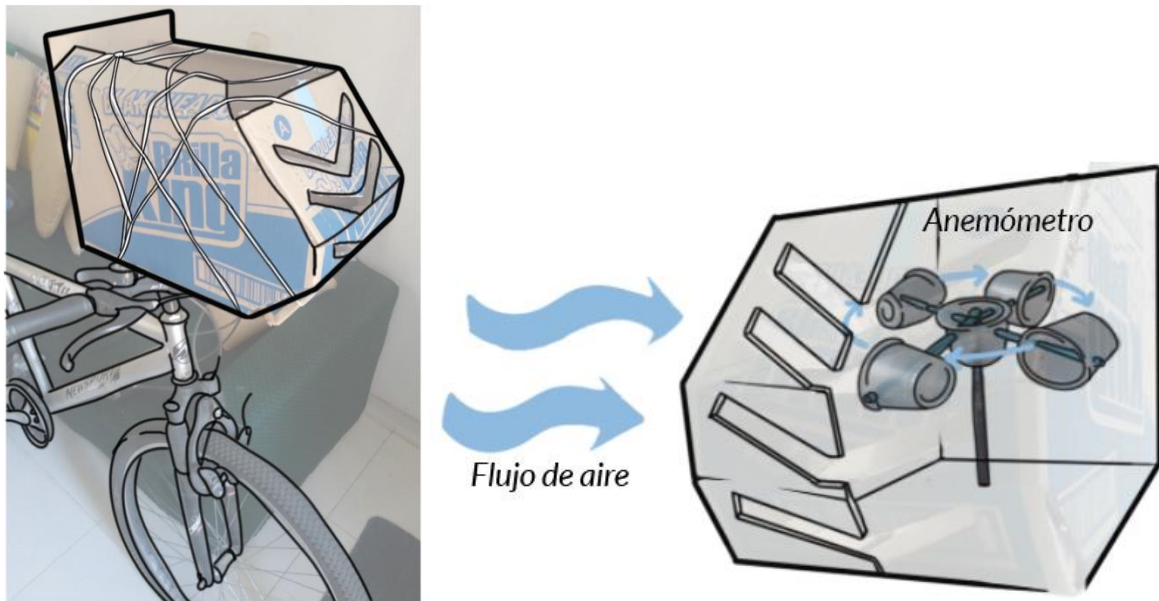
Como resultado, el contenedor presenta resistencia (sector rojo) en la parte frontal donde estarían las aperturas para el paso del aire dentro del sistema y permitir su refrigeración con menor resistencia aerodinámica de lo esperado.

## PRIMERA VALIDACIÓN Y PROPUESTA FORMAL

En esta propuesta se simuló rejillas en la parte frontal, basándose en las parrillas frontales de los carros que permiten el flujo del aire hacia el radiador, haciendo uso de un secador de cabello como fuente de aire directa y el agarre a una bicicleta para tener en cuenta

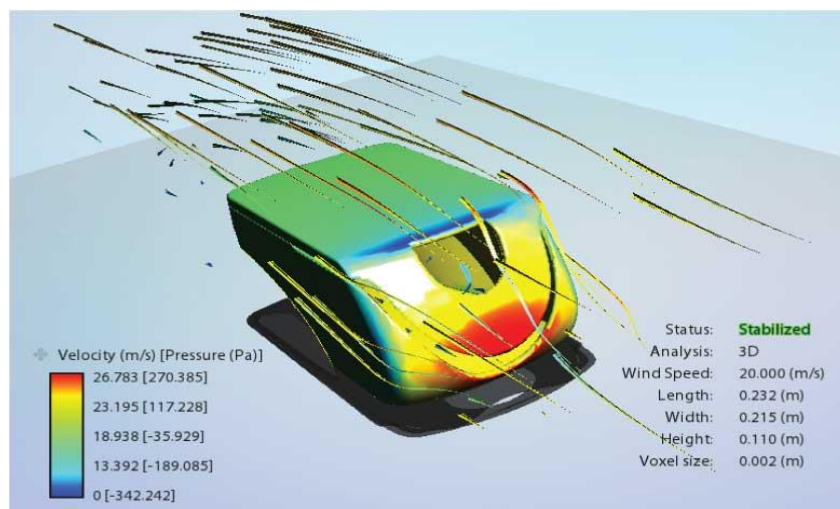
el viento que no entre de cara, con el objetivo de comprobar el acceso de aire a la parte interior del contenedor con la intención de usar el viento a favor de la refrigeración.

Figure 29. Anemómetro interno



Fuente: Elaboración propia

Figure 30. Prueba aerodinámica de la primera propuesta



Fuente: Elaboración propia

En el resultado se puede ver que el flujo de aire es capaz de hacer girar el anemómetro ubicado en la parte interna, sin embargo, no es constante y no se puede identificar con

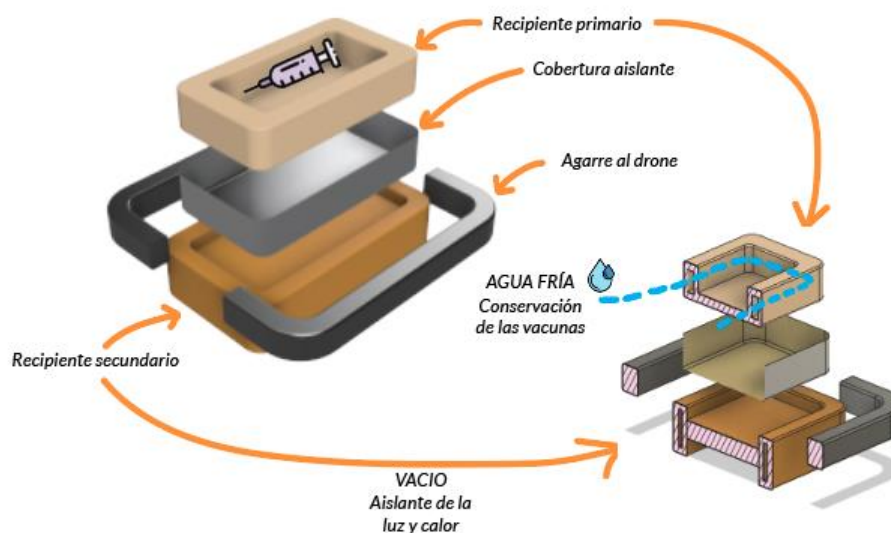
seguridad su recorrido en el interior. En contra parte, la simulación permitió identificar los puntos de presión en el contenedor y la baja predominancia de las zonas rojas.

## SEGUNDA VALIDACIÓN

En esta validación se exploró una nueva forma (figura 31) para reemplazar las unidades refrigerantes, en la cual se busca una nueva forma de refrigerante permitido (en este caso agua) con el objetivo de disminuir el peso generado por el volumen necesario para recubrir las vacunas y mantenerlas en la temperatura adecuada.



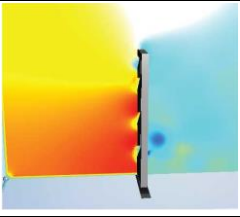
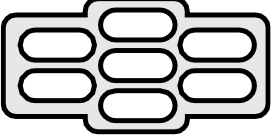

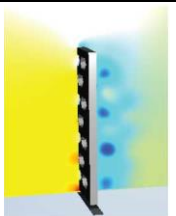
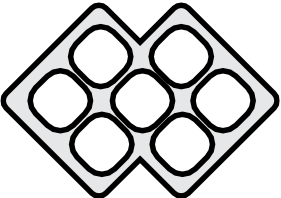

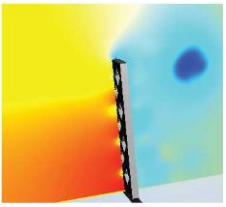
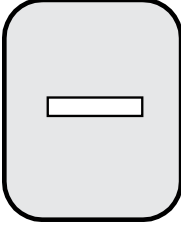

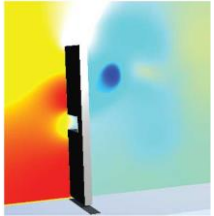
Para ello se utilizaron dos portacomidas (uno más grande que el otro). El más pequeño (recipiente primario), se posicionó dentro del grande (recipiente secundario) para usar el vacío generado por los dos para contener el agua congelada y generar una barrera de frío con una menor espesor y peso que las unidades refrigerantes, además, se cubrió con aluminio (cobertura aislante) y finalmente se colocaron diferentes patrones de rejillas (tabla 9) entre los recipientes congelados y el secador (a modo de fuente de calor y aire). Todo esto para tener una simulación análoga y posteriormente una digital.

Figure 31. Segunda validación en refrigeración



Fuente: Elaboración propia. Realizado con fusion 360

Table 9. Patrones para la rejilla

PATRÓN	MODELO	SIMULACIÓN
		
		
		
		

Fuente: Elaboración propia. Simulado con Flow design

Se pudo evidenciar en la prueba análoga el rápido derretimiento de la sección congelada entre los portacomidas en un transcurso de tiempos de dos horas y media en exposición casi directa a la temperatura de un secador normal. Esto que es solo un acercamiento a la temperatura promedio en un clima cálido, y en el caso tomado de referencia el clima del municipio de Anapoima, no significa un punto a favor para intercambiar las unidades refrigerantes por este nuevo método. Por otro lado, la simulación por medio de software reveló que la temperatura debería disminuir al pasar por la rejilla. Cosa que la versión análoga contradujo

## TERCERA VALIDACIÓN Y SEGUNDA PROPUESTA FORMAL

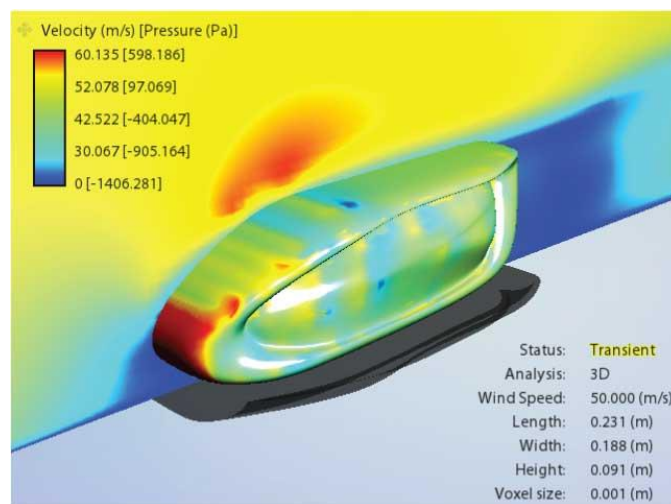
En esta propuesta se hicieron simulaciones en dimensiones de la vacuna Moderna (cajas azul y blanco) comparándolas con el tamaño del dron de referencia, para comenzar a generar un límite de dimensiones que podría cargarse en el contenedor, usando al mismo tiempo el apoyo del software de simulación para corroborar que resistencia al aire presentaría en su forma externa teniendo en cuenta la organización planteada para el interior.

Figure 32. Tamaño del dron y vacunas



Fuente: Elaboración propia.

Figure 33. Prueba aerodinámica de la segunda propuesta



Fuente: Elaboración propia. Simulado con Design Flow

Como resultado se estableció que es posible cargar como una cantidad máxima 18 paquetes. Por otro lado, la simulación muestra que la propuesta formal sigue manteniendo una baja fricción, incluso con las dimensiones propuestas.

## CUARTA VALIDACIÓN

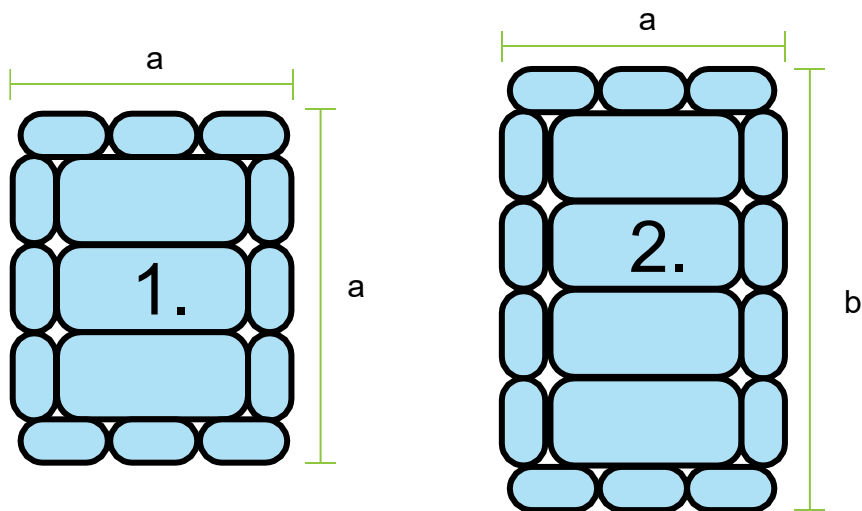
En esta propuesta se tomó en primer lugar las dimensiones y pesos de las unidades refrigerante de 400ml y 600ml (tabla 10) más comunes y usados para mantener la cadena de frío en neveras y termos porta vacunas haciendo versiones análogas con cartón corrugado y configurar posibles distribuciones en el interior del contenedor (figura 34) teniendo en cuenta que la número 1 se usa únicamente las unidades de 400ml y en la número 2 las unidades de 600ml, para posteriormente calcular el peso que necesitaría cada una, sin tener en cuenta el posible peso de la carcasa y componentes adicionales para su correcto funcionamiento en el transporte aéreo.

Table 10. Unidades refrigerantes análogas usadas

	<p><b>Unidad refrigerante de 400ml</b></p> <p>Peso cargado: 431gr</p> <p>Dimensiones: 165x95x33 mm</p>
	<p><b>Unidad refrigerante de 600ml</b></p> <p>Peso cargado: 670gr</p> <p>Dimensiones: 190x121x35 mm</p>

Fuente: Elaboración propia




Figure 34. Organización de unidades refrigerantes




Fuente: Elaboración propia



Table 11. Organización y pesos de unidades refrigerantes

<p>DISTRIBUCIÓN 1</p> 	<p>Tamaño ice pack: 400ml</p> <p>N.º ice pack: 22</p> <p>Dimensiones: 396x396x128 mm</p> <p>Peso (sin vacunas): 9482 gr</p>
<p>DISTRIBUCIÓN 2</p> 	<p>Tamaño ice pack: 400ml</p> <p>N.º ice pack: 12</p> <p>Dimensiones: 362x230x130 mm</p> <p>Peso (sin vacunas): 5172 gr</p>
<p>DISTRIBUCIÓN 1</p> 	<p>Tamaño ice pack: 600ml</p> <p>N.º ice pack: 20</p> <p>Dimensiones: 450x450x156 mm</p> <p>Peso (sin vacunas): 13400gr</p>

<p>DISTRIBUCIÓN 2</p> 	<p>Tamaño ice pack: 600ml</p> <p>N.º ice pack: 12</p> <p>Dimensiones: 450x260x14 mm</p> <p>Peso (sin vacunas): 8040 gr</p>
---	--

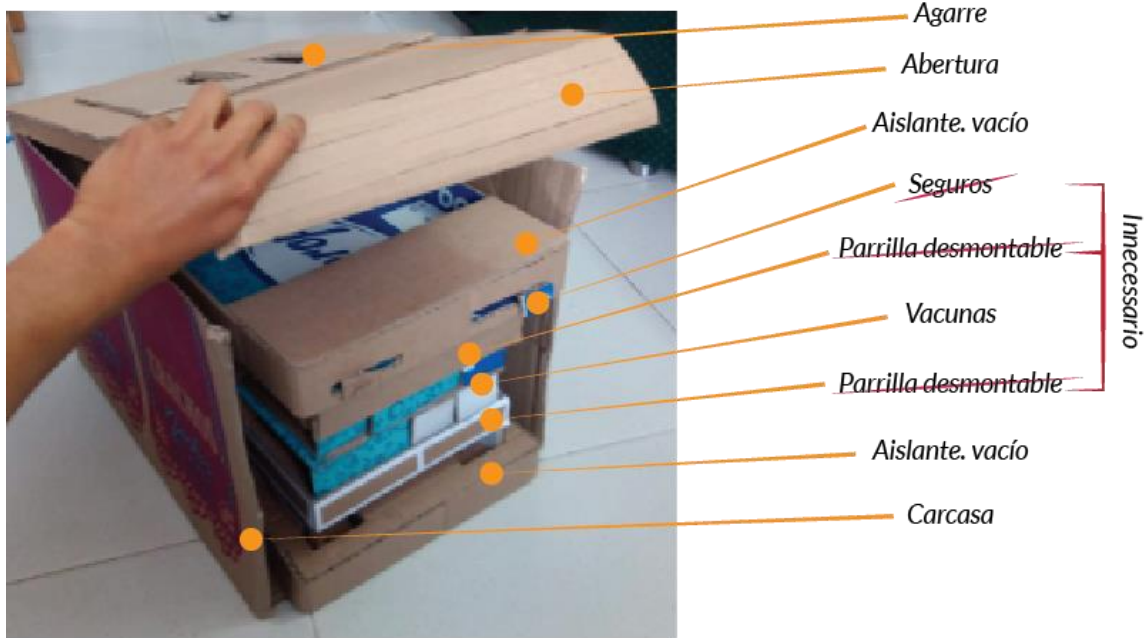
*Fuente: Elaboración propia*

El resultado mostró pesos superiores a la capacidad de transporte del dron (10kg) con solo el peso de las unidades refrigerantes, excluyendo el peso de vacunas y otros componentes como la carcasa manipulación, entre otras, sumando el peso del mismo componente. En conclusión, se establece como prioridad buscar otro método para la refrigeración y mantenimiento de la cadena de frío.

## QUINTA VALIDACIÓN Y TERCERA PROPUESTA FORMAL

Esta propuesta parte de un modelo análogo de baja resolución (figura 35) se hizo con el objetivo de mostrarla a alguien externo al proyecto en curso, con el fin de conocer su opinión del contenedor y poder acomodar las vacunas en el interior del contenedor, estando protegidas del calor y aseguradas por las parrillas desmontables de la ubicación de 120 viales de vacunas en medio del contenedor, ajustadas por las parrilladas nombradas que impidan movimientos bruscos y pérdida de las dosis en caso de turbulencia y una serie de espacios vacíos para evitar la transferencia de calor y mantener la temperatura de 2° a 8°C.

Figure 35. Tercera propuesta formal



Fuente: Elaboración propia

En los resultados se puede evidenciar que la persona externa reconocer el posible orden de ensamble luego de equivocarse en algunos pasos y comprender que partes hacían referencia a los componentes, como por ejemplo que las cajas azules y blancas eran la simulación de las vacunas. En términos técnicos se pudo concluir que las parrillas desmontables y seguros quedan catalogados como innecesarios, pero no se descarta la idea de una estructura que permita la estabilidad en caso de vibración y turbulencia durante el recorrido. Además, el contenedor es demasiado grande sin tener en cuenta el sistema de refrigeración que no se ha ensamblado en esta propuesta.

## SEXTA VALIDACIÓN

Se decidió cambiar el modo de refrigeración de las unidades refrigerantes de 400 ml a 600ml por un nuevo sistema electrónico de menor peso y la misma capacidad de enfriamiento que los ice packs anteriores. A partir de esta nueva implementación se procede a ensamblar

los diferentes componentes para conocer las dimensiones que ocuparían al momento de ser montadas en el contenedor y su papel para poder hacer funcionar este nuevo modo.

*Figure 36. Sistema de refrigeración*



*Fuente: Elaboración propia*

En el resultado se pudo ver que los componentes ocupan menos espacio y tienen menos peso que las unidades refrigerantes o ice pack utilizados con anterioridad. Presenta la misma capacidad para mantener la cadena de frío que se requiere con este tipo de vacuna y es posible programarlos de tal manera en que su auto regulación no requiera el constante monitoreo por dispositivos externos como los data logger.

## SEPTIMA VALIDACIÓN Y CUARTA PROPUESTA FORMAL

La primera parte de la validación se enfocó en la parte de ensamble del sistema de refrigeración al contenedor, modificando la capacidad de carga en términos de espacio al tener nuevos componentes tecnológicos del sistema de refrigeración que no habían sido contemplados con anterioridad hasta el momento en que se hicieron las respectivas validaciones de funcionamiento. Este sistema fue ubicado en la parte posterior del contenedor debido a la orientación del mismo para su funcionamiento.

*Figure 37. Cuarta propuesta formal*

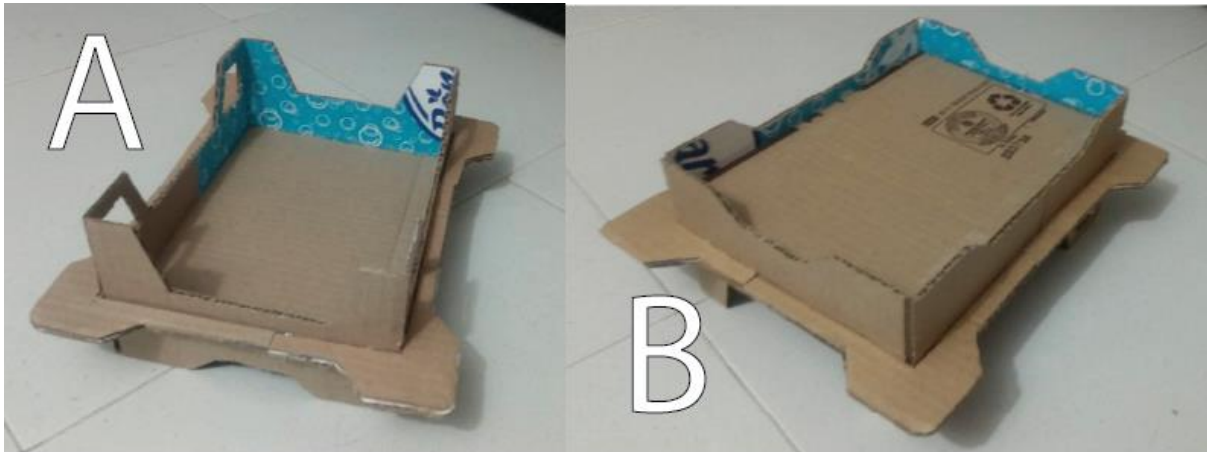


*Fuente: Elaboración propia*

Como resultado el contenedor quedó bastante largo y la parte posterior desperdicia mucho espacio. Es necesario replantear la organización de los componentes tecnológicos para disminuir longitud y nivelar los pesos.

Como segunda parte de la validación, se tuvo en cuenta la implementación de un componente que permitiera organizar y asegurar las vacunas en caso de turbulencia, por ello se propuso el siguiente elemento que fue posicionado en la parte interna del contenedor, pensado para ser extraíble y ensamblable de acuerdo a como lo desee el usuario y presenta la posibilidad de tener dos tipos de carga, donde la manera A permite mayor capacidad (4 paquetes) y la manera B la mitad (dos paquetes).

Figure 38. Primera propuesta de la bandeja interna.



Fuente: Elaboración propia

Como resultado puede verse que carece de un agarre que permita su correcta manipulación y habrá que decantarse en una sola manera de carga (A o B) para disminuir la dimensión de altura del contenedor, teniendo en cuenta la ausencia de la sujeción al dron.

## OCTAVA VALIDACIÓN

En esta ocasión se comenzó a hacer pruebas para el sistema de refrigeración teniendo los circuitos separados y empezando a integrarlos en uno solo. Los componentes tecnológicos no se han implementado en el contenedor para poder hacer futuros cambios y correcciones.

La validación quedó grabada y es posible verla por medio del siguiente link:

<https://drive.google.com/file/d/13PjELKgqS-rYB7IKiDyBrp766klf4y7w/view?usp=sharing>

Como resultado se estableció el funcionamiento en la programación del sistema en cuanto a la sensibilidad de la temperatura, donde comienza a enfriar el interior del contenedor si detectar estar sobre los 8°C y se apaga al estar cerca de los 2°C evitando la congelación de las vacunas. Sin embargo, es necesario cambiar los cables a unos más gruesos, capaces de soportar la corriente aportada por la fuente de alimentación.

## NOVENA VALIDACIÓN Y QUINTA PROPUESTA FORMAL

Como primera parte en esta propuesta se enfocó en las distribuciones internas (figura 39) para asegurar el estado de las vacunas con capacidad para transportar 80 dosis, junto a las nuevas dimensiones dadas por los componentes tecnológicos que alimentan el sistema de refrigeración, ocasionando un ajuste en las dimensiones y pesos con respecto a la propuesta interior.

*Figure 39. Posicionamiento de las vacunas dentro del contenedor*



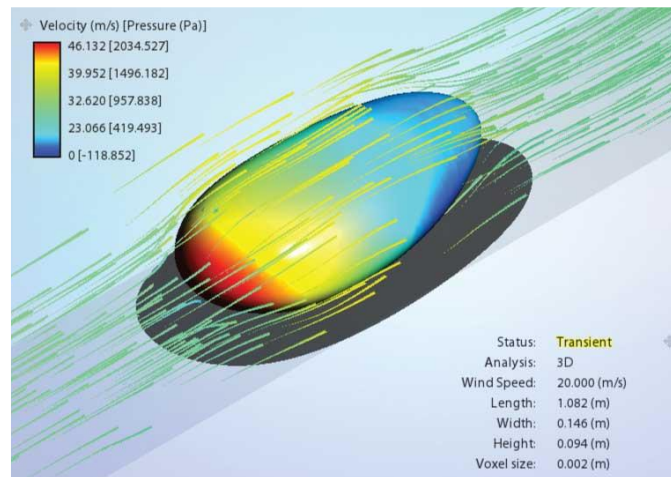
*Fuente: Elaboración propia*

*Figure 40. Quinta propuesta formal.*



*Fuente: Elaboración propia*

Figure 41. Prueba aerodinámica de la cuarta propuesta.



Fuente: Elaboración propia. Simulado con Design Flow

A partir de los resultados luego de consultar a un experto se concluyó el largo del contenedor como excesivo. No es el adecuado, pasa el largo indicado y su distribución interna puede ser disminuida un poco más sin intervenir negativamente en la aerodinámica.

En segunda parte de la validación para el modelado de la bandeja interna se partió de la implementación del diagrama Voronoi con el fin de buscar la disminución del peso, permitir el flujo del aire dentro del contenedor y refrigeración de las vacunas y la amortiguación de golpes gracias a su capacidad de absorción de las cargas, para posteriormente hacer una prueba de flujo de aire y comprobar si este patrón permite el flujo en su interior.

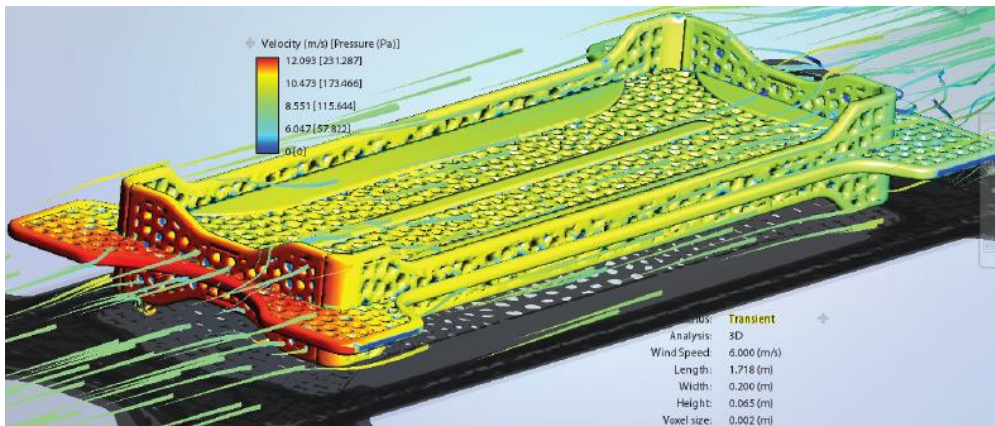


Figure 42. Segunda propuesta la bandeja interna.



Fuente: Elaboración propia

Figure 43. Flujo de aire para la segunda propuesta la bandeja interna.



Fuente: Elaboración propia. Simulado con Design Flow

Como resultado puede concluirse la posibilidad de circulación del aire dentro del contenedor y por todos lados de las vacunas, sin embargo, carece de un agarre que permita su correcta manipulación y los patrones realizados complejizan una correcta limpieza.

## DECIMA VALIDACIÓN

Se logró la programación del sistema de refrigeración con su propia fuente de alimentación recargable. Este sistema recoge los datos de la temperatura por medio del sensor

de temperatura y lo muestra en el display para facilidad del usuario. Cuando se encuentra cerca de los 2°C se apaga automáticamente para preservar lo máximo posible la energía restante y vuelve a encenderse con una temperatura mayor a 8°C, de este modo, tiene la posibilidad de autonomía de batería de 25 minutos en caso de ser usada al máximo de su capacidad lo que no será en este caso a partir de los expuesto anteriormente.

*Figure 44. Comprobación del sistema de refrigeración.*



*Fuente: Elaboración propia*

Como resultado se puede ver que el sistema de refrigeración permite el autorregularse durante 25 minutos cuando la batería se ve esforzada al máximo. En este proyecto se implementó la programación para evitar ese gasto, permitiendo que las baterías entren en funcionamiento solo cuando es requerido y puedan reservar más energía en los momentos que no sea estrictamente necesario, es decir, que se acerquen a los 2°C o 8°C, dependiendo de caso en el que se encuentre.

## DECIMA PRIMERA VALIDACIÓN Y SEXTA PROPUESTA FORMAL

La primera parte de esta propuesta se enfocó en el cambio de la posición de las vacunas poniendo un paquete encima del otro (figura 45). Este cambio permitió la disminución de las dimensiones en cuanto al largo del contenedor sin cambiar la capacidad de transporte total de 80 viales de vacunas en cadena de frío.

Figure 45. Cambio de posicionamiento de las vacunas dentro del contenedor



Fuente: Elaboración propia

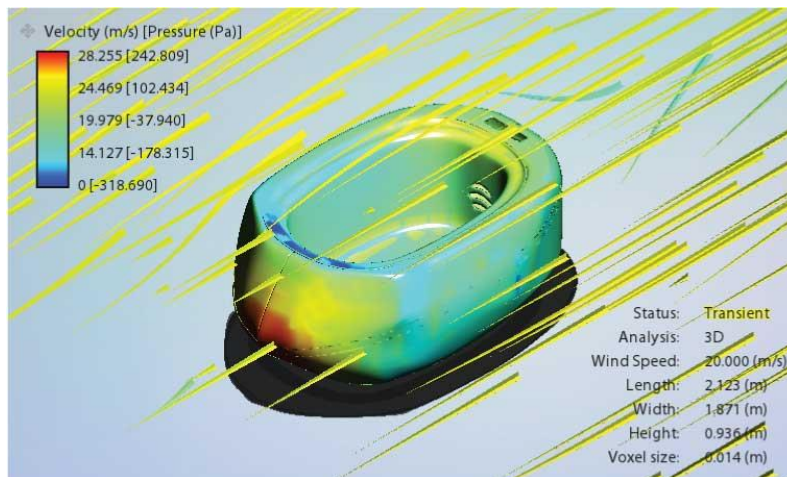
En primer lugar, se usó el modelado digital para el posterior uso de la simulación de aerodinámica. El color naranja se usó como prueba para establecer las zonas en las cuales podría ir las tonalidades del contenedor, pero no es el color definitivo.

Figure 46. Sexta propuesta formal.



Fuente: Elaboración propia

Figure 47. Prueba aerodinámica de la sexta propuesta



Fuente: Elaboración propia. Simulado con Design Flow

En conclusión, de esta simulación, la aerodinámica no se vio afectada negativamente con el aumento del alto del contenedor ya que la zona roja no predomina en la simulación se decide proseguir con estas dimensiones para la propuesta final de proyecto de grado.

En segunda instancia también se tuvo en cuenta una posible manipulación por parte del usuario y al mismo tiempo permitiera el anclaje al dron para su transporte, por ello, se llegó a esta propuesta donde el usuario puede conectar ambos lados del agarre para formar la empuñadura. Cabe aclarar de la posibilidad del punto de anclaje del dron de referencia, el cual permitiría deslizar el contenedor por los orificios circulares que permiten la unión para la manipulación

Figure 48. Sexta propuesta del contenedor con sujeción.

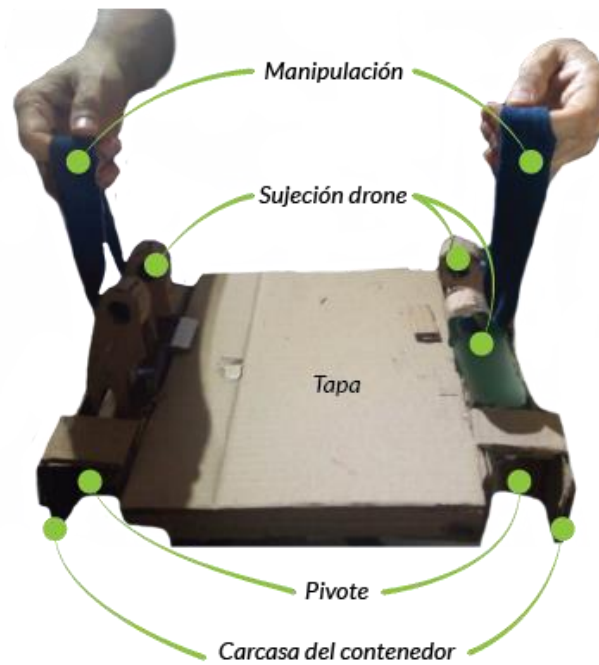


Fuente: Elaboración propia

A partir de esta validación se establece la necesidad de re diseñar la sujeción y manipulación, en cuanto a longitud y tamaño con tal de evitar el efecto palanca durante la etapa aérea y evitar el gasto de batería.

## DECIMA SEGUNDA VALIDACIÓN

En esta propuesta se usó una maqueta de la sección superior comprendida del contorno del contenedor donde encaja la tapa, la tapa del contenedor, los pivote para la sujeción del dron, la sujeción del dron y manipulación para el usuario. Esto con el objetivo de establecer una doble sujeción de manera segura y cómoda, por ello, se buscó a una persona externa para que lograra identificar la idea de esta propuesta, luego de hacer una breve introducción al proyecto y una contextualización a que sección del contenedor se le estaba presentando para su validación.



Se propone una secuencia para poder bloquear la tapa con el sistema de sujeción en el momento de etapa aérea y cuando sea transportado por el usuario.

Figure 49. Secuencia de desbloqueo de la tapa (de izquierda a derecha)



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado pudo verse que el usuario no identificó de primera mano la intención de separar la sujeción para poder acceder al contenedor. Por ello se siguieron sus consejos. Y se hizo una segunda propuesta con unas ranuras paralelas al módulo que resaltarán para poder indicar la interacción en este punto. Además de establecer un relieve con la aglomeración de

dos niveles de cartón corrugado para asemejar donde encajarían la parte interna del módulo de sujeción (figura 50) al dron por medio de presión

*Figure 50. Módulo de sujeción*



*Fuente: Elaboración propia. Renderizado con Fusion 360*

Como resultado final para la sujeción se propone el módulo con las ranura o patrón en la parte superior del mismo de manera que pueda dejarse la señal de interacción con el objeto. Hay cuatro de estos módulos distribuidos por el contorno del contenedor a modo de asegurar que la tapa no se desprenda y se pueda repartir el peso de carga.

## PROPUESTA FINAL

Como propuesta final se llega a un producto con la capacidad de autorregularse en términos de temperatura dentro del rango de 2°C a 8°C para mantener la cadena de frío específica trabajada, este sistema permite su monitoreo por medio del sensor de temperatura cuyos datos son traducido de manera visual al display en la parte posterior del sistema. El producto es puesto en las siguientes figuras.

Figure 51. Producto final COVIDRON



Fuente: Elaboración propia. Renderizado con VRED

Figure 52. Interior del contenedor COVIDRON



Fuente: Elaboración propia. Renderizado con VRED



Figure 53. COVIDRON



Fuente: Elaboración propia. Renderizado con Fusion 360

Figure 54. COVIDRON



Fuente: Elaboración propia. Renderizado con Fusion 360

La propuesta final reunió las características nombradas y especificadas en la tabla a continuación, con la finalidad de exponerlas de manera sencilla y rápida como se suelen mostrar para las neveras portátiles en el mercado actual.

Table 12. Características COVIDRON

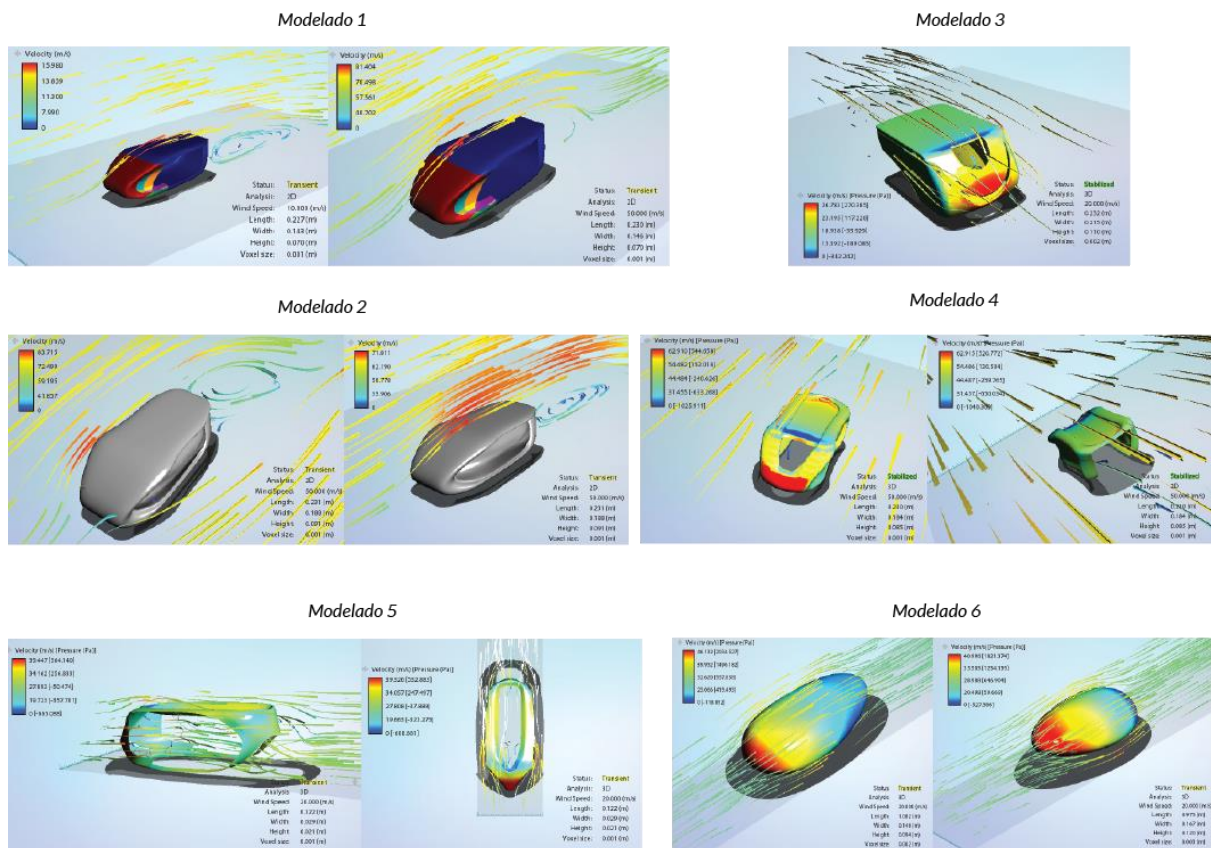
PESO CARGA COMPLETA	5,6 k
MATERIAL SUPERFICIE EXTERNA	Polietileno de alta densidad
MATERIAL SREVESTIMIENTO INTERNO	Poliestireno de alto impacto
MATERIAL DE AISLAMIENTO	Vacío
ESPEJOR DE AISLAMIENTO	25-32 mm
DIMENSIONES EXTERIORES	480x280x160 mm
DIMENSIONES INTERNAS	258x189x134 mm
DIMENSIONES DE ALMACENAMIENTO DE VACUNAS	184x124x110 mm
TIPO DE APA Y FIJACIÓN	Desmontable
NÚMERO DE BOLSAS DE HIELO REQUERIDAS	Ninguna
NÚMERO DE BOLSAS DE HIELO SUMINISTRADAS	Ninguna
TIPO DE BOLSA DE HIELO:	Ninguna
VOLUMEN DE LA BOLSA DE HIELO:	Ninguna

Fuente: Elaboración propia.

# VERIFICACIÓN DE AERODINÁMICA

Durante el proceso de diseño se usó en paralelo software que permitieran la visualización del comportamiento del viento a través del contenedor, comprobando y buscando la menor resistencia presentada durante el transporte aéreo. En la siguiente figura se presentan algunas variaciones de formas teniendo en cuenta la velocidad de 20 m/s por parte del dron y una corriente de aire de cara al sistema.

Figure 55. Modelado y comprobación de aerodinámica



Fuente: Elaboración propia. Simulado con Design Flow

## IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS

El servicio de distribución visto desde los lineamientos técnicos y operativos para la vacunación contra el covid-19, dispuestos por el Ministerios de Salud, presenta un equipo con sus respectivos actores y actividades a realizar durante las jornadas de vacunación mostradas en el apartado anterior (véase “identificación de usuarios” página75). A partir de estos lineamientos y equipos, se plantea la integración de un sexto miembro designado como piloto de dron, el cual es resaltado en color verde en la siguiente figura.

Figure 56. Integración al equipo del Ministerio de Salud



Fuente: Elaboración propia con base a

<https://comunicaciones.segurossura.com.co/covid19/Contenidos/Vacunacion/Aspectos-y-lineamientos-tecnicos/Lineamientos-tecnicos.pdf><https://www.elheraldo.co/barranquilla/los-cinco-que-estaran-en-cada-equipo-de-la-vacunacion-792819>

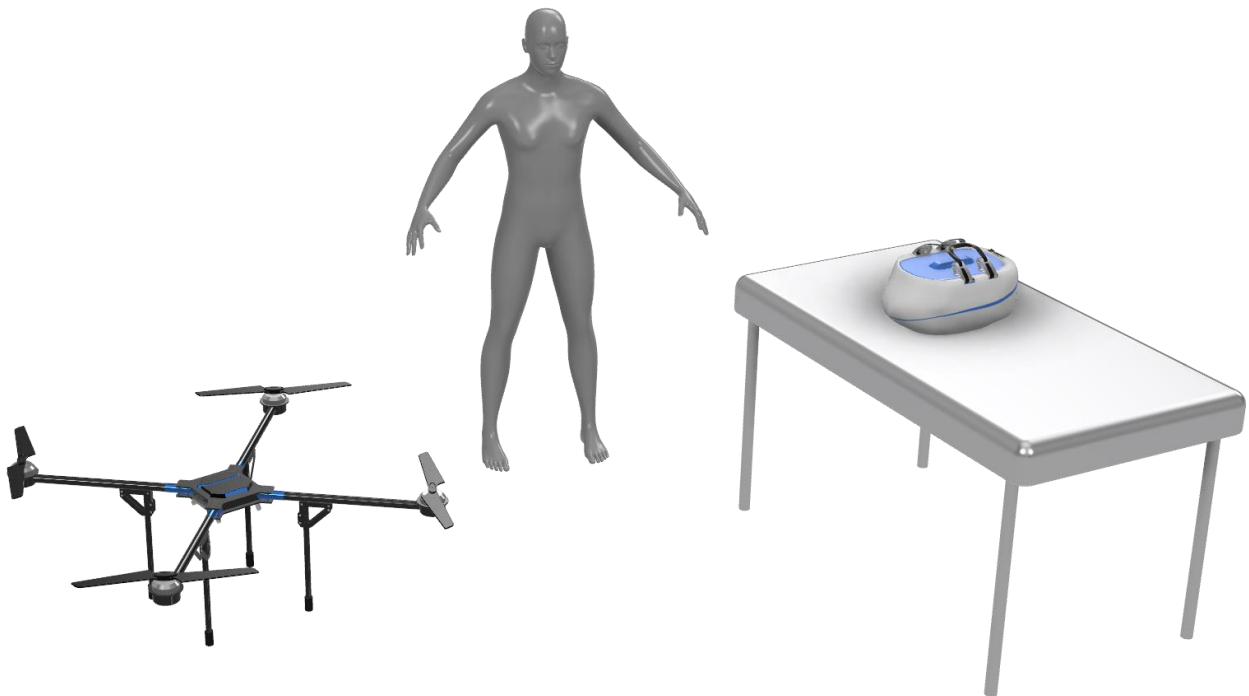
El nuevo integrante catalogado como “piloto” y resaltado de tonalidad verde en la figura anterior, tiene como tarea el pilotaje y programación del dron dependiendo del caso que sea necesario. Por otro lado, de los miembros de este equipo el actor con más interacción con las vacunas y el contenedor es el vacunador, el cual, se encuentra resaltado en una

tonalidad de morado. Este personaje llevará a cabo la manipulación del contenedor, cargándolo desde que el dron aterriza a la zona de vacunación y su posterior revisión de temperatura y daños físicos del contenido de este. Por ello se establece como usuario final y se lleva a cabo un análisis ergonómico y de actividad más detallado en el siguiente apartado.

## ACTIVIDAD

Para la secuencia de actividad propuesta en COVIDRON se tiene como referencia la figura humana de una altura de 1,70 m. En la siguiente figura se muestran los dos dispositivos y la figura humana con sus respectivas proporciones 1:1.

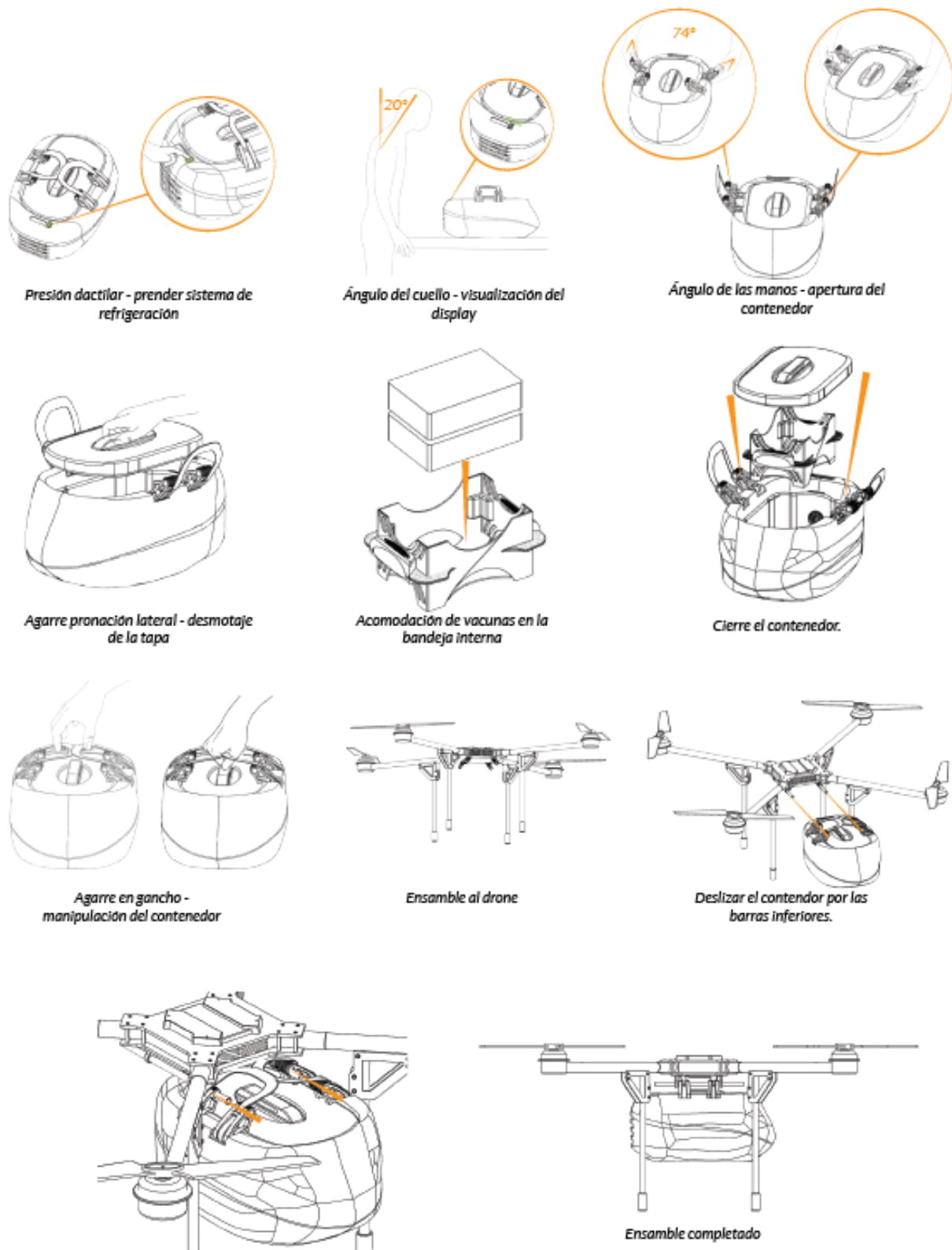
*Figure 57. COVIDRON y figura humana*



*Fuente: Elaboración propia. Renderizado con fusion 360.*

La actividad se encuentra definida por el servicio planteado (vease “servicio de distribución final COVIDRON” página 78), por ello se muestra cierta secuencia seleccionada entre el prender el contenedor, introducir las vacunas y ensamblarlas al dron.

Figure 58. Actividad

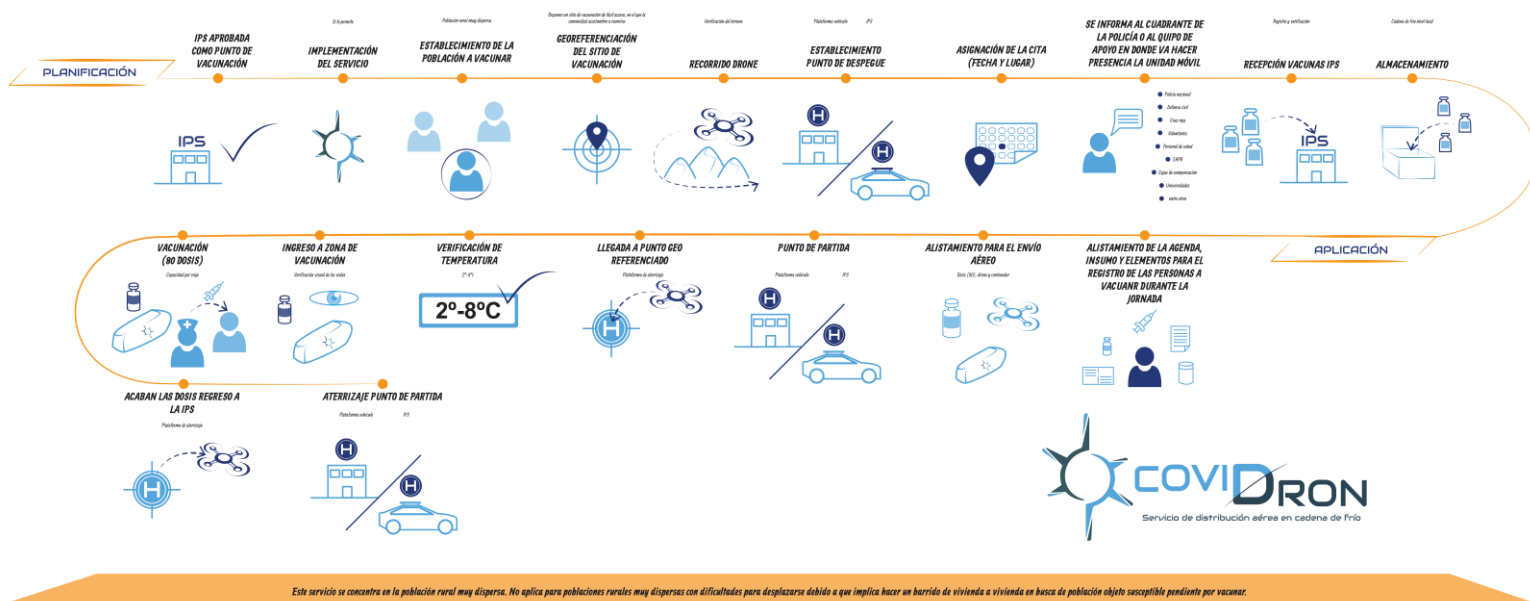


Fuente: Elaboración propia.

# SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN COVIDRON FINAL

Luego de haber mostrado los actores y tareas a realizar es posible el desarrollo de blueprint con los sus integrantes en este equipo la jornada vacunación. (Véase anexos “blueprint COVIDRON”). De manera sencilla se muestra en la siguiente figura el servicio planteado revelando las principales fases sin tener en cuenta los actores reflejados en el blueprint antes mencionado.

Figure 59. Servicio de distribución COVIDRON final.



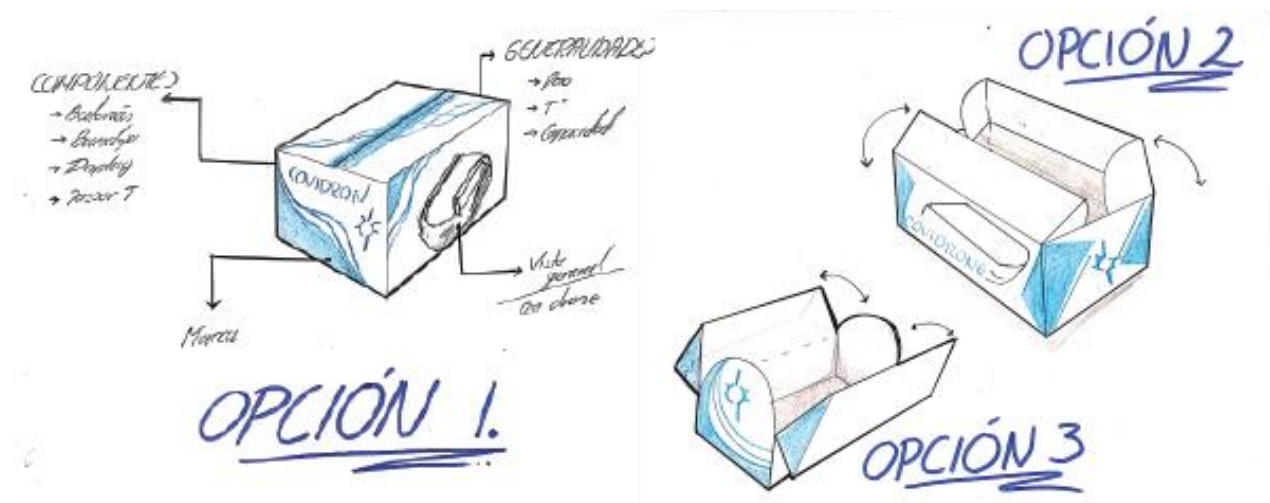
Fuente: Elaboración propia. Este servicio se centra en la población rural muy dispersa.

Para verlo a detalle véase en anexos “servicio de distribución COVIDRON”. Además, teniendo en cuenta la característica de concentrarse en la población rural muy dispersa. No aplica para poblaciones rurales muy dispersas con dificultades para desplazarse debido a que implica hacer un barrido de vivienda a vivienda en busca de población objeto susceptible pendiente por vacunar.

## EMPAQUE

Llegado al producto final se tuvo un proceso inicial de bocetación como acercamiento al empaque final como se puede ver en la siguiente figura, donde se escogieron tres opciones en las cuales variaba el modo de apertura, pero no la información expresada en la opción 1, como lo es la mención de los componentes (baterías, bandeja, display y sensor de temperatura) generalidades (temperatura, capacidad y peso) presentados en la siguiente figura.

Figure 60. Propuesta de empaques.



Fuente: Elaboración propia.

De las opciones anteriores se escogió la primera en cuanto a apertura y ubicación de la información con leves variaciones de la misma y la ubicación de poliestireno expandido alrededor del dispositivo a modo de embalaje y protección del mismo. Cabe aclarar que en las siguientes figuras aparecen dos componentes (cargador y manual) que fueron proyectados como periféricos (véase “elementos periféricos” página 81) a COVIDRON, pero no hacen parte del alcance del proyecto (véase “alcance del proyecto” página 80)

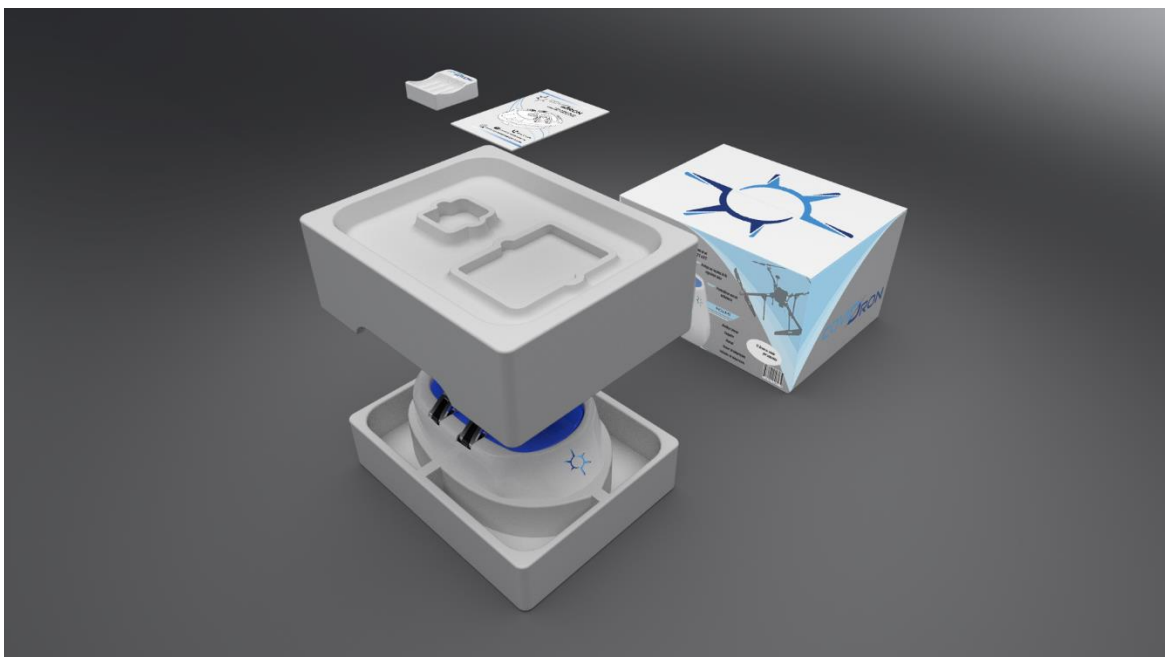


Figure 61. Empaque COVIDRON



Fuente: Elaboración propia.

Figure 62. Embalaje COVIDRON



Fuente: Elaboración propia. Renderizado con VRED

Figure 63. COVIDRON



Fuente: Elaboración propia. Renderizado con VRED

## ALCANCE DEL PROYECTO

El desarrollo alcanzado de COVIDRON presenta tanto funcionalidades como limitaciones, la cuales son expresadas en las siguientes dos tablas respectivamente.

*Table 13. Alcance del proyecto*

<b>PLANTEAMIENTO EN SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN</b>	Dentro del proyecto se plantea la etapas y acciones a desarrollar COVIDRON a partir del desarrollo del contenedor refrigerado transportable por dron. Interviniendo en el plan de vacunación contra el COVID-19 establecido por el Ministerio de Salud.
<b>CADENA DE FRÍO</b>	El contenedor mantiene el rango de temperatura de 2°C – 8°C permitiendo la viabilidad de las vacunas dentro de esas especificaciones dadas por la farmacéutica.
<b>AERODINÁMICA</b>	El producto presenta una baja resistencia de cara al viento. Esto permite al dron ahorrar un porcentaje de batería al tener un elemento demás que no restrinja su propia aerodinámica.
<b>TRANSPORTE POR DRON</b>	La sujeción al dron permite su transporte, permitiendo su ensamble y desensamble.
<b>MONITOREO DE TEMPERATURA</b>	Permite el monitoreo de la temperatura dentro del rango especifico sin la necesidad de otros dispositivos o abrir el contenedor para poder verificar el estado de la misma.
<b>AUTOREGULACIÓN DE TEMPERATURA</b>	No requiere la constante verificación de la temperatura gracias a su sistema de detecciones de rangos programados para

	no sobrepasar los límites requeridos para mantener la viabilidad de las vacunas.
<b>PROTECCIÓN DE DAÑOS FÍSICOS</b>	Las vacunas se encuentran rodeadas por una serie de espacios vacíos gracias al diagrama de Voronoi que permite la absorción de choques.
<b>PROTECCIÓN DE LA LUZ</b>	La carcasa, contenedor interno y tapa impiden la exposición a la luz contrarrestando el envejecimiento, que presentan estos medicamentos al verse expuestos a las fuentes lumínicas.

*Fuente: Elaboración propia.*

*Table 14. Limitaciones del proyecto*

<b>LIMITACIÓN AL DESARROLLO DEL CONTENEDOR</b>	El desarrollo de este proyecto se contempló con la única finalidad de desarrollar el contenedor con las capacidades de refrigeración y transporte. La intervención a otros dispositivos como por ejemplo el dron no se ve contemplada en este producto.
<b>CADENA DE FRÍO DE 2°C – 8°C</b>	La temperatura comprende la programación de los 2°C a 8°C. No tiene en cuenta rangos como -25°C a -158°C o menores necesaria en otras vacunas.
<b>CANTIDAD DE LAS VACUNAS</b>	La cantidad permitida por transporte es de dos paquetes, cada uno de 80 viales de monodosis de 0,5ml. El transporte para la variabilidad o adecuaciones de tamaños no hace parte del desarrollo del producto.
<b>DRON</b>	El dron se vio como medio de transporte para el contenedor, por lo tanto, no se desarrolló ni planeo intervenir en el mismo en ningún momento.

<b>VACUNACIÓN A LA POBLACIÓN</b>	COVIDRON permite una distribución rápida y eficaz a zonas apartadas, pero no contempla hacerse participe en la vacunación de manera activa más allá de mantener la cadena de frío durante el tiempo de la jornada.
<b>MONITOREO TIEMPO REAL</b>	El monitoreo no comprende ningún componente de GPS en tiempo real usado actualmente en el mercado.
<b>MANEJO DE RESIDUOS</b>	El servicio de distribución se centra en el envío de vacunas de un punto A al punto B sin intervenir o hacer partícipe de los residuos como jeringas, viales, entre otros.
<b>CONTEXTO RURAL</b>	Debido a la flexibilidad en normativa de drones y elección de contexto, COVIDRON se desarrolló y planteó a partir del municipio de Anapoima con la intención de replicarlo en otros escenarios alejados de los cascos urbanos.
<b>ELEMENTOS PERIFÉRICOS</b>	Los elementos proyectados fueron propuestos a medida que se desarrolló el proyecto sin intención de llegar a concretarlos a detalle.


*Fuente: Elaboración propia.*

Dentro de las limitaciones descritas, la última corresponde a “elementos periféricos”. De estos se hablará a continuación como dispositivos proyectados como parte de la familia de productos, pero no concretados durante el proyecto.

## ELEMENTOS PERIFÉRICOS

Se tiene en cuenta ciertos dispositivos propuestos para el cumplimiento y desarrollo de la labor del producto como por ejemplo la alimentación de la fuente de energía, protección y transporte. Sin embargo, por limitaciones de tiempo para poder desarrollarlos correctamente, se dejan proyectados con tareas y lugares de uso específico a favor de alargar la vida útil de los dispositivos. Esto se puede ver en las siguientes tablas:

*Table 15. Componente proyectado COVIDRON*

<b>CARGADOR PROYECTADO</b>	<b>FUNCIÓN</b>
	<p>Teniendo en cuenta que el sistema de COVIDRON funciona a partir de la energía de las baterías, es necesario tener un cargador que pertenezca a la misma familia de productos y haga parte de los componentes integrados en la primera compra.</p>


*Fuente: Elaboración propia.*

Table 16. Componente proyectado COVIDRON

PISTA DE ATERRIZAJE MÓVIL PROYECTADA	FUNCIÓN
	<p>Esta pista se propone con el fin de tener una superficie anclada al techo del móvil y permitir desde aquí un punto de partida del dron sin tener interferencia generada con el carro. Además, presenta la posibilidad de comenzar la etapa aérea de una zona mas cerca al punto de vacunación, en caso de encontrarse a un distancia considerable.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Table 17. Componente proyectado COVIDRON

PISTA DE ATERRIZAJE PLEGABLE PROYECTADA	FUNCIÓN
	<p>El kit de plataforma plegable de aterrizaje y partida parte de la necesidad de cuidar el dron del polvo generador por los rotores y un punto distintivo de aterrizaje. Este kit propone su propio medio transporte (forro negro) el cual permite cargar la pista, estacas y adhesivos reflectivos.</p>

Fuente: Elaboración propia

## CONCEPTO DE DISEÑO

Para explicar el concepto de diseño donde reside el valor más importante, se trae a colación el segmento de clientes y la propuesta de valor trabajada para identificar en primera instancia el arquetipo de un usuario, sus alegrías, frustraciones y trabajos, como también los creadores de beneficios, productos y servicios y atenuadores de molestias.

Figure 64. Segmento de clientes.



Fuente: Elaboración propia.



Figure 65. Propuesta de valor.





Fuente: Elaboración propia

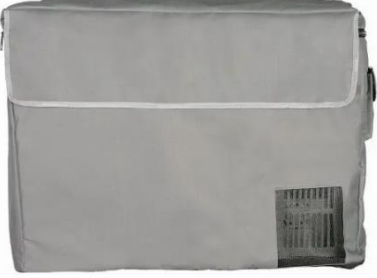
Teniendo en cuenta estas figuras de propuesta de valor y segmento de clientes, además del alcance del proyecto. Se puede decir que la primera propuesta de valor de COVIDRON nombrada en “primera propuesta servicio de distribución” en la página 44, la cual consiste en acortar el tiempo de refrigeración en este último eslabón de la cadena de frío, también aporta a las características tomadas en la figura de segmento de cliente, ya que COVIDRON responde a la solución de las frustraciones, específicamente a que acceso a los lugares alejados de los cascos urbanos evitando los altos precios de las ciudades en temas de salud, el evitar los pagos requeridos por el transporte y los tiempos que estos requieren para poder llegar a su destino. Esto gracias a la implementación del dron en contenedor desarrollado y el servicio de distribución a zonas rurales o de difícil acceso.

## PLAN DE PROTOTIPADO FINAL

A partir de una búsqueda en el mercado con las características de neveras portátiles digitales para material biomédico (imagen 1 en la tabla 18) y neveras refrigerantes para el transporte de comidas (imagen 2 y 3 en la tabla 18) con las características parecidas a COVIDRON. De esta forma se hizo una comparación entre los precios de estas mostrados en la siguiente tabla. Cabe aclarar que el servicio de transporte y distribución por dron actualmente está limitado a ciertas empresas con permisos legales y capacidades de producción para contenedores de dron, haciendo esto que no pueda compararse específicamente el precio del contenedor desarrollado con uno en el mercado.

*Table 18. Neveras portátiles refrigerantes.*

NEVERA	PRECIO
	\$1.661.327
	\$2.587.000

	<p>\$547.800</p>
---	------------------

Fuente: elaboración propia con datos en base a [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-595948168-nevera-congelador-portatil-con-compresor-evercool-33-litros-JM?searchVariation=69202480105#searchVariation=69202480105&position=34&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=b94d1089-36c1-43e5-b8ae-5aab12309f9c](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-595948168-nevera-congelador-portatil-con-compresor-evercool-33-litros-JM?searchVariation=69202480105#searchVariation=69202480105&position=34&search_layout=stack&type=item&tracking_id=b94d1089-36c1-43e5-b8ae-5aab12309f9c)  
[https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-614259562-refrigerador-de-almacenamiento-de-insulina-para-vacunas-ref-JM#position=5&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=9da160c3-b8b5-404f-91e0-50b1f638754d](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-614259562-refrigerador-de-almacenamiento-de-insulina-para-vacunas-ref-JM#position=5&search_layout=stack&type=item&tracking_id=9da160c3-b8b5-404f-91e0-50b1f638754d)  
[https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-619236286-bolsa-de-transporte-aislado-para-la-nevera-portatil-65-JM#position=22&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=1062747d-9737-46d6-af55-71c109f3d1af](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-619236286-bolsa-de-transporte-aislado-para-la-nevera-portatil-65-JM#position=22&search_layout=stack&type=item&tracking_id=1062747d-9737-46d6-af55-71c109f3d1af)

El plan de prototipado estableció los costos y posible precio total de COVIDRON, teniendo en cuenta los componentes tecnológicos encargados de mantener, autorregular y alimentar el sistema de refrigeración, los materiales usados para la realización del contenedor con los materiales permitidos por la Organización Mundial de la Salud y el dron usado de referente para el transporte de las vacunas. Además, se incluyeron los pesos para establecer el peso final que llevaría el dron.

Table 19. Precio COVIDRON sin dron

<b>COMPONENTES TECNOLÓGICOS</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PRECIO</b>
Paquete tecnológico	930 gr	\$179,290
<b>CONTENEDOR</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PRECIO</b>
Contenedor	4341	\$614,000
<b>COVIDRON</b>	<b>PESO TOTAL (gr)</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
-	5690	\$794,000

Fuente: Elaboración propia

Table 20. Precio COVIDRON con dron

<b>DRON</b>	<b>CAPACIDAD MÁXIMA DE CARGA</b>	<b>PRECIO</b>
Discover 2	9Kg	\$27,343,001
<b>COVIDRON</b>	<b>PESO TOTAL (Kg)</b>	<b>PRECIO TOTAL (contenedor + dron)</b>
-	5,6	28,137,000

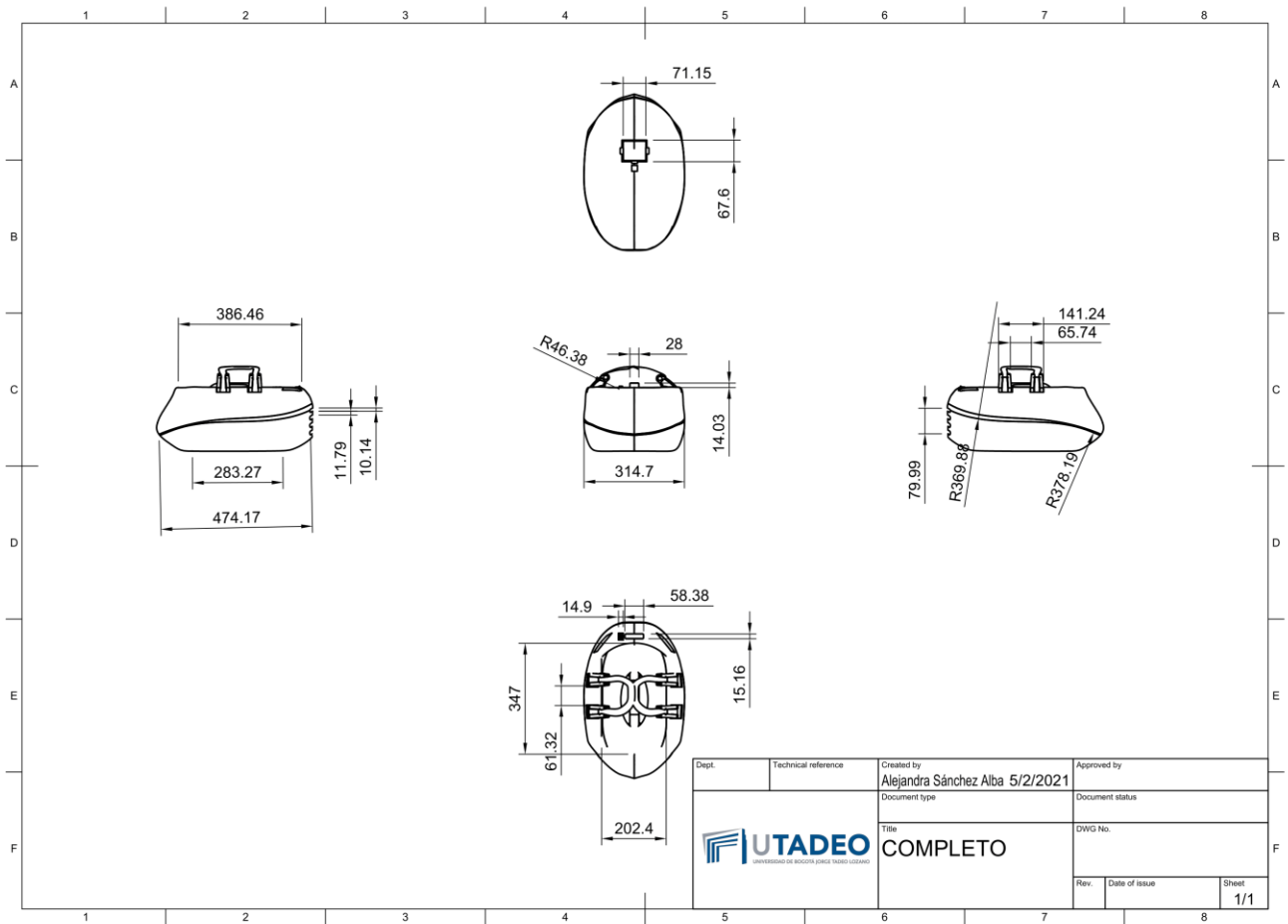
Fuente: Elaboración propia

# PLANOS

A continuación, se mostrarán las medidas generales y del contenedor COVIDRON.

Los planos detallados se encuentran en la sección de anexos “planos técnicos”.

Figure 66. Planos generales COVIRON.



Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. COVIDRON permite transportar material térmicamente sensible de manera segura y monitoreada. El contenedor desarrollado mantiene la cadena frío requerida para la viabilidad de las vacunas entre los 2°C-8°C, cumpliendo con los materiales que permite la OMS para el transporte de este material.
2. El uso que hace COVIDRON de las tecnologías para la refrigeración con menor peso a los refrigerantes tradicionales, presenta tanto la oportunidad de un envío aéreo rápido a zonas de difícil acceso como el aumento de la autonomía de la batería del dron, sin comprometer la aerodinámica del sistema completo.
3. El tiempo de transporte de las vacunas por vía aérea es comparativamente menor que el transporte por vía terrestre.

## BIBLIOGRAFÍA

- Caracol Radio. (2020). *Proyecto que garantizaría gratuidad en vacuna COVID, a un debate de ser ley*. [https://caracol.com.co/radio/2020/11/25/politica/1606282268\\_451785.html](https://caracol.com.co/radio/2020/11/25/politica/1606282268_451785.html)
- Castilla, J. D. (2018, enero 11). *Conozca cuáles son las normas para que pueda pilotear un dron de forma legal*. <https://www.asuntoslegales.com.co/actualidad/conozca-cuales-son-las-normas-para-pilotear-un-dron-de-forma-legal-2788821>
- El Espectador. (2020). *Colombia fabricó y exportó vacunas. ¿Podrá volver a hacerlo?* <https://www.elespectador.com/noticias/salud/colombia-fabrico-y-exporto-vacunas-volvera-a-hacerlo/>
- EL MUNICIPIO DE ANAPOIMA. (s. f.). <https://www.municipio.com.co/municipio-anapoima.html>
- FCDS Conservación y desarrollo. (2019). *COMUNICADO – ¿CÓMO AFRONTAR LOS PROBLEMAS QUE GENERA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS EN LA AMAZONIA COLOMBIANA?* <https://fcds.org.co/comunicado-como-afrontar-los-problemas-que-genera-la-construccion-de-vias-en-la-amazonia-colombiana/>
- Fernández Novo, I. (2020). *Millones de «cajas de pizza» en hielo seco: La compleja producción masiva de la vacuna de Pfizer*. [https://www.niusdiario.es/ciencia-y-tecnologia/ciencia/millones-cajas-pizza-hielo-seco-dificultades-produccion-masiva-vacuna-pfizer-COVID-19-reto-distribucion-farmacenticas\\_18\\_3045795271.html](https://www.niusdiario.es/ciencia-y-tecnologia/ciencia/millones-cajas-pizza-hielo-seco-dificultades-produccion-masiva-vacuna-pfizer-COVID-19-reto-distribucion-farmacenticas_18_3045795271.html)
- Fidalgo, P. (2018). *Bill Gates presenta Indigo, una nevera portavacunas que no necesita hielo ni energía*. [https://www.elplural.com/leequid/ciencia/bill-gates-presenta-indigo-una-nevera-portavacunas-que-no-necesita-hielo-ni-energia\\_130242102](https://www.elplural.com/leequid/ciencia/bill-gates-presenta-indigo-una-nevera-portavacunas-que-no-necesita-hielo-ni-energia_130242102)
- Gil Chavarría, J. E. (2019). *De todas las vías terciarias con las que cuenta Colombia, el 94% está en mal estado*. <https://www.senado.gov.co/index.php/prensa/lista-de->

noticias/546-de-todas-las-vias-terciarias-con-las-que-cuenta-colombia-el-94-esta-en-mal-

estado#:~:text=Bogot%C3%A1%20D.C.%2C%20noviembre%2027%20de,las%20zonas%20rurales%20del%20pa%C3%ADs.

INVÍAS. (2019). *Red Vial*. <https://inviasopendata->

[invias.opendata.arcgis.com/datasets/84b9561195b043a8b68bd1ca08af1fbf\\_0](https://inviasopendata.arcgis.com/datasets/84b9561195b043a8b68bd1ca08af1fbf_0)

Ministerio de salud. (s.f.). *El Programa Ampliado de Inmunizaciones*.

[https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination?gclid=CjwKCAiA-\\_L9BRBQEiwA-bm5fmP4HgPp0g-j9Ga3a4u522riLJsYScMPvd-63UxHHsK\\_afeZ42Xn8xoCE4YQAvD\\_BwE](https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination?gclid=CjwKCAiA-_L9BRBQEiwA-bm5fmP4HgPp0g-j9Ga3a4u522riLJsYScMPvd-63UxHHsK_afeZ42Xn8xoCE4YQAvD_BwE)

Ministerio de salud. (2020). *Minsalud explicó la estrategia para la adquisición de la vacuna*

*COVID-19*. <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-explico-la-estrategia-para-la-adquisicion-de-la-vacuna-COVID-19.aspx>

Minsalud. (2020). *Minsalud hizo balance del sistema en la ruralidad frente al COVID-19*.

<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-hizo-balance-del-sistema-en-la-ruralidad-frente-al-COVID-19.aspx>

OFICINA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN, & ANÁLISIS Y ESTADÍSTICA. (2013).

*Mapa división veredal 2013 secretaría de planeación* [Map].

[http://cundinet.cundinamarca.gov.co:8080/Aplicaciones/Gobernacion/MapasPla.nsf/0/7B8F729E111FDA3605257CAD0072B5D3/\\$FILE/MAPA%20VEREDAL%20FINAL%20AGOSTO%2022%202013.pdf](http://cundinet.cundinamarca.gov.co:8080/Aplicaciones/Gobernacion/MapasPla.nsf/0/7B8F729E111FDA3605257CAD0072B5D3/$FILE/MAPA%20VEREDAL%20FINAL%20AGOSTO%2022%202013.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Cadena de frío*.

<https://www.paho.org/es/inmunizaci%C3%B3n/cadena->

frio#:~:text=Dependiendo%20del%20tipo%20de%20la,C%20y%20%2D25%C2%B0C.



Organización Mundial de la Salud. (s.fb). *Vacunas*.

Organización Mundial de la Salud. (2013). *Transporte de vacunas en neveras portátiles y termos*. <https://www.paho.org/es/node/46098>

Organización Mundial de la Salud. (2019). *Vacunas e inmunización: ¿qué es la vacunación?*

[https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination?gclid=CjwKCAiA-\\_L9BRBQEiwA-bm5fmP4HgPp0g-j9Ga3a4u522riLJsYScMPvd-63UxHHsK\\_afeZ42Xn8xoCE4YQAvD\\_BwE](https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination?gclid=CjwKCAiA-_L9BRBQEiwA-bm5fmP4HgPp0g-j9Ga3a4u522riLJsYScMPvd-63UxHHsK_afeZ42Xn8xoCE4YQAvD_BwE)

Organización Panamericana de la Salud. (2006). *Curso de gerencia para el manejo efectivo del Programa Ampliado de Inmunización (PAI)*.

[https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51816/9275325456\\_mod3\\_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51816/9275325456_mod3_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Patentes y marcas. (2016, diciembre 14). *PROFUNDIZANDO EN EL CONCEPTO DE ACTIVIDAD INVENTIVA: EL CONOCIMIENTO GENERAL COMÚN DEL EXPERTO EN LA MATERIA*.

<http://www.madrimasd.org/blogs/patentesymarcas/page/28/>

Periódico El País. (2013). *Mal estado de vías en Colombia generan 35% en sobrecostos a transportadores*. <https://www.elpais.com.co/economia/mal-estado-de-vias-en-colombia-generan-35-en-sobrecostos-a-transportadores.html>

Powered by Zima Robotics. (2018, septiembre 5). *TIPOS DE DRONES AÉREOS*.

<https://dronespain.pro/tipos-de-drones-aereos/>

Rentadrone. (2018, mayo 30). *¿Multi-rotor o Ala fija? ¡Aprende a elegir!*

<https://rentadrone.cl/multi-rotor-o-ala-fija-aprende-a-elegir/>

Revista Dinero. (2020, noviembre 23). *Estratos 5 y 6 tendrían que pagar por la vacuna para la COVID-19*. <https://www.dinero.com/pais/articulo/para-quienes-sera-gratis-la-vacuna-para-el-coronavirus-en-colombia/307607>

Rodriguez Salcedo, C. (2019). *Del total de la red vial terciaria con la que cuenta Colombia, 96% está en mal estado.*

Ruiz Gómez, F. (2020). *Minsalud explica proceso para adquisición de vacuna contra COVID-19.* <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-explica-proceso-para-adquisicion-de-vacuna-contra-COVID-19.aspx>

*Seis desafíos logísticos que enfrentará la vacuna COVID - 19.* (2020).

<https://www.tyt.com.mx/nota/seis-desafios-logisticos-que-enfrentara-la-vacuna-COVID-19>

Semana. (2018, abril 10). *Mejores vías para el campo.* <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/infraestructura-la-transformacion-de-un-pais/articulo/mejores-vias-para-el-campo/563113/>

Silva Numa, S. (2020). *¿Cómo llevar una vacuna contra el coronavirus hasta Macondo?*

<https://www.elespectador.com/noticias/salud/como-llevar-una-vacuna-contra-el-coronavirus-hasta-macondo/>

*Transporte con drones no afecta productos de sangre.* (2017).

<https://www.hospimedica.es/cuidados-criticos/articles/294768655/transporte-con-drones-no-afecta-productos-de-sangre.html>

## ANEXOS

- Integración al equipo del Ministerio de Salud:

<https://drive.google.com/file/d/1akknX2-IEIVLL41pE31700YnsRYK4evY/view?usp=sharing>

- Blueprint COVIDRON: <https://drive.google.com/file/d/1FuwqnQMhbg-AMNwDPDTh6sagBZ9PY3U8/view?usp=sharing>

- Servicio de distribución COVIDRON final:

[https://drive.google.com/file/d/1J8iMmC7lZ8V2HdEvE\\_5BGjyYRKDS32k2/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1J8iMmC7lZ8V2HdEvE_5BGjyYRKDS32k2/view?usp=sharing)

- Planos técnicos:

[https://drive.google.com/drive/folders/1I5WOsaVmG6ocaq\\_irjLyXEKJtVr-bQ7h?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1I5WOsaVmG6ocaq_irjLyXEKJtVr-bQ7h?usp=sharing)

- Plan de prototipado final:

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/19K1aOU\\_P1B18rzoXMHEhnHGkIBnbRsDZ-FMBCIVd11U/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/19K1aOU_P1B18rzoXMHEhnHGkIBnbRsDZ-FMBCIVd11U/edit?usp=sharing)