Modelamiento dinámico para el sistema de vigilancia comunitaria orientado a la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil

(Autor-es)

Juan Pablo Vera Díaz

Emanuel Mateus Huepo

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

Bogotá, 2021

Modelamiento dinámico para el sistema de vigilancia comunitaria orientado a la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil

(Autor-es)

Juan Pablo Vera Díaz

Emanuel Mateus Huepo

Desarrollo Tecnológico presentado como requisito para optar al título de

INGENIERO DE SISTEMAS

Director

Eddier Ernesto Espinoza Díaz

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

Bogotá, 2021

Dedicated

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todos los docentes, amigos, líderes y miembros de la comunidad Wayuú que hicieron posible el desarrollo de este proyecto a lo largo de su ejecución.

A nuestros padres por formarnos y permitirnos desarrollar nos como personas y profesionales.

Gracias a todas las personas que estuvieron en nuestra formación profesional y aportaron en cada una de nuestras etapas de formación como ingenieros de sistemas.

Índice

1. PROBLEMA **13**
1.1. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO A INTERVENIR 13
1.2. ANÁLISIS DEL CONTEXTO DESDE EL MODELO BIOPSICOSOCIAL Y CULTURAL 13
1.2.1. Medio: 15
1.2.2. Artefacto: 15
1.2.3. Creencias: 15
1.2.4. Hábitos: 15
1.3. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA 17

2. SOLUCIÓN DE INGENIERÍA **19**
2.1. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS 19
2.1.1. Objetivo General: 19
2.1.2. Objetivos específicos: 19
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS ESPERADOS 20
2.3. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DESDE EL MODELO BPSC . . 20
2.4. TABLA DE ENTREGABLES 20
2.5. VARIABLE POR MEDIR 23
2.6. METODOLOGÍA 23
2.6.1. Estructura de desglose de trabajo: 24
2.6.2. Aplicación de la metodología: 25
2.7. ACUERDO CON EL CLIENTE 30
2.8. COMPONENTE ÉTICO 30

3. MARCO REFERENCIAL **32**
3.1. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE 32
3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES: 32
3.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES: 33
3.1.3. ANTECEDENTES LOCALES: 34
3.2. MARCO TEÓRICO 35

4. DESARROLLO METODOLÓGICO **38**
4.1. Etapa 1 38
4.1.1. OBJETIVO 1 38
4.2. Etapa 2 44
4.2.1. Objetivo 1 44
4.3. Etapa 3 45

4.3.1. Muestra de artefactos: 45
4.3.2. Solución de la iteración: 46
4.3.3. Hipótesis dinámica 47
4.3.4. Actor por rol 48
4.4. Etapa 4 59
4.4.1. Muestra de artefactos: 59
4.4.2. Solución de la iteración: 59
4.5. Etapa 5 62
4.5.1. Muestra de artefactos: 65
4.5.2. Solución de la iteración: 65
4.6. Etapa 6 70
4.6.1. Solución de la iteración 70
4.7. Etapa 7 73

5. RESULTADOS **76**
5.0.1. Prueba de estructura 78
5.0.2. Consistencia dimensional 81
5.0.3. Evaluación de parámetros 81
5.0.4. Prueba condiciones Extremas 82
5.0.5. Error de integración 86
5.0.6. Reproducción de comportamiento 88
5.0.7. Anomalías de comportamiento 88
5.0.8. Integración de la solución 91

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS/ DISCUSIÓN **95**

7. CONCLUSIONES/ DISCUSIÓN **97**

8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS **100**

9. LECCIONES APRENDIDAS **103**

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **104**

11. ANEXOS **106**
11.1. ANEXOS 1 106
11.2. ANEXOS 2 106
11.3. ANEXOS 3 106
11.4. ANEXOS 4 106
11.5. ANEXOS 5 106
11.6. ANEXOS 6 106
11.7. ANEXOS 7 106

11.8. ANEXOS 8 106
11.9. ANEXOS 9 106
11.10ANEXOS 10 107

Índice de cuadros

1. Entregables 22
2. Preguntas de la 1 a la 6 Guías Ulrich 41
3. Preguntas de la 7 a la 12 Guías Ulrich 42
4. Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Driver 49
5. Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Supplier 50
6. Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Affected 51
7. Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Owner 51
8. Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Intervener parte 1 52
9. Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Intervener parte 2 53
10. Tabla fuentes 82
11. Tabla fuentes 83
12. Recomendaciones y trabajos futuros 1 101
13. Recomendaciones y trabajos futuros 2 102

Índice de figuras

1. Niveles de madurez tecnológica 14
2. Modelo Biopsicosocial y cultural 16
3. Modelo Biopsicosocial y cultural con solución 21
4. Modelo iterativo propuesto por Sterman 24
5. Estructura de desglose de trabajo objetivo 1, 2 y 3 25
6. Estructura de desglose de trabajo objetivo 4 y 5 26
7. Cronograma parte 1 28
8. Cronograma parte 2 29
9. Diagrama de Gantt 39
10. Diagrama de flujo Acumulado 39
11. Diagrama de flujo Acumulado 40
12. Diagrama de flujo Acumulado 46
13. Diagrama decisión acción IPS 51
14. Diagrama decisión acción Familias Wayúu 54
15. Diagrama decisión acción Piache 55
16. Diagrama decisión acción Pediatra 55
17. Diagrama decisión acción Brigada Acompañamiento 56
18. Diagrama decisión acción Población infantil 57
19. Diagrama decisión acción Médico tradicional 57
20. Diagrama decisión acción UCA 58
21. Diagrama decisión acción Trabajador social 58
22. Diagrama decisión acción Campaña 59
23. Diagrama de flujo Acumulado 60
24. Tabla - Modo de referencia 61
25. Lista de refuerzos 63
26. Lista de balances 64
27. Diagrama de flujo Acumulado 65
28. Integración nuevo actor - Enlace étnico 67
29. Ecuación enlace étnico 68
30. Ecuación aparición de síntomas 68
31. Ecuación aparición de síntomas 71
32. Ecuación aparición de síntomas 72
33. Configuración del nuevo modelo 73
34. Nueva demora 74
35. Nueva Gráfica de la variable de interés aplicando la solución del problema 75
36. Prueba de estructura - Antes 79
37. Prueba de estructura - Después 80

38. Caso 1 84
39. Caso 2 85
40. Caso 3 85
41. Caso 4 86
42. Error integración 87
43. Reproducción comportamiento 89
44. Variable de interés 90
45. Población sin solución 91
46. Población con solución 92
47. Gráfica de percepción de casos sin solución 93
48. Gráfica de percepción de casos sin solución 93
49. Gráfica de atención de casos sin solución 94
50. Gráfica de atención de casos con solución 95

GLOSARIO

1. **Dinámica de sistemas:** Metodología para representar problemáticas complejas del mundo real, por medio de diagramas que ayudan a tomar decisiones o la generación de nuevas políticas [1].
2. **Modo de referencia:** Es la representación de la variable de interés y su comportamiento en el tiempo por medios estadísticos [2].
3. **Variable de interés:** Es la problemática que se quiere afectar dentro del modo de referencia [2].
4. **Nivel:** Es una representación abstraída del actor en su contexto [2].
5. **Flujo:** El medio como el sistema se abastece o desabastece los niveles de información, datos, valores y cualquier otro tipo de variable [2].
6. **Actor:** Los actores son todos aquellos individuos tangibles como intangibles que representan la realidad [2].
7. **Demora:** Son la representación de cuánto tiempo tarda en realizar un cambio en el nivel [2].
8. **Contextos complejos:** Un contexto complejo es todo contexto que habla de un sistema social, donde las acciones de un actor pueden afectar a todo el sistema [2].
9. **Simulación Dinámica:** la identificación de los bucles de realimentación entre los elementos, y también en las demoras en la información y materiales dentro del sistema [2].
10. **Vensim:** Programa que permite desarrollar diagramas de ciclos causales y diagramas de niveles y flujos [3].
11. **Políticas:** Son las decisiones que toman los actores dentro del sistema [2].

RESUMEN

Modelamiento dinámico para el sistema de vigilancia comunitaria orientado a la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil.
Vera Díaz Juan Pablo, Mateus Huepo Emanuel.

Resumen

En el presente documento se evidencia cómo se llevó a cabo la construcción de un modelo dinámico de sistemas, con el objetivo de ayudar al grupo de investigación Osiris & Bioaxis de la Universidad El Bosque a determinar por medio de simulación el impacto de la solución planteada en la problemática que se ve afectada por la poca vigilancia comunitaria de la desnutrición infantil de las comunidades Wayúu

El proyecto se realizó con la metodología propuesta por el libro *"Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World"* [1] que consta de 5 fases que facilita la iteración entre ellas, permitiendo realizar el proyecto de manera continua y con una constante realimentación de parte del cliente.

Como metodología de gestión de proyecto se escogió la metodología *"Kanban"*, porque esta se asemeja mucho con la metodología seleccionada para el desarrollo del artefacto de ingeniería. La similitud entre estas es que a lo largo del desarrollo del proyecto, permite ejecutar o realizar diferentes etapas sin la necesidad de realizarlo de manera lineal, esto genera una facilidad a la hora que se presente algún tipo de contratiempo o cambio dentro del proyecto, gracias a esto, ambas metodologías se complementan permitiendo que el proyecto se desarrolle y haya una consistencia entre ambas metodologías.

Palabras clave: modelo dinámico de sistemas, vigilancia comunitaria, Kanban, Desnutrición infantil, dinámica de sistemas, diagrama de niveles y flujos, diagrama de ciclos causales.

Adstract

In this document is shown how a dynamic system model was created, with the purpose to support the Osiris & Bioaxis research group at Universidad El Bosque to determine by simulation tools, the impact of the proposed solution to the identified problem that has been affected by the low community surveillance of child malnutrition.

The project was developed with the methodology proposed in the book *"Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World"* [1]. This methodology has 5 phases that facilitate the iteration between them, making the project more fluid and continuous with constant customer feedback about the process of the project.

As project management methodology, the *"Kanban"* methodology was chosen, because it's similar to the methodology selected for the development of the engineering artifact. The similarity between these is that during the development of the project, it allows to execute or perform different stages without the need to do it in a linear way, this generates makes eaiser to handle when some type of difficulty or change happens in the project, thats why both methodologies are complementary, allowing the project to develop and have consistency between both of them.

Key words: dynamic systems model, intersectoral surveillance, Kanban, Child malnutrition, system dynamics, level and flow diagram, causal cycle diagram.

INTRODUCIÓN

El proyecto tiene como finalidad construir un modelo dinámico de sistemas que permita simular la problemática *"deficiencia en la vigilancia comunitaria en la desnutrición infantil en la comunidad Wayúu"* por el grupo de investigación Osiris & Bioaxis de la Universidad el Bosque. Para que el grupo de investigación pueda proseguir con la metodología propuesta, requieren de un modelo de simulación que represente cómo funcionaría en campo real la implementación de la aplicación. Con este propósito en mente se determinó que la mejor forma para realizarlo es mediante un modelo dinámico de sistemas, que representa la realidad de manera estadística y probabilística.

Esta metodología permite recomendar el mejor curso de acción mediante políticas, que cambien las acciones que realizan los actores en su contexto sistémico. La metodología brinda herramientas que permiten analizar un contexto específico y representarlo mediante un diagrama de ciclos causales, los cuales nos dicen cómo interactúan los diferentes actores en su contexto. Otra herramienta que ofrece la metodología son los diagramas de niveles y flujos, que permiten simular por medio de la estadística y la probabilidad el comportamiento de contextos complejos.

Se pretende identificar la estructura de operación más adecuada, con el fin de implementar un sistema de vigilancia comunitaria para la desnutrición infantil. Esto se puede realizar mediante la especificación del problema en un área, permitiendo cambiar los valores de base, para que represente cualquier contexto similar.

El proyecto tiene como intención utilizar la metodología propuesta por Sterman en su libro *"Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World"* [1]. Esta metodología tiene 5 fases que son la articulación del problema, hipótesis dinámica, formulación, testeo, formulación de políticas y evaluación de resultados y permite el desarrollo de manera iterativa desde cualquiera de sus fases.

Con todo lo dicho anteriormente se definió que la estructura del documento estaría conformada por introducción, definición de la problemática, solución de ingeniería, metodología, marco referencial, pruebas y resultados. Todo esto con la finalidad de demostrar el progreso continuo del desarrollo del proyecto y sus posibles futuras aplicaciones como ejemplo para otros.

1. PROBLEMA

En esta sección se hará un recuento de la problemática que se evidenció y se explicará de manera detallada los individuos involucrados en dicho contexto.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO A INTERVENIR

Tras una visita del grupo Osiris & Bioaxis a varias comunidades Wayúu, se evidenció un déficit en la forma como se reciben, gestionan y controlan los casos que se presentan de desnutrición infantil, para lo cual se planteó la creación de un proyecto de investigación con el fin de generar un sistema de información para la vigilancia comunitaria orientada a la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil.

Se observó que se planea realizar el proyecto en un periodo de máximo 5 años, utilizando la metodología establecida por la NASA [4] para gestionar la madurez tecnológica. Hasta el día de hoy, el sistema de información planteado ha sido llevado hasta el nivel 3 de madurez tecnológica establecida por la rúbrica, se puede observar todos los niveles de madurez en la siguiente **Figura 1**. Para seguir avanzando en los niveles de madurez tecnológicos es necesario realizar la simulación de la implementación de la tecnología.

Se propone desarrollar una herramienta que permita simular o identificar el comportamiento actual del problema e introducir la tecnología para analizar que tan viable es la solución planteada por el grupo de investigación, ya que, gracias a la simulación se van a poder analizar diferentes escenarios y situaciones. Esta modelo permitiría identificar a partir de las entidades, personas y acciones que se ejecutan dentro del mismo, cuál va a ser el resultado de la implementación de la solución planteada por parte del grupo de investigación.

El desarrollo de un modelo dinámico le brindará al cliente información importante relacionada con la implementación de una solución enfocada a la gestión y control de los casos de desnutrición infantil en las comunidades Wayúu y una serie de recomendaciones para que la solución genere un mayor impacto a la hora de ejecutarse.

1.2. ANÁLISIS DEL CONTEXTO DESDE EL MODELO BIOPSICOSOCIAL Y CULTURAL

En conjunto con el equipo de investigación Osiris & Bioaxis, se realizó un análisis desde una perspectiva del modelo biopsicosocial y cultural representada en la

Figura 1: Niveles de madurez tecnológica

		Componentes / subsistemas / sistemas	Entorno de verificación y validación
TRL 9 El sistema real es probado satisfactoriamente en operaciones reales	Aplicación real de la tecnología en su sistema final y bajo las condiciones de las misiones operativas.	Sistemas de serie	Entorno operativo
TRL 8 El sistema real es probado mediante test y demostraciones	El sistema que contiene la tecnología se encuentra completamente desarrollado e integrado con los sistemas existentes, y se llevan a cabo las pruebas de calificación del mismos en los escenarios operativos simulados para los que se requiere.	Primeros sistemas de serie	
TRL 7 Se realiza una demostración de un prototipo de sistema en un entorno operativo	El prototipo está cerca o al nivel del sistema operativo planeado, y las funcionalidades críticas y de riesgo de la tecnología se demuestran y prueban en un entorno operativo (ejemplo: en una aeronave, vehículo o en el espacio).	Prototipo industrializado	
TRL 6 Se hace una demostración de un modelo o prototipo de sistema/ subsistema en un entorno relevante	El modelo representativo o prototipo del sistema, que está cerca de la configuración deseada en términos de rendimiento, aspectos físicos y/o interfaces, se prueba en un entorno relevante. Representa un avance considerable en la madurez de la tecnología que se demuestra en un entorno de laboratorio de alta fidelidad o en un entorno operativo simulado.	Modelo o prototipo de demostración del sistema (demostrador)	Entorno relevante
TRL 5 Los componentes de la tecnología son validados en un entorno relevante	Los componentes básicos de la tecnología se integran con elementos de soporte razonablemente realistas de manera que puedan ser probados en un entorno simulado. Representa una réplica de "alta fidelidad" que integra componentes de laboratorio con sistemas existentes.	Componentes / subsistemas críticos integrados con elementos de soporte (alta fidelidad)	
TRL 4 Los componentes de la tecnología son validados en un entorno de laboratorio	Los componentes básicos de la tecnología se integran para determinar que trabajarán de forma conjunta en laboratorio. Representa una réplica de "baja fidelidad" comparado con el sistema final, en cuanto a la eficiencia y robustez.	Componentes / subsistemas críticos integrados en breadboard (baja fidelidad)	Laboratorio
TRL 3 Existe una analítica y experimentación de la funcionalidad crítica y/o una prueba del concepto	Comienza el I+D activo. Se obtienen resultados de estudios analíticos y pruebas de laboratorio de los componentes o subsistemas críticos, que no están todavía integrados o no son todavía representativos, llevadas a cabo para medir parámetros de interés y validar las hipótesis.	Componentes / subsistemas críticos de la tecnología separados	
TRL 2 Se ha formulado el concepto y/o la aplicación de la tecnología	Inicio de la invención práctica. Actividades de investigación aplicada, estudios analíticos, publicaciones u otras referencias que resumen la aplicación bajo consideración, proporcionan el análisis que respalda el concepto y comparan las tecnologías competidoras.		Publicaciones
TRL 1 Están identificados y se han observado los principios básicos de la tecnología	Nivel de desarrollo tecnológico más bajo posible. Actividades de investigación básica y publicaciones científicas que identifican los principios básicos de la tecnología.		

Fuente "Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team" [4]

Figura 2. Este análisis tiene la representación del medio, hábitos, creencias y artefactos que afectan la problemática descrita en la **sección 1.1** y **sección 1.3**.

1.2.1. Medio:

Según el concepto del modelo Biopsicosocial y cultural el medio es la representación de donde transcurre la problemática que se quiere afectar. Teniendo en cuenta que se realizará una solución tecnológica, que será utilizada por los investigadores que pertenecen al grupo de investigación Osiris & Bioaxis de la Universidad El Bosque, se determina que el medio perfecto donde transcurre la problemática es dentro del mismo grupo de investigación.

1.2.2. Artefacto:

Según el concepto del modelo Biopsicosocial y cultural el artefacto es una representación de un objeto que afecta la realidad que se quiere representar. El artefacto que se ve afectado es el proyecto que tiene como fin la creación de sistema de vigilancia comunitario orientado a la detección temprana y seguimiento de la atención a la desnutrición infantil, ya que se tiene como objetivo que esta dicha tecnología madure y cumpla los parámetros establecidos en la **Figura 1**.

1.2.3. Creencias:

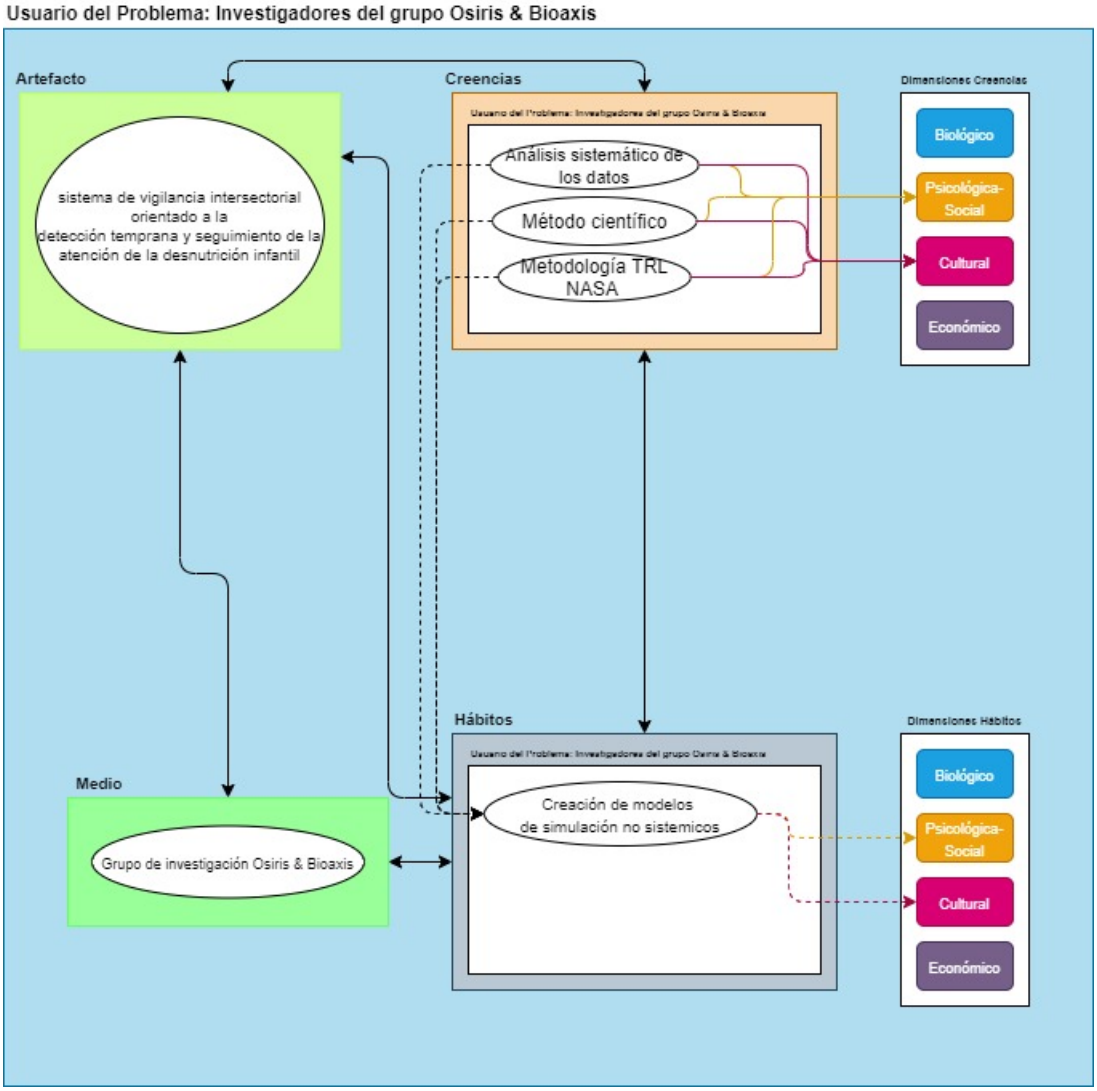
Según el concepto del modelo Biopsicosocial y cultural las creencias son todos aquellos pensamientos o ideas que se asumen como una verdad. Al analizar el comportamiento del grupo de investigación dentro del proyecto se determinó las siguientes creencias:

- **Análisis sistemático de los datos:** Ven de manera sistemática los datos que serán utilizados para el desarrollo y validación de las hipótesis propuestas dentro del proyecto.
- **Método científico:** Los investigadores aplican metodologías científicas que permiten ver la minucia del mundo por medio de los datos recolectados para comprobar la hipótesis planteada.
- **Metodología TRL NASA:** Los investigadores utilizan esta metodología como un buen referente para el desarrollo de investigación en ingeniería.

1.2.4. Hábitos:

Según el concepto del modelo Biopsicosocial y cultural los hábitos son las acciones habituales que realizan los individuos. Los investigadores tiene varios hábitos para

Figura 2: Modelo Biopsicosocial y cultural



Fuente: Elaboración Propia

el desarrollo del proyecto, pero principalmente se hablará de aquellos hábitos de como se realizan las simulaciones. Los investigadores prefieren utilizar medios de simulación más sistemáticos donde los datos son recolectados y no tiene relación de unos a otros y se revisan de manera más especifica para cada caso sin pensar en una simulación que comprenda a toda la problemática.

Comprendiendo las diferentes partes del modelo, se infiere que los investigadores dentro del grupo de investigación Osiris & Bioaxis, no utilizan métodos alternativos para el desarrollo de simulaciones de cualquier proyecto, eso no quiere decir que estén cerrados a nuevas formas de realizar procesos de simulación, más bien que no han visto el potencial que se puede obtener al realizar simulaciones que comprendan a la interacción de todas sus variables y sus posibles consecuencias.

1.3. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Tras una visita del grupo Osiris & Bioaxis a una comunidad Wayúu, se planteó la creación de un proyecto de investigación con el fin de generar un sistema de información para la vigilancia comunitaria orientada a la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil. Para esto será necesario realizar el modelado de dicho sistema de información con el fin de validar el posible impacto que se quiere generar y las posibles situaciones que afectan de manera directa o indirecta el sistema para el análisis de las variables que influyen en la problemática que se presenta. Esto permitiría generar una serie de propuestas o políticas viables para mitigar dicha situación a partir de la solución planteada.

Por lo cual, según la teoría general de la dinámica de sistemas se establece que los sistemas complejos pueden ser vistos como una estructura, la cual va a depender de las acciones que realicen los participantes del sistema, en el que a cada actor se le asigna un rol dependiendo de las acciones que ejecute y entendiendo que cada acción va a generar una consecuencia ya sea positiva o negativa dentro de la estructura. Sterman explica en su libro *"Business Dynamics Systems - Thinking and Modeling for a Complex World"* (2000) [1], que para poder intervenir y generar una consecuencia positiva en todos los sistemas complejos es necesario crear una nueva forma de análisis, ya que los modelos clásicos que se basan en las metodologías industriales quedaban cortos y no se lograba simular con eficiencia, porque no soportaban el gran nivel de incertidumbre que generan los sistemas complejos.

Entendiendo lo principal de la teoría general de la dinámica de sistemas, nacieron metodologías basadas en la misma que permiten ser aplicarlas, como modelos, con el objetivo de simular y dar resultados precisos con la información obtenida. Estas metodologías permiten aplicarse en situaciones del mundo real y demostrar

por medios estadísticos si las soluciones planteadas son factibles y eficientes para solucionar la problemática. Otro aspecto que permite desarrollar un modelo de un sistema complejo son sus dos herramientas. La primera herramienta es el diagrama de ciclos causales que permite analizar de manera gráfica cómo interactúan los actores entre ellos y la situación del sistema que los rodea, dando como resultado la interacción que generan y esto permite ver de manera más clara que decisión afecta a otra. La segunda herramienta es el diagrama de niveles y flujos, que tiene dos principales funciones, siendo la primera el modelar de manera estadística la situación actual de la problemática y comprender sus posibles futuros, y la segunda es por medio de la simulación, identificar el proceso a intervenir y observar el comportamiento del sistema después de introducir la solución planteada, es decir la tecnología que permitirá realizar la vigilancia comunitaria.

Revisando la problemática que se quiere abordar desde el grupo Osiris & Bioaxis en la comunidad Wayúu, y comprendiendo la complejidad y el costo que requiere el aplicar el aplicativo dentro de la comunidad es necesario llevar un análisis sistémico para poder validar el posible impacto o cambio a generar en el modelo propuesto y proyectar las situaciones que pueden afectar el comportamiento del sistema.

Revisando la problemática que se quiere atacar desde el grupo Osiris & Bioaxis, y comprendiendo la complejidad y el costo que requiere el aplicar esté aplicativo dentro de la comunidad es necesario llevar un análisis sistémico para poder validar el posible impacto o cambio en el modelo propuesto, mediante la proyección de las situaciones que pueden afectar el comportamiento del sistema.

Por otro lado, no es claro el panorama del cambio que se puede presentar en la población a la hora de introducir el sistema de información que se va a desarrollar en la comunidad definida para mitigar dicha problemática. No hay un método o alguna herramienta actualmente que permita evidenciar el comportamiento o resultados que se van a obtener a la hora de introducir la tecnología, no es posible evidenciar si esta va a solucionar de la manera esperada dicha problemática, cuánto tiempo debe transcurrir para que se puedan observar las consecuencias y si la comunidad va a rechazar la tecnología en cuestión.

2. SOLUCIÓN DE INGENIERÍA

En esta sección se va a especificar la solución planteada a partir de los objetivos y a evidenciar los resultados obtenidos analizando los cambios generados en el contexto descrito.

2.1. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

Para el desarrollo de este proyecto se establecieron los siguientes objetivos:

2.1.1. Objetivo General:

Evaluar el impacto de la implementación de un sistema de vigilancia comunitaria para la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil basado en tecnología móvil, a través de un modelo de dinámica de sistemas, que permita identificar la estructura de operación más adecuada y predecir su desempeño en el entorno pertinente.

2.1.2. Objetivos específicos:

- Delimitar el problema dinámico a partir de la identificación del tema problemático en relación con la vigilancia comunitaria de la nutrición infantil, las variables clave, el horizonte de tiempo y el comportamiento futuro de sus actores
- Formular la hipótesis inicial de la problemática, el enfoque endógeno y realizar el mapeo de la situación basándose en la hipótesis general y variables de interés por medio de diagramas de subsistemas y diagramas de ciclos causales. Permitiendo tener un análisis especifico de las acciones y decisiones entre los diferentes actores que afectan el sistema.
- Formular el modelo de simulación analizando los actores y los ciclos causales, reconociendo si dichos ciclos son de refuerzo o balance y cómo estos afectan la problemática. Dando la información necesaria que el modelo está representando la realidad.
- Demostrar si el modelo es útil para las necesidades del cliente y afinarlo de acuerdo con las pruebas ejecutadas que tengan validez según la metodología propuesta.
- Proponer políticas o estrategias para la operación más adecuada del sistema de vigilancia comunitaria en el entorno pertinente, de acuerdo con las variables definidas en la problemática.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS ESPERADOS

Se realizará el desarrollo de un modelo, utilizando la herramienta *"Vensim"* que permita evidenciar de manera gráfica la situación problema, con sus respectivos actores, instituciones, tecnologías e información. Como primera instancia, el modelo será capaz de realizar la simulación actual del problema y posteriormente se realizará otro modelo en el cual se integre la tecnología propuesta por el grupo de investigación Osiris & Bioaxis como solución y así poder observar mediante la simulación el posible cambio que se va a generar tanto en los casos de desnutrición infantil como en la vigilancia comunitaria, en un estimado de 5 años en el futuro. Como resultado, se espera tener un modelo dinámico, robusto, capaz de realizar la simulación dentro de los tiempos establecidos y que permita evidenciar el comportamiento de los actores que afectan el sistema.

2.3. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DESDE EL MODELO BPSC

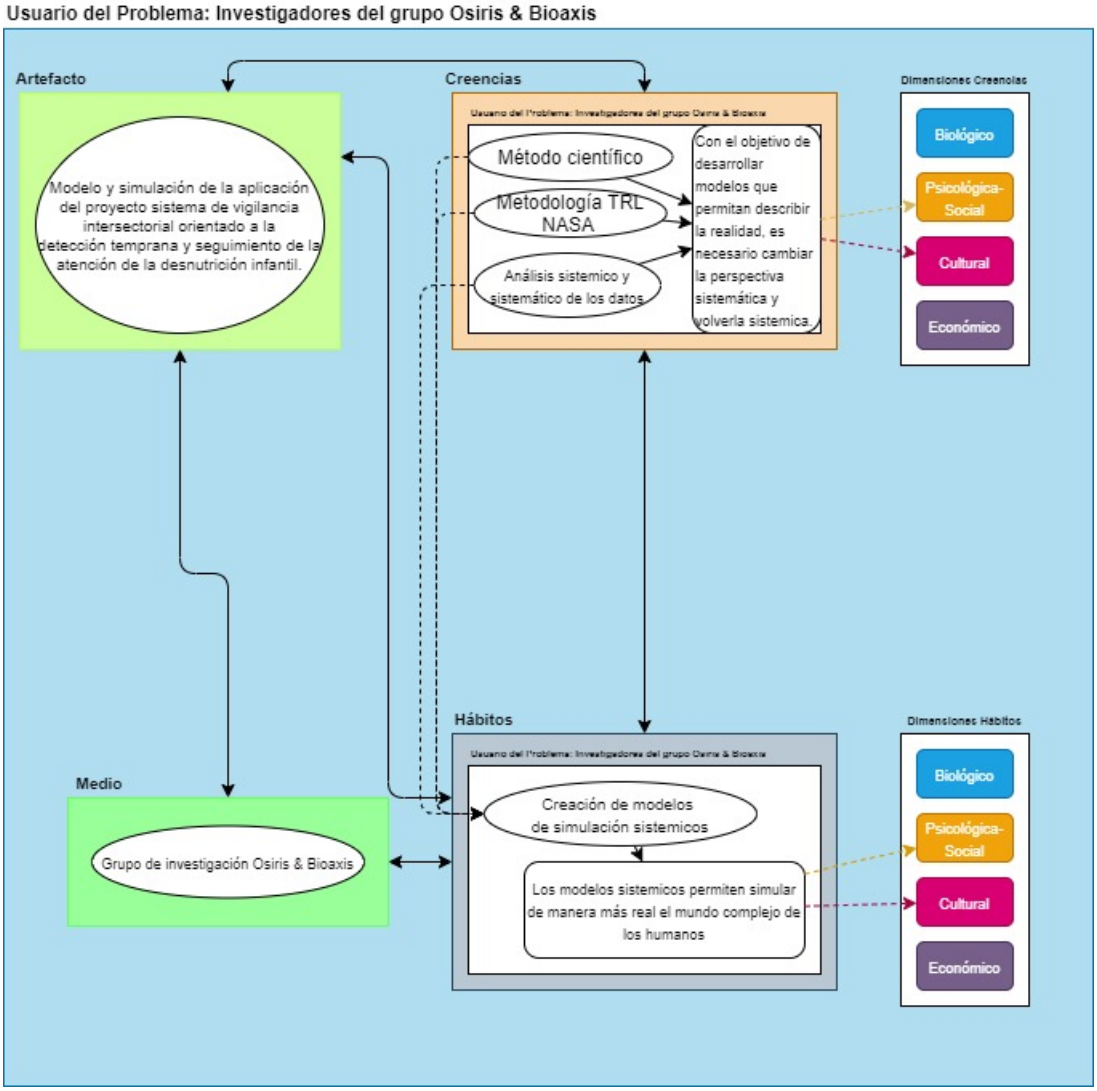
La solución planteada es crear un modelo de simulación dinámico de la problemática, por medio de la teoría planteada por Sterman descrita en la **sección 2.6**, que permite crear modelos que representen con más claridad la situación identificada. El modelo permitirá observar lo que sucederá a futuro con la implementación de la posible solución planteada por el Grupo de investigación Osiris & Bioaxis, y entender en qué puntos se puede intervenir para realizar una buena implementación de la solución en la deficiencia de la vigilancia comunitaria en la desnutrición infantil.

En la **Figura 3** se ve reflejado el impacto visto desde el modelo biopsicosocial y cultural que provoca dar el modelo en el desarrollo de la investigación del grupo de investigación Osiris & Bioaxis. Con la creación de este modelo se genera un cambio en el hábito como lo es de utilizar modelos de simulación sistémicos, como por ejemplo el propuesto por Sterman [1]. En segunda instancia se plantea proponer la creencia que es mejor utilizar un análisis de los datos tanto sistémicos como sistemáticos.

2.4. TABLA DE ENTREGABLES

En la **Cuadro 1** se identifica todos los entregables acordados con el cliente:

Figura 3: Modelo Biopsicosocial y cultural con solución



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 1: Entregables

Nombre Entregable	Descripción
Documento de informe final	En este documento se evidencian los actores del sistema junto con los roles que estos desarrollan. Además, la explicación del diagrama de ciclos causales, la explicación del modelo de niveles y flujos, explicación de las pruebas hechas y resultados obtenidos y por último las políticas que se podrían aplicar y sugerencias para los pasos a seguir.
Diagrama de ciclos causales	En este documento se evidencian todas las relaciones entre las acciones de los actores.
Diagrama de niveles y flujos	En este documento se evidenciará el modelo en su totalidad sin tener en cuenta la integración de la solución planteada, es decir, se presentará el funcionamiento actual del contexto explicado anteriormente en la **sección 1.3**.
Diagrama de niveles y flujo con la integración de la solución	En este entregable se va a mostrar el modelo con la integración de la solución y se realizará la simulación en el tiempo acordado (4 años a futuro) para poder evidenciar los cambios generados en el contexto.

Fuente: Elaboración Propia

2.5. VARIABLE POR MEDIR

La variable a medir dentro del proyecto va a ser el desempeño de la tecnología móvil planteada como solución desde un ambiente de laboratorio. Esto será posible analizando los resultados estadísticos y comparándolos con el modo referencial que exige la metodología explicada en la **sección 2.6** del informe. El resultado final debe demostrar un aumento en la atención de los casos de la comunidad Wayuu que son atendidos en algún centro médico, para el desarrollo del proyecto en un lapso de 4 años.

Para poder llevar a cabo la medición de esta variable, se van a tener en cuenta los diferentes datos que serán arrojados por el modelo y se va a realizar un análisis estadístico de la variable de interés a través de la comparación de los datos reales con los datos que va a arrojar el modelo cuando se realice la simulación con la integración de la tecnología en un plazo de 5 años. Si la cantidad de casos atendidos aumenta, se puede afirmar que la tecnología tiene un alto nivel de desempeño, ya que cumple con su objetivo principal, en caso contrario, si se presenta la misma cantidad o inferior de casos atendidos, se puede afirmar que la tecnología no tiene un buen desempeño. Esta hipótesis se puede afirmar únicamente con los resultados que va a arrojar el modelo dinámico de sistemas.

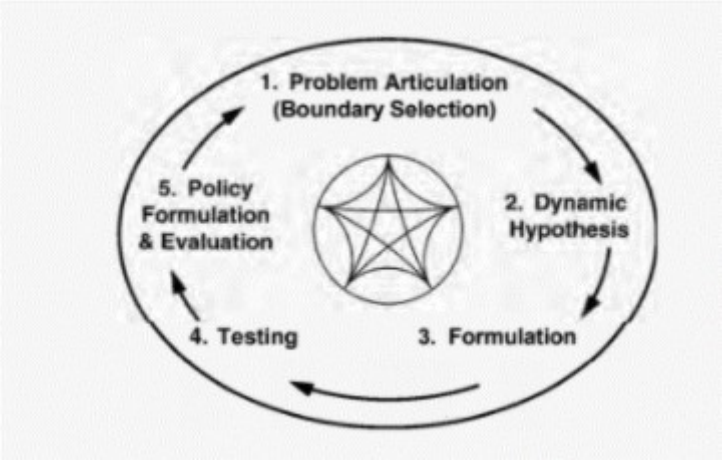
2.6. METODOLOGÍA

Basados en conocimientos y experiencias adquiridas en el transcurso de la carrera de ingeniería de sistemas, se pretende utilizar la metodología propuesta por Sterman en el libro *"Business Dynamics Systems - Thinking and Modeling for a Complex World"* [1] para el desarrollo de un modelo dinámico de sistema y para la gestión de proyectos una metodología inspirada en Kanban. Utilizando primordialmente el tablero de control para la gestión de actividades en el tiempo y el de las actas de reunión con el cliente para tener constancia de los entregables periódicos. Utilizando la metodología que propone Sterman ya nos da el modelo iterativo representado en la **Figura 4**, y obliga a tener una constante comunicación y participación del cliente, para socavar información.

La metodología que propone Sterman está separada por 5 fases de desarrollo del modelo que serán explicadas a continuación:

- **Articulación del problema:** Este paso es el más importante, ya que aquí se define el tiempo que se estimará la simulación y el modo de referencia basado en la necesidad del cliente.
- **Hipótesis dinámica:** Se debe formular una hipótesis del porqué del compor-

Figura 4: Modelo iterativo propuesto por Sterman



Fuente "Business Dynamics Systems - Thinking and Modeling for a Complex World" [1]

tamiento del problema.

- **Formulación:** Ya tenido en cuenta los puntos anteriores, se empieza a realizar el modelo que permite simular el modelo conceptual que es la representación más cercana a la realidad sin necesidad de afectar el mundo real.
- **Testing:** En este punto se prueba si el modelo es coherente con la realidad, si no llega ser así se tiene que devolver, para saber en qué punto falló su hipótesis o en el peor de los casos el marco referencial.
- **Formulación y evaluación de políticas:** Son propuestas salidas del análisis exhaustivo del modelo, que permitan generar cambios a los comportamientos de los actores o de los procesos que se están dando y empeoran la situación.

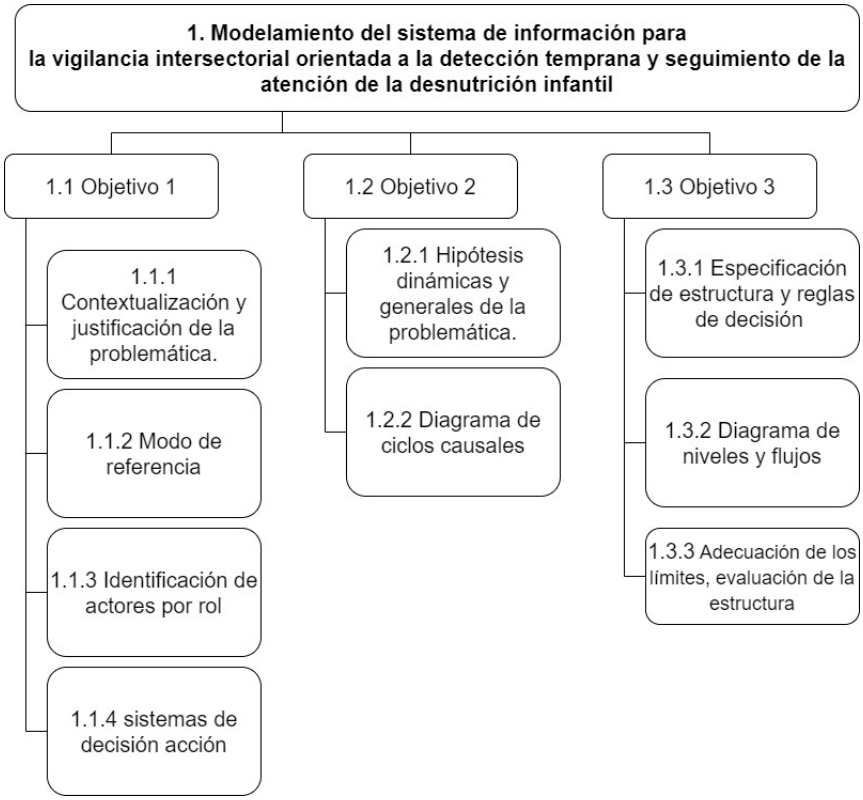
Una de las mayores características que tiene este modelo es la flexibilidad con la que se puede desarrollar, por ejemplo, si en algún punto de las fases resulta un error o se quiere cambiar algo, se puede devolver a la fase que se quiere realizar el cambio, pero jamás puede avanzar sin tener la fase anterior resuelta.

2.6.1. Estructura de desglose de trabajo:

En esta sección se explicará cómo se plantea el desarrollo de desglose de trabajo del proyecto mirará **Figura 5** y **Figura 6**.

El proyecto se dividió en 5 objetivos que representa las 5 fases de la metodología propuesta en la **sección 2.6** y se subdivide en los posibles entrégales que resultan de completar los pasos propuestos.

Figura 5: Estructura de desglose de trabajo objetivo 1, 2 y 3



Fuente: Elaboración Propia

Los primeros dos son los encargados de realizar una investigación y análisis de la problemática descrita en la **sección 1**, el objetivo 3 representa el modelado de la simulación en la herramienta Vensim, el objetivo 4 representa las pruebas previas que se le realizarán al modelo para verificar su capacidad y coherencia con el marco referencial y el objetivo 5 es a partir del modelo creado dar posibles soluciones utilizando la teoría de dinámica de sistemas propuesta por XX.

2.6.2. Aplicación de la metodología:

Para el desarrollo del proyecto, basándonos en Kanban se plantea utilizar el tablero para saber tanto el cliente como los modeladores la situación actual del proyecto y si se está cumpliendo con las actividades planteadas en los tiempos estimados. Se plantearon las siguientes herramientas para el cumplimiento de la metodología explicada en la **sección 2.6**.

Figura 6: Estructura de desglose de trabajo objetivo 4 y 5

Fuente: Elaboración Propia

Herramientas para la implementación y control de artefactos, que se están utilizando:

- **Trello:** Tablero de control por medio digital.
- **Draw.io:** para formulación de mapas o diseños que no contemple la herramienta de vensim.
- **Vensim:** con esta herramienta se puede realizar el modelado de diagramas de clase, como también el modelado de diagramas de niveles y flujos

Actas de reunión con el cliente:

Estas reuniones serán efectuadas cada dos semanas, donde se presentarán los avances y se discutirá los posibles cambios que se quieran hacer para la siguiente reunión. Estas reuniones serán efectuadas de manera virtual solo 2 martes al mes a las 6 de la tarde, por medio de la plataforma Meet de Google.

De aquí saldrá un documento de resumen y realimentación, además se realizarán los cambios correspondientes en el Trello.

Cronograma:

El cronograma se divide en 5 hitos principales y en un hito de entregables, cada hito tiene como tiempo máximo de desarrollo de 2 semanas y dividido en 4 ramas que son retratados en la **Figura 7** y **Figura 8**.

Ramas:

Investigación:

Esta rama de investigación se encarga de generar material fidedigno para ratificar las hipótesis y modelos planteados de la problemática.

Análisis:

Esta rama se encarga de analizar la información obtenida en cualquier parte del desarrollo de la metodología y dar conclusiones de su utilidad, también si se requiere se puede devolver por ser información no tan útil para el desarrollo del proyecto.

Figura 7: Cronograma parte 1

Cronograma					
Hito	Investigación	Análisis	Modelado	Testeo	Entrega
Objetivo 1	Contextualización y justificación de la problemática				18/10/2020
	Identificación de actor por rol				3/09/2021
	Sistema de decisión y acción				
	Modo de referencia				
Objetivo 2	Hipótesis dinámica y generalidades de la problemática				
			Diagrama de ciclos causales		
Objetivo 3			Diagrama de niveles y flujos		
		Especificación de estructura y reglas de decisión			10/09/2021
				Adecuación de los limites y evaluación de la estructura	
Objetivo 4				Consistencia dimensional	24/09/2021
				Evaluación de parámetros	
				Condiciones extremas	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8: Cronograma parte 2

Cronograma					
Hito	Investigación	Análisis	Modelado	Testeo	Entrega
Objetivo 4				Error de integración	8/10/2021
				Reproducción de comportamiento	
				Anomalía de comportamiento	
Objetivo 5	Especificación de escenarios				15/10/2021
	Diseño de políticas				
Entregables	Entrega de documento de tesis				27/10/2021
	Evaluación del proyecto				29/10/2021 al 08/11/2021
	Sustentación del proyecto				15/11/2021 al 27/11/2021
	Feria de proyectos				27/11/2021

Fuente: Elaboración Propia

Modelado:

Esta rama se encarga de modelar todo lo que se requiera para facilitar la entrega del proyecto, como también el modelado de la simulación.

Prueba:

Esta rama se encarga de comprobar si la simulación y los modelos funcionan de manera coherente para la problemática.

2.7. ACUERDO CON EL CLIENTE

Para el desarrollo del proyecto, se realizaron diferentes acuerdos con el cliente. Como primera instancia se plantearon reuniones cada 15 días para gestionar el desarrollo y avance del proyecto. Por otro lado, se acordó que el cliente proporcionará la información que sea necesaria para el desarrollo del proyecto. Esta información debe ser solicitada por medio de un inventario de información. También, se acordó el trabajo cooperativo con un grupo de investigación de la facultad de medicina que está realizando una investigación en sistemas de vigilancia comunitaria. El 100 % del proyecto debe ser entregado en las fechas estipuladas con la materia ”Proyecto de Grado 2”, es decir, al rededor de la semana 10 del semestre

Para que el proyecto sea recibido, este debe estar finalizado en su totalidad, este debe haber sido desarrollado con todos los requerimientos del cliente, debe haber sido ejecutado y probado según los parámetros recomendados por Sterman [1]. También, debe permitir realizar la simulación dentro del horizonte de tiempo establecido (5 años), permitiendo observar los cambios generados en la población con la integración de la tecnología móvil.

2.8. COMPONENTE ÉTICO

El producto final obtenido con la ejecución del proyecto, pertenece principalmente al grupo de investigación Osiris & Bioaxis, al investigador encargado del proyecto titulado *“Sistema de vigilancia comunitaria para la detección temprana y seguimiento de la atención de la desnutrición infantil basado en tecnología móvil”*, el cual tiene como propósito mitigar la gran cantidad de casos de desnutrición infantil que se presentan actualmente.

En el principio del interés público, nos hacemos responsables de nuestro trabajo desarrollado a lo largo de este proyecto, aprobar y ejecutar el proyecto si y sólo si una creencia bien fundada de que es seguro, cumple con las especificaciones,

pasa pruebas apropiadas, y no disminuir la calidad de vida, disminuir privacidad o dañar el medio ambiente.

Para el segundo principio ético, el proyecto se llevará a cabo sin la utilización de software fraudulento o ilegal, los recursos y propiedad suministrados por el cliente se utilizarán de manera adecuada y bajo la autorización del cliente y también, se realizará toda la documentación requerida para el entendimiento e implementación del producto final que se obtenga del proyecto, por otro lado, no se aceptará trabajo externo que sea perjudicial para el trabajo que se realiza.

En cuanto al producto, este se desarrollará con la máxima calidad posible, con metas y objetivos alcanzables dentro de las fechas establecidas. También nos esforzaremos por comprender completamente las especificaciones para la tecnología que se está trabajando, cumpliendo con las especificaciones y requerimientos solicitados por el cliente, garantizar pruebas y revisión adecuada del producto y documentos relacionados en los que se trabajó.

Mantener la objetividad profesional con respecto a cualquier software o documentos relacionados se les pide para evaluar, no castigar a nadie por expresar ética, animar y ayudar a sus colegas a adherirse a este desarrollo.

3. MARCO REFERENCIAL

En esta sección se va a desarrollar el estado del arte y el marco teórico, en los cuales se realizará la descripción de proyectos que se han desarrollado en diferentes zonas geográficas, tanto dentro del territorio nacional como a nivel internacional. También se desarrollará el marco teórico, en el cual se va a desarrollar la teoría que va a fundamentar el proyecto con base al planteamiento del problema que se ha realizado.

3.1. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

Para el desarrollo de antecedentes y estados del arte, se ha definido una ecuación de búsqueda y se delimitó una fecha máxima de 5 años de vigencia para los artículos que iban a ser seleccionados.

Dichos antecedentes están ordenados en 3 grupos: Antecedentes Internacionales, antecedentes Nacionales y antecedentes Locales.

Aunque se desarrollo una ardua investigación, no se encontraron proyectos referentes a un modelo de simulación dinámico enfocado a temas de desnutrición infantil o similares, por lo cual, se tuvieron en cuenta proyectos que aunque tengan enfoques diferentes, pueden aportar de alguna manera al desarrollo de nuestro proyecto. Cada articulo seleccionado se relacionó con nuestro proyecto y se tuvo en cuenta para la elaboración del estado del arte, el cual esta compuesto por dos partes, en la primera parte se relacionan proyectos realizados a partir de simulación dinámica, posteriormente se encuentra la sección de simulación y modelado de proyectos, estos proyectos aunque no fueron desarrollados con la metodología seleccionada, nos sirven como referentes para entender, contextualizar y analizar como un problema social, económico o de cualquier índole puede ser entendido como un sistema.

3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

En la sección de antecedentes internacionales, se encontraron los documentos *"Dynamic modeling and control of taxi services in large-scale urban networks: A macroscopic approach"*(2017) [5] de Ramezani, Mohsen y Nourinejad, Mehdi y el articulo *"The promise of wearable sensors and ecological momentary assessment measures for dynamical systems modeling in adolescents: a feasibility and acceptability study"*(2016) Brannon, Erin E, Cushing, Christopher C, Crick, Christopher J, Mitchell, Tarrah B. [6], en los cuales se llevaron a cabo modelos dinámicos para simular diferentes situaciones de la vida cotidiana, en el primer documento se describe y demuestra como se llevo a cabo la creación de un modelo enfocado a

mejorar el transito en las grandes ciudades del mundo, debido al aumento de taxis, y el segundo documento expone un modelo que tiene como fin analizar y determinar que tanta aceptación va a tener la utilización de sensores para la utilización de una aplicación móvil. En ambos documentos se exponen diferentes metodologías y procedimientos que se utilizaron en el desarrollo de estos modelos y es por esto que durante el desarrollo de nuestro proyecto pueden ser útiles como material de consulta. En dichos documentos se desarrollan estrategias matemáticas para lograr obtener datos y así lograr generar una proyección a lo largo de los años, es por esto que, aunque se desarrollan con una metodología diferente a la que se selecciono para el desarrollo de este proyecto, pueden ser útiles para plantear un escenario en el que sea necesario realizar una proyección de los datos que se tienen hasta la fecha. Por otro lado, también se habla de una estrategia para recolectar los datos necesarios por parte de las personas que hacen parte de la problemática, esto va a ser necesario a la hora de la recolección de los datos y va a permitir generar buenas herramientas para la obtención de datos.

3.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:

Por otro lado, en el proyecto *"Modelamiento y simulación de mercados de carbono en Colombia como estrategia de mitigación al Cambio Climático"* (2019) [7] de la Universidad Nacional de Colombia, en la ciudad de Medellín, se plantea un modelo en dinámica de sistemas que permita estudiar alternativas de diseño del mercado de carbono tipo ETS, que se analiza con diferentes escenarios tales como precio de bonos inicial alto, penalidad alta y combinación de ambas. Las simulaciones evidencian una reducción de las emisiones cercanas al 3 % en los escenarios base y con precio de bonos alto, y, una reducción superior al 20 % prometido en las últimas dos políticas, siendo más efectivas los últimos dos escenarios para una futura implementación. Se encuentra una alta influencia en el valor de la penalidad en el rendimiento del sistema, volviendo más atractiva la inversión en proyectos permanentes y, por ende, mayor reducción de emisiones.En este documento se expone de manera detallada como fue el proceso de desarrollo del modelo, pero este modelo se realizó a través de modelos matemáticos y físicos, es por esto que no se acerca mucho a la metodología propuesta para nuestro desarrollo, pero si va a servir como guía a la hora de realizar diferentes proyecciones de los datos en caso de ser necesario.

También, en el documento *"Modelo de Simulación Dinámica para evaluar la inversión en capacidades de Innovación Tecnológica en la Industria Colombiana de Software"* (2016) [8], se desarrolló un modelo de simulación con Dinámica de Sistemas que evaluó el efecto de las capacidades sobre las ventas por medio de análisis de escenarios. Se observó que la combinación de estas variables for-

ma ciclos de realimentación positivos con el incremento de la inversión en las capacidades, aumentando el nivel de ventas. Este documento nos va a aportar una gran cantidad de información referente a pruebas, presentación de resultados y análisis de los resultados arrojados, ya que es un documento que es un proyecto que se realiza bajo la misma metodología a la propuesta y las validaciones que se le realizan en proyecto, están muy relacionadas con las que se propone en nuestro modelo.

3.1.3. ANTECEDENTES LOCALES:

En el documento de Sergio Alberto Ariza Gaitán con el título *"La movilidad en Bogotá, un enfoque de dinámica de sistemas"* (2016) [9] de la Universidad de los Andes, se utilizó la dinámica de sistemas con el fin de generar un modelo dinámico enfocado a la movilidad en Bogotá, capaz de simular la situación actual del sistema de transporte y se realizan una serie de políticas enfocadas a la posible solución. Este proyecto se llevo a cabo con la misma metodología que se propone para nuestro desarrollo, es por esto que va a ser muy útil como guía a la hora de realizar el análisis de la situación problema, identificación de actores, diagrama de niveles y flujos y para el desarrollo y presentación de validaciones del modelo.

Por otro lado, en el artículo titulado *"Modelo de dinámica de sistemas para la cadena de abastecimiento de la granadilla en Cundinamarca, Colombia"*(2015) [10] de Isaac Huertas, Johana K. Clavijo y John Alexander Buitrago, se desarrolla un modelo dinámico el cual permita establecer las variables que se encuentran dentro de la producción de la granadilla, y sea de ayuda al agro para determinar la utilidad por hectárea, bajo condiciones normales en terreno, clima, PH del suelo, plagas, humedad relativa, número de jornales, número de equipos, entre otras; con el fin de implementar su uso por parte de cultivadores y comercializadores de la fruta. Se plasma una caracterización como primer lugar de la fruta para luego realizar los gráficos correspondientes que permiten un análisis cercano a la producción en el área de siembra para el cultivo permanente de esta. En este documento se expone todo el proceso que se llevo a cabo para la realización del modelo dinámico, para este desarrollo se utilizo la misma metodología propuesta y es por esto que el documento sirve como apoyo en muchas secciones de nuestro desarrollo, pero en este modelo se logran identificar diferentes problemas ya sean sociales o territoriales que afectan el modelo, y es por eso que va a aportar información importante para llevar a cabo ese análisis en nuestro proyecto.

En el artículo *"Modelamiento del sistema de transporte de la flota alimentadora del portal de la 80 en Transmilenio S.A"* (2015) [11] se emplea la dinámica de sistemas a través de la creación de un modelo, el cual estableciendo los indicadores de servicio del sistema permita establecer acciones de mejora al interior del mismo.

Dicho modelo está enfocado en el tiempo de servicio de los usuarios en el sistema, enfocado principalmente en el tiempo de espera del usuario para acceder al servicio y el tiempo de recorrido de la flota hasta su destino. En este documento se relacionan diferentes aspectos sociales que influyen en la situación problema, es por esto que nos va a permitir una guía en relación a nuestro proyecto, por otro lado, el modelo expuesto en el documento se desarrollo en la misma herramienta de modelado escogida para nuestro desarrollo, por ende, va a facilitar el conocimiento y manejo de esta en diferentes situaciones de modelado.

3.2. MARCO TEÓRICO

Dentro de la problemática evidenciada por el grupo de investigación Osiris & Bioaxis se puede extraer un problema dinámico. Según lo descrito en *"Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems"* [12] del año 1994, un problema dinámico, consiste en todas las interacciones que realizan los actores del sistema, que repercuten de manera directa en la problemática, es decir, todas las acciones que realizan los actores dando como resultado la creación de una problemática ya sea en el ámbito social, económico, político, industrial o biológico.

La dinámica de sistemas, según la metodología expuesta por Sterman y descrita en la sección 2.6 va a permitir describir y entender la problemática identificada de una forma más clara, facilitando así la elaboración de tareas claves a lo largo del proyecto. La metodología propuesta permite realizar iteraciones entre las fases del desarrollo del proyecto, permitiendo así incluir, modificar y mejorar cualquier elemento o información que no se haya tenido en cuenta a la hora de realizar el modelo. También, debido a ese tipo de flexibilidad en las iteraciones, exige que el cliente esté participando activamente en el desarrollo, permitiendo así que el producto final cumpla con lo solicitado por parte del cliente. Según lo expuesto en la referencia [11], la utilización de esta metodología permitió el desarrollo de un modelo dinámico de sistemas robusto, que da solución a la problemática observada y permitiendo generar una serie de políticas para dar solución de una manera más efectiva a la problemática.

Por otro lado, en la referencia [13], se utilizó una metodología que permite realizar simulaciones dinámicas, pero desde una perspectiva matemática, dando como resultado una estimación porcentual sobre la problemática y como esta disminuye o aumenta con respecto al tiempo. Según este desarrollo, dicha metodología no permite proponer políticas relacionadas con las acciones que realizan los actores del sistema, ya que son políticas que van relacionadas con aspectos porcentuales y numéricos. Para la buena aplicación de la metodología que se va a utilizar, es necesario entender la problemática expuesta y definir algunos aspectos importantes referentes al modelo dinámico de sistemas. Según la metodología, para entender la

problemática, es necesario explicar por qué esta situación es realmente un problema, para esto será de vital importancia recurrir a información, datos, datos estadísticos y toda la información que sea posible que describa y permita evidenciar porque esta situación es un problema y que consecuencias causa dentro de una población, todo esto con el fin de generar el marco referencial, donde se explica detalladamente el problema dinámico. En este punto, es necesario definir el horizonte de tiempo y la variable de interés. El horizonte de tiempo hace referencia a un rango de tiempo (pasado y futuro) en el cual se quiere realizar la simulación y obtener los datos estadísticos [14]. La variable de interés hace referencia a la variable que va a permitir comparar la situación actual con el cambio que se genera la introducción de una solución que solucione el problema.

Con la información obtenida en el marco referencial, es necesario plantear una serie de hipótesis que permitan explicar el por qué se presenta esta situación. Es importante conocer como es el comportamiento de la variable de interés a través de los años y analizar como se ve afectado el contexto, también hay que observar las variables que determinan según el comportamiento de los actores, como se ve impactado el problema principal. [14]

A partir del análisis realizado en los puntos anteriores, se va a desarrollar un primer planteamiento del modelo dinámico enfocado a la situación problema. La obtención de variables de interés, variables auxiliares, actores, roles, acciones y el horizonte de tiempo deben estar relacionadas entre sí para que toda la ejecución y creación del modelo estén orientados hacia la misma dirección, en caso de que algún aspecto no se encamine hacia la solución que se quiere, este deberá ser replanteado. [15]

La realización de las pruebas definirán si el modelo cumple o no con su función. A la hora de desarrollar el modelo, este debe ser aplicado en todas las pruebas especificadas en la metodología seleccionada, estas indicarán si el modelo cumple con todos los parámetros necesarios para que este sea un modelo bien estructurado, robusto, preciso y consistente. En este punto, la flexibilidad que se tiene con respecto a las iteraciones permitirá volver a analizar y agregar algún elemento que no haya sido tenido en cuenta, o por el contrario, suprimir uno que sobre dentro del modelo. [1]

La simulación de la situación actual sin la introducción de la solución y la simulación con la introducción del artefacto, va a permitir generar una serie de políticas y conclusiones. El objetivo final es la obtención de dos modelos, uno con la situación actual del problema y otro con la introducción de la solución, esto permitirá realizar una comparación de ambas situaciones y observar cómo la tecnología va a generar un cambio. A partir de este análisis, se puede proceder a realizar una serie de recomendaciones sobre las posibles acciones que realizan los actores del sistema, las cuales afectan directamente al problema, es decir, se pueden proponer una lista

de cambios que se pueden realizar para solucionar el problema o mitigar el impacto sobre este. [14]

4. DESARROLLO METODOLÓGICO

En el desarrollo metodológico se aplica la teoría descrita en la **Sección 2.6**. Utilizando como herramienta la metodología Kanban se estableció un tablero de control con los objetivos propuestos en la **Sección 2.1**, este tablero representa el avance que se ha realizado en el transcurso del proyecto y sus retrasos. Esta decisión se tomó por la similar puesta en marcha que propone Sterman en su metodología, el tablero podrá ser visto en el **Anexo 11.2**.

En el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta las actas de reunión que se llevan a cabo durante todo el tiempo de ejecución del proyecto, esto como medida de control y certificación de entregas en los tiempos estimados, propuestos en los acuerdos del cliente. Los acuerdos se podrán visualizar en el **Anexo 11.3** y las actas de reunión.

El proyecto se irá desarrollando por objetivos cumplidos en el transcurso del tiempo. Para el día 3 de septiembre, se llevan a cabo los objetivos 1 y 2. El objetivo 3 está planteado para que este desarrollado el día 10 de septiembre, el objetivo 4 tiene como fecha máxima el 8 de octubre para finalizar el objetivo 5 el día 15 de octubre del presente año. estos objetivos representan las pruebas y creación de políticas que permitan el proponer diferentes soluciones al problema y sirva de base para la implementación en el mundo real, los informes se pueden ver en **Anexo 11.9** y el tablero se pueden observar en el **Anexo 11.2**.

4.1. Etapa 1

En esta iteración se puede observar como se desarrolla el concepto de la vigilancia comunitaria, los posibles actores que la afectan y sus relaciones. Esta iteración se llevó a cabo en el periodo del 1 de noviembre hasta el 25 de noviembre y cuenta con los dos primeros objetivos resueltos.

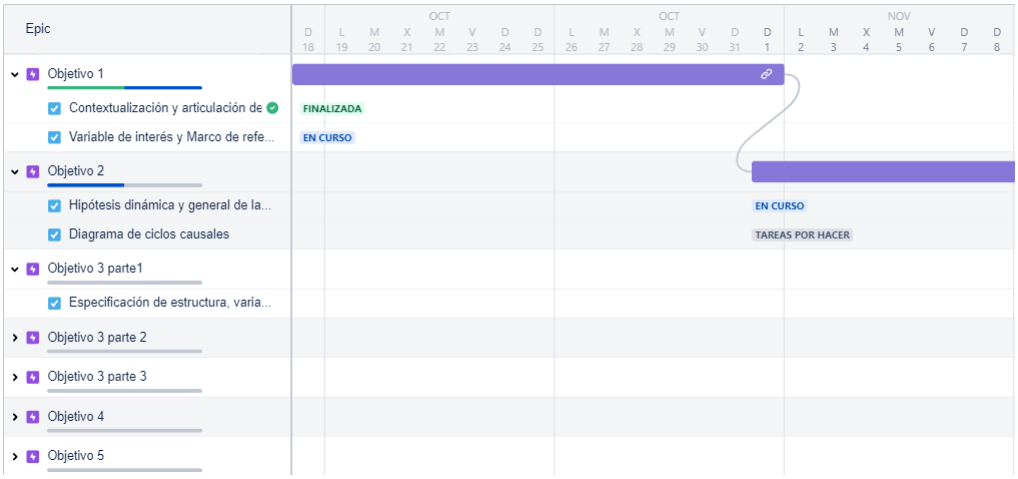
4.1.1. OBJETIVO 1

Según la metodología propuesta por Sterman es necesario entender y justificar la problemática haciendo una investigación profunda del tema, y dar razón de porque es una problemática. Este objetivo es principalmente de investigación y análisis de la problemática en su estado actual antes de la implementación de la tecnología propuesta por el grupo de investigación Osiris & Bioaxis.

Muestra de Artefactos de control

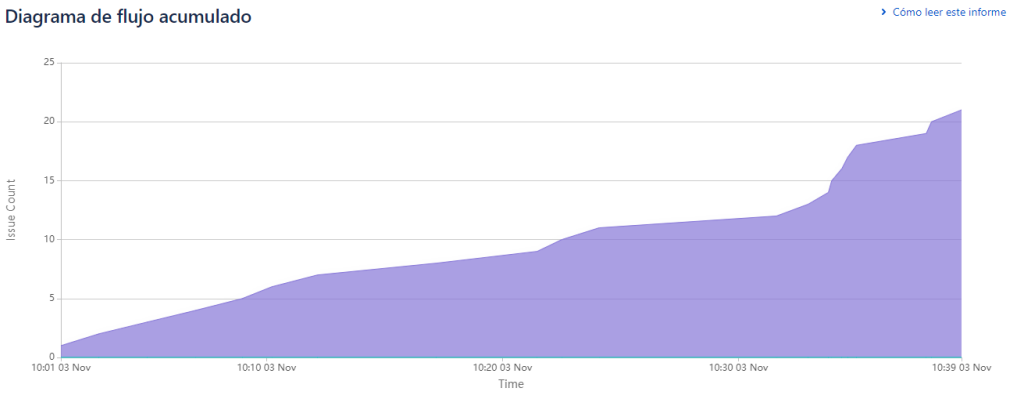
De la **Figura del 9, 10 y 11** se muestra el desarrollo del proyecto actualmente.

Figura 9: Diagrama de Gantt



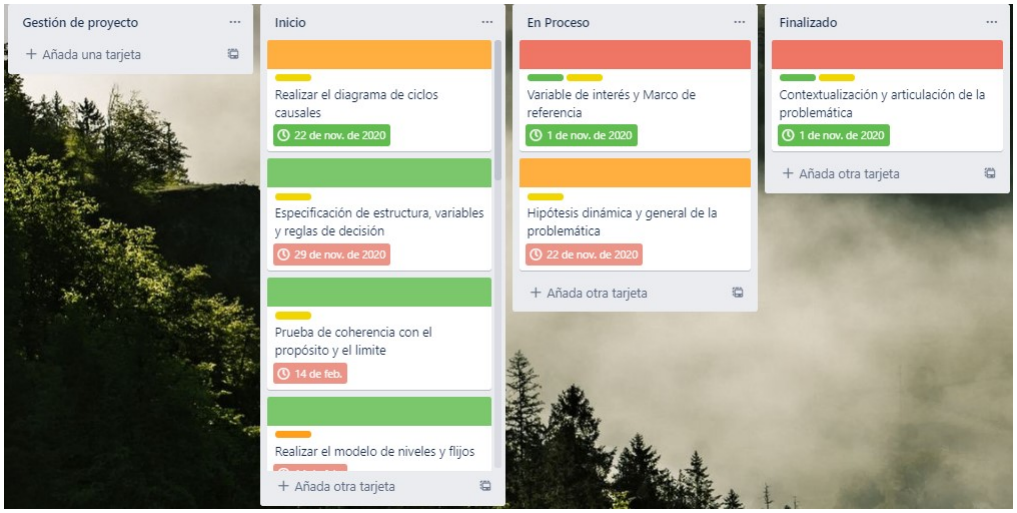
Fuente: Elaboración Propia

Figura 10: Diagrama de flujo Acumulado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Diagrama de flujo Acumulado



Fuente: Elaboración Propia

En este momento tenemos un retraso de dos semanas que representa solo el objetivo 1 y se está desarrollando el objetivo 2.

Solución del objetivo:

El primer objetivo tiene como finalidad entender el contexto, los actores que intervienen y las relaciones entre cada actor de la problemática.

Justificación y contextualización de la problemática:

La metodología propone una serie de preguntas propuestas en la **Cuadro 2**, que son necesarias para dar una justificación a un problema dinámico y dar a conocer la problemática que se está viviendo y a la cual se va a abordar esto se expone en el **Anexo 11.6**.

Las preguntas descritas en el **Cuadro 2 y 3** van a ser resueltas en el documento llamado *"Informe Modelo Dinámico"* **(ver Anexo 11.6)**. Estas preguntas están orientadas para definir y explicar de una forma clara desde la Dinámica de sistemas la situación identificada como problemática. Estas preguntas son propuestas en el documento *"Critical heuristic of social system desing"* [16].

Desde la metodología utilizada en el proyecto, es necesario entender y describir la problemática de la forma más clara posible para que durante el desarrollo del modelo no se presente algún tipo de malentendido, esto va a ser posible con la

Cuadro 2: Preguntas de la 1 a la 6 Guías Ulrich

#	Preguntas
1	¿Quién debería ser el cliente (beneficiario) de los sistemas S a diseñar o mejorar?
2	¿Cuál debería ser el propósito de S, qué estados de meta debería ser capaz de lograr S para servir al cliente?
3	¿Cuál debería ser la medida de éxito (o mejora) de S?
4	¿Quién debería tomar las decisiones, es decir, tener el poder de cambiar la medida de mejora de S?
5	¿Qué componentes (recursos y limitaciones) de S debe controlar el tomador de decisiones?
6	¿Qué recursos y condiciones deberían ser parte del entorno de S, es decir, no deberían ser controlados por quien toma las decisiones de S?

Fuente "Critical heuristics of social systems design" [16]

Cuadro 3: Preguntas de la 7 a la 12 Guías Ulrich

#	Preguntas
7	¿Quién debería estar involucrado como diseñador de S?
8	¿Qué tipo de experiencia debería fluir en el diseño de S, quién debería ser considerado un experto y cuál debería ser su función?
9	¿Quién debería ser el garante de S, es decir, dónde debería buscar el diseñador la garantía de que su diseño se implementará y tendrá éxito, a juzgar por la medida de éxito (o mejora) de S?
10	¿Quiénes deberían pertenecer a los testigos que representan las preocupaciones de los ciudadanos que serán o podrían verse afectados por el diseño de S? Es decir, ¿quiénes de los afectados deberían participar?
11	¿En qué medida y de qué forma se debe dar al afectado la posibilidad de emanciparse de las premisas y promesas del implicado?
12	¿En qué visiones del mundo de los involucrados o afectados debería basarse el diseño de S?

Fuente "Critical heuristics of social systems design" [16]

resolución de las preguntas especificadas en la **Cuadro 2 y 3**. Con el fin de obtener como resultado final el siguiente párrafo:

"En Colombia, no se cuenta con un sistema de vigilancia comunitaria enfocado al área de la salud, y por supuesto tampoco a la desnutrición infantil. A pesar de que en 2015 se empezó a implementar un sistema de vigilancia en salud, las muertes y casos por desnutrición infantil (niños entre los 0 y 5 años), siguen aumentando en los lugares de mayor vulnerabilidad del país[2], [3]. Esto se debe gracias a que el sistema actual no permite generar las alertas a tiempo, causando que cuando el sistema genera una alarma de un caso de riesgo, ya es demasiado tarde y el afectado ya está en un punto crítico o incluso ya ha fallecido[4]."

Este segmento fue obtenido del informe que se le va a proporcionar al cliente como resultado final. Para profundizar más en el documento ver **Anexo 11.6**.

También, es necesario identificar todos los involucrados y afectados dentro de la problemática para poder sustentar y dar evidencias a partir de datos e información referente. Los datos utilizados para esta sección, se encuentran especificados en los párrafos 7, 8, 9 y 10 del documento *"Informe Modelo Dinámico"*, esto se realiza con el fin de producir un resultado como el siguiente:

"La deficiencia de hierro en las mujeres gestantes en ENSIN 2010 fue del 37,2 %. La anemia durante este periodo, se asocia con mayor riesgo de parto prematuro, bajo peso al nacer, aumento de la morbi-mortalidad materno – infantil y según la OMS, en países de ingreso medio como Colombia, cerca del 18 % de la mortalidad materna se atribuye a la deficiencia de hierro."

Este segmento fue obtenido del informe que se le va a proporcionar al cliente como resultado final. Para profundizar más en el documento ver **Anexo 11.6**

Desde este punto, se va a mostrar a partir de datos la situación problema que se presenta y se va a argumentar el por qué se debe controlar o reaccionar frente a esta situación, para que en un futuro dicho problema no aumente y genere una situación más compleja y con dimensiones más grandes. Esto está descrito en el párrafo 11 del mismo documento, el cual menciona lo siguiente:

"Con lo expuesto anteriormente, se demuestra que esta situación es un problema que se presenta no solo en el departamento de La Guajira sino en todo el país y el número de casos y personas que se ven afectadas por esta situación es alarmante. Se cree que con el paso del tiempo, el número de casos tiene a aumentar generando que la problemática sea más difícil de afrontar, causando muertes y un sin fin de enfermedades."

Modo de referencia:

Como se explicó en el glosario el modo de referencia es la representación de la variable de interés y su comportamiento en el tiempo por medios estadísticos, en el documento *Conceptualization of Social Systems:Actors First* [2], permite dar un primer vistazo de como se debería sacar dicha variable de interés.

El documento explica que el modo de referencia se crea a partir del análisis de las posibles variables que representen de la mejor manera la problemática, usando como base teórica la contextualización y justificación de la misma. De este análisis se seleccionó como variable de interés *"La vigilancia intersectorial"*. En este caso como no se tiene antecedente de la variable de interés en cuestión, ya que ningún dato es comprobable, se puede decir que el modo de referencia está en cero. En casos como estos se puede utilizar las variables adyacentes para poder calcular un modo de referencia plausible, por medio de las futuras reglas de decisión obtendremos el comportamiento real de la variable de interés. La variable auxiliar que representara este modelo será *"La desnutrición infantil"*, ya que el objetivo de la integración del aplicativo móvil es reducir los casos de desnutrición infantil con este definido se podrá observar como su comportamiento afecta la variable de interés, y por medio de ese análisis encontrar el comportamiento real.

Teniendo en cuenta lo explicado en el párrafo anterior se realizó una investigación de cuáles son los casos de desnutrición en el contexto del municipio de Manaure y con esto se pudo realizar el modo de referencia.

4.2. Etapa 2

En este punto del proyecto, se realizó un acercamiento directo con la comunidad Wayúu a través de una entrevista que se realizó con una líder de la comunidad y una médica tradicional de la tribu, con el fin de identificar y aclarar procesos, actores y acciones que anteriormente no fueron tomadas en cuenta.

4.2.1. Objetivo 1

Para la metodología, es necesario realizar realimentaciones a lo largo de la ejecución para analizar las posibles situaciones que no fueron analizadas anteriormente. Por eso, es necesario tener en cuenta las diferentes perspectivas y participantes dentro de la problemática para comprender cada punto de vista o cada rol y así poder generar un modelo enfocado a la necesidad.

Para este punto, gracias a la entrevista se logró identificar la participación de más actores. Un claro ejemplo de esto es la identificación de una institución estatal conocida como UCA, la cual entra con el rol de Ïnterventor", ya que es un actor externo que no afecta directamente la problemática, pero si genera un cambio en el

desarrollo de la situación. Esta institución realiza una serie de acciones en contra de la desnutrición infantil.

También se identificaron diferentes creencias y hábitos que afectan directamente a la problemática. En palabras de la líder Wayúu *"La comunidad Wayúu se ha vuelto o largo del tiempo más perezoso, esperando que otros solucionen los problemas que pueden solucionar ellos, esto no niega que, si hay problemas con la distribución del agua, pero en conjunto hacen que la desnutrición infantil sea un problema más común de lo que debería ser."* Esto demuestra que las familias dentro de la comunidad Wayúu tiene muy claro cuáles son sus problemas y que tiene poco interés en solucionarlo desde dentro, esperando que el estado soluciones sus problemas, Lo siguiente que comento fue *"Las familias Wayúu tienen una enorme desconfianza a los arijuna y en sus sistemas de salud, esto es porque ello creen que en los hospitales van a matar a sus hijos"*, al entender los miedos de los propios Wayúu, se observa un punto en el cual se podría intervenir por medio de educación y mejorar la atención dentro del sistema.

Como se ha mencionado anteriormente, la introducción de estos nuevos actores y creencias va a significar una posible afectación en el modelo si no son tenidas en cuanta, por lo que, a la hora de realizar el hallazgo de estas variables se procede a integrarlos en el modelo, para que este represente con una mayor claridad la realidad de la situación.

Al seleccionar una metodología "flexible", la introducción de estos actores y costumbres no va a afectar el desarrollo que se ha desarrollado hasta la fecha, únicamente será necesario analizar el comportamiento de cada actor que se encontró, el rol que este cumple dentro del sistema, sus acciones, intereses y en que punto de la problemática este hace su aparición dentro del sistema.

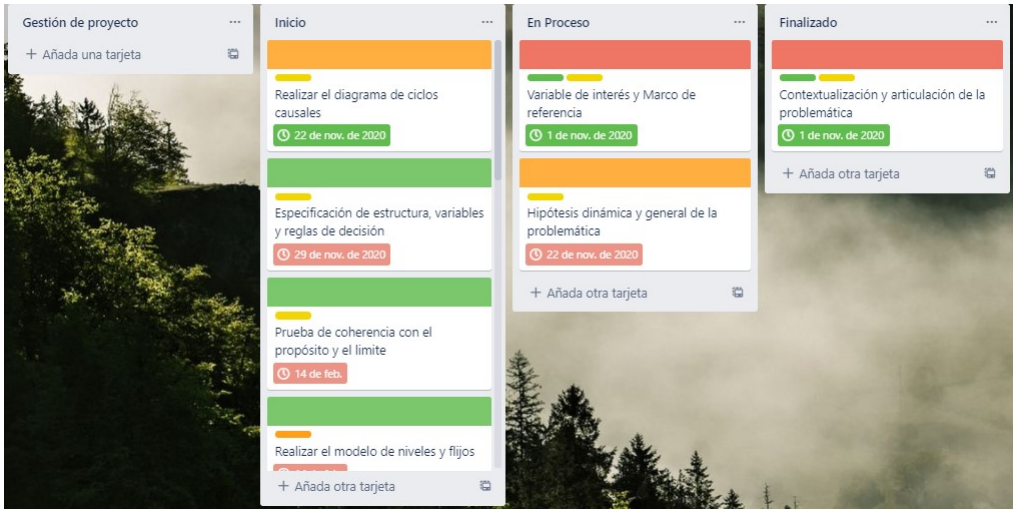
4.3. Etapa 3

En este punto del proyecto, se realizó el análisis de la información recolectada con el fin último de ampliar la lista de actores y analizar las diferentes interacciones con la variable de interés. Esta iteración comenzó 17 de agosto del 2021.

4.3.1. Muestra de artefactos:

Como se puede observar en la **Figura 12** comprendemos que se ve un retaso en la solución del modo de referencia y se está hasta ahora desarrollando el diagrama de ciclos causales, se espera que para esta semana se finalicen todos los entregables que están para el 10 de septiembre del 2021.

Figura 12: Diagrama de flujo Acumulado



Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Solución de la iteración:

Objetivo 1 y 2:

Los objetivos 1 y 2, tienen como finalidad principal comprender la problemática de la forma más detallada posible, para así poder realizar un análisis actual del problema para lograr desglosarlo y observar parte por parte dicha situación, analizando los actores, acciones y procesos que se llevan a cabo.

Según la metodología propuesta por Sterman, el paso inicial para la ejecución del modelo es el planteamiento de la hipótesis dinámica, esto hace referencia a una primera hipótesis en la cual se trate de dar una breve explicación de por qué se presenta esta situación problema a partir del enfoque del actor que quiere entrar a intervenir dicha problemática. La intención de esta hipótesis inicial de la problemática es conocer diferentes costumbres o situaciones que se dan y a partir de esto empezar a desarrollar modelos de decisión y acción de las diferentes entidades o actores que intervienen.
Como segunda instancia, se procede a generar los modelos de decisión y acción, los cuales permiten identificar las diferentes acciones que realizan los actores dentro del modelo y como estos afectan de manera positiva o negativa. Así se pueden analizar diferentes flujos de datos o información relevante para la ejecución del proyecto.

Variable de interés y modo de referencia

La variable de interés, es una variable que se identifica desde el principio del proyecto con el fin que esta sea impactada de forma directa con la resolución del problema, es decir, con la introducción de la solución se debe obtener el resultado esperado de esta variable, que crezca o disminuya dependiendo del caso, en nuestro caso la variable de interés seleccionada va a ser **La atención a los casos de desnutrición infantil**. Se plantea demostrar que la tecnología propuesta por el grupo de investigación Osiris & Bioaxis de la universidad El Bosque, funciona para disminuir el comportamiento de la variable de interés dando así como resultado un aumento de los la atención de los casos de desnutrición dentro del grupo objetivo inicial de los investigadores.

El horizonte de tiempo estimado fue de 10 años, en los cuales, se realizara un análisis de los datos que obtenidos desde el 2015 hasta la actualidad y con base a ese análisis se realiza una proyección o simulación 5 años en el futuro, es decir, se realiza la simulación hasta el 2025. Según lo planteado en el proyecto del grupo de investigación, se tomará como lugar de la prueba piloto la comunidad Wayúu a partir de datos aproximados.

4.3.3. Hipótesis dinámica

A lo largo del desarrollo del proyecto, se identificaron diferentes puntos de vista e hipótesis de la situación problema. Para la comunidad, se identifica que existe la hipótesis de que esta situación se presenta gracias a que es muy difícil acceder a alimentos, ya que no se cuentan con los recursos necesarios para adquirir estos y no se cuenta con la cantidad de agua suficiente para poder cultivarlos en las tierras que poseen, por otro lado, indican que esta problemática se presenta en gran culpa a los procesos o acciones que ejecuta el Estado, ya que, muchas veces los recursos económicos que se destinan para estas zonas o comunidades no son entregadas o utilizadas como debe ser.

Por otro lado, se ha logrado identificar que también es un problema cultural, ya que algunos padres de familia de esta comunidad no son proactivos ni muestran interés en realizar alguna actividad que generé algún tipo de ingreso económico y así proveer alimentos en sus hogares, razón por la que no es posible alimentar adecuadamente a sus hijos, del mismo modo, no se interesan en realizar ningún tipo de actividad para aprovechar las tierras que pertenecen a estas comunidades, es decir, se tiene un espacio en donde se pueden realizar cultivos o siembras, pero, como lo menciona la líder Wayúu en un encuentro que se realizó, ”la pereza de los hombres.[es] un factor que afecta directamente esta problemática. También, culturalmente el alto consumo de çhicha.[es]tá bien visto, por lo que en muchas ocasiones los niños de la primera infancia ingieren una gran cantidad de esta bebida sin consumir ningún tipo de alimento.

Desde el punto de vista del grupo de investigación Osiris & Bioaxis, esta situación se presenta, ya que no se cuentan actualmente con los recursos tecnológicos para poder centralizar la información de los casos de desnutrición, haciendo más difícil afrontar esta situación, ya que hay muchas partes o instituciones que intervienen en esta problemática, pero cada una realiza procesos diferentes, generando que los tiempos de detección, acción y acompañamiento sean más demorados o incluso en algunos casos no se logre ni siquiera identificar el caso de desnutrición a tiempo.

Del mismo modo, se tiene la hipótesis de que en muchos casos que se presentan, el acompañamiento al individuo que ha superado el cuadro de desnutrición es nulo, generando así una posible recaída y por temas de procesos se pueda presentar la muerte de este niño.

Desde el punto de vista del grupo de desarrollo del modelo, se tiene la creencia de que este problema se presenta debido a varios factores, como principal factor se encuentra el ámbito cultural, en el que como se mencionó anteriormente, la comunidad no realiza acciones que les permitan solucionar esta problemática desde adentro de su comunidad, es decir, no se interesan en realizar actividades ni laborales ni de agricultura que les permita trabajar las tierras que poseen y proveer alientos a sus familias, por otro lado, también se tiene la creencia de que esta situación se presenta debido a la mala toma de decisiones estatales que han afectado en gran manera a esta comunidad y diferentes zonas del territorio nacional.

4.3.4. Actor por rol

Según lo analizado anteriormente y con el fin de identificar la relación de los diferentes actores del sistema, se realiza un proceso de observar que actores hacen parte del sistema para posteriormente asignarles un rol, dependiendo de su participación en la situación problema, según se menciona en la metodología. Posteriormente, se realiza tabla en la cual se organizan los actores identificados, el rol que ocupa dentro de la situación y sus metas y objetivos, como se observa en los **Cuadros 4, 6, 8, 7 y 5**. Cabe resaltar que un actor puede tener uno o más roles, dependiendo de los procesos o tareas que este desarrolle dentro de la situación.

Según la metodología escogida, existen 5 tipos de roles, los cuales están descritos de la siguiente manera: Drivers, Suppliers, Affected, Owner e Intervener. Los Drivers, son aquellos que influyen de manera negativa la situación problema, esta influencia puede ser directa o indirecta a partir de sus acciones o como consecuencia de estas. Para los Suppliers, son aquellos actores que otorgan información de cualquier tipo a la situación, es decir, se encargan de otorgar y recopilar información a través del análisis del sistema. Los Affected, como su nombre lo menciona, son todos los actores que se ven directamente afectados por la situación problema. El Owner, es el

Cuadro 4: Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Driver

Actor	Metas y Objetivos
IPS	Contratar y capacitar personal para mejorar el servicio Prestar un servicio que sea capaz de cumplir con la demanda Estandarizar procesos para mejorar el servicio El objetivo es prestar un servicio médico a las personas que están inscritas a este tipo de organizaciones, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas
Familias Wayúu	Costumbres, pensamientos y hábitos perjudiciales para la alimentación y salud para sus hijos
”Piache”	Realiza procedimientos de sanación a partir de rituales, que no siempre son eficaces.

Fuente: Elaboración propia

actor que tiene como interés principal dar una solución a la problemática analizada. Los Interveners, son los actores externos que intervienen en la problemática y afectan de manera positiva o negativa dicha situación.

Teniendo en cuenta los actores mencionados anteriormente, se procede con el análisis de las acciones de cada uno de estos en la problemática. Para esto, la metodología dispone realizar unos modelos denominados como modelos de decisión y acción.

En la **Figura 13**, se observa el modelo relacionado con las acciones que se ejecutan en la IPS. En este se observa como se gestionan los casos que llegan hasta esta institución, pasando por el diagnóstico médico para definir si el cuadro que presenta el individuo se debe por desnutrición, y así proceder con el tratamiento necesario para solucionar este inconveniente y, posteriormente poder realizar el acompañamiento necesario al paciente.

En la **Figura 14**, se puede observar el escenario que se puede presentar cuando un niño de dicho núcleo familiar presenta un caso de desnutrición infantil, en esta situación la familia puede recurrir a 3 diferentes entidades para tratar de solucionar el problema, las cuales son llevar al niño a donde un médico tradicional, a donde

Cuadro 5: Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Supplier

Actor	Metas y Objetivos
IPS	Proporciona información o recursos a partir del análisis y estado nutricional de los niños que son remitidos a estas entidades con el fin de generar un seguimiento en los casos de desnutrición que se presentan a nivel nacional.
Pediatras	Es el encargado de informar acerca del estado nutricional de los pacientes a las entidades correspondientes con el objetivo de informar sobre la situación nutricional de los pacientes
Líderes de la comunidad	Al tener una comunicación entre todos los que componen la comunidad, permite una acción rápida en cualquier caso de emergencia.
Familias Wayúu	Velan por la seguridad de cada persona que los conforma y se proponen informar el estado de salud de alguno de sus integrantes.
Campañas de salud	Generar informes de los estados de sus pacientes, para entregarlo a la estadística nacional.
Brigada de acompañamiento	Informan a la IPS de cada caso en particular.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6: Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Affected

Actor	Metas y Objetivos
Niños de 0 a 5 años de las comunidades Wayúu	Se les priva el derecho de una vida digna y con acceso a la salud.
Familias Wayúu	Se les genera un daño emocional a la hora de perder a un miembro del grupo familiar debido a las muertes por desnutrición. Se les priva el derecho de una vida digna.

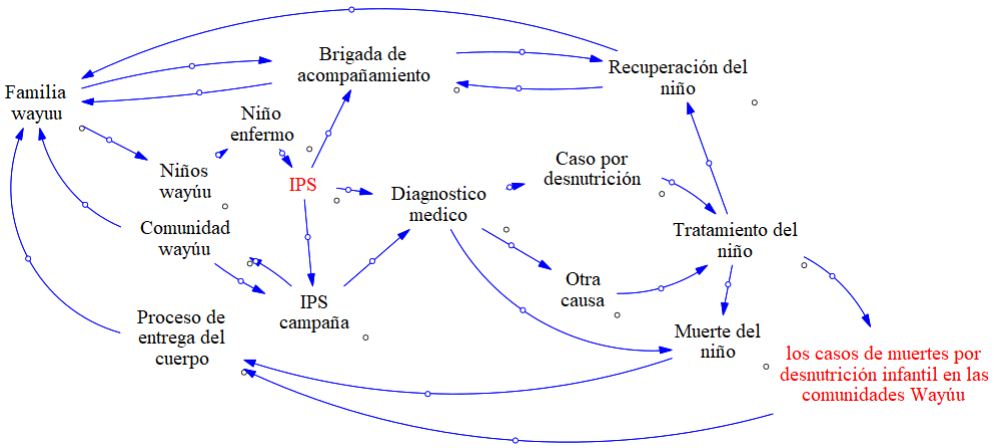
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7: Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Owner

Actor	Metas y Objetivos
Grupo de investigación Osiris & Bioaxis	Es de su interés participar en la solución de este problema con la aplicación e introducción de la tecnología móvil que permita realizar la vigilancia comunitaria.

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Diagrama decisión acción IPS



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 8: Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Intervener parte 1

Actor	Metas y Objetivos
Pediatra	Al realizar su diagnóstico se va a empezar el proceso y seguimiento de acompañamiento en los niños con desnutrición aguda. Al realizar un buen diagnóstico va a empezar dicho proceso, en caso contrario puede correr el riesgo de producir la muerte de un niño por desnutrición al cual no se le realizó una intervención a tiempo.
Líderes de las comunidades	Es la persona que interviene entre las familias y las IPS con el proceso de llevar a los niños a estos sitios.
Grupo de investigación Osiris & Bioaxis	Al intervenir en esta problemática, va a generar un cambio social de una situación que no debería estar ocurriendo. Con su influencia en esta situación va a poder adquirir prestigio y la posibilidad de trabajar en diferentes proyectos sociales de esta índole.

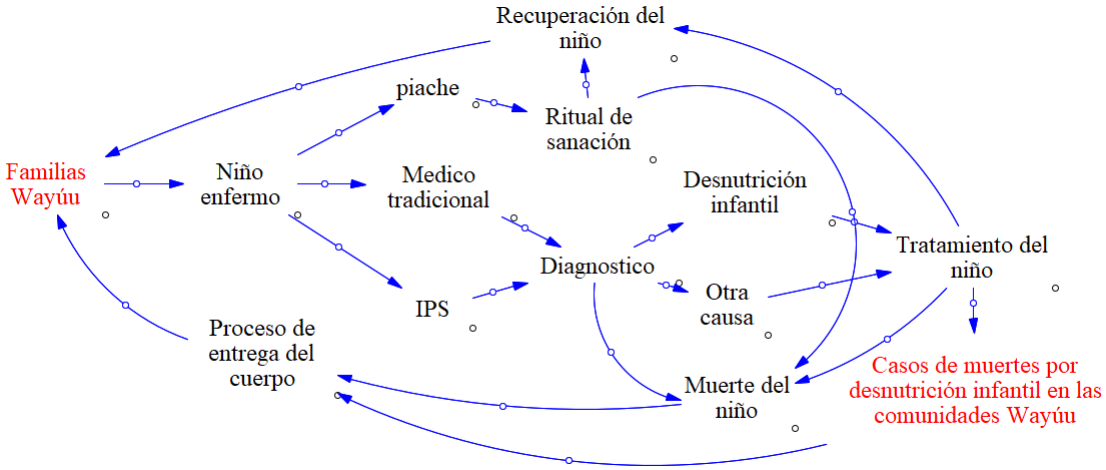
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9: Identificación de Actores, Metas y Objetivos para actores que cumplen el rol de Intervener parte 2

Actor	Metas y Objetivos
Comunidad Wayúu	Al participar directamente en esta situación, su situación va a cambiar radicalmente si se logra solucionar o mitigar la problemática, generando así una mejor calidad de vida.
Brigada de acompañamiento	Realizar el acompañamiento de los casos de desnutrición en la comunidad, para que el niño salga de ese cuadro de desnutrición y a partir del acompañamiento, no recaiga en este.
Médicos tradicionales	Realizar procedimientos o valoraciones a partir de su conocimiento en temas de salud tradicional.
”Piache”	Realiza procedimientos de sanación a partir de rituales, que en ocasiones ayudan a que el individuo salga de ese cuadro de desnutrición.
UCA (Unidades Comunitarias de Atención)	Velar por el bienestar de los niños de la comunidad Wayúu.
Trabajadores sociales	Velar por el bienestar de los niños de la comunidad Wayúu.
Campañas (PIC)	Realizar un proceso de educación y acompañamiento en la comunidad.

Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Diagrama decisión acción Familias Wayúu



Fuente: Elaboración Propia

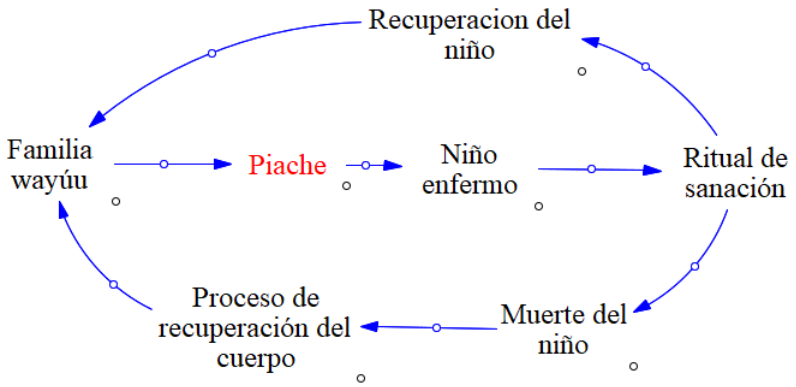
una especie de brujo que es conocido en la zona como ”piache”donde se realizan sanaciones a través de rituales o pueden tomar la decisión de asistir directamente a un centro médico donde puedan recibir atención médica. En este punto, se observan las diferentes creencias que tienen las familias Wayúu con respecto a la medicina y como a partir de estas creencias se toman las decisiones de la institución a la cual van a asistir para el tratamiento del caso de una posible desnutrición.

En la **Figura 15**, se puede observar el flujo que se presenta cuando una familia decide asistir a donde un ”Piache”para que este le de atención al caso, en esta situación y a partir de los conocimientos ancestrales del ”Piache”, se van a desarrollar una serie de rituales para que el individuo se recupere y salga de ese cuadro de desnutrición, sin embargo, en este caso nunca se logra determinar médicamente si el niño presenta o no un caso de desnutrición, ya que este actor no cuenta con los recursos ni herramientas necesarias para diagnosticar esta situación, por lo cual, no se puede hablar a ciencia cierta que el caso que se atendió, hace referencia a un caso de desnutrición infantil.

En la **Figura 16**, se analiza el caso en el que un niño que presenta un caso de desnutrición asiste a un centro médico para realizar el diagnóstico pertinente, en este caso si es posible identificar que el paciente presenta un cuadro de desnutrición, por lo que se procede a realizar el tratamiento pertinente para que el paciente pueda recuperarse.

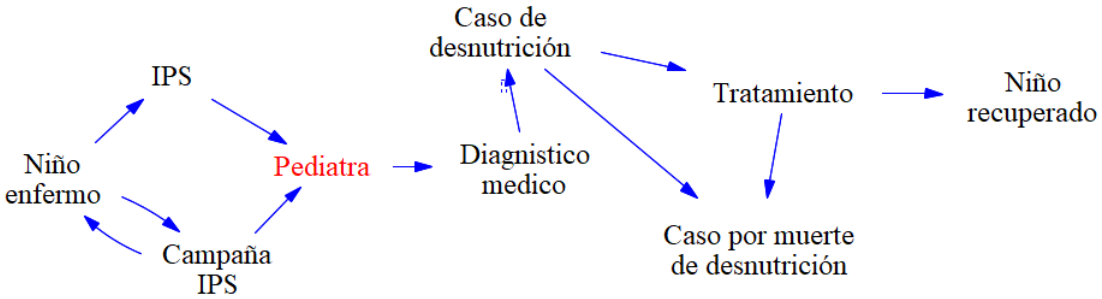
En la **Figura 17**, se observa un actor que se definió como brigada de acompañamiento, en la cual participan diferentes actores como lo son trabajadores sociales, pediatras y en algunos casos líderes de las comunidades. Este grupo de actores tiene

Figura 15: Diagrama decisión acción Piache



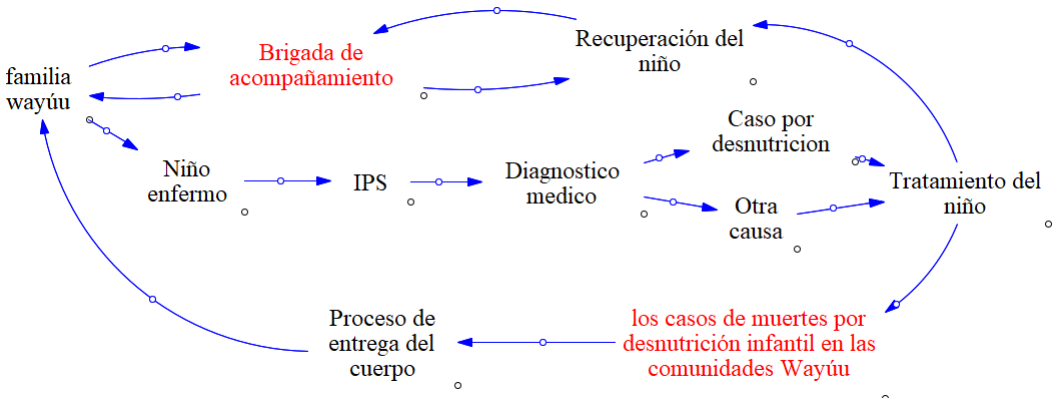
Fuente: Elaboración Propia

Figura 16: Diagrama decisión acción Pediatra



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17: Diagrama decisión acción Brigada Acompañamiento



Fuente: Elaboración Propia

como fin realizar el acompañamiento al caso cuando ya se ha logrado estabilizar y sacar del cuadro de desnutrición al paciente, estos son los encargados de ir a las comunidades, directamente hasta donde las familias para consultar como ha estado evolucionando el caso y poder identificar si el individuo presenta una mejoría en su salud o si por el contrario presenta otra vez un cuadro de desnutrición.

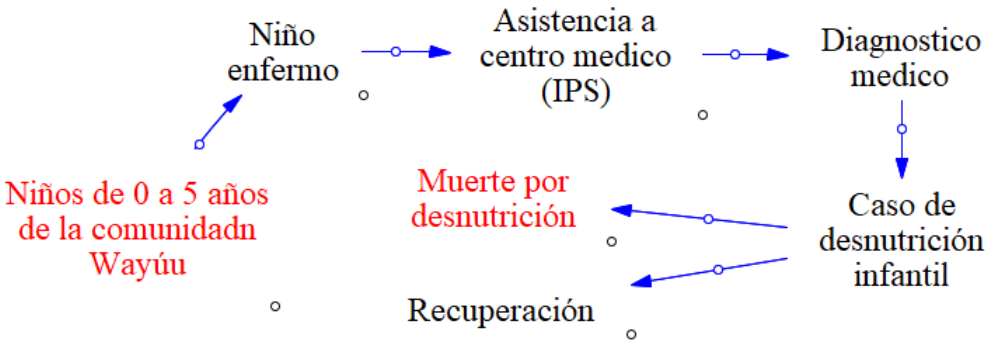
En la **Figura 18**, se puede observar el comportamiento de las diferentes acciones que realiza el actor *"Población infantil"* para afectar una de las variables de interés. La población infantil es el centro de atención de esta problemática y es la cual da las bases para saber si el sistema de atenciones funcional. Dentro del sistema son los que atienden y se les realiza el debido seguimiento para garantizar el derecho a la salud.

Loa niños al depender de sus familias generan múltiples circunstancias que no serian las mejores para ser tratados o siquiera diagnosticados como es debido.

En la **Figura 19**, se puede observar el comportamiento de las diferentes acciones que realiza el actor *"Médico tradicional"* para afectar una de las variables de interés. El médico tradicional se llamaría la moneda de la suerte, ya que provoca un 50 % de que pueda tratar el caso de desnutrición o no lo pueda, este al no estar atado al sistema en sí, no permite dar información precisa al resto del sistema de información, ya que no está en capacidad de diagnosticar médicamente si es un caso de desnutrición infantil.

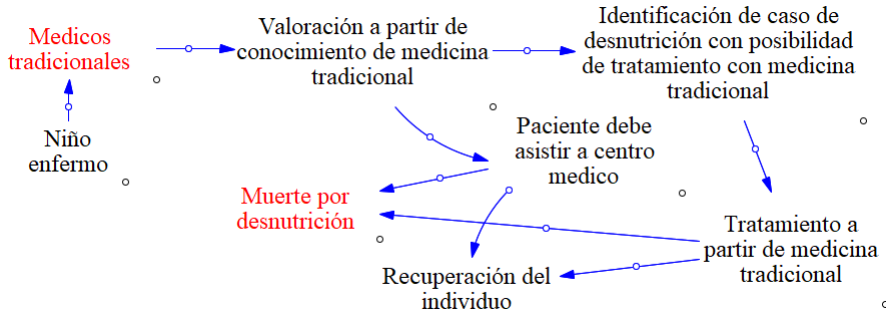
El médico tradicional como actor juega un papel muy importante dentro de la comunidad, ya que este atiende las enfermedades en primera instancia, por la misma desconfianza que tiene la comunidad sobre los centros médicos.

Figura 18: Diagrama decisión acción Población infantil



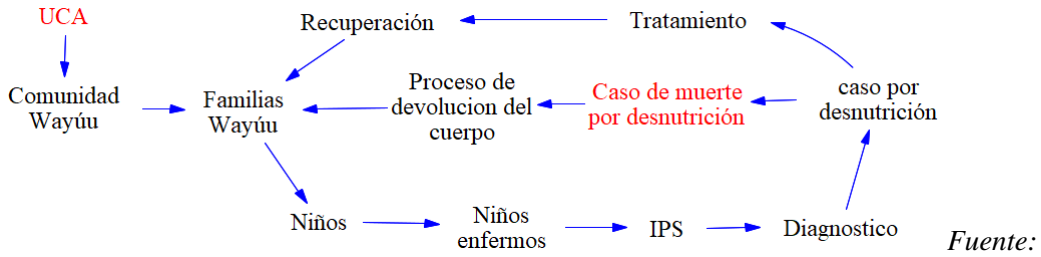
Fuente: Elaboración Propia

Figura 19: Diagrama decisión acción Médico tradicional



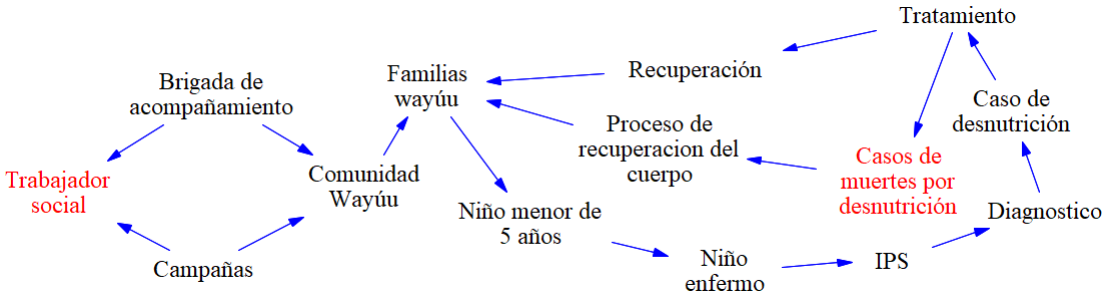
Fuente: Elaboración Propia

Figura 20: Diagrama decisión acción UCA



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21: Diagrama decisión acción Trabajador social



Fuente: Elaboración Propia

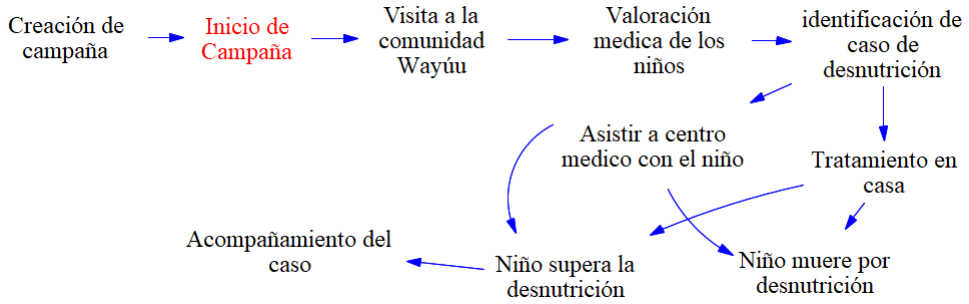
En la **Figura 20**, se puede observar el comportamiento de las diferentes acciones que realiza el actor *ÜCA"* para afectar una de las variables de interés. El actor se relaciona directamente con la comunidad Wayúu proveyendo de alimento a los menores, esto con la intención de generar un cambio positivo para prevenir la desnutrición infantil, con la consecuencia de que menos casos entren al sistema provocando una mejor atención dentro del sistema.

En la **Figura 21**, se puede observar el comportamiento de las diferentes acciones que realiza el actor *"Trabajador Social"* para afectar una de las variables de interés. El actor al ser parte de las campañas y las brigadas de acompañamiento, se encarga principalmente de atender de primera mano los casos de desnutrición y apoyar en la prevención.

Observando bien este actor, se puede decir que al ser un componente pequeño dentro de los otros dos actores no afectaría en gran medida dentro de la problemática y su función es más de apoyo, es importante recalcar que este actor está internamente dentro de del grupo de trabajo en las campañas y en la brigada de acompañamiento.

En la **Figura 22**, se puede observar el comportamiento de las diferentes acciones

Figura 22: Diagrama decisión acción Campaña



Fuente: Elaboración Propia

que realiza el actor *Çampañas"* para afectar una de las variables de interés. El actor por medio de las IPS se asegura de prevenir y encontrar casos de desnutrición para pasarlos por un proceso de diagnóstico y tratamiento.

Como resultado del análisis se puede decir que las campañas afectan de una manera importante dentro de la problemática, ya que se encarga de informar al sistema de los casos de desnutrición en consecuencia esto aumenta el efecto de la atención a los casos, provocando una mejora en el sistema.

4.4. Etapa 4

En la cuarta iteración se desarrolló la primera versión del diagrama de niveles y flujos, el diagrama de ciclos causales se completó y se agregó el modo de referencia con un cambio a la variable de interés.

4.4.1. Muestra de artefactos:

Como se puede observar en la **Figura 27** comprendemos que se ve un retazo en el desarrollo de las pruebas, pero se van a desarrollar para dar continuidad al proyecto y asó proceder con el objetivo 5.

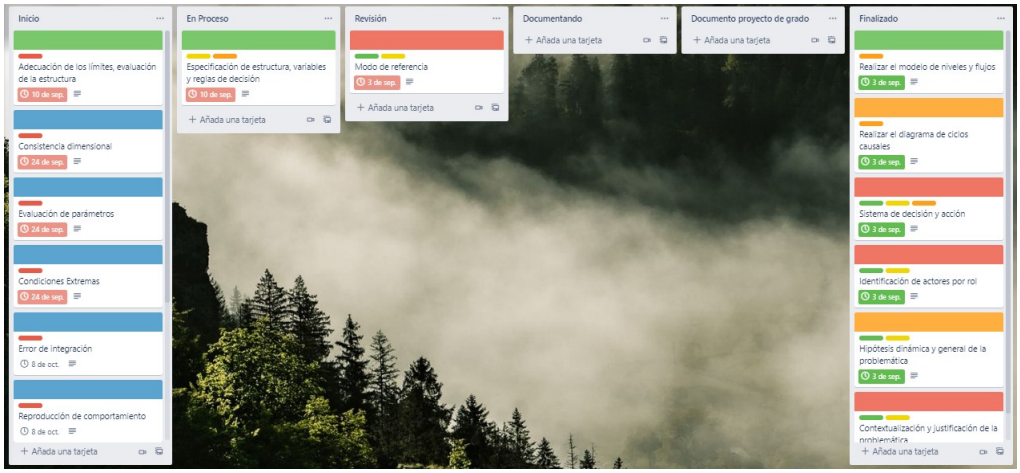
4.4.2. Solución de la iteración:

Objetivo 1, 2 y 3:

En la variable de interés cambio a **La atención a los casos de desnutrición infantil**, esta decisión fue tomada para satisfacer las necesidades del cliente y representará mejor el punto que se quiere afectar dentro del modelo.

Variable de interés y modo de referencia

Figura 23: Diagrama de flujo Acumulado



Fuente: Elaboración Propia

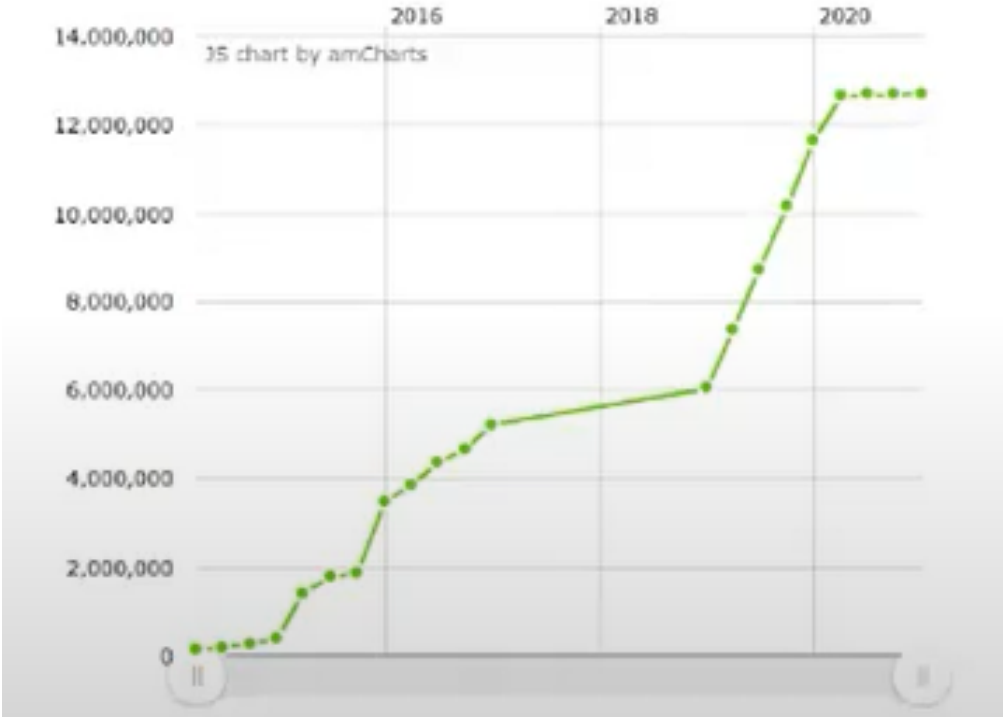
La variable de interés seleccionada para el desarrollo de este modelo es **La atención a los casos de desnutrición infantil**. Se plantea demostrar que la tecnología propuesta por el grupo de investigación Osiris & Bioaxis de la universidad El Bosque, funciona para disminuir el comportamiento de la variable de interés dando así como resultado un aumento de los la atención de los casos de desnutrición. Dicha variable se seleccionó, ya que el punto focal del proyecto es aumentar la cantidad de casos que se atienden, en relación con los casos que se presentan en las comunidades Wayúu, con esto, se podría mitigar el número de muertes que se presentan por desnutrición infantil.

El horizonte de tiempo estimado fue de 10 años, en los cuales, se realizara un análisis de los datos que obtenidos desde el 2015 hasta la actualidad y con base a ese análisis se realiza una proyección o simulación 5 años en el futuro, es decir, se realiza la simulación hasta el 2025. Según lo planteado en el proyecto del grupo de investigación, se tomará como lugar de la prueba piloto la comunidad Wayúu a partir de datos aproximados.

En la **Figura 24**, se puede observar el comportamiento de la atención entre los años 2015 y 2020, se logra identificar que la atención de los casos ha estado aumentando con el paso de los años, pero aun así no se logran atender el 100 % de estos de desnutrición infantil que se presentan, ya que hay una gran cantidad de casos que por motivos culturales, económicos y sociales no logran llegar o ser atendidos en centros médicos, ya que no se logran identificar los casos o son atendidos a través de otro tipo de entidades.

En el desarrollo de esta iteración, se completó la estructura de ciclos causales como

Figura 24: Tabla - Modo de referencia



Sistema de seguimiento al desarrollo integral de la primera infancia [17]

se observa en el **Anexo 11.8**, en esta se identifican y analizan los 20 ciclos que se presentan dentro del modelo, cada uno de estos ciclos, se puede interpretar como una posible situación que se presenta en la problemática seleccionada, para posteriormente observar el comportamiento de estos. Posteriormente, se categorizan en ciclos de balance o refuerzo según su comportamiento, un ciclo de refuerzo es aquel que ayuda a que la problemática se haga más grande con el paso del tiempo, es decir, que influyen para que el problema se haga cada vez más complicado de mitigar. Por otro lado, los niveles de balance son aquellos que tratan de mitigar y controlar la situación problema, haciendo que esta no se haga más grande y confusa con el paso del tiempo.

En el desarrollo de la integración de diagramas, se obtuvo el modelo de ciclos causales como se observa en la **Anexo 11.8**. En esta sección, se identificaron 20 ciclos de los cuales 10 son refuerzos y 10 son balances, esto quiere decir que la problemática está nivelada en términos de ciclos. El análisis de estos ciclos se puede observar en las **Figuras 26 y 25**

Dentro de la lista de los balances, se encuentra el balance número 16, el cual representaría el escenario ideal para mitigar la problemática, ya que en este se presenta un caso de desnutrición dentro de la comunidad que es llevado directamente a un centro médico para ser atendido por las personas encargadas y poder brindarle la atención necesaria, en esta situación el caso requiere de hospitalización, generando así una mayor probabilidad de que el caso se estabilice y se le preste la atención que amerita. Este es un ciclo de balance porque ayuda a que el caso sea identificado, tratado y acompañado según lo que se establece en la ruta integral para salud RIAS.

Al analizar la lista de todos los ciclos de refuerzo se puede observar que una gran cantidad de estos plantean la situación en la que el caso no se logra percibir y se ignora al niño enfermo, siendo esto un punto importante, ya que los casos de desnutrición infantil nunca llegan a ser atendidos y se disminuye la percepción de los casos de desnutrición. Esta situación que se ha venido ignorando, ya sea por cultura o falta de información, provoca que se desarrollen otro tipo de enfermedades y a lo largo plazo cause su posible muerte, es de vital importancia que por medio del sistema de vigilancia intersectorial, se logre disminuir el refuerzo de los ciclos 2, 5, 6, 9, 10 y con esto, que los casos que se presentan se logren atender de una forma eficiente. Como resultado de dicho análisis se pudo obtener el diagrama de niveles y flujos que se puede observar en el **Anexo 11.10**.

4.5. Etapa 5

En la quinta iteración se llevó a cabo una modificación al diagrama de niveles y flujos para continuar con su análisis y generar las modificaciones que sean

Figura 25: Lista de refuerzos

# ciclo	Nombre de la varible	Color del ciclo	Flecha del ciclo	Tipo de ciclo	Comportamiento
1	Se decide llevar al niño al piache	Negro	Completa	Refuerzo	Aumentar la cantidad de casos que asisten unicamente a las atenciones tradicionales y no se logran diagnosticar medicamente con desnutrición infantil
2	Se ignora la enfermedad del niño, El niño desarrolla enfermedades relacionadas a la desnutricion	Amarillo	Completa	Refuerzo	Aumenta la cantidad de niños con desnutrición infantil y empieza a desarrollar otro tipo de enfermedades relacionadas con la desnutrición, generando un cuadro medico más grave
3	El niño desarrolla enfermedades relacionadas a la desnutricion, El medico tradicional atiende el caso del niño	Naranja	Completa	Refuerzo	Igual que el caso anterior, aumentan los casos que no se detectan a tiempo, generando que este sea más dificíl de tratar a partir del conocimiento de un medico tradicional
4	Referir el caso a un nivel de complejidad más alto, Desarrollar tratamiento nutricional ambulatorio	Rojo	Completa	Refuerzo	Es un escenario en el cual se presenta un caso de desnutrición bastante complejo, el cual requiere que se asiste a un centro medico con un nivel más alto, esto significa que el paciente esta en una condición bastante complicada. Es un refuerzo, ya
5	Se ignora la enfermedad del niño, Se decide llevar al niño al hospital, Desarrollar tratamiento nutricional ambulatorio	Amarillo	Separada	Refuerzo	Es cuando el niño tiene enfermedades relacionadas a la desnutricion infantil, y es tratado como si fuera un caso ambulatorio.
6	Se ignora la enfermedad del niño, El hospital atiende el caso del niño, Se realiza la alerta del caso de desnutrición	Verde	Separada	Refuerzo	Si hay mas casos por desnutricion tendra el hospital que enviar mas campañas y brigadas.
7	El medico tradicional atiende el caso del niño, Referir el caso a un nivel de complejidad más alto, Desarrollar tratamiento nutricional ambulatorio	Cafe	Separada	Refuerzo	En caso que el niño desarrolle alguna enfermedad relacionada con la desnutricion y es llevado al medico tradicional, donde este decide que es nesesario llevarlo al hospital, ya en el hospital se decide referir a un hospital de mayor nivel pero este es poco probable que salga por tratamiento ambulatorio y tiene más probabilidad de que
8	El medico tradicional atiende el caso del niño, Desarrollar tratamiento nutricional ambulatorio	Negro	Punteada	Refuerzo	En caso que desarrolle alguna enfermedad relacionada con la desnutrición y es persibido por la cumunidad que decide llevarlo al medico tradicional, y este a su ves lo lleva al hospital para que se desarrollo un tratamiento ambulatorio.
9	Se ignora la enfermedad del niño, El medico tradicional atiende el caso del niño, Se realiza la alerta del caso de desnutrición	Azul	Punteada	Refuerzo	Al haber un aumento de casos por desnutricion habra un aumento de campañas de educacion y de salud esto proboca que existan más alertas por desnutricion y que más brigadas ballan a las comunidades a identificar o prevenir casos por desnutrion u otra enfermedad.
10	Se ignora la enfermedad del niño, Hospitalización del paciente	Naranja	Punteada	Refuerzo	Cuando el niño tiene enfermadades relacionadas con la desnutrición y es llevado al hospital tiene más probabilidad que lo hospitalizen.

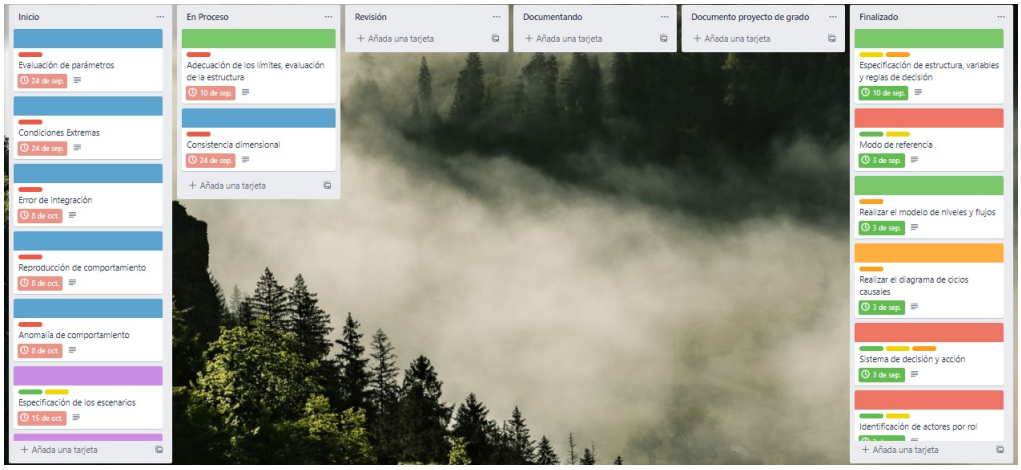
Fuente: Elaboración Propia

Figura 26: Lista de balances

# ciclo	Nombre de la varible	Color del ciclo	Flecha del ciclo	Tipo de ciclo	Comportamiento
11	El medico tradicional atiende el caso del niño	Azul	Completa	Balance	Disminuir la cantidad de casos que se presentan con desnutrición, con el conocimiento del medico tradicional
12	Se decide llevar al niño al hospital, Desarrollar tratamiento nutricional ambulatorio	Verde	Completa	Balance	Disminuye la cantidad de casos que se presenta a traves de los tratamientos medicos, y se logra identificar y diagnosticar el caso de desnutrición
13	Se realiza la alerta del caso de desnutrición	Cafe	Completa	Balance	Se logra descubrir y realizar una alerta a las instituciones pertinentes para que estas puedan realizar las respectivas visitas a las comunidades para descubrir y acompañar los casos que se han presentado y que se pueden llegar a presentar.
14	El medico tradicional atiende el caso del niño, Desarrollar tratamiento nutricional ambulatorio	Negro	Separada	Balance	Se presenta un caso en el que se logra identificar a tiempo el estado de desnutrición y se logra mitigar a tiempo esta situación a partir del tratamiento de un medico tradicional y se refiere a un centro medico donde se logra estabilizar el caso a tiempo
15	El medico tradicional atiende el caso del niño, Se realiza la alerta del caso de desnutrición	Azul	Separada	Balance	Se logra atender el caso y realizar la alerta para que se proceda a realizar la visita y lograr identificar más posibles casos a tiempo
16	El hospital atiende el caso del niño, Hospitalización del paciente	Naranja	Separada	Balance	Representa el ideal del sistema donde el niño es llevado al hopital aqui lo hospitalizan y el niño se recupera.
17	El hospital atiende el caso del niño, Se ignora la enfermedad del niño, Desarrollar tratamiento nutricional ambulatorio	Rojo	Separada	Balance	En caso que se desarrollo alguna enfermedad relacionada con la desnutricion y es llevado al medico es muy poco probable que lo saquen por tratamiento ambulatorio y es mas probable que lo hospitalizen.
18	El medico tradicional atiende el caso del niño, Hospitalización del paciente	Amarillo	Punteada	Balance	Si al niño no se le ignora la enfermedad y es llevado al medico tradicional, este lo enviara al hospital donde es muy probable que lo hospitalizen para recuperara su estado nnutricional.
19	Se ignora la enfermedad del niño, El medico tradicional atiende el caso del niño, Referir el caso a un nivel de complejidad más alto, Desarrollar tratamiento nutricional ambulatorio	Verde	Punteada	Balance	Su comportamiento permite enteder que cuando un niño se enferma y es llevado al medico tradicional y este lo lleva al hospital tiene poca probabilidad de que lo saque por tratamiento ambulatorio
20	Se ignora la enfermedad del niño, El medico tradicional atiende el caso del niño, Hospitalización del paciente	Cafe	Punteada	Balance	Su comportamiento permit enteder que cuando un niño se enferma y es llevado al medico tradicional y este lo lleva al hospital hace que haya más posibilidad de que sea hospitalizado

Fuente: Elaboración Propia

Figura 27: Diagrama de flujo Acumulado



Fuente: Elaboración Propia

necesarias con el fin de proceder con las pruebas y validaciones las cuales también se llevan a cabo en esta iteración

4.5.1. Muestra de artefactos:

Como se puede observar en la **Figura 27** comprendemos que se ve culmino el desarrollo del modelo, pero para la fecha de entrega del documento se tendrá todo el desarrollo del proyecto finalizado.

4.5.2. Solución de la iteración:

Objetivo 3 y 4:

En el desarrollo del diagrama de niveles y flujos, se consideró importante y necesario transformar algunas variables en niveles, flujos e incluso, algunas desaparecen durante la construcción del modelo. Para este caso, fue necesario representar como niveles las variables establecidas como: Total de la población infantil Wayuú sin enfermedades, niños que presentan síntomas de enfermedad, niños que se acostumbran a sentirse enfermos, casos atendidos por el Piache, casos atendidos por el médico tradicional, casos atendidos en el hospital y casos que requiere hospitalización. Estos cambios se realizaron con el fin de que el modelo permita obtener información que es relevante para proponer e identificar posibles soluciones y que el modelo represente de la forma más exacta la problemática identificada. Estos niveles permiten observar y consultar información referente a los casos y como estos se comportan con relación a la atención.

Con base a lo explicado anteriormente, se desarrollo una primera versión del modelo como se observa en la **Anexo 11.10**, acá se evidencian todas las relaciones entre los diferentes actores y como estos interactúan con las diferentes variables, esta figura es conocida como diagrama de ciclos causales. Después de desarrollar este primer modelo, se procede a ingresar la información requerida en el modelo, para posteriormente empezar con la validación y pruebas en el modelo.

Validación del modelo

Para que el modelo represente la problemática de forma más exacta y cercana a la realidad, es necesario empezar con las pruebas y validación de estructura y validación de unidades, ya que son pruebas que nos van a permitir identificar si las principales bases del modelo están bien desarrolladas y ejecutadas.

Validación de estructura

Tras el desarrollo del primero modelo de niveles y flujos, y gracias a las diferentes reuniones y presentación de avances que se llevaron a cabo con los interesados del proyecto, se identifico la ausencia de un actor que cumple una función importante dentro de la situación. Este actor es reconocido como Enlace étnico y tiene la función de ser un intermediario entre la comunidad, la autoridad y el centro médico. Debido a esta situación, fue necesario analizar el rol y las acciones de este actor para proceder con la integración de este nuevo actor. En Enlace étnico interfiere en la relación entre la autoridad y el caso que asiste al centro médico, ya que estos son los que se encargan de la negociación y a facilitar que dicho caso asista al centro médico y se pueda garantizar la atención de este, como se observa en la **Figura 28**.

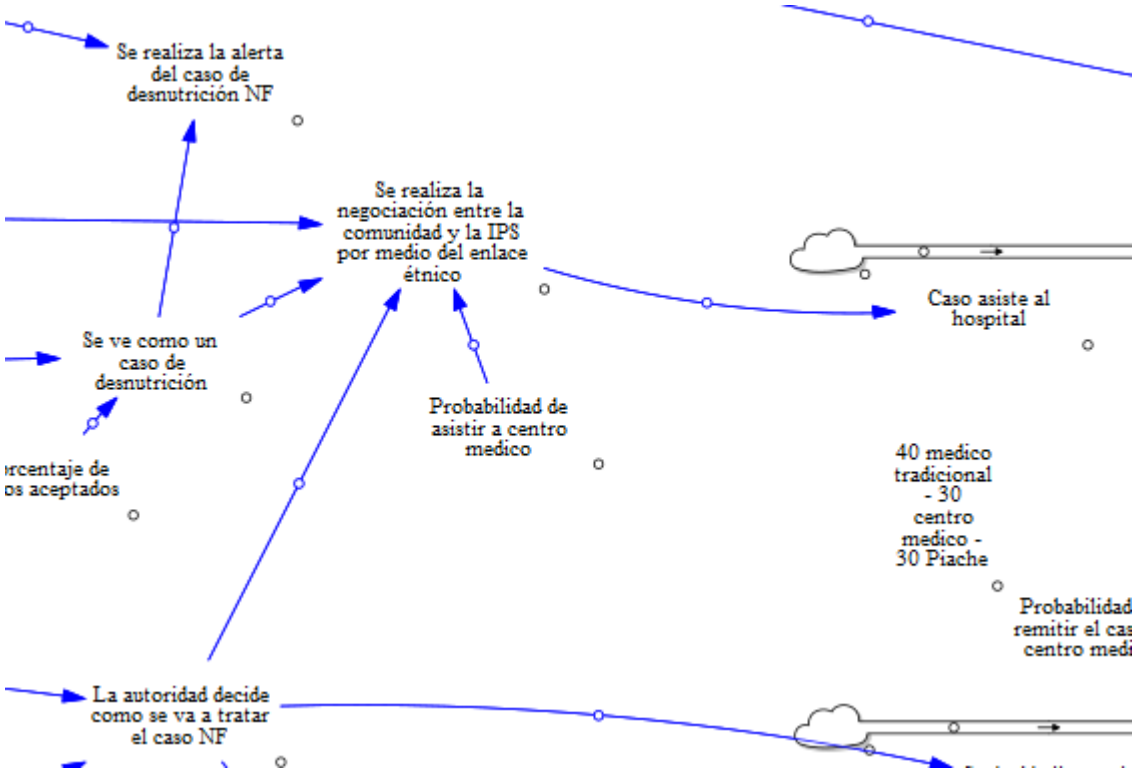
Después de la integración de este actor, se logra validar que todos los actores y participantes de la problemática se han tenido en cuenta en el modelado, y es por eso que el modelo en cuanto a su estructura y análisis de actores si representa parcialmente la realidad.

Validación unidades

Con esta validación, se lograron identificar todas las unidades y la información que es requerida, en este punto se llegó a la conclusión de que toda la información debe estar dada en relación con la variable de interés y es por eso que la información dentro del modelo está dada en casos. Estos casos se ven afectados por una serie de tiempos y probabilidades, ya que esto le permite al modelo tomar decisiones a la hora de realizar las simulaciones. En esta validación, es necesaria la realización de las ecuaciones, con las cuales el modelo va a poder ejecutar las simulaciones y analizar como se comportan los casos.

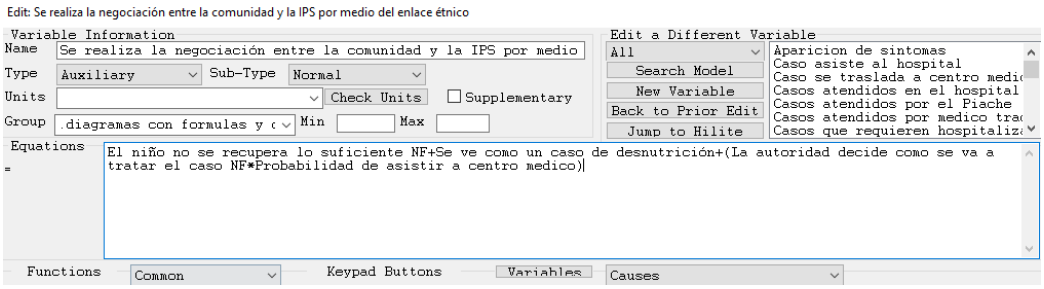
En la **Figura 29** y **Figura 30** se observan las ecuaciones y unidades referentes a el nivel relacionado con los niños que presentaron síntomas y la ecuación del enlace

Figura 28: Integración nuevo actor - Enlace étnico



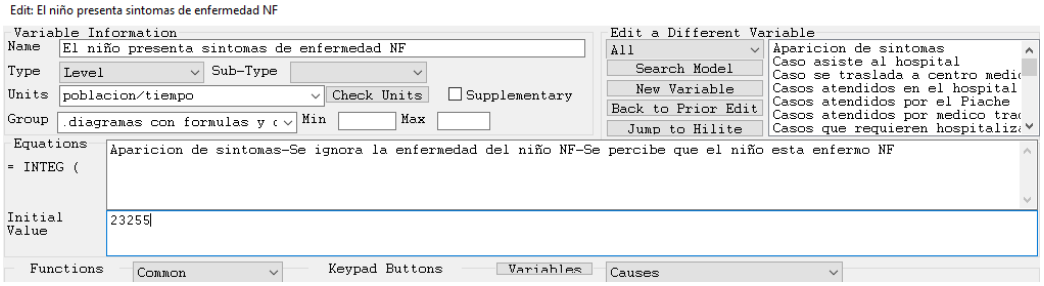
Fuente: Elaboración Propia

Figura 29: Ecuación enlace étnico



Fuente: Elaboración Propia

Figura 30: Ecuación aparición de síntomas



Fuente: Elaboración Propia

étnico. En estas se observa como los casos se ven afectados por las variables con las que estas se relacionan, ya sea alguna probabilidad, flujo de salida o entrada y tiempo.

Consistencia dimensional Se encontraron inconsistencias en la forma en que se representan las unidades y su relación con el contexto problemático. Es probable que el modelo no estuviera representando con claridad las unidades que en sí mismas son parte esencial para comprender el contexto y cómo se ve reflejado en el modelo de simulación problema, se recomienda revisar variable por variable para reorganizar las unidades y darles un contexto coherente con la problemática. Debido a esto se realizó una revisión exhaustiva de cada variable y se corrigieron cada una de las unidades que no deberían estar o que simplemente no son coherentes con la problemática a solucionar, este proceso no permitió determinar que las unidades usadas dentro modelo son tiempo, porcentajes, casos, población y diagnóstico.

Evaluación de parámetros En esta evaluación, se cuestionan y se intentan revisar las fuentes de las que se obtuvieron los datos que alimentan el modelo, es importante tener fuentes confiables para que la información sea coherente con la situación identificada y el desarrollo del modelo. Para este caso, las fuentes consultadas

son confiables, ya que un gran porcentaje de la información se obtuvo a partir de entrevistas y reuniones con personas expertas en esta problemática, siendo una líder Wayuu y un experto epidemiólogo, además de publicaciones realizadas por el DANE acerca del comportamiento de la población Wayuu con respecto al tiempo.

Condiciones extremas Esta validación, nos permite analizar y plantear diferentes situaciones que se pueden presentar en la vida real, para poder analizar cuál es el comportamiento del modelo, ya que este debe seguir siendo coherente y demostrar que podría pasar si se llegara a presentar una situación extrema. En esta sección, el modelo logro mantener un comportamiento coherente y fiel a la realidad, como se esperaba.

Error de integración Como se ve reflejado en el modelo, se expresa el tiempo inicial o fecha inicial en la cual se van a realizar las simulaciones, esta fecha está configurada en el año 2015, el tiempo final que es el número 2025, el salto entre números que es de 1, la unidad que representa que es de años y por último el tipo de distribución matemática que es la de Euler o normal. Recordando el contexto de la problemática donde dice que se realizará una simulación del año 2015 hasta el año 2025 con un análisis estadístico con distribución normal, se puede decir que está bien configurada el modelo para hacer la simulación, representando de manera fiable a la problemática.

Reproducción de comportamiento En términos de comportamiento, se puede concluir que la variable de interés va aumentando con el paso del tiempo, en cuanto a los casos, se analiza que la cantidad de datos es demasiado grande, esto se debe a que la información encontrada acerca de la variable de interés está dada en los casos atendidos de toda la población de la comunidad Wayuu en todo el territorio nacional, pero debido a requerimientos del proyecto, en el modelo se utilizaron únicamente los datos relacionados con los casos que se atienden únicamente en el departamento de La Guajira. Debido a todo lo anterior, se puede concluir que el modelo si refleja la situación problema de una forma detallada, ya que el comportamiento de las gráficas y los datos que este arroja se pueden relacionar con los datos de la variable de interés.

Anomalías de comportamiento En el transcurso del desarrollo de las pruebas anteriores se pudo encontrar varios casos anómalos, pero fueron solucionados en esas mismas pruebas, aclarando lo anterior se encontraron 4 casos anómalos los cuales van a ser explicados más adelante. Esto refleja que el desarrollo de las pruebas previas permitió disminuir en gran medida los casos anómalos, esto permite tener más fidelidad a la realidad de la problemática permitiendo que el modelo sea más útil.

4.6. Etapa 6

Con la intención de cumplir con el objetivo principal, se llevó a cabo una simulación de la situación problema identificada con la posible solución que se le dio a esta problemática, con el fin de analizar que tanto impacto podría tener a la hora de su implementación.

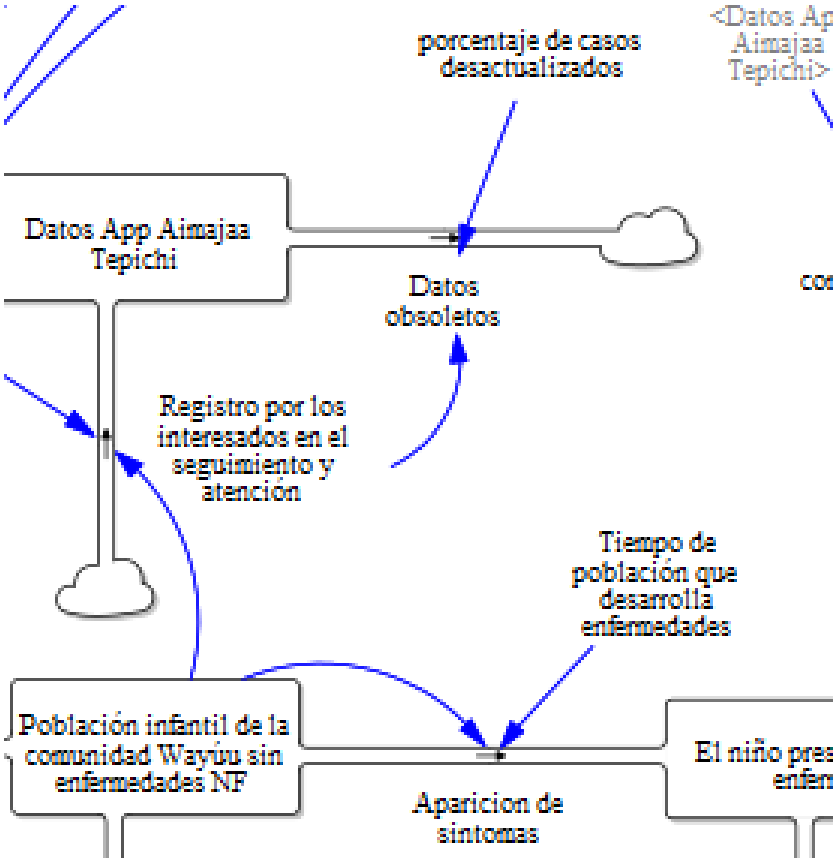
4.6.1. Solución de la iteración

Gracias a las reuniones realizadas con el cliente se logró desarrollar esta integración del sistema de vigilancia comunitario y los diferentes nuevos actores que entran a ser parte del sistema con esta solución. Como se observa en la **Figura 31**, se integra un nuevo nivel en el cual se van a recolectar y almacenar todos los datos relacionados con la aplicación Aimajaa Tepichi, este nivel tiene un flujo de entrada relacionado con los registros de los datos nutricionales de los niños, es decir, talla, peso, estatura, edad y todos los datos relevantes para poder identificar el cuadro nutricional del niño, también se estableció un flujo de salida establecido como datos obsoletos, es decir, datos de algún individuo que ya deja de ser parte de la población de interés o datos que únicamente generen ruido dentro de la aplicación. Este flujo de salida se ve afectado por una variable de casos desactualizados, ya que, al ser una edad en la que los individuos registran cambios en sus indicadores tan frecuentes, es necesario que todos los datos estén actualizados y al día. Este nuevo nivel va a estar generando una réplica del nivel llamado población infantil de la comunidad Wayuu, y su flujo de ingreso se va a ver afectado por una demora, ya que el registro de los datos no es instantáneo.

Por otro lado, como se observa en la **Figura 32** se identificó un nuevo actor que entra a ser parte importante del sistema, este nuevo actor está definido como el vigilante comunitario, y es la persona encargada de revisar y consultar constantemente la aplicación y llevar a cabo el análisis de los estados de cada niño dentro de su comunidad y así poder alertar y notificar a las entidades encargadas para que se pueda atender este nuevo caso de desnutrición que se da dentro de la comunidad. En este punto, también se realizó la modificación de las variables que afectan la percepción del caso de desnutrición, en este caso, se enlazaron las variables relacionadas con el comportamiento de la aplicación, el aumento de la percepción de los casos y el porcentaje de los casos que no se ignoran.

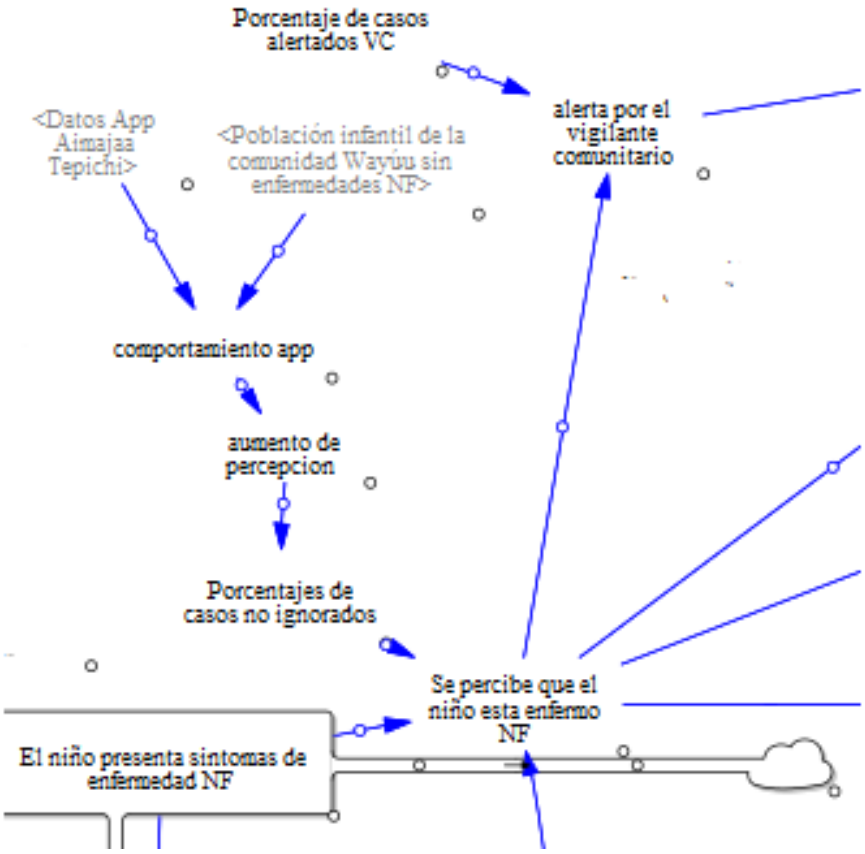
Una vez se realizaron estos cambios, se puede concluir con la integración de la solución y se procede a realizar el análisis de los resultados obtenidos con ambas simulaciones.

Figura 31: Ecuación aparición de síntomas



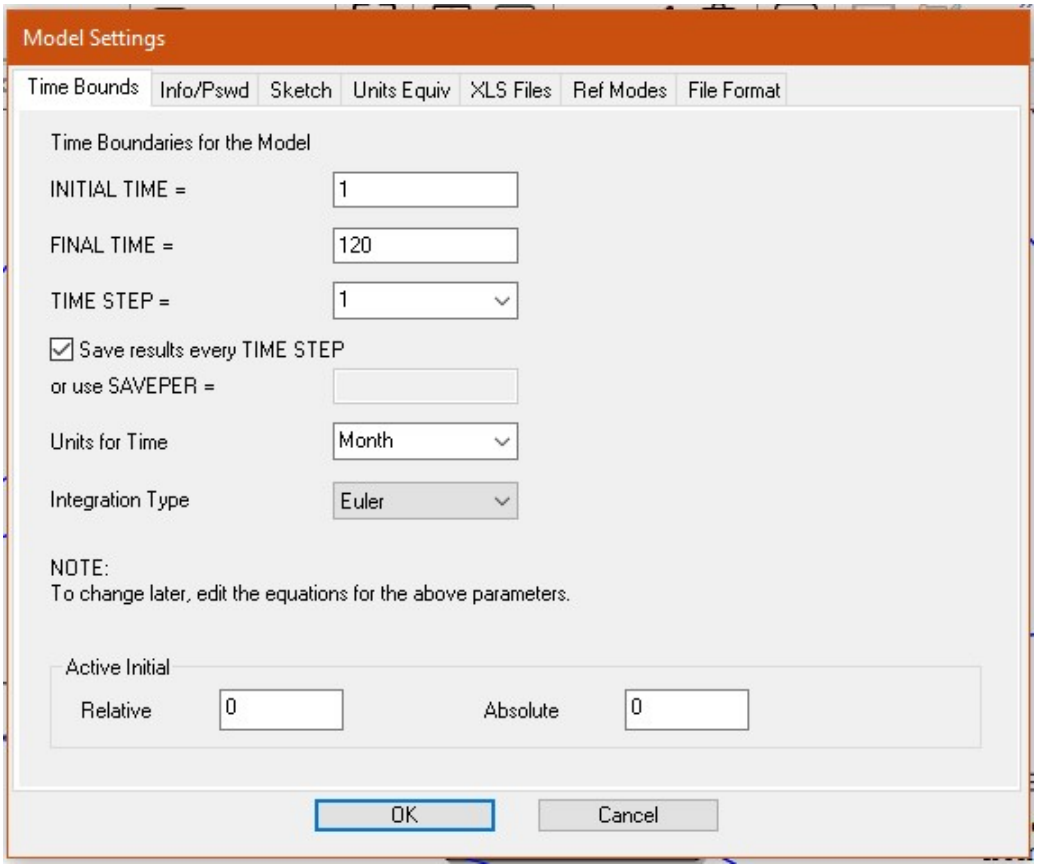
Fuente: Elaboración Propia

Figura 32: Ecuación aparición de síntomas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 33: Configuración del nuevo modelo



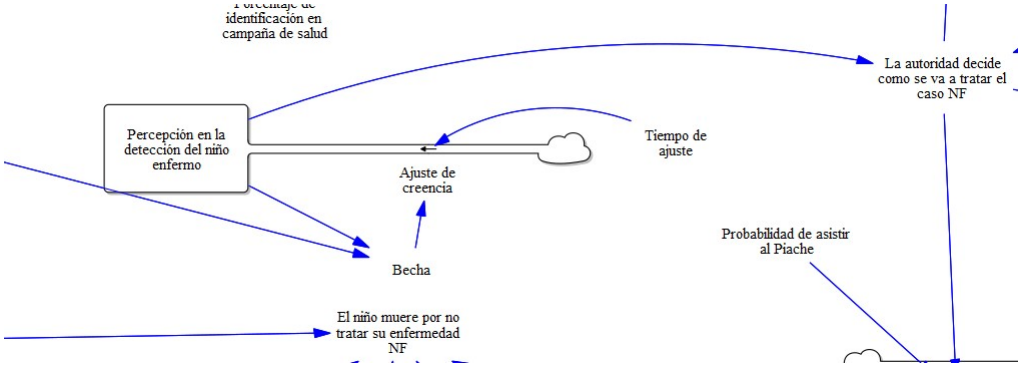
Fuente: Elaboración Propia

4.7. Etapa 7

En la séptima etapa se llevó a cabo la modificación del modelo de niveles y flujos realizado, con el fin de corregir las unidades de tiempo con las que se estaban trabajando esto se ve reflejado en la **Figura 33**, adicionalmente, se identificó la necesidad de integrar una demora de información, referente a las creencias culturales que se tienen en la problemática a tratar.

Esta nueva configuración en los tiempos en los que se desarrolla el modelado se llevó a cabo debido a que conceptualmente está mal definido un tiempo que sea inferior a 1. Debido a esto, se cambió el tiempo de años a meses, es decir, el modelo se había definido desde un principio en 10 años, por lo que después de esta configuración se va a modelar durante 120 meses que es equivalente al tiempo establecido.

Figura 34: Nueva demora



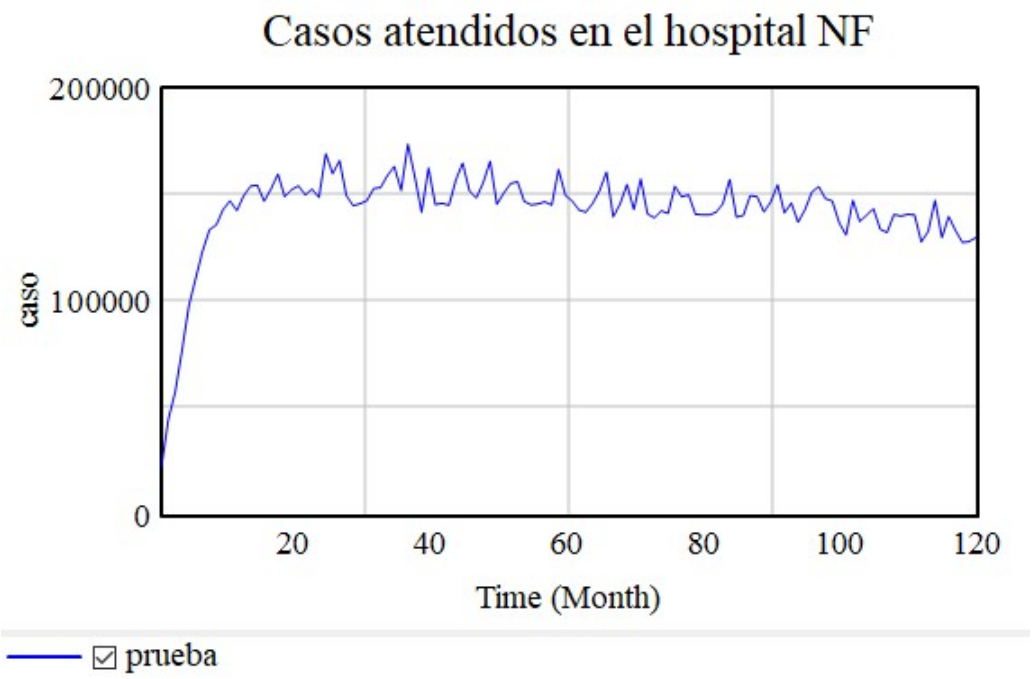
Fuente: Elaboración Propia

Esto nos permitió obtener y manejar valores mucho más grandes y tener un resultado más claro. Por otro lado, nos permitió identificar un punto muy importante y es la necesidad de una demora de información, ya que, el resultado de la simulación indicaba que toda la información y procesos se llevan a cabo de manera inmediata, situación que no es verdadera y le estaría quitando veracidad al modelo.

Según lo mencionado anteriormente, y como se observa en la **Figura 34**, se llevó a cabo la creación un nuevo nivel llamado "percepción en la detección del niño enfermo", la cual se ve afectada por una creencia cultural, un tiempo de ajuste y una brecha. Esto quiere decir, que la creencia puede ir cambiando en relación con el tiempo, asiendo así que se pueda identificar realmente los casos que llegan a la autoridad de las comunidades y el tiempo que estos tardan en tomar una decisión sobre como se va a atender el caso.

Observando el comportamiento de la variable de interés en las etapas anteriores donde el comportamiento es creciente y continuo, y al compararlo con la **Figura 35**, se observa un cambio completamente opuesto donde la gráfica representa un comportamiento discontinuo y decreciente. Este cambio se dio al modificar el tiempo, porque no se está multiplicando el tiempo y a su vez al representar una demora de información, la gráfica se vuelve cíclica en vez de continua.

Figura 35: Nueva Gráfica de la variable de interés aplicando la solución del problema



Fuente: Elaboración Propia

5. RESULTADOS

A lo largo de la ejecución del proyecto, se obtuvieron diferentes resultados. Como primera instancia, se llevó a cabo la identificación, definición y delimitación de la situación problema de la mano con el cliente, a partir de esto se realizó el análisis y descripción de la problemática desde el punto de vista de la dinámica de sistemas, demostrando por qué dicha situación es realmente un problema, por que debe ser resuelto y que podría pasar si la problemática sigue ocurriendo. Como se menciono anteriormente, se identificaron diferentes factores culturales, sociales y económicos que afectan directamente la problemática y hacen que esta se complique cada vez más. De dicho análisis se logró llegar a la conclusión de que en Colombia, no se cuenta con un sistema de vigilancia comunitaria enfocado al área de la salud, y por supuesto tampoco a la desnutrición infantil. A pesar de que en 2015 se empezó a implementar un sistema de vigilancia en salud, las muertes y casos por desnutrición infantil (niños entre los 0 y 5 años), siguen aumentando en los lugares de mayor vulnerabilidad del país. Esto se debe gracias a que el sistema actual no permite generar las alertas a tiempo, causando que cuando el sistema genera una alarma de un caso de riesgo, ya es demasiado tarde y el afectado ya está en un punto crítico o incluso ya ha fallecido. También, debido a las dificultades económicas, se dificulta el translado y transporte hasta los centros de salud encargados de atender estos casos. Estos y muchos más factores impiden que se atiendan la totalidad o una gran cantidad de los casos de desnutrición infantil que se presentan.

Gracias a la metodología, se logro realizar la identificación de los actores que hacen parte del sistema, para esto fue necesario agruparlos a partir de los roles que estos desempeñan dentro del problema. A partir de esto, se procedió a realizar la identificación de sus metas y objetivos dependiendo del rol que este adopte, cabe resaltar que cada actor puede adoptar uno o varios roles dependiendo del comportamiento o acciones que estos desarrollen. En este punto se identificaron 9 actores. Vale la pena aclarar que es posible que un actor adquiera uno o más roles según lo establecido por la metodología, esto significa que en total, se identificaron 12 actores en los diferentes roles. En las figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22 se puede analizar como interactúan e influyen estos actores dentro de la situación problema.

Al ser un modelo enfocado a la vigilancia comunitaria, se va a desarrollar basados en la RIAS (Ruta Integral de Atención en Salud), enfocado a los casos de desnutrición infantil. Esta ruta nos permite conocer como es el proceso que se ejecuta cuando se conoce un caso de desnutrición en la comunidad seleccionada para el desarrollo de este proyecto. Cabe aclarar que, en el deber ser de la situación, esta ruta debería cumplirse en su totalidad.

La RIAS permite elaborar el modelo hasta el punto donde quiere llegar el proyecto, es decir, nos da una descripción clara de las entidades de salud que entran en acción hasta el momento que el paciente que presenta el cuadro de desnutrición llega a la IPS para ser atendido.

Con la ejecución del modelo, se tienen diferentes entidades, pero gracias a las frecuentes reuniones con el cliente, se han podido identificar otro tipo de actores externos al sector salud, que no había sido tenidos en cuenta a la hora de realizar este análisis.

Se han logro identificar diferentes costumbres de la comunidad que no se habían identificado debido a la falta de documentación que se encuentra sobre este ámbito. Esta información fue suministrada por una líder de la comunidad Wayuú, la cual explica que las situaciones de desnutrición se pueden presentar por diferentes actores y que uno de ellos son las mismas familias de la comunidad, y mas que todo los padres de familia, que en algunas ocasiones no se interesan por sembrar o trabajar sus tierras, o incluso por realizar algún tipo de actividad que represente algún ingreso económico para la familia.

Con la recolección de esta información, se realizo una adecuación del modelo y se observaron lo posibles cambios y modificaciones que se necesarias. Por esto se lograron modificar diferentes variables, entradas y niveles que se tenían a esta altura del modelo. Los flujos que se modificaron dentro del modelo fueron el flujo de salida que des alimentaba la población total de población infantil de la comunidad Wayuu y se realizo una distinción en los casos que se identifican y aquellos que por el contrario, se desarrollan dentro de la comunidad y no se logran percibir. También se realizo la distinción en las campañas que se llevan a cabo en las diferentes comunidades, ya que, actualmente se desarrollan dos tipos de campaña, unas se realizan con el fin de identificar y tratar diferentes enfermedades, estas campañas se reconocen como campañas médicas y, por otro lado, se encuentran las campañas educativas, las cuales se realizan con el fin de educar y concientizar a la comunidad de las diferentes enfermedades y su posible tratamiento, estas campañas por lo general no identifican los casos de desnutrición.

Después de realizar esta serie de modificaciones, se procedió a ingresar los datos obtenidos al modelo, en este punto se ingresaron los datos necesarios, es decir, total de la población Wayuu, población infantil de dicha comunidad, todos los porcentajes y tiempos referentes a creencias, aparición de síntomas, identificación de casos y atención de los mismo, y toda la información necesaria para este proceso. Para esto, fue necesario realizar diferentes reuniones con un experto epidemiólogo con gran experiencia trabajando con comunidades indígenas, en este punto, se realizo la abstracción de toda la información relevante y necesaria para el modelo. De estas reuniones se obtiene como resultado un modelo más robusto y que logre

representar de una forma mas precisa la situación problema

Una vez se tuvo el modelo desarrollado, se llevo a cabo la elaboración de las pruebas, las cuales son estrictamente necesarias como lo indica la metodología. En esta sección del desarrollo, se logra concluir el desarrollo del modelo y se garantiza que este refleja y evidencia la situación problema. En este punto se desarrollaron 8 pruebas las cuales arrojaron los siguientes resultados:

5.0.1. Prueba de estructura

Objetivo: Determinar que tanta coherencia tiene el modelo para representar la realidad.

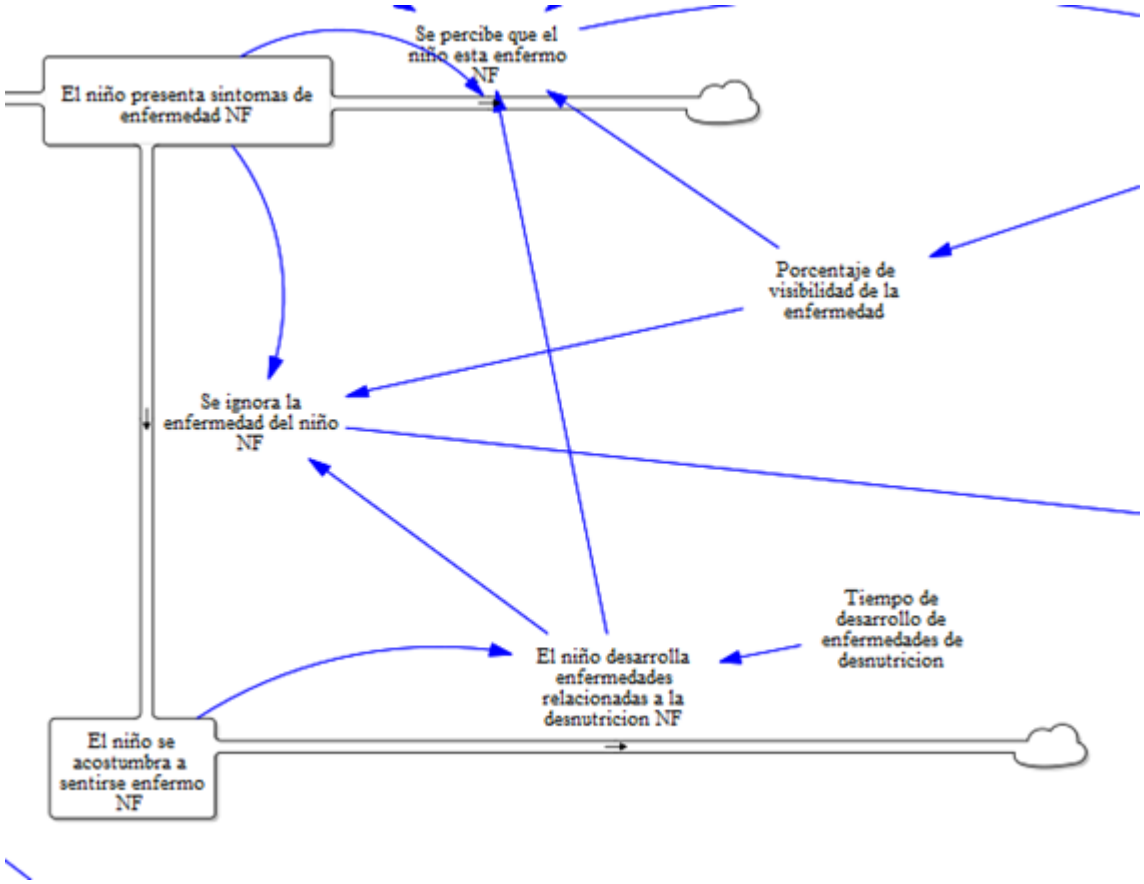
Justificación: La prueba tiene como objetivo entender si las diferentes variables y unidades son coherentes con lo explicado en la contextualización de la situación problema y la hipótesis dinámica del modelo.

Resultados: Al revisar el contexto y los diferentes soportes (entrevistas, reuniones con expertos y reunión con el cliente) se encontró evidencia que le hacía falta un actor siendo este el enlace étnico, también el mal uso de las variables sombras, ya que estas representan variables existentes y no nuevas, por parte de las unidades estas son inconsistentes con la representación de la realidad, para finalizar, se encontraron inconsistencias en algunas demoras entre los niveles que representan a la población Wayuu, donde se pueden utilizar de mejor manera demoras de tipo tubo en vez de tipo N.

Análisis y conclusiones: Es importante cambiar y revisar las variables sombras, teniendo en cuenta que estas son utilizadas sobre todo para no realizar relaciones entre puntos distantes de un modelo. En cuanto a los niveles relacionados con la población Wayuu es importante revisar los diferentes tipos de demoras para que represente de manera fiel la realidad, por último, es necesario realizar la prueba de consistencia dimensional para tener una total claridad de las inconsistencias en las unidades y corregirlas lo más pronto posible, recordando que las ecuaciones no lineales no tienen unidades ya que normalizan las diferentes variables del modelo.

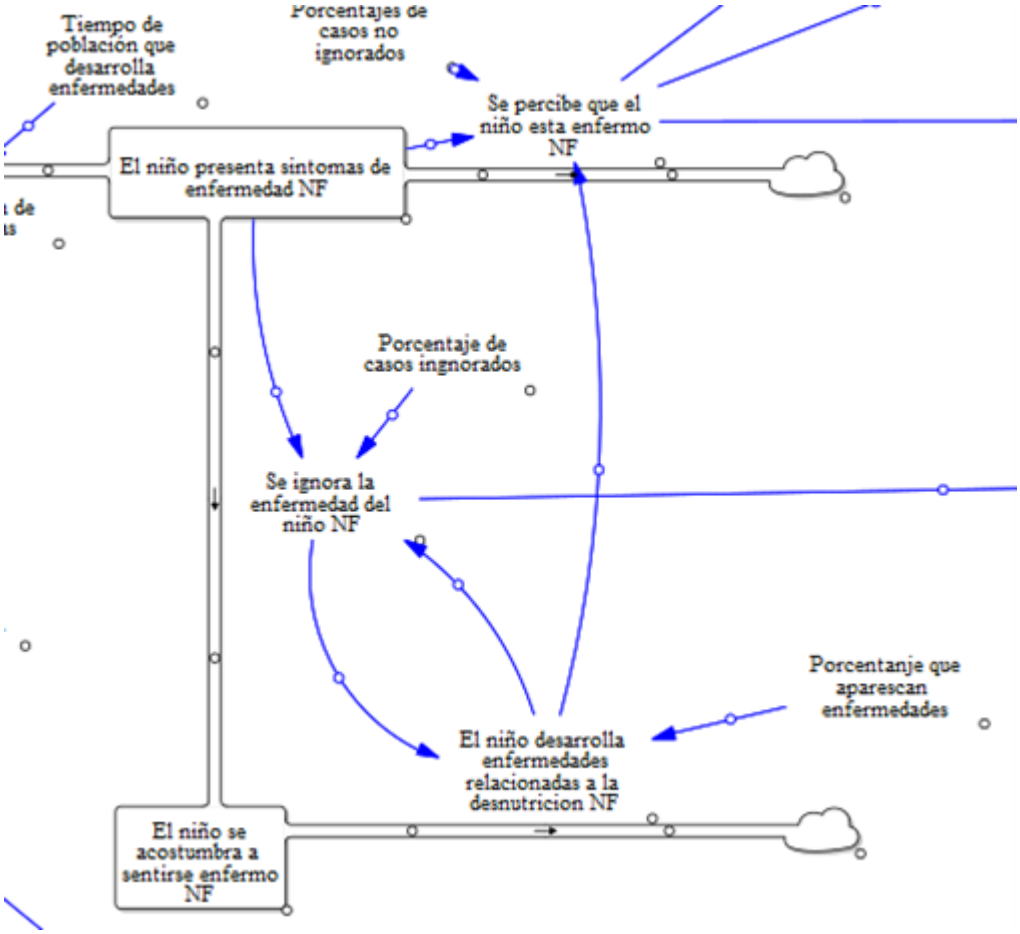
Correcciones: Se encontró que la demora entre los flujos “Se ignora la enfermedad del niño NF” y “El niño desarrolla enfermedades relacionadas a la desnutrición NF” son de tipo tubo en ves de tipo N ya que depende de la entrada para saber que tipo de salida tiene. En la **Figura 36** se evidencia como se tenia al modelo antes de realizar las pruebas, y en la **Figura 37** se observa el resultado final con los cambios realizados en esta validación.

Figura 36: Prueba de estructura - Antes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 37: Prueba de estructura - Después



Fuente: Elaboración Propia

5.0.2. Consistencia dimensional

Propósito: Determinar si las unidades son coherentes a las ecuaciones del modelo y a la representación de la realidad.

Justificación: Es importante entender si uno no esta sumando dos variables que no tiene relación.

Resultado: Se encontraron inconsistencias en la forma en que se representan las unidades y su relación con el contexto problemático.

Análisis y conclusiones: Es probable que el modelo no esté representando con claridad las unidades que en sí mismas son parte esencial para comprender el contexto y el cómo se ve reflejado en el modelo de simulación dinámica. Se recomienda revisar variable por variable para reorganizar las unidades y darles un contexto coherente con la problemática.

Correcciones:Se realizó una revisión exhaustiva de cada variable y se corrigieron cada una de las unidades que no deberían estar o que simplemente no son coherentes con la problemática a solucionar, este proceso no permitió determinar que las unidades usadas dentro modelo son:

Tiempo.

Porcentaje.

Caso = Población*Porcentaje al cuadrado.

Población.

Diagnostico=Caso*Tiempo*Porcentaje.

5.0.3. Evaluación de parámetros

Propósito: Determinar qué tan confiables son los datos recolectados

Justificación: Por medio de esta prueba revisaremos si los datos recolectados son lo suficientemente contundentes para representar la realidad.

Resultado: En la **Tabla 10** y **Tabla 11** se mostrarán de donde se sacó la información de las variables más importantes, pero la estructura y forma del modelo fue un conjunto entre una entrevista realizada a una líder indígena Wayuu junto con su médico tradicional, un epidemiólogo que a trabajado con comunidades indígenas y las experiencias dadas por el cliente.

Análisis y conclusión:El modelo tiene varias fuentes de información validada por expertos, entrevistas a la comunidad y bases de datos proporcionadas por el estado,

Cuadro 10: Tabla fuentes

Nombre de la variable	Fuente
Comportamiento población Wayuu	Reporte DANE - Senso 2015
Tiempo aproximado de estabilización	Experto epidemiólogo
Tiempo de desarrollo enfermedades	Experto epidemiólogo
Tiempo de tratamiento médico tradicional	Experto epidemiólogo y Entrevista líder Wayuu
Tiempo para realizar diagnostico médico	Experto epidemiólogo y Bases de datos del estado
Tiempo promedio de tratamiento piache	Experto epidemiólogo y Entrevista a líder Wayuu
Porcentaje casos atendidos autoridad	Entrevista a líder Wayuu
Porcentaje de casos aceptados	Experto epidemiólogo
Porcentaje de casos ignorados	Experto epidemiólogo
Porcentaje de casos manejados	Experto epidemiólogo y bases de datos del estado
Porcentaje de casos que murieron en manos del piache	Experto epidemiólogo y entrevista a líder Wayuu
Porcentaje de casos que murieron por médico tradicional	Entrevista a líder Wayuu
Porcentaje de casos que necesitan traslado a centro médico de mayor nivel	Experto epidemiólogo

Fuente: Elaboración propia

dando así un modelo robusto para la representación de la problemática con datos válidos.

5.0.4. Prueba condiciones Extremas

Propósito:Encontrar casos anómalos

Justificación: Es indispensable encontrar todos los posibles fallos dentro del modelo, por medio de los casos más extremos.

Caso 1: ¿Qué pasaría si solo se recibieron casos en la IPS?

Resultado esperado: que los casos atendidos en las IPS aumenten y disminuyan los casos atendidos tanto por el Piache y el médico tradicional.

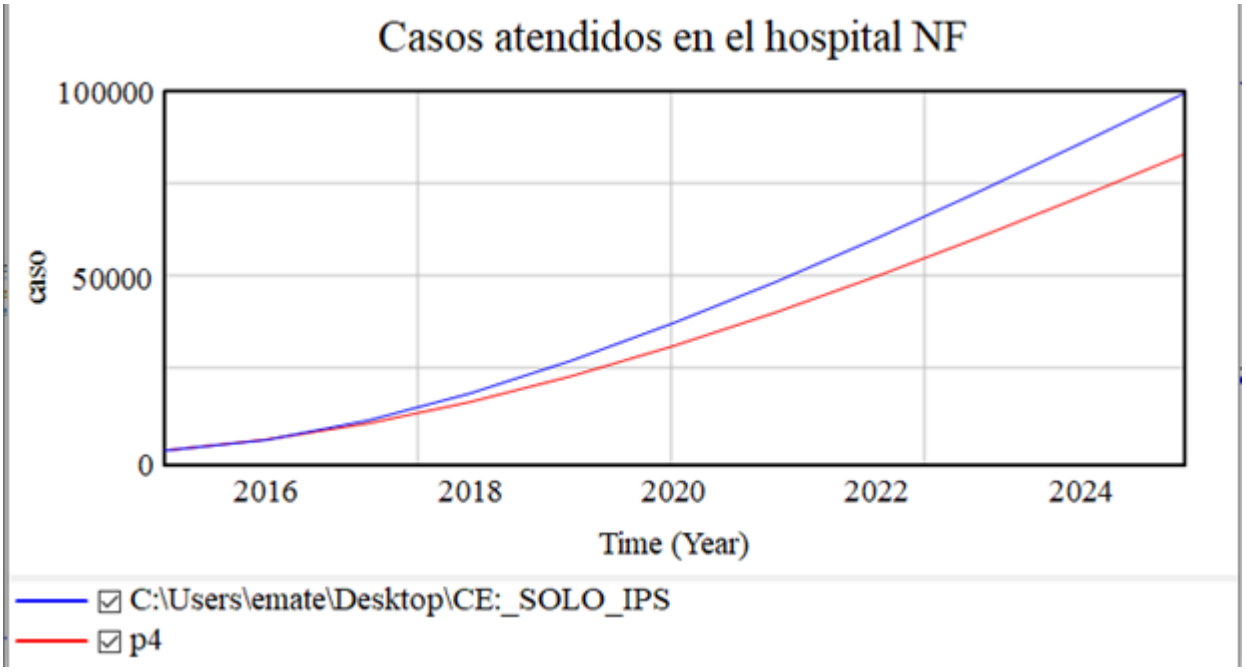
Resultado: Se puede observar en la **Imagen 38** que el nivel de atención dada por la IPS se comporta como se esperaba, esto se demuestra observando la siguiente

Cuadro 11: Tabla fuentes

Porcentaje de casos que se sanaron por médico tradicional	Experto epidemiólogo
porcentaje de casos que sobrevivieron al piache	Experto epidemiólogo
Porcentaje de identificación en campaña de salud	Experto epidemiólogo
Porcentaje de identificación en campaña educativa	Experto epidemiólogo
porcentaje de muerte por ignorar la enfermedad	Experto epidemiólogo
Porcentaje de niños que no se recuperan	Experto epidemiólogo
Porcentajes de casos no ignorados	Experto epidemiólogo
Probabilidad de asistir a centro médico	Experto epidemiólogo
Probabilidad de asistir a médico tradicional	Experto epidemiólogo y entrevista a líder Wayuu
Probabilidad de asistir al Piache	Experto epidemiólogo y entrevista a líder Wayuu
Probabilidad de muerte por desnutrición	Experto epidemiólogo
Probabilidad de remitir el caso a centro médico	Experto epidemiólogo

Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Caso 1



Fuente: Elaboración Propia

figura donde se observa el comportamiento de la línea roja representa el estado normal y con la línea azul se observa la representación con el caso extremo.

Caso 2: ¿Qué pasaría si la población es cero?

Resultado esperado: debería quedar la variable de interés en cero.

Resultado: Como es esperado la variable de interés es cero.

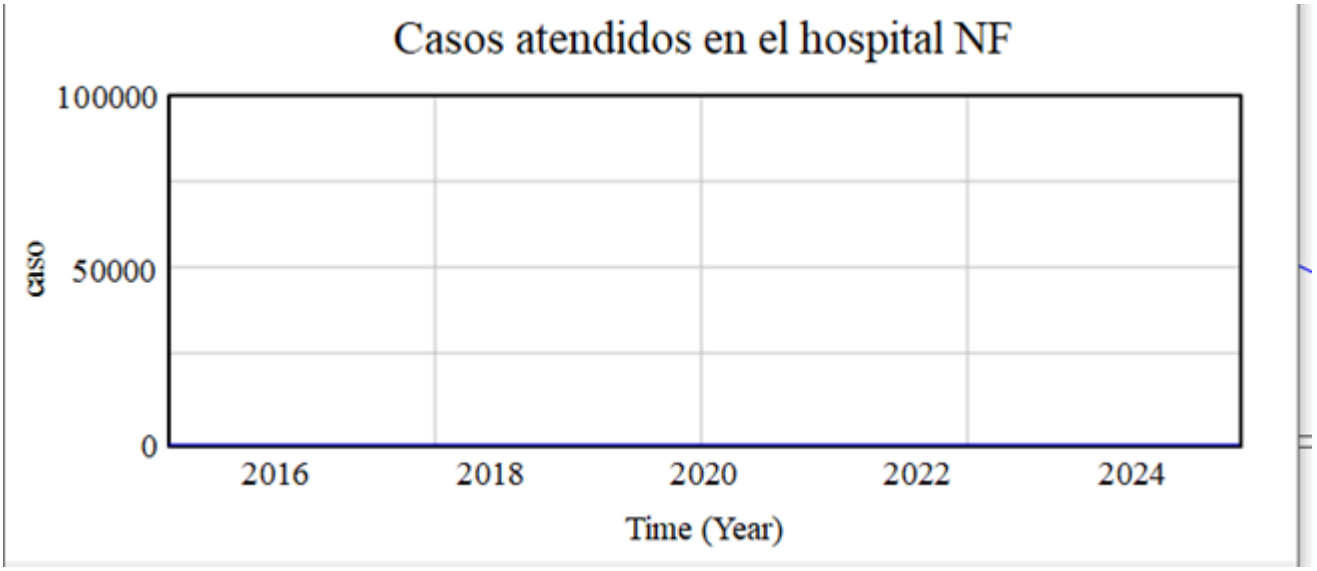
Conclusión: Como se observa en la **Figura 39**, al no tener ninguna población, no se presentan casos atendidos en el hospital ni en ninguna de las otros niveles de atención.

Caso 3: ¿Qué pasaría si aumenta el porcentaje de muertes por desnutrición?

Resultado esperado: Que aumenten las muertes por desnutrición y disminuya los pacientes que se recuperan

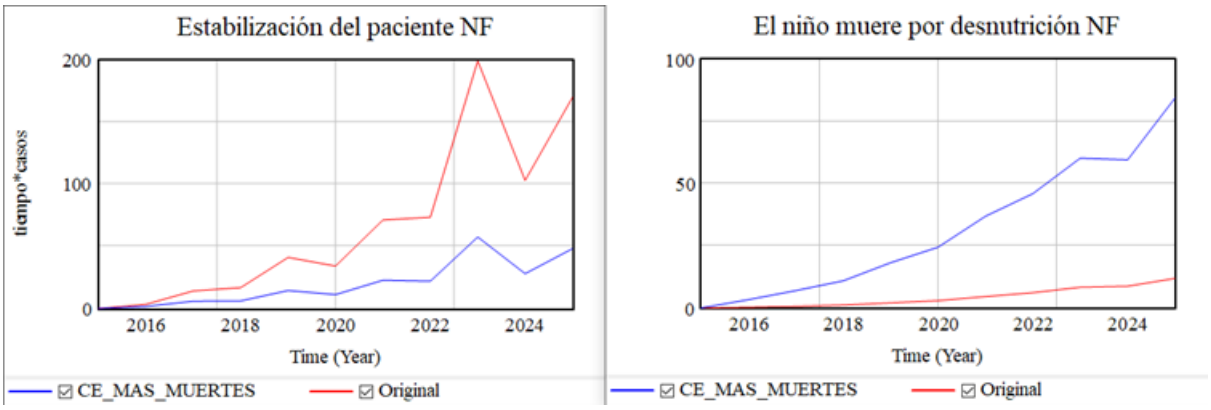
Resultado: Analizando la **Figura 40** podemos observar que la cantidad de pacientes que se logran estabilizar disminuyen en relación a la linea original (roja), haciendo así que la cantidad de muertes aumente de una manera exagerada.

Figura 39: Caso 2



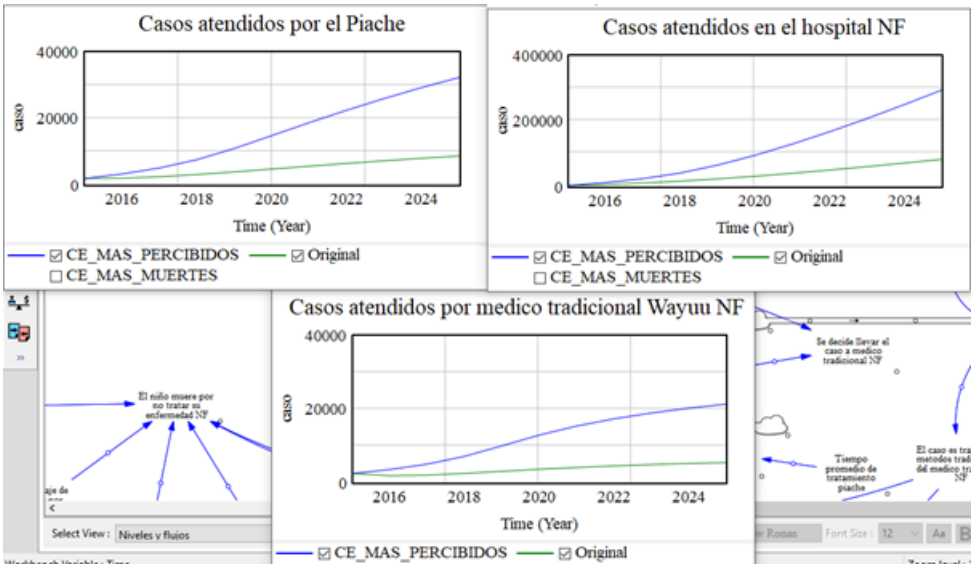
Fuente: Elaboración Propia

Figura 40: Caso 3



Fuente: Elaboración Propia

Figura 41: Caso 4



Fuente: Elaboración Propia

Caso 4: ¿Qué pasaría si se aumenta el porcentaje de los casos percibidos?

Resultado esperado: Se espera un aumento en todos los tipos de casos atendidos.

Resultado: Como se ve reflejado en la **Figura 41** todos los casos aumentaron, ya que se logran percibir una gran cantidad de los casos que se presentan dentro de la comunidad, haciendo así, que se atienda y gestionen más casos en las diferentes rutas que se tienen.

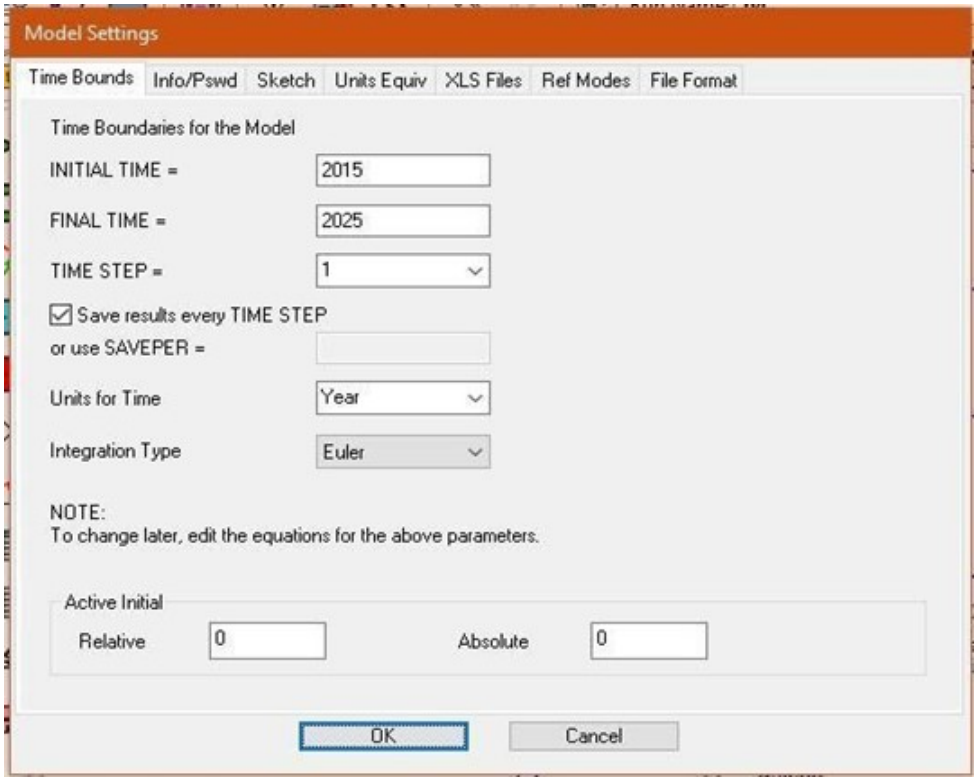
5.0.5. Error de integración

Propósito: Determinar si los tiempos y el tipo de integración es coherente con el contexto de la problemática.

Justificación: Es necesario entender y observar si el tiempo del modelo y el tipo de integración son útiles para el desarrollo de la simulación de este modelo.

Como se ve en la **Figura 42**, se expresa el tiempo inicial o fecha inicial en la cual se van a realizar las simulaciones, está fecha esta configurada en el año 2015, el tiempo final que es el número 2025, el salto entre números que es de 1, la unidad que representa que es de años y por último el tipo de distribución matemática que es la de Euler o normal. Recordando el contexto de la problemática donde dice que se realizará una simulación del año 2015 hasta el año 2025 con un análisis estadístico con distribución normal, se puede decir que el modelo se encuentra

Figura 42: Error integración



Fuente: Elaboración Propia

bien configurado para hacer la simulación, representando de manera fiable a la problemática.

5.0.6. Reproducción de comportamiento

Propósito: Comprender si el modelo tiene un comportamiento similar o igual al modo de referencia.

Justificación: Esto se realiza para determinar si el modelo cumple con la representación de la realidad, planteada desde la justificación y con base al modo de referencia.

En las siguientes imágenes se puede realizar una comparación entre los resultados que arroja el modelo y los que se obtuvieron de la variable de interés, es decir, con la atención de los casos de desnutrición.

En términos de comportamiento las **gráficas 43 y 44**, se puede observar que va aumentando con el paso del tiempo, en cuanto a los casos, en la **gráfica 44**, se observa que la cantidad de datos es demasiado grande en comparación a la **gráfica 43**, esto se debe a que la información encontrada acerca de la variable de interés está dada en los casos atendidos de toda la población de la comunidad Wayuu en todo el territorio nacional, pero debido a requerimientos del proyecto, en el modelo se utilizaron únicamente los datos relacionados con los casos que se atienden únicamente en el departamento de La Guajira.

Análisis y conclusiones: Se puede concluir que el modelo si refleja la situación problema de una forma detallada, ya que el comportamiento de la gráfica y los datos que este arroja se pueden relacionar con los datos de la variable de interés.

5.0.7. Anomalías de comportamiento

Propósito: Observar si el modelo arroja datos no coherentes con la realidad de la problemática.

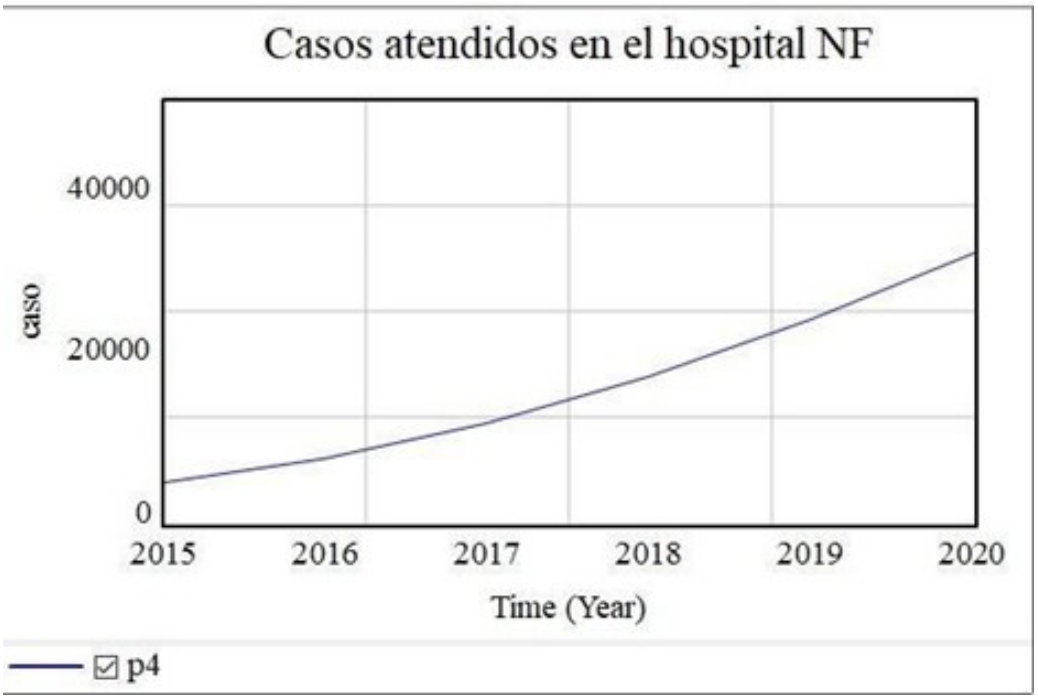
Justificación: Es necesario ver que la problemática es fiel representada en el modelo y que no den datos ilógicos como por ejemplo que la población es negativa o que los casos solo crecen hacia el infinito.

Resultados: En el transcurso del desarrollo de las pruebas anteriores se pudo encontrar varios casos anómalos, pero fueron solucionados en esas mismas pruebas, aclarando lo anterior se contarán los siguientes casos anómalos:

1.La población cada tres años era negativa.

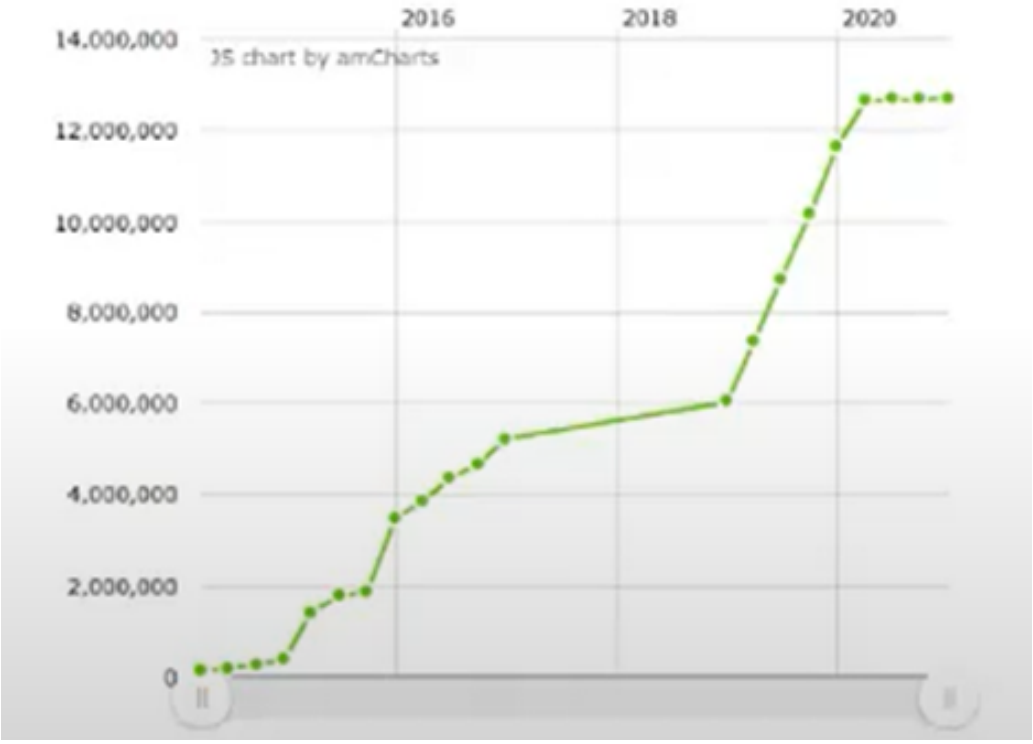
Los casos después del tercer año eran negativo.

Figura 43: Reproducción comportamiento



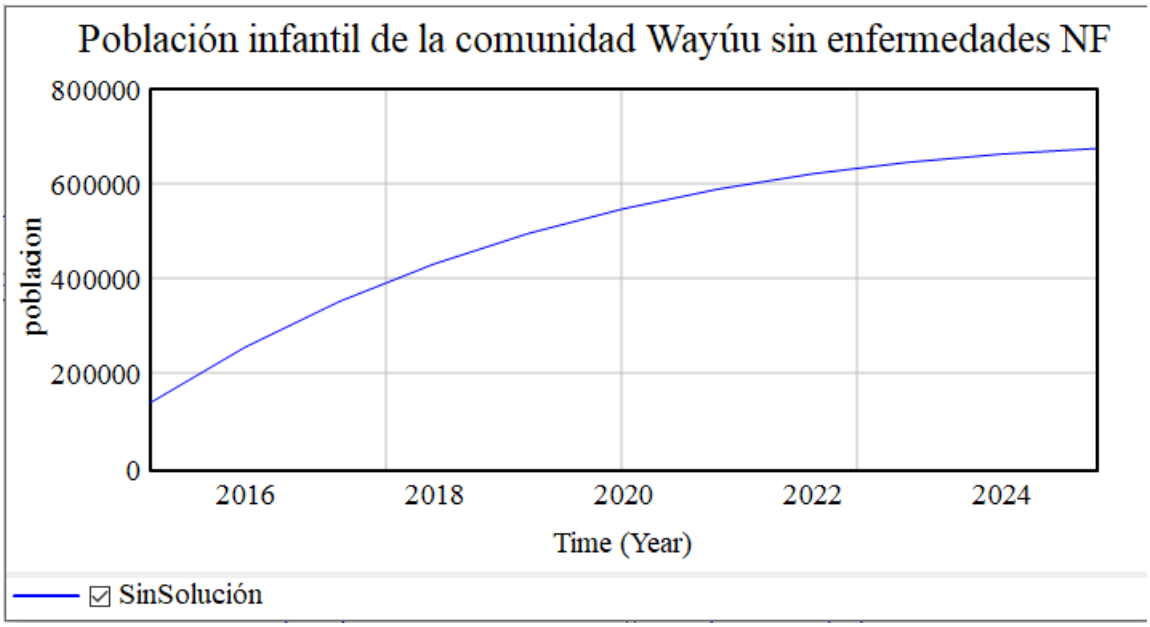
Fuente: Elaboración Propia

Figura 44: Variable de interés



Fuente: Elaboración Propia

Figura 45: Población sin solución



Fuente: Elaboración Propia

Las muertes por desnutrición infantil eran negativas.

Había menos casos llevados al médico tradicional, esto se considera anomalía porque normalmente es al revés.

Análisis y conclusiones: Se ve reflejado que el desarrollo de las pruebas previas permitió disminuir en gran medida los casos anómalos, esto permite tener mas fidelidad a la realidad de la problemática permitiendo que el modelo sea más útil.

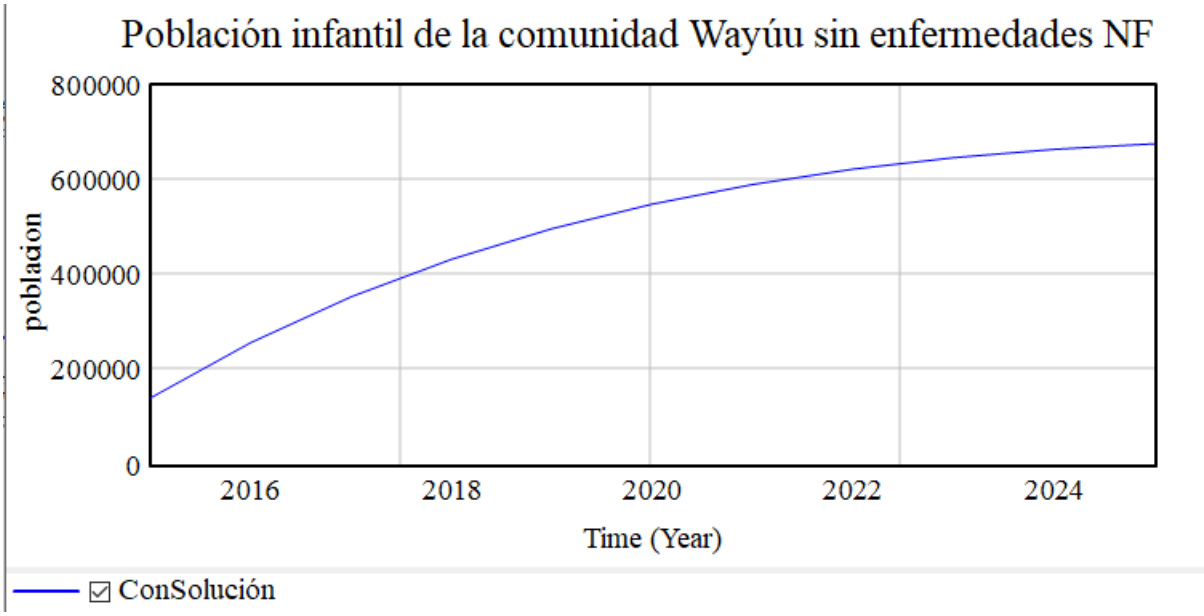
5.0.8. Integración de la solución

A la hora de realizar la integración del sistema de vigilancia comunitaria a la situación problema y realizar las simulación, se obtiene un modelo que nos permite identificar los cambios y el nuevo comportamiento de la solución problema. Con esta integración se obtienen resultados positivos con respecto a la situación problema.

Como se observa en las **Figuras 45 y 46**, en ambos modelos se esta trabajando con la misma población inicial y a lo largo de los años, gracias a estas gráficas se puede concluir que ambos modelos están trabajando con la misma cantidad de población.

Por otro lado, con respecto a los casos que se perciben y son identificados, como se evidencia en la **gráfica 47**, se puede observar que durante los años 2015 y

Figura 46: Población con solución



Fuente: Elaboración Propia

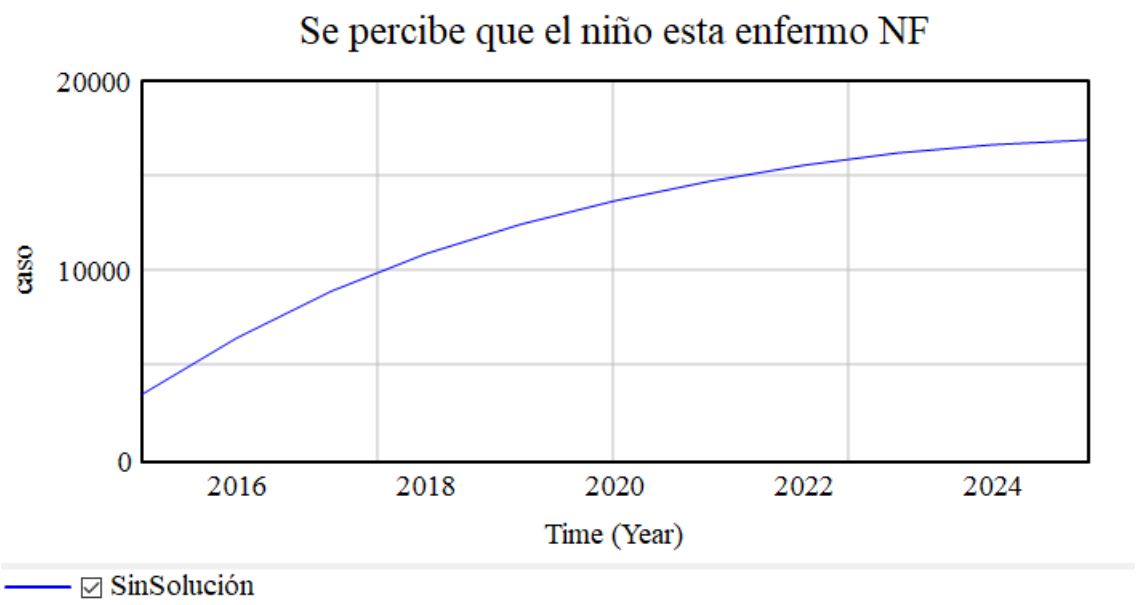
2025, la cantidad de los casos identificados no superan los 2.000.

Por otro lado, como se observa en la **gráfica 48**, se puede concluir que la cantidad de casos que se identifican son mucho mayores a los que se identifican en la **gráfica 47**, esto quiere decir que, con respecto a la percepción e identificación de los casos, el sistema de vigilancia permite que se identifiquen muchos más casos no únicamente de desnutrición infantil, sino enfermedades en general gracias al análisis de los diferentes índices y valores que se manejan en la aplicación.

Una vez dicho lo anterior, ya se puede concluir que la integración del sistema de vigilancia comunitario tiene un gran impacto en esta situación, pero hay un punto importante el cual tiene que ser analizado y es el desempeño del sistema en relación a nuestra variable de atención referente a la atención de estos casos, atención en sus diferentes rutas, esto quiere decir, analizar el comportamiento de los casos atendidos en el centro médico, en el médico tradicional y en lo que se reconoce como ”Piache”, para esto, sera necesario enfocarnos en las **gráficas 49 y 50**.

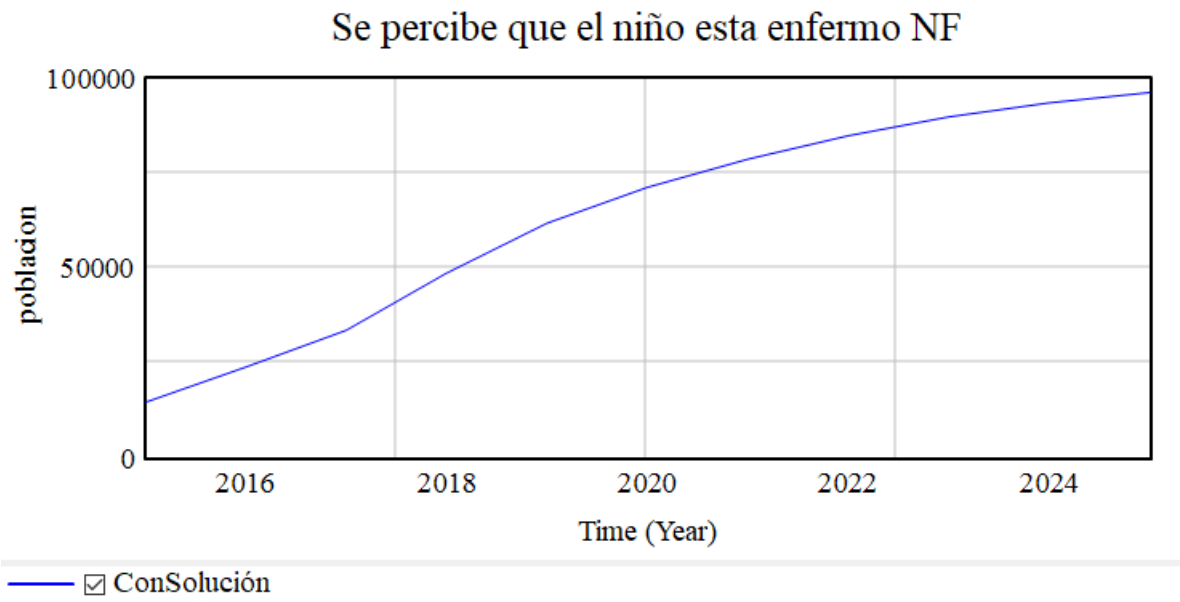
En estas se observa el comportamiento de la atención en sus diferentes rutas, aunque bien, el comportamiento de todas las gráficas es similar, se puede observar que los datos que se manejan en estas son bastante diferentes, en la **gráfica 50**. se observa que para el año 2025, la cantidad de casos atendidos por el médico

Figura 47: Gráfica de percepción de casos sin solución



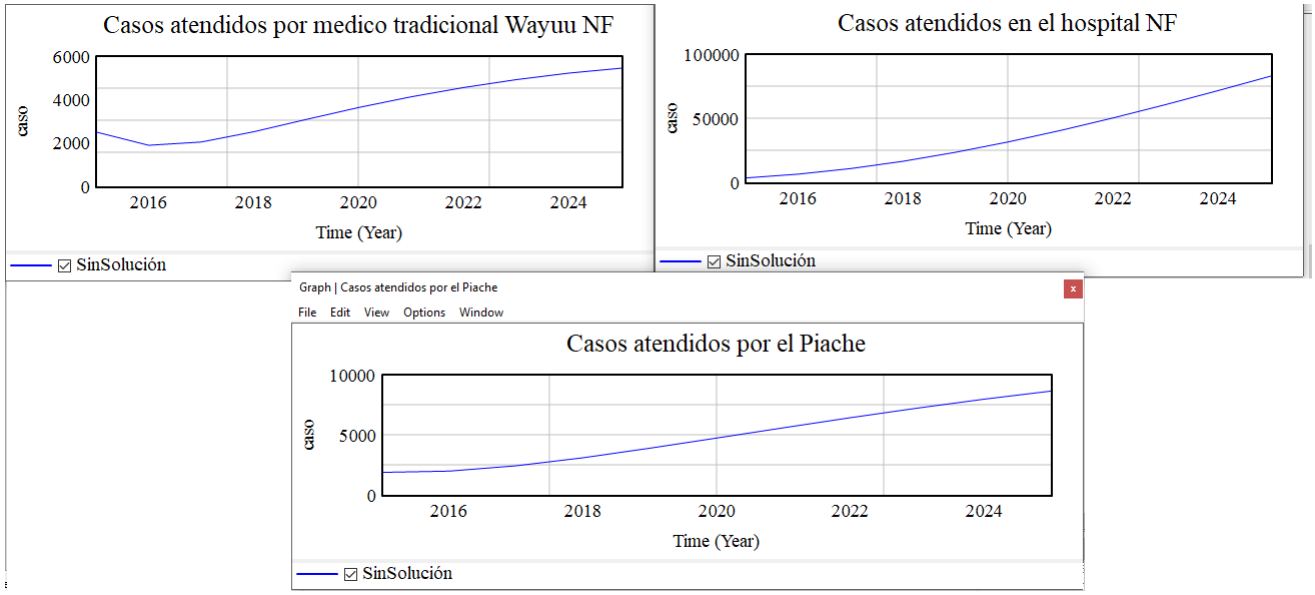
Fuente: Elaboración Propia

Figura 48: Gráfica de percepción de casos sin solución



Fuente: Elaboración Propia

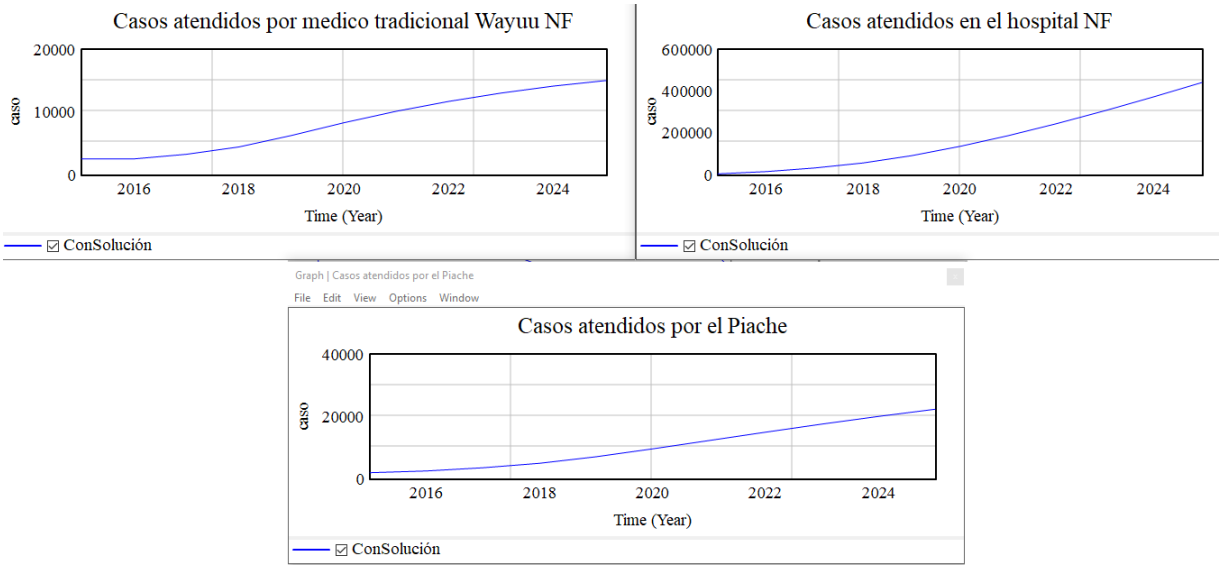
Figura 49: Gráfica de atención de casos sin solución



Fuente: Elaboración Propia

tradicional se aproxima a los 20.000 casos atendido, para los casos atendidos en el hospital, es superior a los 40.000 y para finalizar, se atienden aproximadamente 20.000 casos por parte del Piache, mientras que en la **gráfica 49** los casos atendidos por el médico tradicional no superan los 6.000 casos, para los casos atendidos en el hospital, se aproxima a los 10.000 casos y para el Piache, solo se logran atender menos de 10.000 casos.

Figura 50: Gráfica de atención de casos con solución



Fuente: Elaboración Propia

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS/ DISCUSIÓN

El modelo dinámico fue desarrollado siguiendo diversas fases propuestas por la metodología seleccionada, sin embargo, la etapa que mayor tiempo supuso fue el análisis de la situación problema y recolección de información, lo anterior debido a que para poder empezar con la construcción del modelo se debe entender a profundidad toda la problemática, analizando las diferentes perspectivas de los involucrados acerca del por qué se presenta esta situación problema , proceso que es realizado a través de la investigación y recolección de información de diferentes fuentes confiables y como se muestra en la sección **4.1 y 4.2**. Adicionalmente, según la metodología, es necesario realizar una hipótesis dinámica en la cual se relacionen los diferentes puntos de vista de cada uno de los involucrados, incluyendo el punto de vista de los modeladores, como se observa en la sección **4.3.3**. Por otro lado, se realizo el listado de los actores que hacen parte de la problemática con le fin de analizar el comportamiento de cada uno de estos dentro del sistema, esto se puede observar en la sección **4.3.4**

Siguiendo la metodología seleccionada y al ser una metodología iterativa, se desarrollo un primer modelo como se evidencia en la sección **4.4**, con la cual se desarrollo un análisis puntual de todos los ciclos y su comportamiento, como se observa en la **Figura 25 y 26**. Para este punto, se establece la variable de interés y el horizonte de tiempo en el cual se va a realizar la simulación. Como se observa

en la sección **4.4.2** en la **Figura 24**, en este punto se definió el modo de referencia, que hace referencia al comportamiento de la variable de interés en los últimos años.

Para validar que el el modelo dinámico funciona adecuadamente se realizaron múltiples pruebas, proceso que se puede evidenciar en la sección **4.5.2** y en la sección 5.0.1, con las cuales se concluye que se ha desarrollado un modelo robusto, confiable y que refleja en gran porcentaje la situación problema, cabe la pena aclarar que durante el desarrollo de las validaciones y las pruebas del modelo, se evidencian los resultados y las modificaciones que fueron necesarias realizar para que el modelo cumpliera con todas las pruebas.

Una vez realizadas las múltiples pruebas sobre el modelo dinámico, se procedió con la integración de la solución propuesta por le cliente, como se observa en la sección **4.6.1 y 5.0.8**, acá se realiza la integración de la solución propuesta por le cliente y se puede concluir que en relación a los resultados obtenidos con el modelo desarrollado sin la solución problema y el modelo con la integración de esta, se puede concluir que el sistema de vigilancia tiene un alto impacto en la identificación y atención de los casos de desnutrición, dando así respuesta a nuestro objetivo general de forma positiva.

A partir de lo mencionado en la sección **4.6**, se establecieron las políticas, en estas modificaciones se realizo la creación de un nuevo nivel, se incluyo y creo un nuevo actor y se generaron diferentes enlaces, es por esto que los puntos de apalancamiento 10 y 6 se ven relacionados con la creación de esta política. Por otro lado, con el análisis desarrollado en los diferentes ciclos, y en relación a los puntos de apalancamiento trascendentales se establecieron 3 políticas, las cuales se definen en el informe dinámico que se encuentra en el **Anexo 6**.

7. CONCLUSIONES/ DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del proyecto, se han logrado identificar diferentes conclusiones, ya sea del desarrollo del proyecto o de la problemática identificada.

Como primera instancia y conclusión más importante, se puede determinar que la integración de la tecnología a la situación problema, tiene un alto impacto con respecto a la atención e identificación de casos de desnutrición infantil.

También, se puede concluir que la problemática se desarrolla en una zona geográfica que influye de manera negativa, esto se debe a que, es una zona que no cuenta con los recursos necesarios para hacer frente al problema, un ejemplo claro de esto es la dificultad para acceder o asistir a los centros médicos, ya que estos se encuentran a grandes distancias de algunas comunidades haciendo así que sea bastante complicado el desplazamiento hasta allá, esta situación se ve aún más comprometida con las dificultades económicas que se presentan dentro de la comunidad, haciendo así que sea mucho más complicado la correcta gestión y atención del caso de desnutrición que se presenta.

Por otro lado, se presenta un tema de creencias que hace aún más compleja esta situación. Esto se debe a que dentro de las comunidades se sigue teniendo una idea negativa sobre el personal y los centros médicos porque se tiene la creencia de que estas ayudas no sirven para nada y que por el contrario en estos centros médicos únicamente van a matar a las personas de esta comunidad, es por esto que por lo general, se presentan situaciones incomodas cuando se decide asistir con un caso de desnutrición a un centro médico o IPS.

También, se logro identificar que culturalmente no se hace nada para mitigar esta situación dentro de las comunidades, como se explico durante la entrevista realizada con una líder de la comunidad, se presenta una latente pereza dentro de los hombres de la comunidad, una pereza que se relaciona con la falta de interés a la hora de obtener o realizar un trabajo que genere un ingreso económico y así poder cubrir las necesidades primarias de sus familias, una necesidad primaria como lo es el alimento.

Durante el desarrollo del proyecto, se presentaron una serie de situaciones que impidieron que este se desarrollará en los tiempos planteados y es por eso que se logra concluir que es necesario tener muy claras las obligaciones o determinaciones que se tienen para cada una de las opciones de grado y lograr identificar con el director o investigador si el proyecto puede cumplir con estar determinaciones, con el fin de que el desarrollo del proyecto se realice de la mejor manera y se logren cumplir con los objetivos dentro del tiempo establecido.

Por parte del modelado, se puede concluir que este representa de forma cercana a la realidad la situación problema identificada, esto se logra determinar gracias a todas las pruebas, tablas y gráficas que arroja el modelo en sus diferentes pruebas y validaciones. La metodología escogida ayuda a que el modelo se desarrolle de la mejor manera y, al ser una metodología flexible, se pueden realizar cambios durante la ejecución de la herramienta.

Durante la recolección de los casos y gracias a la bibliografía consultada, fue posible realizar una proyección de los datos para así poder alimentar el modelo con los datos necesarios para que este realice las simulaciones y se logre relacionar el comportamiento de la variable de interés con los resultados del modelo.

Es importante concluir que es necesario tener fuentes confiables o expertos en la situación que se esta analizando, ya que esto va a darle más confiabilidad y robustez al modelo. En nuestro caso, tuvimos la posibilidad de trabajar de la mano con una líder de la comunidad Wayuu, la cual es experta y conoce un sin fin de procesos y situaciones que se presentan dentro y fuera de la comunidad, y también, se logro trabajar con epidemiólogos con gran experiencia y conocimiento de trabajo en comunidades y sobretodo en casos de desnutrición infantil.

Es necesario conocer que la adquisición de la información toma tiempo, y es por eso que durante la planeación del proyecto hay que tener en cuenta esos tiempos, es bastante complicado obtener información de fuentes confiables en un par de horas, ya que, toca hacer una análisis a la información que se logra recolectar y así identificar si esta va a permitir que el modelo la pueda identificar y sea coherente con la situación planteada.

Con respecto al modelo, se puede concluir que este refleja y da una posible solución a esta situación. Dentro de las posibles soluciones que se identificaron, se debería dar más fuerza a las campañas para identificar los casos dentro de las comunidades y a las campañas educativas en las comunidades, para que así el porcentaje de percepción de las enfermedades aumente y se puedan identificar no solamente los casos de desnutrición sino también otro tipo de enfermedades que golpean a estas comunidades.

Con respecto a las unidades que se manejan en el modelo, es importante realizar un análisis de estas ya que todas las unidades dentro del modelo deben estar dadas en lo mismo, es decir, si se van a tratar casos, el modelo debe identificar que se esta tratando de un caso. Esto es posible gracias a las diferentes pruebas y validaciones que se realizan durante la ejecución. Estas pruebas también pueden mostrar que es necesario realizar alguna modificación o cambio en el modelo, es por esto que la sección de validación y pruebas es demasiado importante en el proyecto.

Por otro lado, durante el desarrollo del proyecto se llego a la conclusión de que

los tiempos y la forma en la que se lleva a cabo la materia de Proyecto de grado II, debería ser re-evaluada ya que los tiempos establecidos para el desarrollo de los proyectos no es el suficiente para generar artefactos que demuestren todas las cualidades que un ingeniero de sistemas de la Universidad El Bosque ha adquirido a lo largo de su formación.

8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Cuadro 12: Recomendaciones y trabajos futuros 1

Nuevo Aprendizaje	Causa	Consecuencia	Utilidad hacía el futuro
Ajuste de cronograma para un proyecto con recurso de tiempo limitado	Replantear el proyecto desde cero a la mitad del semestre	Todo el proyecto se realizará en menos de un semestre	Siempre tener en cuenta que la vida es inesperada y que a veces una pandemia puede llegar a Colombia y cambiar los planes de todo proyecto, es necesario plantearse de 2 a tres soluciones posibles a mismo problema
Es necesario de un buen líder desde el principio	Poca organización del proyecto y gestión de recursos	Retrasos de cronograma y entrega tardía de los artefactos.	Tener una auditoría constante del desarrollo de los proyectos para saber el rendimiento y así poder tomar decisiones importantes antes que suceda algo que pueda afectar negativamente el proyecto
La ingeniería puede tomar aspectos de muchas carreras diferentes para desarrollar algo nuevo	Conversación con el grupo de investigación de la facultad de medicina de la Universidad El Bosque	Inspiración sobre como poder aplicar el conocimiento de una manera diferente	Se puede encontrar nuevas ideas para el desarrollo de la carrera en cualquier parte.

Fuente Propia

Cuadro 13: Recomendaciones y trabajos futuros 2

Nuevo Aprendizaje	Causa	Consecuencia	Utilidad hacía el futuro
Diferentes actores y entidades que hacen parte de un sistema de vigilancia desde el aspecto de la medicina	Reunión grupo de investigación facultad de medicina de la Universidad El Bosque	Evidenciar cuáles son las organizaciones que participan directamente en el proceso de vigilancia de la desnutrición infantil, con un enfoque o aplicación directamente a los actores involucrados en el departamento de La Guajira	Definición de roles, actores, toma de decisiones dentro del sistema, gestión y control en los casos de desnutrición infantil que se presentan en el departamento de La Guajira.
Porcentaje de casos de desnutrición infantil por parte de los boletines emitidos por las entidades encargadas de dicho proceso	Información suministrada por el cliente y por el grupo de investigación de la facultad de medicina de la Universidad El Bosque	Conocer la gran cantidad de niños que se ven afectados por esta situación	Definir problemática del problema dinámico, planteamiento del modo de referencia, planteamiento de hipótesis dinámicas y generales de la problemática

Fuente: Elaboración Propia

9. LECCIONES APRENDIDAS

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron diferentes situaciones las cuales nos han permitido identificar diferentes lecciones.

Como primera instancia se expone la situación bastante critica que viven los niños de la comunidad Wayuú, una situación que afecta a una gran cantidad de niños y se suele pasar por alto sin darle la importancia que esta amerita.

Por otro lado, se perciben una serie de dificultades y situaciones que se viven dentro de las comunidades, como lo son dificultades y barreras de acceso a servicios básicos como el agua y salud, difícil transporte a centros de salud ya sea por que no se cuentan con los recursos económicos para ir hasta allá o por que las vías o la distancia no lo permite.

Con respecto a las lecciones aprendidas durante el desarrollo del artefacto de ingeniería, logramos profundizar nuestros conocimientos en el modelamiento dinámico y mucho más en la metodología utilizada. Logramos reconocer y mejorar los métodos de recolección de información con nuestro cliente y con las personas que estuvieron dispuestas a colaborar en el proyecto. También se desarrollaron mejores métodos para la elaboración de las formular matemáticas que alimentan y dan lógica al modelo.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias

[1] J. D. Sterman, *Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World John*, 1st ed., S. Isenberg, Ed. Boston, MA: Jeffrey J. Shelsfud, 2000, vol. 1, no. 1. [Online]. Available: http://www.lavoisier.fr/notice/frJWOAR6SA23WLOO.html

[2] C. Olaya and J. Gomez-Quintero, "Conceptualization of Social Systems: Actors First," *34th International Conference of the System Dynamics Society*, pp. 1–18, 2016.

[3] Vensim, "Vensim," 2020. [Online]. Available: https://vensim.com/

[4] S. Hirshorn and S. Jefferies, "Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team," no. March 2016, pp. 42–43, 2016. [Online]. Available: https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20170005794

[5] M. Ramezani and M. Nourinejad, "Dynamic modeling and control of taxi services in large-scale urban networks: A macroscopic approach," *Transportation Research Procedia*, vol. 23, pp. 41 – 60, 2017. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517302727

[6] E. E. Brannon, C. C. Cushing, C. J. Crick, and T. B. Mitchell, "The promise of wearable sensors and ecological momentary assessment measures for dynamical systems modeling in adolescents: a feasibility and acceptability study," *Translational Behavioral Medicine*, vol. 6, no. 4, pp. 558–565, oct 2016. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s13142-016-0442-4

[7] S. Nevado Velásquez, "Modelamiento y simulación de mercados de carbono en Colombia como estrategia de mitigación al Cambio Climático," *Repositorio.Unal.Edu.Co*, 2019. [Online]. Available: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77357

[8] S. J. Martínez Marín and S. Arango Aramburo, "Modelo de simulación dinámica para evaluar la inversión en capacidades de innovación tecnológica en la Industria Colombiana de Software," *Espacios*, vol. 38, no. 9, p. 3, 2017.

[9] Sergio Alberto Ariza Gaitan, "La movilidad en Bogotá, un enfoque de dinámica de sistemas," *Universidad de los Andes*, vol. 9, no. 1, pp. 76–99, 2016.

[10] J. Alexander and B. Pérez, "Modelo de dinámica de sistemas para la cadena de abastecimiento de la granadilla en Cundinamarca," *9° Encuentro Colombiano*

de Dinámica de Sistemas, 2015. [Online]. Available: https://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/9-Dinamicas/019{_}1701714019/

[11] S. Calderón and I. Andrea, "Modelamiento del sistema de transporte de la flota alimentadora del portal de la 80 en Transmilenio S.S," *Universidad Libre*, no. 434, pp. 1–32, 2015.

[12] P. Duque-Sarango, D. M. Patiño, and X. E. López, "Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical," *Información tecnológica*, vol. 30, no. 6, pp. 351–362, 2019.

[13] J. D. C. Medina, J. F. Alzate, and M. Á. Gómez, "Modelamiento y simulación de hornos rotatorios . Aplicación a la producción de cemento," *VIII Congreso Colombiano de Metodos Numericos*, no. July 2015, pp. 8–11, 2015.

[14] B. González-Busto Múgica, "Begoña González-Busto Múgica," *La dinámica de sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación.*, 1999. [Online]. Available: https://bit.ly/2ZwmYFh

[15] D. Ing, "Studying the Sense & Respond Model for Designing Adaptive Enterprises , and the Influence of Russell Ackoff ' s System of Thinking," *Russell The Journal Of The Bertrand Russell Archives*, no. May 1999, pp. 111–119, 1999.

[16] W. Ulrich, "Critical heuristics of social systems design," *European Journal of Operational Research*, vol. 31, no. 3, pp. 276–283, 1987.

[17] "Tablero," 2020. [Online]. Available: https://ssnn.mineducacion.gov.co/ssnn/publico/tablero/

11. ANEXOS

Estos son todos los documentos, imágenes, vídeos que permiten dar soporte al documento.

11.1. ANEXOS 1

Libro de control donde se encuentran las reflexiones del proyecto y la bitácora enlace.

11.2. ANEXOS 2

Tablero Kanban enlace.

11.3. ANEXOS 3

Acuerdos con el cliente: Al tener datos sensibles no es posible compartirlos.

11.4. ANEXOS 4

Modelo biopsicosocial y cultural enlace.

11.5. ANEXOS 5

Identificación de actores – roles enlace.

11.6. ANEXOS 6

Informe Modelo Dinámico enlace.

11.7. ANEXOS 7

Inventario de información enlace.

11.8. ANEXOS 8

Diagrama de ciclos causales enlace.

11.9. ANEXOS 9

Actas de reunión: Al tener datos sensibles no es posible compartirlos.

11.10. ANEXOS 10

Diagrama de Niveles y Flujos enlace.